

UDK 621.31

ENJAAC 45 (1-6) 1— 356

ISSN 0013-7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zagreb, prosinac 1996.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1996. GODINI

	str.	br.		str.	br.
<i>Abramović B.</i> : Ispitivanja i analiza kvalitete rada plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jerovec	255	5	<i>Radmilović B.</i> : Povezivanje elektroenergetskih sustava Hrvatske i Mađarske	3	1
<i>Bajs D.</i> : Analiza prijelazne stabilnosti planiranog elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije	295	6	<i>Sabolić D.</i> : Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini različitih dalekovoda	331	6
<i>Banić S.</i> - <i>Ilijanić V.</i> : Djelotvornost koordinacijskih iskrišta ugrađenih u DV polja postrojenja	311	6	<i>Sabolić D.</i> : Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini 400 kV dalekovoda	241	5
<i>Banić S.</i> : Utjecaj suhe zone na ZnO odvodniku prenapona u uvjetima onečišćenja	87	2	<i>Santica I.</i> - <i>Smirčić A.</i> : Prijedlog povoljnijeg izvora lokacija izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kabela trasa unutar kabelskog koridora	27	1
<i>Čerina P.</i> : Jadranski otoci 35 kV	111	3	<i>Schenner R.</i> : Problemi analize rezultata mjerenja opterećenja kućanstava	247	5
<i>Feretić D.</i> - <i>Mikuličić V.</i> - <i>Tomšić Ž.</i> : Primjena sunčane energije u energetici	13	1	<i>Staniša B.</i> - <i>Srb V.</i> - <i>Luketić A.</i> : Ispitivanje i analiza energetskih karakteristika cirkulacijskih crpki u toplinskoj stanici u EL-TO Zagreb	325	6
<i>Feretić D.</i> - <i>Tomšić Ž.</i> : Mogućnost primjene biomasa u elektroenergetici	201	4	<i>Staniša B.</i> : Mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka parnih turbina s Baumanovim stupnjem	251	5
<i>Hebel Z.</i> - <i>Huml-Dimitrijević M.</i> - <i>Mileusnić E.</i> - <i>Kalea M.</i> - <i>Nikolovski S.</i> : Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede	173	4	<i>Toljan I.</i> - <i>Klepo M.</i> : Okruženje i model za proračun cijene električne energije	55	2
<i>Jerbić G.</i> : Pogon kombiniranih kabelsko-nadzemnih vodova	69	2	<i>Toljan I.</i> : Analiza cijena električne energije za industriju i domaćinstvo u svijetu i u Hrvatskoj	193	4
<i>Klepo M.</i> : Prilog novom sustavu cijena i doradi tarifnog stava za prodaju električne energije	61	2	<i>Tomšić Ž.</i> - <i>Feretić D.</i> - <i>Škanata D.</i> - <i>Kovačević T.</i> : Analiza i planiranje elektroenergetskog sustava pomoću računala - programski paket DECADES	227	5
<i>Knapp V.</i> : Černobil, 10 godina poslije	49	2	<i>Tonković Z.</i> : Aktualni problemi eksploatacije pod sistema južne Hrvatske	285	6
<i>Krajcar S.</i> - <i>Škrlec D.</i> - <i>Blagajac S.</i> : Planiranje razdjelnih mreža korištenjem zemljopisnog informacijskog sustava (GIS)	317	6	<i>Tonković Z.</i> : Interkonekcija 380 kV Mađarske s Hrvatskom i Slovenijom	159	4
<i>Levanat I.</i> - <i>Lokner V.</i> : Zbrinjavanje otpada i troškovi proizvodnje električne energije u nuklearnim i elektranama na fosilna goriva	199	4	<i>Trivić Č.</i> - <i>Radovan Z.</i> : Krivulja troškova elektrana	237	5
<i>Loš B.</i> : Danski pristup izgradnji termoenergetskih objekata	211	4	<i>Žutobradić S.</i> : O nekim mogućnostima poboljšanja pogona nadzemnih 19(20) kV mreža	31	1
<i>Lukačević D.</i> : Plinsko parni energetski blok kao elektroenergetski izvor	187	4			
<i>Magdić M.</i> : Krivulja troškova elektrana	23	1			
<i>Matanić D.</i> - <i>Hladki N.</i> : Projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb	79	2			
<i>Potočnik V.</i> : Integralno restrukturiranje hrvatske energetike i brodogradnje - Izgradnja serije dizelskih elektrana u Hrvatskoj	9	1			

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 1

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Vladimir Strojny, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1996 – 01 – 22

SADRŽAJ

<i>Radmilović B.:</i> Povezivanje elektroenergetskih sustava Hrvatske i Mađarske (Stručni članak)	3
<i>Potočnik V.:</i> Integralno restrukturiranje hrvatske energetike i brodogradnje - Izgradnja serije dizelskih elektrana u Hrvatskoj (Pregledni članak)	9
<i>Feretić D. – Mikuličić V. – Tomšić Ž.:</i> Primjena sunčane energije u elektroenergetici (Prethodno priopćenje)	13
<i>Magdić M.:</i> Krivulja troškova elektrana (Stručni članak)	23
<i>Santica I. – Smirčić A.:</i> Prijedlog povoljnijeg izbora lokacija izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kablskih trasa unutar kablskog koridora (Stručni članak)	27
<i>Žutobradić S.:</i> O nekim mogućnostima poboljšanja pogona nadzemnih 10(20) kV mreža (Stručni članak)	31
Vijesti iz elektroprivrede	37
Iz strane stručne literature	40

Fotografija na omotnoj strani
HE ĐALE

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišeji – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

POVEZIVANJE ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA HRVATSKE I MAĐARSKE

Božidar Radmilović, Zagreb

UDK 621.311.1.(497.3+434.1)

STRUČNI ČLANAK

Uz postojeću 120 kV vezu Söjtör – Nedeljanec puštenu u pogon još 1958. godine, u ovoj 1995. godini pojačana je veza hrvatskog i mađarskog elektroenergetskog sustava puštanjem u pogon dalekovoda 120 kV Siklos – (D. Miholjac) – Valpovo.

Ovaj vod znatno povisuje sigurnost napajanja Slavonije. U sadašnjoj fazi on napaja područje Valpova u otočnom pogonu.

Dvije strane su u pregovorima za realizaciju 400 kV veze Heviz – Žerjavinec, koja bi znatno pojačala interkonekciju Hrvatske sa zemljama CENTREL-a.

Ključne riječi: dalekovod, interkonekcija, otočni pogon, interkonektivni transformator.

Republika Hrvatska i Republika Mađarska imaju zajedničku granicu, koja, mjerena u ravnoj dužini, iznosi oko 200 kilometara. Hrvatska i Mađarska imaju zajedničku povijest i iskustvo suživota u zajedničkoj državi više od 800 godina: od 1102. do 1918. godine. Elektroenergetski sustavi Mađarske i Hrvatske veoma su različiti, ali i komplementarni strukturom proizvodnje. Mađarska ima 100% proizvodnih kapaciteta u termo izvorima i nuklearnim izvorima, Hrvatska pak oko 50% u TE i NE te 50% u hidroelektranama.

Unatoč svim navedenim relevantnim činjenicama, elektroenergetski sustavi Hrvatske i Mađarske praktički su nepovezani.

Očito za to postoji niz energetske, povijesne, političke i drugih razloga u koje ne treba sada ulaziti, no treba utvrditi da je do 1995. godine jedini povezan vod između Mađarske i Hrvatske bio onaj između mađarskog 120 kV čvorovišta Söjtör i točke u hrvatskoj 110 kV mreži Nedeljanec kod Varaždina. Taj je vod izgrađen još 1958. godine sa naponom 120 kV, ukupne dužine oko 70 km, s vodičima presjeka Al/Č 150/25 mm² (dakle prijenosne moći reda 90 MVA) te s autotransformatorom 100/120 kV, 50 MVA u TS Nedeljanec. Ta veza građena prije gotovo 40 godina imala je u to vrijeme pretežitu namjenu izvoza električne energije iz Hrvatske u Mađarsku. S obzirom na različitosti obaju sustava, ta je veza mogla djelovati samo u tzv. otočnom pogonu. Bilo je, naime, potrebno u hrvatskom ili mađarskom sustavu izolirati dio mreže, te ovu radikalno napajati pomoću navedenoga poveznog voda.

Tijekom vremena uloga i značaj DV 120 kV Söjtör – Nedeljanec mijenjali su se, no s obzirom na opću situaciju i prijenosnu moć navedenog voda, njegov je angažman bio sve manji i manji. Bilo je čak i godina kada taj vod uopće nije bio u funkciji.

Tijekom proteklog razdoblja u elektroprivredi Hrvatske studirane su i druge mogućnosti pojačanja interkonekcije na 110/120 kV razini između Hrvatske i Mađarske. Tako je sedamdesetih godina proučavana mogućnost takvog povezivanja na pravcima Virovitica – Barcs u sjevernoj Hrvatskoj i u Baranji na potezu B. Manastir – Beremend.

Za ovaj drugi vod, za kojeg su kontakti vođeni na relaciji

bivši JUGEL Beograd – MVM Budapest, bila je već detaljno utvrđena trasa, mikrolokacija prijelaza granice, kao i podjela troškova izgradnje, no sama gradnja nikada nije započela.

Osamostaljivanjem Republike Hrvatske i njezine elektroprivrede, pogoršavanjem odnosa i na kraju potpunim prekidom s elektroprivredama iz istočnih republika bivše Jugoslavije (Bosna i Hercegovina, Srbija, Crna Gora), pojavio se i povećan interes za pojačavanjem elektroveza sa susjednom Mađarskom. U tom je smislu u elektroprivredi Hrvatske bila pozdravljena zamisao još iz 1989 – 90. godine o izgradnji magistralnoga prijenosnog pravca na 400 kV razini za stalni prijenos snaga 1500 – 2000 MW između Ukrajine i Italije, a koji bi se, kao vod 2 x 400 kV, realizirao na području sjeverozapadne Hrvatske i Slovenije (DV 2 x 400 kV Nagykanizsa – Žerjavinec kod Zagreba – Krško – Beričevo kod Ljubljane – Udine). Zbog nepovoljnoga daljnjeg razvoja općega političkog stanja u relevantnoj regiji, napose u bivšem Sovjetskom Savezu, neki konkretniji zahvati na ostvarenju nisu učinjeni, iako su na području Hrvatske, pa i Slovenije, istraživane neke varijantne trase ovoga voda.

U Domovinskom ratu za neovisnost Hrvatske nanosena su velika oštećenja proizvodnim, prijenosnim i distribucijskim objektima Hrvatske elektroprivrede. Tako je, među ostalim, suludim i zločinačkim granatiranjem bivše JNA po gradu Varaždinu u jesen 1991. godine oštećena i TS 110/35 kV Nedeljanec, vodno polje DV 110/120 kV Söjtör te je izgorio autotransformator 50 MVA u tom polju. Pri tom napadu teško je ranjen službujući uklopničar u tome objektu, koji je tom prilikom izgubio noge.

No i bez autotransformatora, ta je veza i dalje ostala u funkciji, ali samo kao 120 kV vod sa smjerom prijenosa Söjtör – Nedeljanec.

Naime, zbog velike dužine voda i njegova terećenja snagama reda 60 – 70 MW, pad napona je znatan, tako da je u Nedeljancu (na kraju voda) iznosio i ispod 110 kV.

U razdoblju 1990 – 1994. godine energija prenesena preko DV 120 kV Söjtör – Nedeljanec iznosila je (+ uvoz, – izvoz za Hrvatsku):

Tablica 1.

Godina	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.
W_{god} (GWh)	-1.2	0	0	+220.6	+119.7

(Godišnji konzum Hrvatske je u razdoblju 1993/94. godine bio ~ 11 000 GWh.)

I u 1995. godini nastavljena je ta praksa, pri čemu se dvije TS 110/x kV u gradu Varaždinu (TS Nedeljanec i TS Varaždin 1) odvajaju na nekoliko zimskih mjeseci od hrvatske mreže i preko tog voda priključuju na mađarski elektroenergetski sustav.

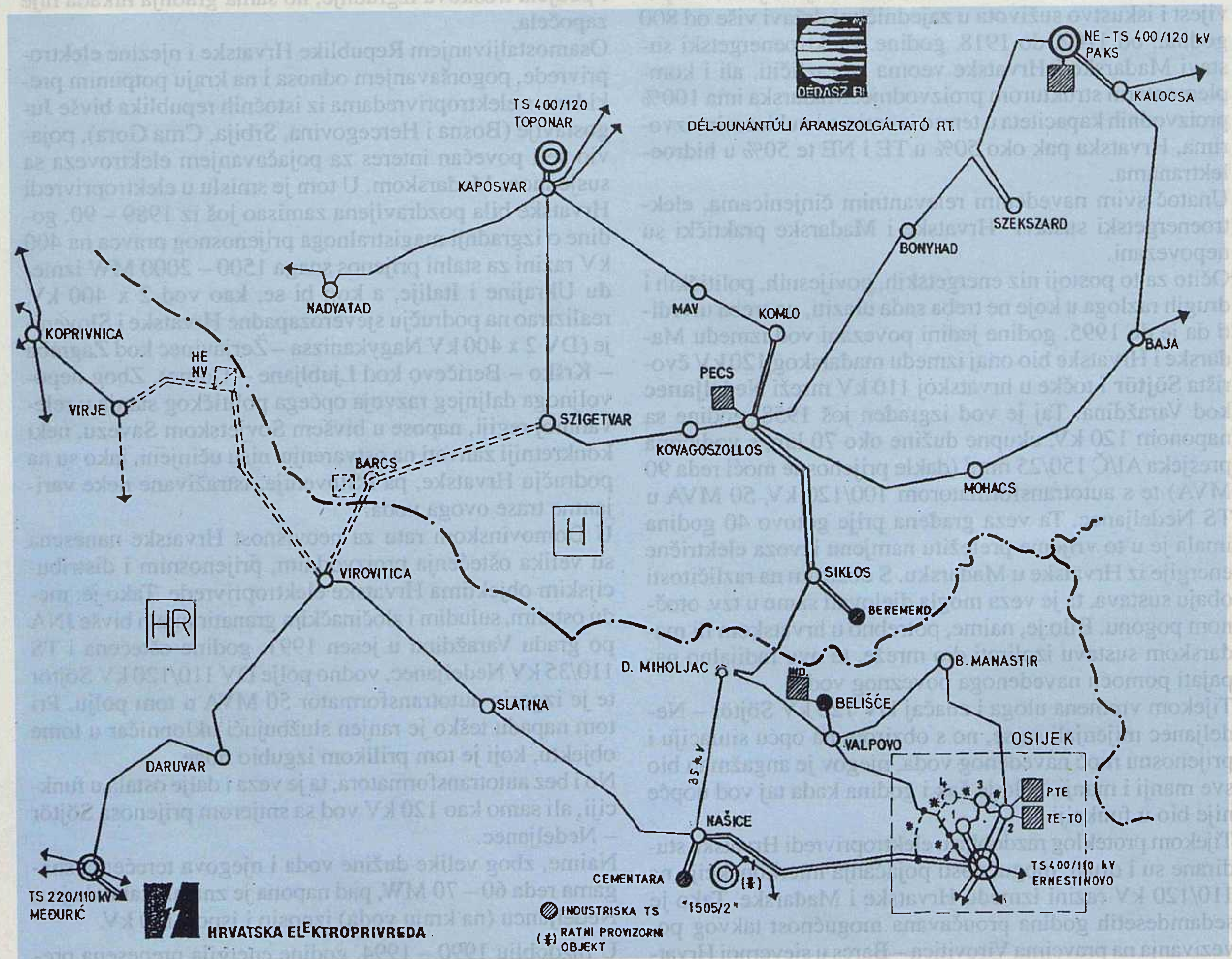
Na osnovi takvog iskustva, a zbog potreba da se na području istočne Hrvatske (Slavonija) osigura još jedan pravac napajanja električnom energijom (osim veoma improviziranog i nesigurnog sustava 220–110 kV preko kojeg se ovo područje danas napaja iz zapadne Hrvatske), tijekom 1993. godine uspostavljeni su kontakti s mađarskom elektroprivredom, i to njihovom središnjom organizacijom **Magyar Villamos Művek Rt** Budapest (MVM) te poduzećem za distribuciju električne energije na jugozapadnom području Mađarske – **Dedasz Rt Pecs** (Pečuh), koje u svojoj nadležnosti ima i 120 kV mrežu.

U jesen 1993. godine načelno je dogovoreno da se priđe terenskom istraživanju izgradnje sljedećih novih poveznih 120 kV vodova, i to (slika 1):

- DV Szigetvar–Barcs–Virovitica te
- DV Siklos–(D. Miholjac)–Valpovo.

Dok su za prvi vod u Mađarskoj iskrsele velike poteškoće u ostvarivanju trase na potezu Szigetvar–Barcs (šumske površine, zaštićeno područje), realizacija drugog voda odvijala se uobičajno, bez većih poteškoća. Navodimo kronološki neke referentne događaje:

- listopad 1993. – načelni dogovor za izgradnju međudržavnog voda DV 120 kV Siklos–Donji Miholjac
- ljeto/zima 1994. – izgradnja DV 110 kV Valpovo–D. Miholjac, vod s vodičima Al/Č 240/40 mm², duljine trase 20,5 km
- zima 1994/proljeće 1995. – izgradnja hrvatske dionice (DV 110 kV D. Miholjac–državna granica), vod s vodičima Al/Č 240/40 mm², duljine trase 7,9 km
- proljeće/ljeto 1995. – izgradnja mađarske dionice (DV 120 kV Siklos–državna granica), vod s vodičima Al/Č 250/40 mm², duljine trase 18,2 km
- početak srpnja 1995. god. – izvedba prijelaza DV 120 kV Siklos–D. Miholjac preko granične rijeke Drave
- 1. kolovoz 1995. god. – probni pogon DV 120 kV Siklos–(D. Miholjac)–Valpovo
- od 7. kolovoza 1995. god. – trajni pogon navedenog voda.



Slika 1.

U sklopu izvedbe ove interkonekcije trebalo je i adekvatno urediti i opremiti terminalne točke za isti – TS Siklos (Mađarska) i TS D. Miholjac odnosno Valpovo (Hrvatska).

TS 120/20 kV Siklos je bilo jedno periferno postrojenje u mađarskoj 120 kV mreži sa dva dvostruka 120 kV voda (smjer Pecs i smjer Beremend) i dva transformatora 120/20 kV, bez sabirnica i bez vodnih polja (dva “T” priključka s dvostrukog prolaznog voda). Za potrebe međunarodne interkonekcije trebalo je izgraditi praktički novo 120 kV rasklopište, pri čemu nije smjelo biti prekida kako pogona 120 kV vodova (u Beremendu je značajni industrijski potrošač – cementara), tako ni transformacije 120/20 kV u TS Siklos.

Novo postrojenje 120 kV TS Siklos izgrađeno je, u danim okolnostima, kao rasklopište sa:

- jednim sustavom sabirnica, dvostruko sekcioniranih s prekidačima
- četiri interna vodna polja (DV Pecs 1 i 2, DV Beremend 1 i 2) s naizmjeničnim rasporedom priključaka na dvije sekcije sabirnica
- jednim interkonektivnim vodnim poljem (DV D. Miholjac) s priključkom u sredini sabirnica
- dva transformatorska polja (otprije).

Sva je oprema veoma moderna, uglavnom iz uvoza: prekidači SF₆, “Magrini” Italija, rastavljači “ABB” Njemačka, odvodnici prenapona Engleska, strujni i naponski mjerni transformatori “Končar” Hrvatska.

Zbog prirode posla neki radovi na rekonstrukciji i proširenju 120 kV rasklopišta kao i radovi na rekonstrukciji postojećih vodova 120 kV (dva nova krajnja stupa) izvedeni su kao radovi pod naponom.

U Hrvatskoj je za potrebe priključka ovog voda izvedeno proširenje 110 kV rasklopišta TS Valpovo za jedno vodno polje. Za definitivno rješenje ove hrvatsko-mađarske 120 kV interkonekcije treba izvesti TS 110/35 kV D. Miho-

ljac, čije je građenje već i započelo (ograda, prilazni put, vodni portali za DV Siklos i Valpovo). Ta će građevina biti izvedena na način “tipska TS HEP – složenije 110 kV postrojenje” u opsegu:

- dva sustava sabirnica cijevne izvedbe
- dva uobičajna vodna polja (DV Valpovo i Našice)
- dva trafopolja
- spojno polje
- posebno vodno polje za priključak DV Siklos s ugrađenim autotransformatorom 110/120 kV, 63 – 80 MVA
- uobičajeno 35 kV postrojenje u zgradi.

S obzirom na sadašnje stanje radova na toj građevini (prosinac 1995) treba očekivati dovršenje izgradnje i njegovo stavljanje u pogon krajem 1996. odnosno početkom 1997. godine.

Do toga vremena pogon DV 120 kV Siklos–D. Miholjac–Valpovo bit će kao do sada:

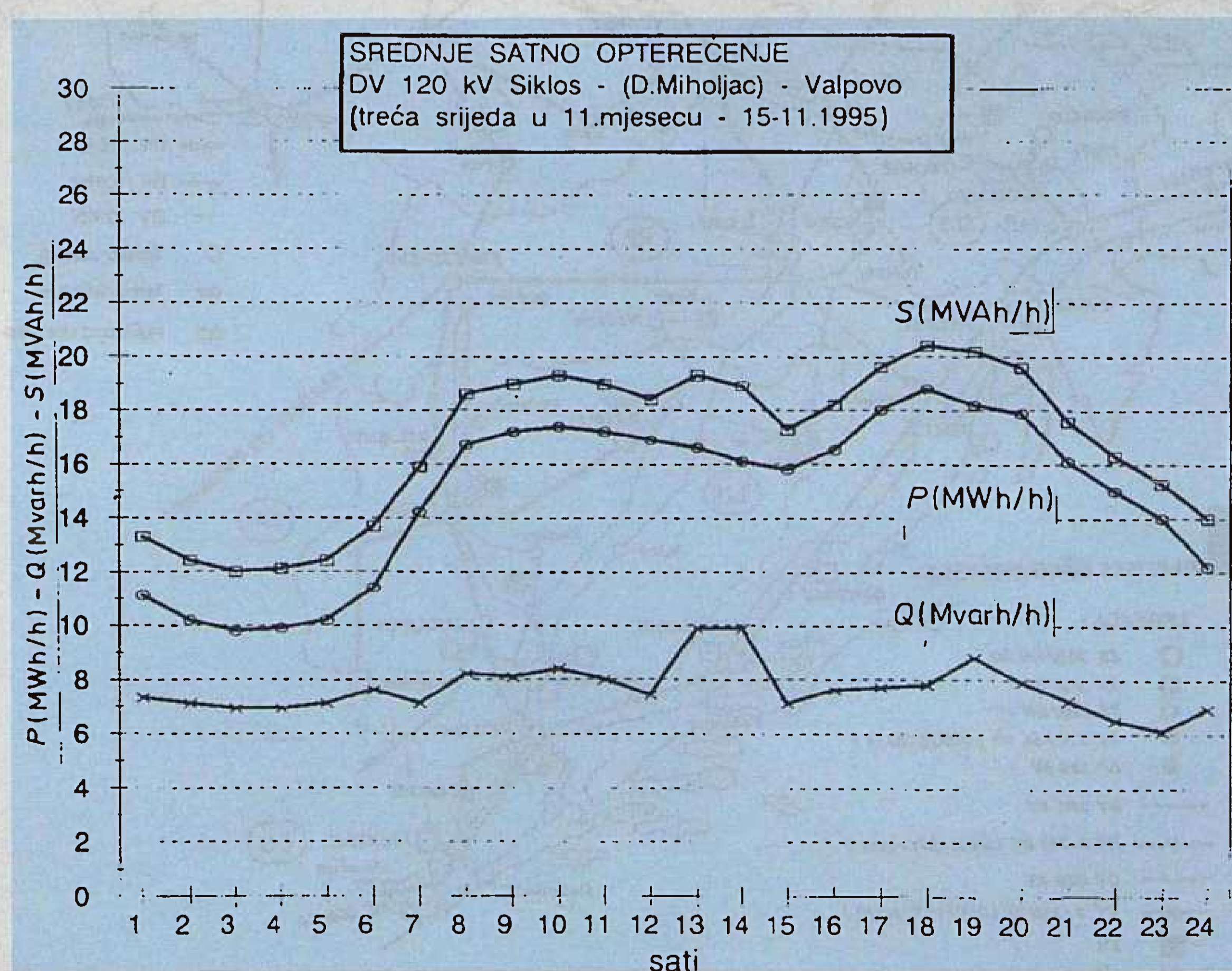
- napajanje energetskog otoka Valpovo, ali bez uključivanja u isti industrijske TS 110/6,3 kV Belišće (industrijska elektrana s 2 x 16 MW)
- nepostojanje autotransformatora 120/110 kV te podnošenje naponskih prilika na 110 kV sabirnicama Valpovo onakvih kakve jesu ($U_{\min} = 121$ kV, $U_{\max} = 127$ kV do sada).

Moguće naponske prilike na ovom vodu, kao i optimalan izbor prijenosnog omjera interkonektivnog transformatora 120/110 kV, već su proučavane u sklopu studije rađene u Institutu za elektroprivredu i energetiku d.d. Zagreb, pa navedeni povišeni naponi i nisu neko iznenađenje.

U ovom kratkom razdoblju (8. 1995 – 11. 1995) energetski tokovi na DV 120 kV Siklos–D. Miholjac–Valpovo bili su:

Tablica 2.

Mjesec 1995.	VIII.	IX.	X.	XI.
Energija (MWh)	4480	7531	8714	9385
Max. snaga (MWh/h)	15	46	20	19



Slika 2.

U pravilu, riječ je o malim iznosima prenošenih snaga, kao i energije, jer u hrvatskoj mreži još nije formiran dovoljno velik energetska "otok". Prijenosna moć ovakvog voda jest reda 100 MW, a prema sporazumu o razmjeni Mađarska može na ovom mjestu isporučiti Hrvatskoj maksimalno 55 MW ljeti te 65 MW zimi. Izgradnjom TS 110/35 kV D. Miholjac to će vjerojatno biti ostvarivo, jer će se "otok" tada sastojati od konzumnih područja triju TS-ova 110/35 kV: Valpovo, D. Miholjac i Našice.

Na slici 2. dane su krivulje dnevnog opterećenja (radna, jalova i prividna snaga) na DV 120 kV Siklos-Valpovo za treću (karakterističnu) srijedu u studenome 1995. godine. Međutim, već i u sadašnjim prilikama vidljiv je efekt ove interkonekcije. Tako je tijekom rujna 1995. godine kada je u našem sustavu u dva navrata došlo do teških smetnji (kvar na 400 kV sabirnicima zagrebačke TS Tumbri, smetnja na slavonskom jedinom pojnom vodu 220 kV), preuzeto iz Mađarske do 46 MWh/h (odnosno oko 50 MW vršno), i to u trajanju 12 h ukupno.

Inače, na samom interkonektivnom vodu, do sada nisu evidentirane neke veće smetnje. Dva trajna kvara u mjesecu kolovozu, na početku eksploatacije, imala su za uzrok загаđenje izolatora na hrvatskoj dionici (ptice). U tom je razdoblju registrirano i pet prolaznih smetnji (uspješni APU), vjerojatno pogonski prenapon.

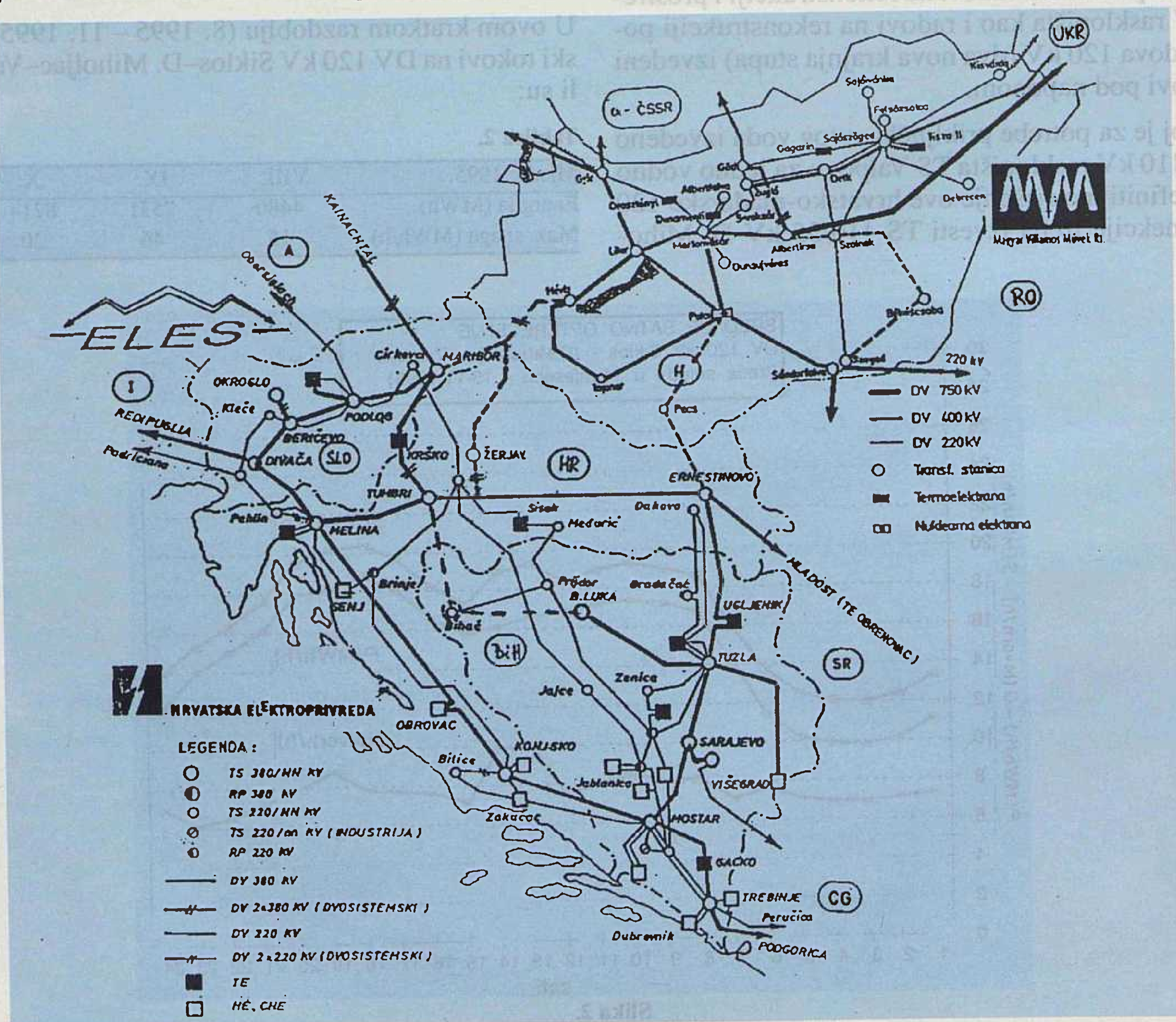
U ovom trenutku (zima 1995/96) preko dva interkonektivna voda 120 kV iz mađarskog elektroenergetskog sustava preuzima se ukupno oko 90 MW vršno (u Nedeljancu oko 70 MW, te 20 MW u Valpovu) što s obzirom na vršno opterećenje svekolike Hrvatske prošle zime (1994/95) kada je isto iznosilo oko 2 000 MW predstavlja – 4,5%.

Uz punu izgrađenost parcijalnog 110 kV prijenosnog sustava na području Slavonije (1996/97. god.) mogli bi iz Mađarske preuzimati oko 130 MW, odnosno približno 6,5% sadašnje vršne snage konzuma Hrvatske. To je relativno mnogo, napose tih predvidivih 60 MW u istočnoj Hrvatskoj, jer bi to činilo oko 20% vršne snage Slavonije, koja je, kako je to poznato, veoma nesigurno napajana iz zapadne Hrvatske.

U ovom trenutku naša je pozornost usmjerena jednoj mnogo važnijoj i snažnijoj interkonekciji, a to je vod 400 kV Héviz (Mađarska)–Žerjavinec kod Zagreba. Taj vod, koji se studijski proučava uz terenska istraživanja trase još od ljeta 1994. godine, imao bi višestruku ulogu:

- kvalitetno povezivanje dvaju geografski bliskih i energetski komplementarnih područja kao što su Mađarska i Hrvatska
- vod 400 kV s prijenosnom moći reda 1000 MW i prirodnom snagom prijenosa od 530 MW znatno bi osnažio oba energetska sustava i povećao pouzdanost u napajanju potrošača električne energije kako u Mađarskoj (vršna snaga potrošnje 5 500 MW), tako i u Hrvatskoj (vršna snaga potrošnje nešto iznad 2 000 MW).
- ovakav bi vod bio moćno sredstvo za prijenos električne energije ne samo između Hrvatske i Mađarske nego i između trećih zemalja a za potrebe Hrvatske i Mađarske, uključivo u to i snažniju interkonekciju između dvaju velikih energetskih elektro sustava – UCPTE zapadne Europe i CENTREL središnje i istočne Europe.

Na području Mađarske ovaj se vod planira kao dvostruki, 2 x 400 kV vod od Héviza do mađarsko – slovensko –



Slika 3.

hrvatske granice, a dalje kao jednostruki vod do Maribora odnosno Cirkovca u Sloveniji te Žerjavinca kod Zagreba u Hrvatskoj (sl. 3).

Osim svih studijskih, projektantskih i terenskih istraživanja, za građenje ovog voda postoje već i konkretni dogovori zainteresiranih elektroprivreda:

- načelni ugovor između slovenskoga elektroprivrednog poduzeća ELES Ljubljana i mađarske elektroprivrede MVM Rt Budapest od 27. 11. 1995. o građenju toga voda u razdoblju iza 1998. godine
- dogovor između hrvatske elektroprivrede – HEP d. d. Zagreb i mađarske elektroprivrede MVM Rt Budapest od 13. 12. 1995. o građenju toga voda; potpisivanje odgovarajućeg ugovora u tome smislu može se očekivati u drugoj polovici siječnja 1996. godine – predviđeni rok realizacije do kraja 1998. godine.

CONNECTING ELECTRIC POWER SYSTEMS OF CROATIA AND HUNGARY

Apart from the existing 120 kV connection Söjtör – Nedeljanec, put into operation in the year 1958, the connection between Croatian and Hungarian electric power system has been improved by putting into operation the transmission line 120 kV Siklos – (D. Miholjac) – Valpovo in 1995. This line increases the supply security of Slavonija significantly. In this phase it supplies the Valpovo region as an island.

The two parties are now discussing the realisation of the 400 kV line Heviz – Žerjavinec, that will strengthen the interconnection between Croatia and CENTREL countries significantly.

DIE VERBINDUNG DER STROMERZEUGUNGSSYSTEME KROATIENS UND UNGARNS

Neben der bestehenden seit 1958 betriebenen Leitung Söjtör – Nedeljanec ist in diesem Jahr 1995 die Verbindung des kroatischen und des ungarischen Verbundnetzes durch die Inbetriebnahme der Freileitung 120 kV Siklos – (Donji Miholjac) – Valpovo verstärkt worden. Diese Leitung erhöht bedeutend die Sicherheit der Strom-versorgung Slavoniens. Zur Zeit speist diese Leitung die Region von Valpovo im Inselbetrieb.

Beide Verbundsysteme verhandeln über die Verwirklichung der 400 kV Leitung Heviz – Žerjavinec. Diese Verbindung würde den Anschluss Kroatiens an die CENTREL Länder stark vorantreiben.

Naslov pisca:

Božidar Radmilović, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d. d.,
Zagreb
Sektor za razvoj
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1995 – 12 – 06

ELKA industrogradnja d.d.

PODUZEĆE ZA GRADENJE, PROJEKTIRANJE, KONZALTING, PROIZVODNJU, TRGOVINU, VANJSKO-TRGOVINSKO POSLOVANJE, UGOSTITELJSTVO I TURIZAM, ZAGREB



ELKA, tvornica električnih kabela, utemeljena je 1927. godine u Zagrebu, a proizvodnjom električnih kabela bavi se gotovo već sedamdeset godina. Prije desetak godina Elka je preseljena iz centra grada na novu lokaciju u Zagrebu, u industrijsku četvrt na Žitnjaku, gdje su izgrađeni novi proizvodni pogoni i poslovni objekti te je obavljena kompletna rekonstrukcija i modernizacija tvornice.

Naše tri tvornice — u Zagrebu, Zadru i Tugonici — zauzimaju površinu od preko 188.000 m², s natkrivenim prostorom od 112.000 m².

Naš proizvodni kapacitet iznosi 26.000 tona električnih kabela i vodova, telekomunikacijskih kabela, lakirane žice i metalne užadi godišnje. Naši glavni kupci u zemlji su: elektroprivreda, pošte, željeznica, brodogradnja, rudarstvo, industrija, građevinarstvo i zanatstvo, a oko jedne četvrtine proizvodnje ELKA u zadnjih 40 godina izvozi na tržišta zemalja zapadne i istočne Europe i zemlje Bliskog Istoka.

ELKA ima 1215 zaposlenih.



ELKA d.d.

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA
ZAGREB, Žitnjak bb, P.P. 150, HRVATSKA
Telefon: 041/232 200, Teleks: 21-193 elka
Faks: 041/223 898

INTEGRALNO RESTRUKTURIRANJE HRVATSKE ENERGETIKE I BRODOGRADNJE

Izgradnja serije dizelskih elektrana u Hrvatskoj

Mr. Vladimir P o t o č n i k, Zagreb

UDK621.31:620.9:386

PREGLEDNI ČLANAK

Državnim poduzećima hrvatske brodogradnje i energetike predstoji restrukturiranje u smjeru tržišnog gospodarstva. Ovdje su izložene mogućnosti i prednosti zajedničkog restrukturiranja tih djelatnosti kroz izgradnju serije dizelskih elektrana. To s jedne strane pruža dobre izgleda domaćoj preradi nafte, strojogradnji i elektroindustriji za povećanje zaposlenosti i proizvodnje na domaćem i inozemnom tržištu, a s druge strane omogućava popravljavanje vanjskotrgovinske bilance i ublažavanje ovisnosti Hrvatske o uvozu energije i opreme.

Ključne riječi: integralno planiranje razvoja energetike i gospodarstva.

UVOD

Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske iniciralo je u novije vrijeme dva programa:

- Program organizacije i razvoja hrvatskog energetskog sektora PROHES [1] i
- Program restrukturiranja hrvatske brodograđevne industrije [2, 3].

Na prvi pogled, to su dva nepovezana programa, ali između njih postoji sveza, a to su dizel-motori. Naime, jednaki dizel-motori koriste se na brodovima i u dizelskim elektranama. Većina tvornica dizel-motora u svijetu proizvodi dizel-motore i za brodove i za dizelske elektrane (DE), odnosno dizelske elektrane – toplane (DE-TO).

Ovdje se želi istražiti isplati li se Hrvatskoj uključiti naše tvornice dizelskih motora s pratećom industrijom i projektantima u razvoj hrvatske energetike i na svjetsko tržište dizelskih elektrana.

POSTOJEĆE STANJE I PLAN RAZVOJA HRVATSKE ENERGETIKE

Prema raspoloživim podacima, Hrvatska je siromašna fosilnim gorivima, tako da danas više od trećinu energetskih potreba pokriva uvozom nafte, plina, ugljena i struje.

Rafinerije nafte INA u Rijeci i Sisku, kapaciteta prerade oko 12 milijuna tona nafte godišnje, koriste kapacitete sa svega oko 40% (2 milijuna domaće i 3 milijuna tona uvozne nafte). Jadranski naftovod JANAF, kapaciteta 34 milijuna tona nafte godišnje, prije prekida rada 1991. godine dostigao je iskorištenje kapaciteta od oko 35% (12 milijuna tona).

Hrvatska troši gotovo 3 milijarde m³ prirodnog plina, od čega uvozi plinovodom iz Rusije blizu 30%, a ostalo pokriva iz domaćih plinskih polja u Panonu. Uvoz ruskog plina privremeno je obustavljen u proljeće 1995. TE-TO Zagreb i EL-TO Zagreb od 1994. koriste se teškim loživim uljem umjesto prirodnim plinom.

Relativno mala potrošnja ugljena podmiruje se uglavnom

iz uvoza. Postojeće korištenje obnovljivih energenata u Hrvatskoj zanemarivo je, osim vodenih snaga.

Potrošnja električne energije od oko 16 TWh godišnje prije Domovinskog rata 1991. pokrivala se približno po trećinu iz domaćih hidroelektrana, domaćih termoelektrana i uvozom iz hrvatskih elektrana izvan teritorija Hrvatske. Početkom rata Hrvatska je ostala bez struje iz vanjskih elektrana (osim NE Krško), kao i iz okupiranih i oštećenih elektrana na svom teritoriju. Zahvaljujući drastičnom smanjenju potrošnje za oko trećinu (na 11,7 TWh), interventnom programu za Dalmaciju i uvozu struje, izbjegnute su veće i dugotrajnije elektroenergetske poteškoće. Nakon oslobođenja većega dijela okupiranih teritorija 1995. godine, elektroenergetska situacija se stabilizirala. Danas Hrvatska podmiruje potrošnju oko 12 TWh (vršno opterećenje oko 2 100 MW) iz vlastitih hidroelektrana i termoelektrana, te iz NE Krško i nešto malo iz uvoza.

Plan razvoja hrvatske energetike do 2010. godine [1] predviđa povećanje uvoza primarnih energenata na 50–60% od ukupnih energetskih potreba. Najveći porast uvoza predlaže se podmiriti prirodnim plinom, gdje se predviđa četverostručanje uvoza plina nepoznatog podrijetla. Veliko povećanje uvoza predlaže se i za ugljen, dok se najmanje povećanje predviđa kod nafte. Predviđena potreba električne energije u 2010. godini od 19,3–22,5 TWh godišnje (vršno opterećenje oko 3 000 MW) pokrila bi se – uz dovršenje i revitalizaciju TE Plomin (330 MW) na kameni ugljen – izgradnjom novih elektrana ukupne snage 800–1350 MW (prosječno 50–90 MW godišnje), ovisno o scenariju. Među predloženim novim elektranama jest:

5 termoelektrana na prirodni plin	750
2 termoelektrane na kameni ugljen	700
2 hidroelektrane	180
ukupno 9 elektrana snage	1 630 MW.

Više od 4/5 predloženih elektrana, odnosno sve termoelektrane, bit će uglavnom **uvoznog podrijetla**, a radit će na **uvozna goriva**. Za hidroelektrane znatan dio opreme također je uvoznog podrijetla. Drugim riječima, predloženi razvoj elektroenergetskih izvora zasnovan je na uvozu opreme i goriva.

RESTRUKTURIRANJE HRVATSKE BRODOGRADNJE

Hrvatska danas ima 3 veća brodogradilišta (Pula, Rijeka, Split) koja imaju vlastite tvornice dizel-motora, nekoliko manjih brodogradilišta i 2 tvornice dizel-motora (Karlovac, Rijeka). Prije rata 1991. hrvatska brodogradnja imala je relativno visoko mjesto među svjetskim izvoznicima brodova zahvaljujući tradiciji, kvaliteti i potpori države. S ratom su se smanjile narudžbe brodova, što je uz promjene gospodarskog sustava ubrzalo nužnost restrukturiranja brodogradnje.

Kapacitet tvornica motora iznosi preko 200 MW godišnje, a u 1994. godini iskorištenost kapaciteta iznosila je manje od 50%. Tvornice motora povezane su dugogodišnjom suradnjom i licencnim odnosima s nekim od najpoznatijih svjetskih tvornica dizel-motora (Sulzer, Švicarska, MAN B&W, Njemačka, Pielstick, Francuska). Dizel-motori naših proizvođača sadrže prosječno 50–70% domaće i 30–70% uvozne opreme. Zbog pretežitog angažmana za brodogradnju i tvornice motora pogođene su krizom hrvatske brodogradnje.

Program restrukturiranja brodogradnje [2, 3] predviđa jedno poduzeće s tri specijalizirana brodogradilišta i izdvajanje tvornica motora u korporaciju hrvatske strojogradnje (CEC – Croatian Engine Corporation). Dosadašnje 3 tvornice motora iz brodogradilišta specijalizirale bi se u okviru CEC, zadržale odnose s MAN B&W (Pula) i Sulzer (Rijeka) i smanjile broj zaposlenih s oko 2 000 na približno 700. CEC bi proizvodio dizel-motore (30–60 MW godišnje), dizalice, pomoćnu opremu i rezervne dijelove za hrvatsku brodogradnju i ostale naručitelje u zemlji i inozemstvu.

SVJETSKA ISKUSTVA

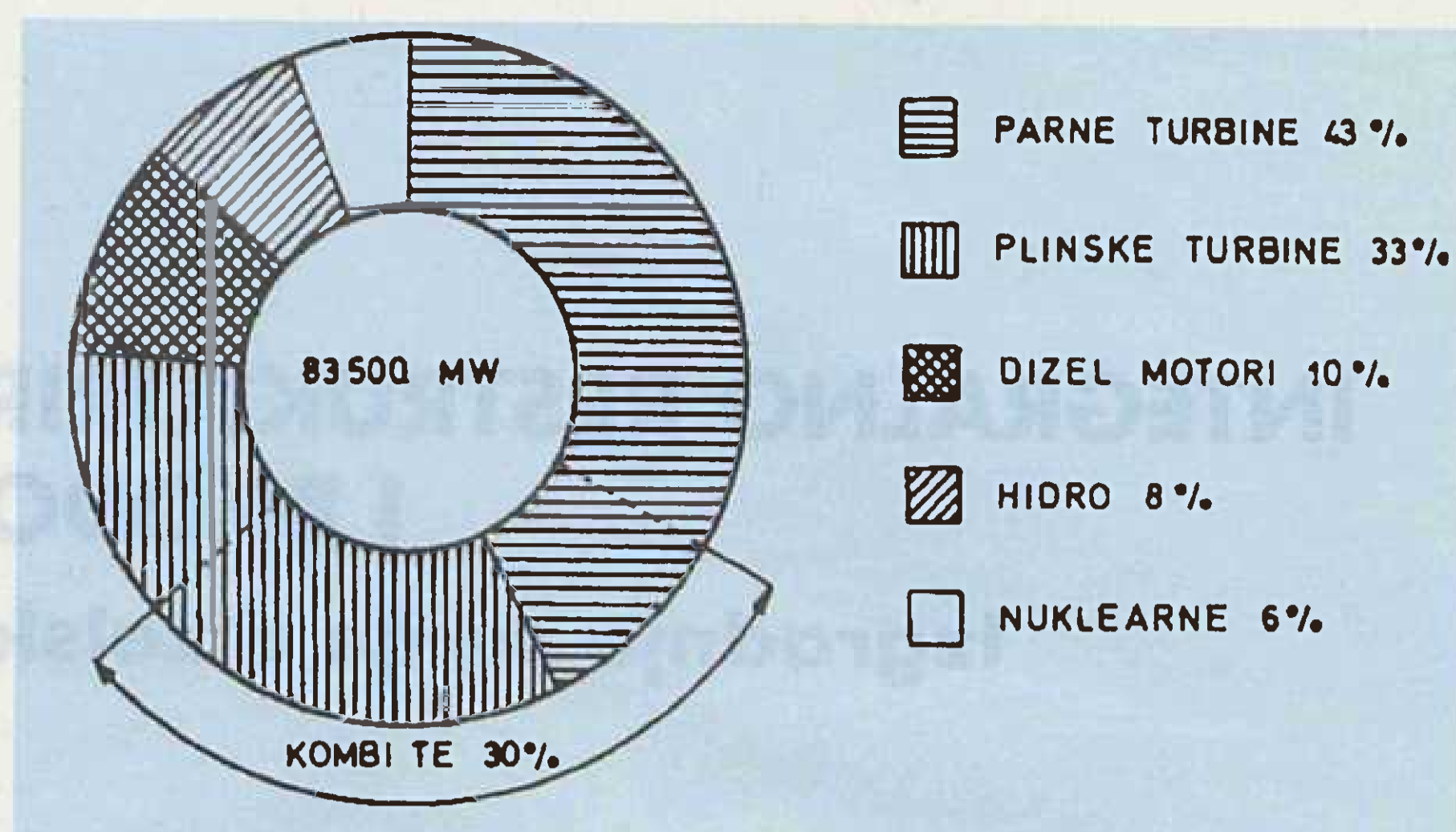
Nakon stabilizacije cijena nafte na relativno niskoj razini 1986. godine dizelske elektrane su se počele brže vraćati u elektroenergetski sustav, bilježeći u svijetu rekordne poraste instaliranih kapaciteta od 10 do 15% godišnje [4]. U 1994. godini su dizelske elektrane po snazi činile desetu novoizgrađenih elektrana u svijetu (slika 1).

Proizvodnja dizel-motora za elektroenergetiku premašila je snagom proizvodnju motora za brodove (slika 2).

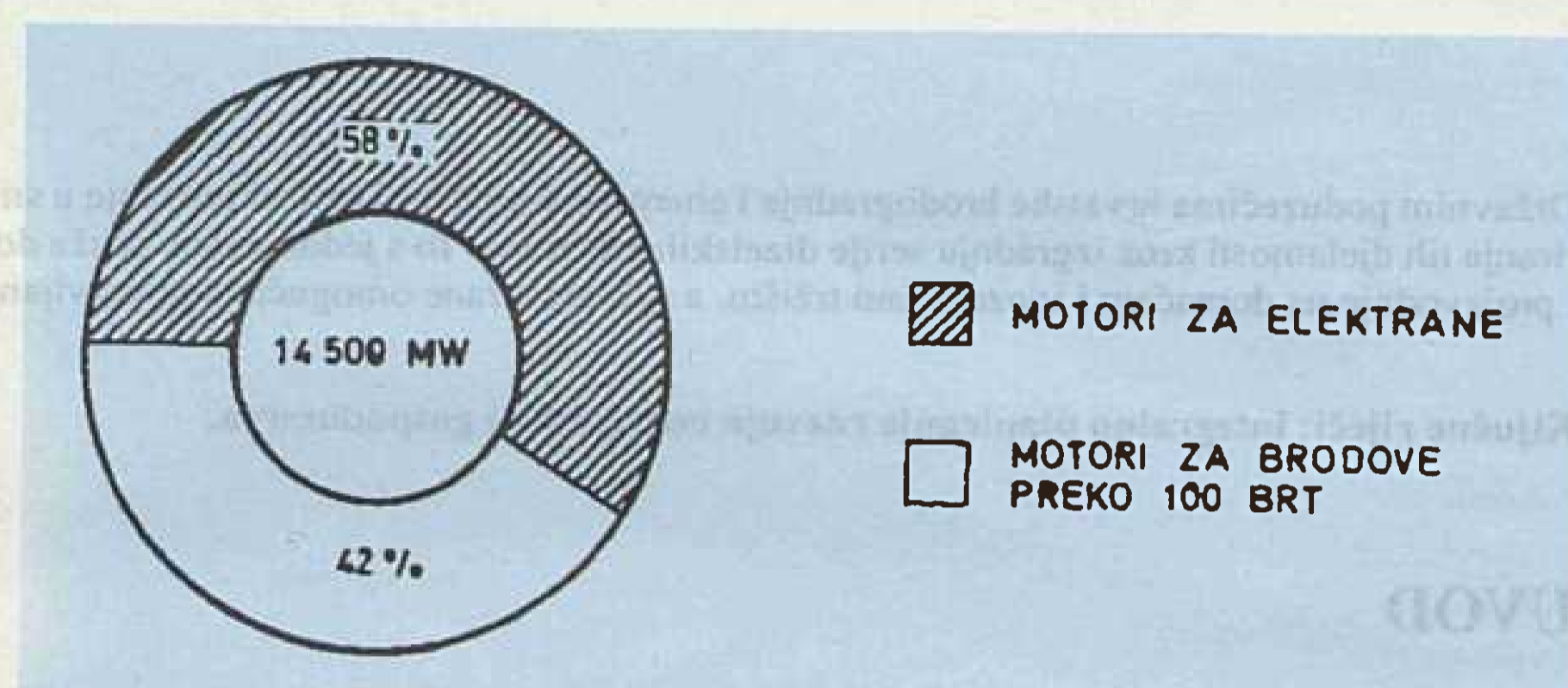
Takvu ekspanziju dizel-motora u elektroenergetici objašnjavaju ovi glavni čimbenici:

- Fleksibilnost** u primjeni goriva – od najjeftinijih tekućih goriva do prirodnog plina.
- Snage** motora dostigle su 55 MW, a snage dizelskih elektrana s više motora idu do 300 MW.
- Efikasnost** dizel-motora odnosno elektrana na tekuće gorivo bolja je nego kod ostalih vrsta primarnih pokretača, a kod prirodnog plina zaostaje jedino za kombi-termoelektranama veće snage. U razvoju su kombi DE koje su po učinkovitosti bliske kombi TE.
- Specifična ulaganja** u dizelske elektrane konkurentna su uporedivim kombi-termoelektranama.
- Pouzdanost i održavanje** dizel-motora, zahvaljujući dugotrajnom razvoju za brodove, dostigli su zavidnu razinu.

Zahvaljujući tim i još nekim čimbenicima, dizelske elektrane su postale konkurentne u području elektrana (ne sa-



Slika 1. Svjetske elektrane puštene u pogon 1994. [5]



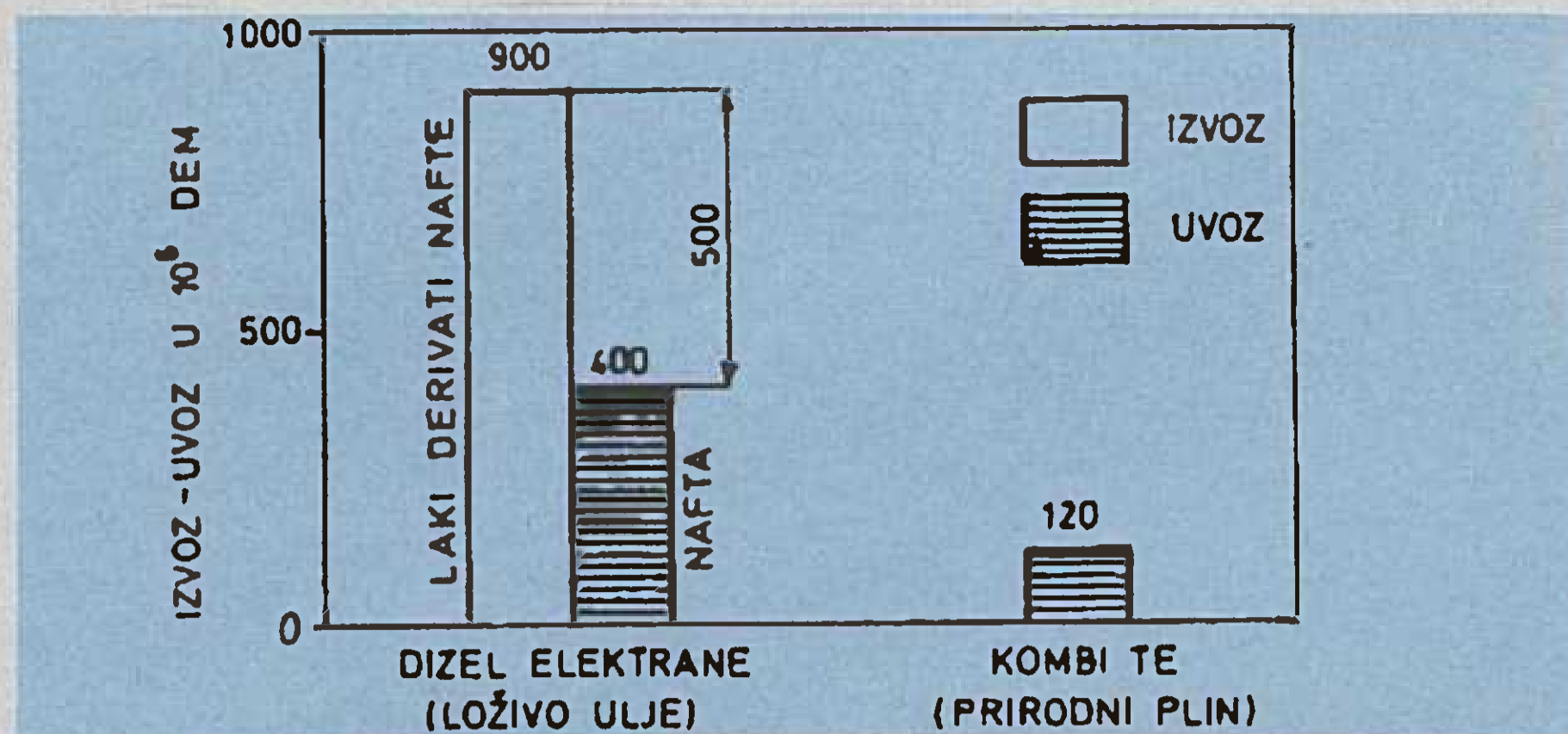
Slika 2. Svjetsko tržište dizel-motora 1994. [5]

mo za izolirana područja) i dizelskih elektrana-toplana, odnosno kogeneracije (zajednička proizvodnja struje i topline).

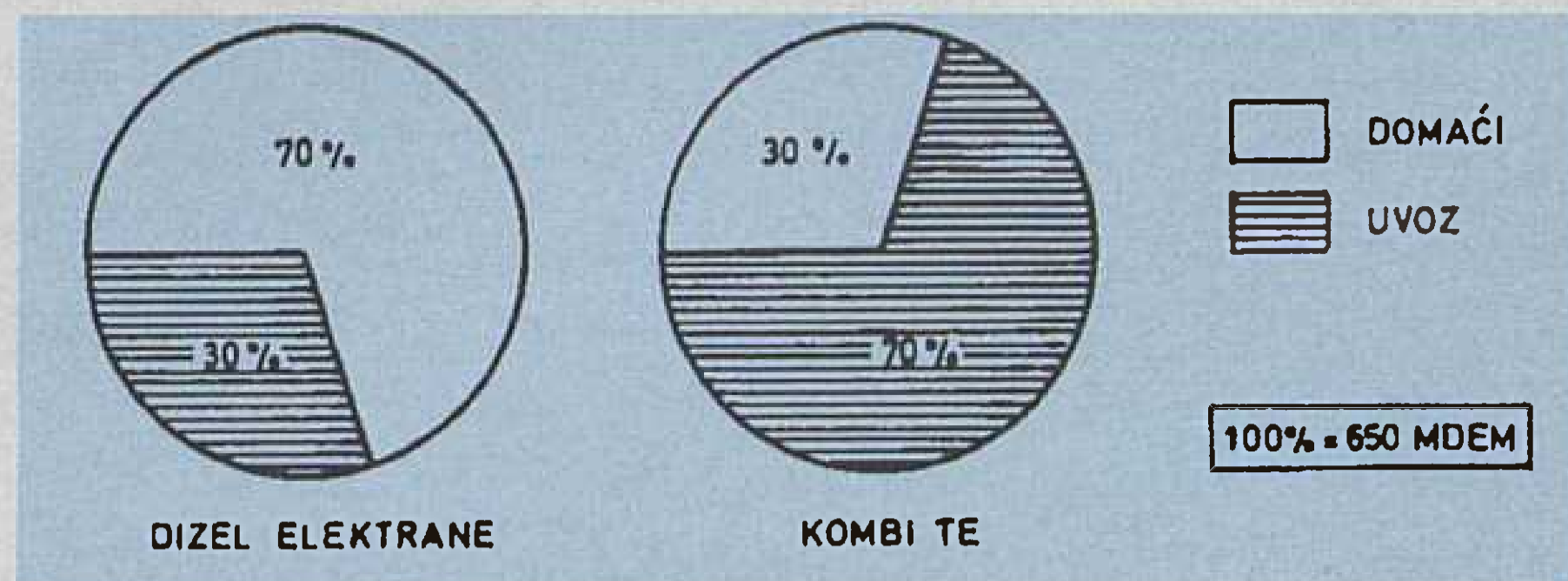
INTEGRALNO RESTRUKTURIRANJE HRVATSKE BRODOGRADNJE I ENERGETIKE

Imajući na umu prethodno izloženo, predlaže se u okviru PROHES-a i restrukturiranja hrvatske brodogradnje razmotriti varijantu razvoja elektroenergetskog sustava koja uključuje izgradnju serije domaćih dizelskih elektrana snage oko 500 MW do 2010. godine (prosječno 35 MW godišnje) na teško loživo ulje sa sadržajem sumpora do 1% i/ili prirodni plin. U elementarnom obliku takav prijedlog postoji otprije [6, 7]. Usporedba multikriterijalnom analizom te varijante s prijedlogom iz PROHES-a pokazuje sljedeće moguće prednosti varijante sa serijom DE:

- Vanjskotrgovinska bilanca** (izvoz–uvoz) postaje pozitivna kod serije DE zbog financijske nadmoći izvoza derivata nafte u odnosu na uvoz nafte (slika 3) i zbog većega domaćeg učešća u izgradnji dizelskih elektrana (slika 4). Oba ta elementa su znatno lošija kod kombi TE na prirodni plin i kod TE na uvozni ugljen, koje daju negativnu vanjskotrgovinsku bilancu. Vanjskotrgovinski deficit Republike Hrvatske raste tako da je u 1995. dostigao blizu 3 000 milijuna USD (iznad deviznih rezervi Narodne banke Hrvatske). Alarmna lampica je upaljena.
- Zaposlenost domaće radne snage** u strojograđevnoj i elektroindustriji te u rafinerijama nafte INA povećava se većim korištenjem postojećih kapaciteta. Povećanje zaposlenosti moguće je disperzirati i na novooslobođene krajeve Hrvatske (Lika, sjeverna Dalmacija itd.).



Slika 3. Godišnji uvoz i izvoz goriva za seriju elektrana 500 MW u Hrvatskoj



Slika 4. Domaći i uvozni dio u izgradnji 500 MW elektrana u Hrvatskoj

- Domaća industrija** i projektanti izgradnjom serije DE u Hrvatskoj stječu dobre izgleda za nastup na propulzivnom svjetskom tržištu dizelskih elektrana. Osim brodova i dizelske elektrane bi mogle postati izvozni proizvod Hrvatske. U ostalim vrstama elektrana Hrvatska nema takvih izgleda.
- Pouzdanost cijena i opskrbe gorivom** veća je kod serije DE, jer je izbor ponuđača kod nafte veći nego kod prirodnog plina i manje je osjetljiv na političke ucjene. Zbog povećane potrošnje predviđa se brži rast cijena prirodnog plina od nafte. Svjetske zalihe nafte i prirodnog plina približno su jednake [8].
- Ekonomičnost** (cijena kWh) približno je podjednaka, a održavanje elektrana jednostavnije i pouzdanije zbog većeg broja agregata u DE.
- Utjecaji na okoliš** se primjenom odgovarajućih mjera zaštite okoliša (čišćenje dimnih plinova, mjere zaštite od buke) i usmjerenjem na korištenje kvalitetnijih loživih ulja (s manje sumpora) mogu svesti u zakonski propisane okvire.

Pretprojekt prve moderne DE 150 MW kod nas [9] pokazao je da dizelske elektrane mogu biti konkurentne ostalim vrstama elektrana.

Analiza tržišta kogeneracije u Hrvatskoj [10] i Europi [11] pokazuje da DE-TO manje snage imaju dobre mogućnosti primjene.

ZAKLJUČAK

U interesu je hrvatskog gospodarstva (INA, HEP, industrija) da se u sklopu programa razvoja hrvatske energetike i restrukturiranja hrvatske brodogradnje razmotri opravdanost izgradnje domaćih dizelskih elektrana na gorivo proizvedeno u Hrvatskoj. Time bi se olakšao opstanak i razvoj domaće strojogradnje i elektroindustrije povećanjem proizvodnje i zaposlenosti na domaćem i inozemnom tržištu uz pozitivno djelovanje na vanjskotrgovinsku bilancu. Ujedno se ublažuje energetska ovisnost Hrvatske o uvozu opreme i energenata.

LITERATURA

- Projekt: Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora (PROHES), Prethodni rezultati, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, srpanj 1995.
- Program restrukturiranja hrvatske brodograđevne industrije, Sažetak, Ministarstvo gospodarstva – Sektor brodogradnje, Zagreb, svibanj 1995.

- Ponude za novu strategiju i reorganizaciju strojogradnje odnosno proizvodnje motora hrvatskih brodogradilišta, R&P München, 20. ožujka 1995.
- Diesel & Gas Turbine Worldwide, October 1994.
- Wärtsilä Diesel Group Profile 1994.
- V. POTOČNIK: "To u Dalmaciju!", Vjesnik HEP, 3. 9. 1993.
- V. POTOČNIK: "Restrukturiranje hrvatske energetike", II forum Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb, 15. 12. 1993.
- D. FERETIĆ: "Dugoročni razvoj energetike: Prognoze, analize i dileme", Energija 44 (1995) br. 2.
- Prospekt HEP – Dizelska elektrana Dalmacija, Elektroprojekt Zagreb, 1995.
- V. POTOČNIK: "Kogeneracija – doprinos restrukturiranja hrvatske energetike", III forum Dan energije u Hrvatskoj, Zagreb 16. 12. 1994.
- The European Market for Reciprocating Engine-Driven Cogeneration Systems, Frost/Sullivan, Inc. New York 1992.

INTEGRATED RESTRUCTURING OF CROATIAN ENERGY SUPPLY AND SHIP BUILDING

State owned companies of Croatian ship building and energy supply have to be restructured towards market economy. Here are given the possibilities and advantages of common restructuring of those activities through the construction of a series of diesel power plants, creating good chances to domestic crude oil production, machine and electric industry to increase employment and production on domestic and foreign market. It also improves the foreign trade balance and decreases the Croatian dependence on energy and equipment import.

DIE EINANDER ERGÄNZENDE NEUGLIEDERUNG DER ENERGETIK UND DES SCHIFFBAUES IN KROATIEN

In den kroatischen staatlichen Unternehmen der Energetik und des Schiffbaues steht die Strukturänderung in Richtung Marktwirtschaft unmittelbar bevor. Hier werden Möglichkeiten und Vorzüge einer gemeinsamen Neugliederung dieser Wirtschaftszweige durch die Serienerzeugung von Dieselmotoren dargestellt. Das schafft der Erdölindustrie, dem Maschinenbau und der Elektroindustrie gute Aussichten weitere Arbeitsplätze zu eröffnen und die Produktion für den einheimischen und den internationalen Marktanteil zu steigern, wodurch die Verbesserung der Außenhandelsbilanz Kroatiens sowie die Herabsetzung deren Importabhängigkeit ermöglicht würde.

Naslov pisca:

mr. Vladimir Potočnik, dipl. ing.
Elektroprojekt Inženjering d. d.
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1995 – 12 – 22



U interesu je hrvatskog gospodarstva (INA, HEP, indus-
trija) da se u sklopu programa razvoja hrvatske energetike
i restrukturiranja hrvatske proizvodnje razmotri opar-
danost izgradnje domaćih dizelskih elektrana na gorivo
proizvedeno u Hrvatskoj. Time bi se olakšao opstanak i
razvoj domaće strojarne i elektroindustrije povećanje
proizvodnje i zaposlenosti na domaćem i inozemnom trži-
štu uz pozitivno djelovanje na vanjskotrgovinski bilan-
Ujedno se ublažuje energetska ovisnost Hrvatske o uvo-
opreme i energenata.

ZAKLJUČAK

U interesu je hrvatskog gospodarstva (INA, HEP, indus-
trija) da se u sklopu programa razvoja hrvatske energetike
i restrukturiranja hrvatske proizvodnje razmotri opar-
danost izgradnje domaćih dizelskih elektrana na gorivo
proizvedeno u Hrvatskoj. Time bi se olakšao opstanak i
razvoj domaće strojarne i elektroindustrije povećanje
proizvodnje i zaposlenosti na domaćem i inozemnom trži-
štu uz pozitivno djelovanje na vanjskotrgovinski bilan-
Ujedno se ublažuje energetska ovisnost Hrvatske o uvo-
opreme i energenata.



SLAVONSKA BANKA d.d. OSIJEK

LITERATURA

- [1] Projekt: Razvoj i organizacija hrvatskog energetskog sektora (PROHESS), Prehodni rezultati, Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, srpanj 1992.
- [2] Program restrukturiranja hrvatske proizvodne industrije, Sažetak, Ministarstvo gospodarstva - Sektor proizvodnje, Zagreb, svibanj 1992.

Snaga Slavonije - Bogatstvo tradicije...

Uredništvo primilo rukopis:
10000 Zagreb, Hrvatska
Ulica grada Vukovaca 37,
Elektroprojekt Inženjering d.o.o.
mr. Vladimir Kotočanik dipl. ing.

PRIMJENA SUNČANE ENERGIJE U ELEKTROENERGETICI

Prof. dr. sc. Danilo Feretić — prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić — mr. sc. Željko Tomšić, Zagreb

UDK 697.7:621.3

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U članku se opisuje primjena sunčane energije u elektroenergetici. Opisana su dva načina korištenja sunčane energije za proizvodnju električne energije: sunčani termički sustavi koji koncentriraju energiju primljenu od sunca da bi nakon toga koncentriranu toplinsku energiju koristili u termoenergetskim postrojenjima; i sunčane fotonaponske ćelije koje pretvaraju sunčanu energiju direktno u električnu energiju. Pokazani su i ekonomski pokazatelji sunčanih elektrana i sunčana elektrana kao opcija u planiranju razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske.

Ključne riječi: aditivni izvori energije, sunčana energija, ekonomičnost, utjecaj na okoliš.

1. UVOD

Pod pojmom aditivnih energetske izvora razumijevamo energetske izvore koji ne mogu sami pokriti potrebe elektroenergetskog konzuma, nego služe samo kao dopuna postojećim klasičnim ili nuklearnim energetske izvorima. To je stoga što se ti izvori po svojim energetske obilježjima ne mogu prilagoditi potrebama konzuma, pa najčešće, ovisno o visini konzuma, dovode do povećanja ili smanjivanja upotrebe već instalirane snage energetske izvora koji su raspoloživi neovisno o konzumu (termoelektrane, akumulacijske hidroelektrane, nuklearne elektrane), štedeći fosilno gorivo, nuklearno gorivo ili rezerve vode u akumulacijama.

Među aditivne energetske izvore ubrajaju se elektrane na vjetar i sunčane elektrane bez akumulatora energije. U svjetskoj literaturi ti se energetske izvori označuju kao obnovljivi energetske izvori (što stvarno i jesu) i u tom smislu su slični hidroelektranama.

Kao posebna kategorija obnovljivih izvora tretiraju se oni na bazi biomasa, iako ti izvori svojim energetske karakteristikama pripadaju među termoelektrane čiji energent posjeduje svojstvo obnovljivosti.

U literaturi se među aditivne izvore energije još ubrajaju geotermalni izvori, energija valova te energija plime i oseke. Prema Jacksonu i Sorensenu [2], [3], iskoristiva snaga aditivnih izvora energije dana je tablicom 1.

Tablica 1. Iskoristiva snaga aditivnih izvora energije u TW

Vrsta aditivnog izvora	Iskoristiva snaga [TW]
sunčana energija	1 000
energija vjetra	10
hidroenergija	0,5–1,0

Korisno je razmotriti samo one aditivne izvore koji imaju potencijalnu mogućnost primjene u Hrvatskoj elektroenergetici i koje bi trebalo analizirati u sklopu projekta PROHES. To su: energija Sunca, vjetra i energija biomasa. Za primjenu ostalih navedenih izvora ne postoje prirodni uvjeti. Značajnija primjena geotermičke energije mogla bi doći u obzir samo za niskotemperaturno grijanje.

U sklopu ovog članka bavit ćemo se samo potencijalnom primjenom sunčane energije u elektroenergetici.

Iz tablice 1. je vidljivo da je iskoristiva snaga sunčane energije mnogo veća od iskoristive snage drugih aditivnih izvora energije. Sunce, zahvaljujući termonuklearnim reakcijama u njegovoj unutrašnjosti, isijava u okolni prostor golemu energiju od koje samo neznatni dio dopijeva na površinu našeg planeta. Unatoč tome toplinska snaga koja iz Sunca dopijeva na Zemljinu površinu golema je i iznosi oko 100 000 TW [1]. Od te snage se oko 30% reflektira natrag u svemir, 45% se pretvara u toplinu niske temperature koja zagrijava Zemlju, a 25% se transformira u atmosferi i troši na isparavanje vode (vrlo mali dio te energije pretvara se u električnu energiju u hidroelektranama), na energiju kretanja zračnih masa (vjetrovi) i vodenih masa (morske struje).

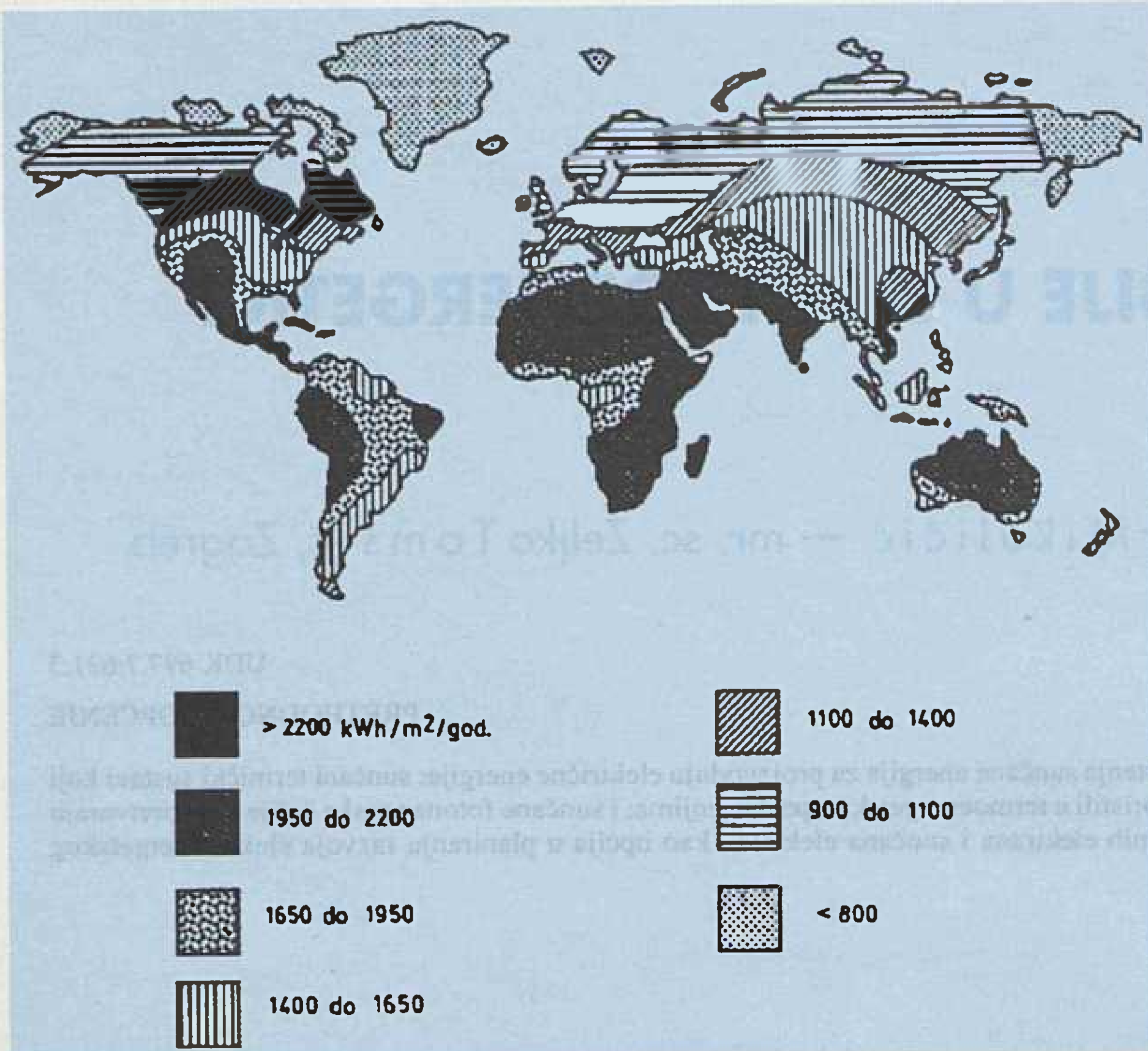
Na fotosintezu, koja je temelj života na Zemlji, troši se samo oko 0,1% energije primljene od Sunca.

Prosječna godišnja sunčana energija koja dopijeva na Zemljinu površinu iznosi oko 1 500 kWh/m², pri čemu u južnim dijelovima SAD, Australiji i većem dijelu Afrike ta energija doseže u prosjeku oko 2 200 kWh/m², a u sjevernoj Europi i Kanadi oko 1 100 kWh/m². Maksimalna toplinska snaga Sunčeva zračenja na Zemljinoj površini u vedrom danu jest oko 1 000 W/m². Raspored prosječnih godišnjih energija Sunčeva zračenja na Zemlji daje slika 1.

U sklopu razmatranja koje slijedi zanimat će nas samo primjena sunčane energije u elektroenergetici. Sunčana energija inače se prilično primjenjuje i za proizvodnju toplinske energije. Posebno je proširena njezina primjena u primorskim krajevima za pripremu tople vode za kućanstva i hotele.

Sunčana energija za proizvodnju električne energije koristi na dva načina:

- **sunčanim termičkim sustavima** koji koncentriraju energiju primljenu od Sunca, da bi nakon toga koncentriranu toplinsku energiju koristili u termoenergetskim postrojenjima
- u **sunčanim fotonaponskim ćelijama**, koje pretvaraju sunčanu energiju izravno u električnu energiju.



Slika 1. Raspored prosječnih godišnjih energija Sunčeva zračenja na Zemlji (kWh/m²)

U energetske smislu bitna razlika između ta dva načina korištenja sunčane energije jest u činjenici da sunčani termički sustavi mogu koncentrirati samo **izravno Sunčevo zračenje**, a fotonaponske ćelije mogu iskoristiti ne samo direktno nego i **difuzno (raspršeno) Sunčevo zračenje**. Razmotrit ćemo ukratko energetska, ekonomska i ekološka obilježja jednog i drugog sustava, ne ulazeći u tehničke potankosti njihove izvedbe.

2. SUNČANI TERMIČKI SUSTAVI

Sunčani termički sustavi sastoje se od dva osnovna elementa: sustava za koncentraciju reflektiranog Sunčeva zračenja i sustava za procesiranje zagrijanog radnog fluida radi proizvodnje električne energije. Ovaj potonji je usporediv s postrojenjem klasičnih termoelektrana.

Sustav za koncentraciju reflektiranog Sunčeva zračenja izvodi se u tri varijante, kao:

1. sustav sa zakrivljenim reflektirajućim pločama,
2. sustav s konkavnim zrcalima s lokalnom koncentracijom zračenja,
3. sustav s konkavnim zrcalima za centraliziranu koncentraciju zračenja.

2.1. Sustav sa zakrivljenim reflektirajućim pločama

Načelo na kojem se zasniva funkcija sustava veoma je jednostavno. Parabolično zakrivljene ploče (koje podsjećaju na segmente šupljeg valjka) koncentriraju sunčanu energiju u osi zakrivljenja. Kroz tu os prolazi cijev s transportnim fluidom koji se u njoj grije na temperaturu 670–770 K. Veličina kolektora je impresivna: kolektor tipa LS-3 ima površinu od 545 m², a sastavljen je iz 224 staklenih zrcala [7]. Fluid treba imati visoku temperaturu vrenja, pa se upotrebljava posebna vrsta ulja. Fluid se skuplja u više stotina paraboličnih kolektora (za elektranu 80 MW bi trebalo 900 kolektora tipa LS-3) i odvodi u centralizirani izmjenjivač topline (parogenerator) gdje se proizvodi vodena para, koja se onda na klasičan način u parnoj turbini

koristi za proizvodnju električne energije. Kolektori postavljeni u smjeru sjever – jug automatski prate dnevno kretanje Sunca pomakom kolektora u smjeru istok – zapad. Alternativno je moguće kolektore postaviti i obratno. Apsorbirajuće cijevi koje sadrže radni fluid obložene su materijalom s velikom sposobnošću apsorpcije Sunčeva zračenja. Fleksibilno su vezane za razvodni sustav radi prilagođenja zakretanja kolektora. Budući da se kod ovog sustava koncentracija Sunčane energije vrši po samo jednoj dimenziji, faktor koncentracije zračene energije bitno je manji nego kod konkavnih zrcala, kod kojih se koncentracija Sunčeva zračenja vrši u dvije dimenzije (iznosi oko 25, a kod konkavnih zrcala 500 – 1 000). Izraelska tvrtka LUZ je, koristeći se rezultatima razvoja takvog sustava u SAD-u u razdoblju 1972–84. (istraživanja sustava su započeta na Sveučilištu u Arizoni početkom 1970-ih godina [4]), komercijalno razvila tu tehnologiju i u južnoj Kaliforniji izradila seriju elektrana koje kombiniraju sunčano i plinsko grijanje. Izgrađeno je 8 jedinica (prozvana su SEGS I–VIII). Prva ima snagu 13.8 MW, SEGS I–VII 30 MW i SEGS VIII 80 MW.

Tehničke karakteristike elektrane SEGS VII dane su u tablici 2. [8]

Tablica 2. Tehnička obilježja sunčane/plinske elektrane SEGS VII

Snaga elektrane	30 MW
Tip kolektora	LS-3
Ukupna površina kolektora	176.510 m ²
Položaj kolektora	sjever–jug
Transportni fluid	ulje (Monsanto-VP-1)
Izlazna temperatura fluida	666 K
Termički akumulator	nije ugrađen
Toplinska snaga pomoćnog parnog kotla	84 MW
Tip kotla	paralelan kotao s mogućnošću pregrijanja pare
Gorivo	prirodni plin
Radni fluid dobiven iz sunčanog i plinskog dijela postrojenja	voda/vodena para
Tlak pare	100 bar
Temperatura pare	640 K

Iako je u tehničkom smislu opisano postrojenje doseglo zrelost za komercijalnu primjenu u elektroenergetici, ne pridaju mu se veće šanse za buduću primjenu. Razlog je u malenom faktoru koncentracije sunčane energije i zbog toga velikom utrošku materijala i velike potrebne reflektirajuće površine. Stoga mu je i predvidiva cijena energije u dugoročnom razdoblju, uz priličnu dozu optimizma (što je karakteristično i za druge aditivne izvore) previsoka. Ovdje treba ponovno naglasiti da cijena energije iz solarog dijela postrojenja mora biti konkurentna s cijenom goriva iz klasične elektrane jer je vremenska karakteristika promjene dnevne i sezonske insolacije u većini zemalja takva da ne smanjuje potrebnu instaliranu snagu elektroenergetskog sustava. Iznimka može nastati kada se maksimum potražnje električne energije poklapa s maksimalnim Sunčevim zračenjem zbog korištenja uređaja za klimatizaciju (što je danas ostvareno u nekim južnim predjelima SAD-a). Serija SEGS elektrana u južnoj Kaliforniji izgrađena je zahvaljujući subvenciji države, i to oslobađanjem investitora od dijela pristojba, ali i primoravanjem elektroprivrede da otkupljuje struju iz elektrane po utvrđenoj cijeni.

Kada su sredinom 1980-ih godina te povlastice ukinute, daljnja gradnja tih elektrana je obustavljena, pogotovo stoga što je tvrtka LUZ 1991. godine bankrotirala. Pregled svih izgrađenih elektrana ovog tipa do kraja 1990. godine daje tablica 3.

Tablica 3. Izgrađene sunčane elektrane s kolektorima u obliku parabolično zakrivljenih ploha

Naziv elektrane	Lokacija	Električna snaga [MW]	Prenosni /radni fluid	Godina dovršetka gradnje
SSPS-DPS	Almeria Španjolska	0,5	ulje, voda	1981.
Aguas de Moura	Portugal	0,56	voda	1985.
NIO-PPS	Nio-Cho, Japan	1,0	voda	1981.
SEGS I-II	Barstow, SAD	2x13,8	ulje, voda	1985–86.
SEGS III-VII	Barstow, SAD	5x30	ulje, voda	1987–89.
SEGS VIII	Barstow, SAD	80	ulje, voda	1990.

Sunčane elektrane tipa SEGS daju više od 2/3 snage svih sunčanih elektrana izgrađenih u svijetu.

2.2. Sustavi s visokim stupnjem koncentracije Sunčeve energije

Nešto se veće šanse za prihvatljivu cijenu energije u budućnosti daju sustavima koji dopuštaju visok stupanj koncentracije Sunčeve energije (dvodimenzionalna koncentracija). To su sustavi s paraboličnim zrcalima: s centralnim fokusiranjem (sunčani tornjevi) ili lokalnim fokusiranjem.

2.2.1. Sunčani tornjevi

Sunčani tornjevi sastoje se od cijelog polja paraboličnih zrcala (heliostata) koji Sunčevu energiju koncentriraju na centralno smješten toranj. Heliostati prate položaj Sunca u dvije dimenzije, a njihovim pozicioniranjem upravlja ra-

čunalo. Apsorbirana sunčana energija predaje se transportnom fluidu koji cirkulira cijevima koje oblažu toranj. Fluid može biti voda, ali je efikasnije, zbog visoke temperature vrenja, upotrijebiti rastaljene soli ili tekući natrij. Temperatura transportnog fluida u tornju može se podići na 1700 K ili još više. Dio zagrijanog transportnog fluida vodi se u parogenerator za proizvodnju pare za turbinski ciklus, a dio u postrojenje za akumulaciju toplinske energije koja se troši u vremenu (ili u dijelu vremena) kada je dotok energije iz sunčanih kolektora prenizak u odnosu prema potrošnji. Parametri pare koji se postižu u takvom postrojenju, kao i učinkovitost toplinskog kružnog procesa, komparabilni su s klasičnim termoelektranama i nuklearnim elektranama. Gubici topline s obzirom na to da se fluid zagrijava u centralnom tornju, bitno su niži nego kada se on razvodi po dugim cijevima, kao što je to slučaj kada se zagrijavanje fluida vrši lokalno u svakom kolektoru. Najveće prototipsko postrojenje s centralnim sunčanim tornjem (zvano *Solar 1*) pušteno je u rad 1982. godine u južnoj Kaliforniji. To je sunčana elektrana 10 MW vršne snage. Sastoji se iz 1 818 paraboličnih zrcala (heliostata), od kojih svaki ima površinu od 39,9 m². Centralni prijarnik, odnosno apsorber energije, visok je 13,7 m, a smješten je na toranj visine 91,4 m. Elektrana je dala 20% višu vršnu snagu od projektirane, a akumulator topline pokazao se dostatnim za noćni rad elektrane. Prosječna godišnja učinkovitost postrojenja jest oko 13%.

Pregled izvedenih sunčanih elektrana s centralnim tornjem (kolektorom) daje tablica 4. [8]

Osim navedenih izvedenih sunčanih elektrana s centralnim kolektorom energije, postoji i niz projektnih studija za ta postrojenja. Navest ćemo samo neke najznačajnije:

- projektne studije sunčanih elektrana GAST-20 i GAST-100 za sunčane elektrane predviđene za gradnju u južnoj Europi. Snage elektrana su 20 MW odnosno 100 MW. Ukupne površine sunčanih reflektora tih elektrana bile bi 101 000 i 482 000 m², a visine tornjeva za smještaj apsorbera reflektirane energije 165 i 211 m. Elektrane ne bi imale termičke akumulatore, nego je uz njih predviđena pomoćna kotlovnica na fosilna goriva. Predviđe-

Tablica 4. Izvedene sunčane elektrane s centralnim kolektorom

Lokacija	Kalifornija SAD	Tabernas Španjolska	Sicilija Italija	New Mexico SAD	New Mexico SAD	Targasonne Francuska	Tabernas Španjolska
Naziv elektrane	Solar 1	CESA-1	EURELIOS	MSEE	MSS/CTE	THEMIS	IEA-CPR
Snaga MW	10	1,2	1,0	0,75	5,0	2,5	0,5
Heliostati							
– broj	1818	300	70/112	211	211	201	93
– površina m ²	39,1	39,6	52/23	37,2	37,2	53,7	39,3
– ukupna površina m ²	71084	11880	6216	7849	7849	10740	3655
Centralni toranj							
– visina m	55	60	77	61	61	100	43
Transportni fluid	voda/para	voda/para	voda/para	Rastaljena	Rastaljena	Rastaljena	Tekući natrij
– izlazna temp. K	789	798	785	839	839	703	803
– tlak MPa	10,5	10,8	6,2	–	–	–	–
Toplinski spremnik							
– materijal	Pijesak, kamen ulje	Rastaljena sol	Vruća voda rastalj. sol	Rastaljena sol	Rastaljena sol	Rastaljena sol	Tekući natrij
– toplinski kapacitet MWh	135	18	0,36	7	7	40	5,5
Radni fluid temp. (K)/tlak (MPa)							
– iz tornja	783/10,0	793/9,8	783/6,2	777/7,2	nema	683/4,0	773/10,0
– iz spremnika	547/2,8	603/1,5	683/2,0	777/7,2			

na toplinska učinkovitost elektrana (definirana kao dio apsorbirane sunčane energije koja se pretvara u električnu energiju) bi, prema projektu, bila 12% odnosno 14%;

- projektna studija za sunčanu elektranu s centralnim tornjem za gradnju u Jordanu snage 30 MW.

Osnovna pretpostavka za koliko-toliko ekonomično djelovanje ovih sustava jest raspoloživost dovoljnog broja sati izravnog Sunčeva zračenja (više od 2 500 sati godišnje), za što su ispunjene pretpostavke u području između 40° sjeverne i južne širine. U Europi su to južni dio Španjolske i Grčke te najjužniji predjeli Italije.

Studija izrađena u Njemačkoj [6] pokazala je da zbog premalenoga broja sati direktnog Sunčeva zračenja tijekom godine gradnja sunčanih tornjeva ne bi mogla biti prihvatljiva u Srednjoj Europi.

2.2.2. Konkavni kolektori s lokalnim korištenjem koncentrirane energije

Alternativna izvedba solarnih elektrana s visokim stupnjem koncentracije sunčane energije, za razliku od izvedbe s centralnim tornjem, temelji se na iskorištenju koncentrirane energije kod samog kolektora. Ta se energija može upotrijebiti za lokalno grijanje transportnog fluida koji se onda iz svih kolektora transportira u centralni akumulator, ili tako da se na svakom kolektoru ona koristi za proizvodnju električne energije, koristeći se za to Stirlingovim motorom koji pokreće mali električni generator. Razvoj ovog sustava nije dosegao stupanj komparabilan onom s centralnim tornjem, te je prerano govoriti o prednostima i nedostacima takvog načina korištenja sunčane energije. Dosad proveden eksperimentalni i studijski program daje nade u potencijalnu primjenu ovog sustava kao alternativu sustavu s centralnim kolektorom.

3. KORIŠTENJE SUNČANE ENERGIJE PRIMJENOM FOTONAPONSKIH ČELIJA

Fotonaponske ćelije, korištenjem fotonaponskog efekta, izravno pretvaraju sunčanu energiju u električnu. Grade se iz poluvodičkih materijala koji sadržavaju nosače pozitivnih i negativnih naboja (p-n spojevi). Izvode se kao ravne ploče ili kao zakrivljene površine s mogućnošću koncentriranja sunčane energije u manji segment ćelije.

Pojedina ćelija generira istosmjerni napon od oko 0,5 V i struju 20 mA/cm² [9]. Serijskim i paralelnim spajanjem ćelija dobivaju se moduli iz kojih se dobiva istosmjerna struja koju treba u pretvaračima (invertorima) transformirati u izmjeničnu struju. Udio cijene fotonaponskih ćelija u cijeni elektrane procjenjuje se na oko 60%.

Najviše upotrebljavani materijal za izradbu fotonaponske ćelije jest monokristalni ili polikristalni silicij, a u znatnoj mjeri i amorfni silicij. Amorfni silicij je manje djelotvoran od kristalnog silicija, ali je znatno jeftiniji. Upotrebljava se pretežno za potrošače koji nisu smješteni na otvorenom prostoru.

Alternativni materijali za izradbu fotonaponskih ćelija jesu galijev arsenid, kadmijev telurid i bakar-indium diselenid. Bolji su materijali oni koji apsorbiraju obuhvaćaju širi opseg spektra Sunčeva zračenja.

U posljednje vrijeme razvija se tehnologija izradbe fotonaponskih ćelija u vidu tankog filma (debljine 0,002–0,03 mm)

kao alternativa ćelijama od kristalnog silicija debljine 0,2 mm. Učinkovitost silicijskih ćelija (definirana odnosom proizvedene električne energije i apsorbirane sunčeve energije) jest 6–15%. U budućnosti se računa s povećanjem učinkovitosti fotonaponskih ćelija do 20%.

Akumulirano pogonsko iskustvo sa sunčanim elektranama s fotonaponskim ćelijama manje je od pogonskog iskustva s termičkim sunčanim elektranama (posebno onih s paraboličnim pločama). U svijetu je izgrađeno nekoliko prototipnih postrojenja manje snage. Pregled izvedenih postrojenja daje tablica 5 [1].

Tablica 5. Izvedene prototipske elektrane s fotonaponskim ćelijama snage veće od 250 kW

Naziv postrojenja	Lokacija	Instalirana snaga kW	Početak pogona godina
Solaras	Saudijska Arabija	350	1981.
Lugo			
Station/Hesperia	Kalifornija	1 000	1982.
Pellworm Island	Njemačka	300	1983.
Carissa Plains	Kalifornija	6 400	1983.
Rancho Seco	Kalifornija	300	1984.
Georgetown			
University	Washington DC	2 000	1984.
NEDO Utility	Japan	1 000	1986.
Austin	Teksas	300	1986.
Delphos	Italija	300	1987.
RWE	Njemačka	340	1988.
Solar-Wasserstoff	Njemačka	280	1990.
RWE	Njemačka	350	1990.
PV USA	Kalifornija	750	1991.

Valja uzeti u obzir i znatan utrošak energije za proizvodnju sunčanih ćelija. Za proizvodnju polikristaliničnih silicijskih ćelija troši se energija oko 9 000 kWh po kilovatu maksimalne izlazne snage ćelije, a kod amorfnih ćelija oko 7 500 kWh/kW [8]. Ako uzmemo da bi godišnja proizvodnja električne energije iz ćelija u Srednjoj Europi bila reda 1 000 kWh po instaliranom kilovatu (prosječna insolacija u sunčanom danu je 50–60% maksimalne, a ukupni broj sunčanih sati godišnje u Srednjoj Europi jest oko 2 000), utrošena energija za proizvodnju ćelija vraća se nakon 7 do 9 godina pogona. Radni vijek elektrane mogao bi biti između 20 i 30 godina. Bitna značajka koja razlikuje fotonaponske ćelije bez koncentracije energije od termičkih sunčanih sustava jest u njihovoj sposobnosti apsorpcije ne samo direktnog nego i difuznog Sunčeva zračenja, što, barem načelno, dopušta da se s njima računa i u sjevernijim predjelima s manje sunčanih dana.

4. EKONOMSKI POKAZATELJI SUNČANIH ELEKTRANA

Objavljeni pokazatelji sunčanih elektrana općenito su nepouzdaniji jer su do sada izvedena postrojenja nekomercijalni prototipovi koji su izgrađeni i održavani u pogonu uz znatne državne subvencije (posebno u SAD-u). Računa se da je kroz razne subvencije i fiskalne olakšice razvoj sunčanih elektrana u svijetu potpomognut u proteklom 20-godišnjem razdoblju s 2 do 3 milijarde dolara. Smatra se da cijene izgrađenih postrojenja nisu relevantne za ekonomsko vrednovanje te vrste energetskih objekata. Njihova cijena energije višestruko nadmašuje

cijenu energije iz konvencionalnih i nuklearnih elektrana. Značenje sunčanih elektrana za elektroenergetiku obrazlaže se potencijalno bitno nižim cijenama energije iz tih elektrana u idućih 15 i više godina (dakle nakon 2010. godine). Međutim, predviđanja budućih cijena, posebno dugoročna predviđanja, sadrže veliku dozu neizvjesnosti i redovito veliku dozu optimizma. Bitan uvjet za sniženje cijena sunčanih elektrana jest znatno povećanje tržišta za ta postrojenja, tj. znatno povećanje broja izgrađenih postrojenja. To znači da bi, radi postizanja takvog cilja (ako se on smatra ostvarivim), trebalo izgraditi veći broj sunčanih elektrana po sadašnjim cijenama. Elektroprivredna bi poduzeća teško mogla prihvatiti gradnju postrojenja po neekonomskim cijenama, pa bi pri tome morale ponovno pomoći države. Činjenica je, međutim, da su u SAD-u subvencije za sunčane elektrane uvedene sredinom 1970-ih godina ukinute sredinom 1980-ih godina, pa je daljnja gradnja postrojenja upitna. Prema Johanssonu [19], bilo bi potrebno radi komercijalizacije sunčanih elektrana s fotonaponskim ćelijama dodatno uložiti u njihov razvoj 2,5 do 4 milijarde dolara. Cijena energije na pragu elektrane u bitnoj mjeri ovisi o vremenu iskorištenja instalirane snage (ili, kako se obično navodi, vršne snage) sunčane elektrane. To je vrijeme iskorištenja blisko vremenu trajanja maksimalne insolacije na mjestu gradnje elektrane koju možemo shvatiti kao odnos ukupne godišnje energije Sunčeva zračenja po jedinici površine na nekoj lokaciji i maksimalne prosječne energije Sunčeva zračenja u jednom satu po jedinici površine u tijeku godine. Kod proračuna cijene električne energije tipično se računa s 20% vremena iskorištenja instalirane snage. Toliko vrijeme iskorištenja maksimalnog Sunčeva zračenja odgovara dužini od 1 752 sata trajanja maksimalnog Sunčeva zračenja godišnje. Kasnije će se pokazati da je taj broj sati iskorištenja blizak broju sati dobivenih proračunom za Hrvatsku.

Vrijeme korištenja sunčanih elektrana može se produžiti ugradnjom akumulatora energije. Kod termičkih sunčanih elektrana to su toplinski akumulatori koji se koriste u noćnim satima (tablica 4 daje karakteristike akumulatora za sunčane elektrane s centralnim tornjem) iz kojih se opskrbljuju potrošači kada nema Sunčeva zračenja. Akumulatori poskupljuju cijenu elektrane kako zbog same cijene akumulatora, tako i zbog potrebe da se radi istovremenog punjenja akumulatora i opskrbljivanja potrošača elektrana dimenzionira za veću snagu. Kod sunčanih elektrana s paraboličnim pločama (serija SEGS) umjesto akumulatora ugrađivala se pomoćna kotlovnica na plinsko loženje. Kod sunčanih elektrana s fotonaponskim ćelijama ponekad se, kod manjih potrošača, u tu svrhu primjenjuju akumulatorske baterije. Kod većih elektrana ovog tipa ne predviđa se akumulacija energije. Poseban aspekt akumulacije energije kod solarnih elektrana (kao uostalom i kod drugih elektrana čija proizvodnja ovisi o prirodnim uvjetima, kao što su protočne hidroelektrane, vjetroelektrane, elektrane koje se koriste energijom valova itd.) moguć je proizvodnjom goriva (najčešće se spominje vodik), koje se onda može koristiti u termoelektranama. Pri tome je ključni čimbenik ekonomičnost takvoga kombiniranog pogona.

4.1. Sunčane termičke elektrane sa sustavom paraboličnih ploča

Investicije termičkih sunčanih elektrana sa sustavom paraboličnih ploča i niskim stupnjem koncentracije energije

(u literaturi se označuju kao postrojenja – farme) mogu se najtočnije procijeniti, jer za njih postoji iskustvo u gradnji elektrana SEGS I–VIII. Smanjenje investicija za gradnju tih objekata je kod posljednjih objekata u seriji postiglo zasićenje pri iznosu približno 5 000 USD po instaliranom kilovatu.

Uz investicijske troškove od 5 000 USD/kW i 20% godišnjeg iskorištenja instalirane vršne snage (što se smatra prosječnim trajanjem maksimalnog Sunčeva zračenja) i samo 7% kamata na uložena sredstva te vraćanje uloženog kapitala radom postrojenja tijekom 30 godina (inače se za ovaj tip objekata najčešće računa s pogonom u trajanju 20 godina, što daje više troškove energije) cijena energije bez troškova održavanja bila bi:

$$\frac{5\,000\text{ USD/kW}}{0,2 \times 8760\text{ h}} \times \frac{0,07}{(1 - 1,07^{-30})} = 0,23\text{ USD/kW}$$

Dodamo li tome troškove pogona i održavanja, takse i sl., cijena energije iz takve elektrane bila bi približno 24–25 US centi/kWh.

Treba uzeti u obzir da sunčana elektrana zbog svojih prirodnih obilježja nadomješta dio proizvodnje termoelektrana (ili nuklearnih elektrana), štedeći gorivo, a ne smanjuje potrebnu izgrađenost elektroenergetskog sustava. Zbog toga bi se ekonomičnost gradnje sunčane elektrane mogla postići tek ako njezina jedinična cijena energije nije skuplja od udjela goriva u jediničnoj cijeni energije iz termoelektrane. Danas su prosječne cijene goriva u termoelektranama niže od 5 US centi/kWh. Dostići toliku cijenu u sunčanoj elektrani, uz uvjete prema gore danoj formuli, tražilo bi smanjenje njezine specifične investicije na oko 1 000 USD/kW. Toliko nisku cijenu gradnje sunčanih elektrana ovog tipa nije moguće predvidjeti ni u daljoj budućnosti.

Sunčane elektrane serije SEGS gradile su se kao kombinirana postrojenja koja osim dijela koji se koristi Sunčevom energijom sadrži i dio koji se koristi plinskim gorivom (pri čemu se računa s udjelom proizvodnje plinskog dijela elektrane oko 25%). Za cijenu energije iz takvog pogona naveden je iznos od 17 US centi/kWh [8].

4.2. Sunčane elektrane s centralnim tornjem

Specifične investicije prototipnih termičkih sunčanih elektrana s centralnim tornjem nisu niže, nego, naprotiv, više od specifičnih investicija sunčanih elektrana s kolektorima u vidu zakrivljenih paraboličnih ploča.

USDOE* u svojoj prognozi iz 1986. godine [5] predviđa visinu investicijskih troškova sunčanih elektrana ovog tipa sa snagom 100 MW, koje bi bile građene oko 1995. godine, s efikasnošću konverzije Sunčeve energije u električnu 17%, od 3 170 USD/kW. Povećanjem učinkovitosti konverzije na 22% bilo bi moguće troškove gradnje elektrane smanjiti na oko 2 400 USD/kW.

Izrađeni projekti za sunčane elektrane s centralnim tornjem za južnu Španjolsku GAST-20 i GAST-100 (snage 20 odnosno 100 MW) predviđaju investicijske troškove 15 000 DEM/kW, odnosno 9 800 DEM/kW [5], što je još vrlo daleko od prije navedene granične investicije (750

* USDOE – United States of America - Department of Energy

USD/kW) kod koje bi sunčane elektrane ovog tipa mogle biti rentabilne.

4.3. Sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama

Termičke sunčane elektrane koje svoju funkciju zasni- vaju na koncentraciji izravne komponente Sunčeva zra- čenja ne bi suglasno prijašnjoj napomeni [6], zbog pri- rodnih uvjeta, ni u daljoj perspektivi mogle biti pogodne za centralnu Europu, pa dakle ni za Hrvatsku. Sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama bolje se koriste Sun- čevim zračenjem jer su osjetljive i na indirektno (difu- zno) Sunčevo zračenje. Stoga bi takve elektrane mogle biti privlačnije u područjima s manje sunčanih dana u godini.

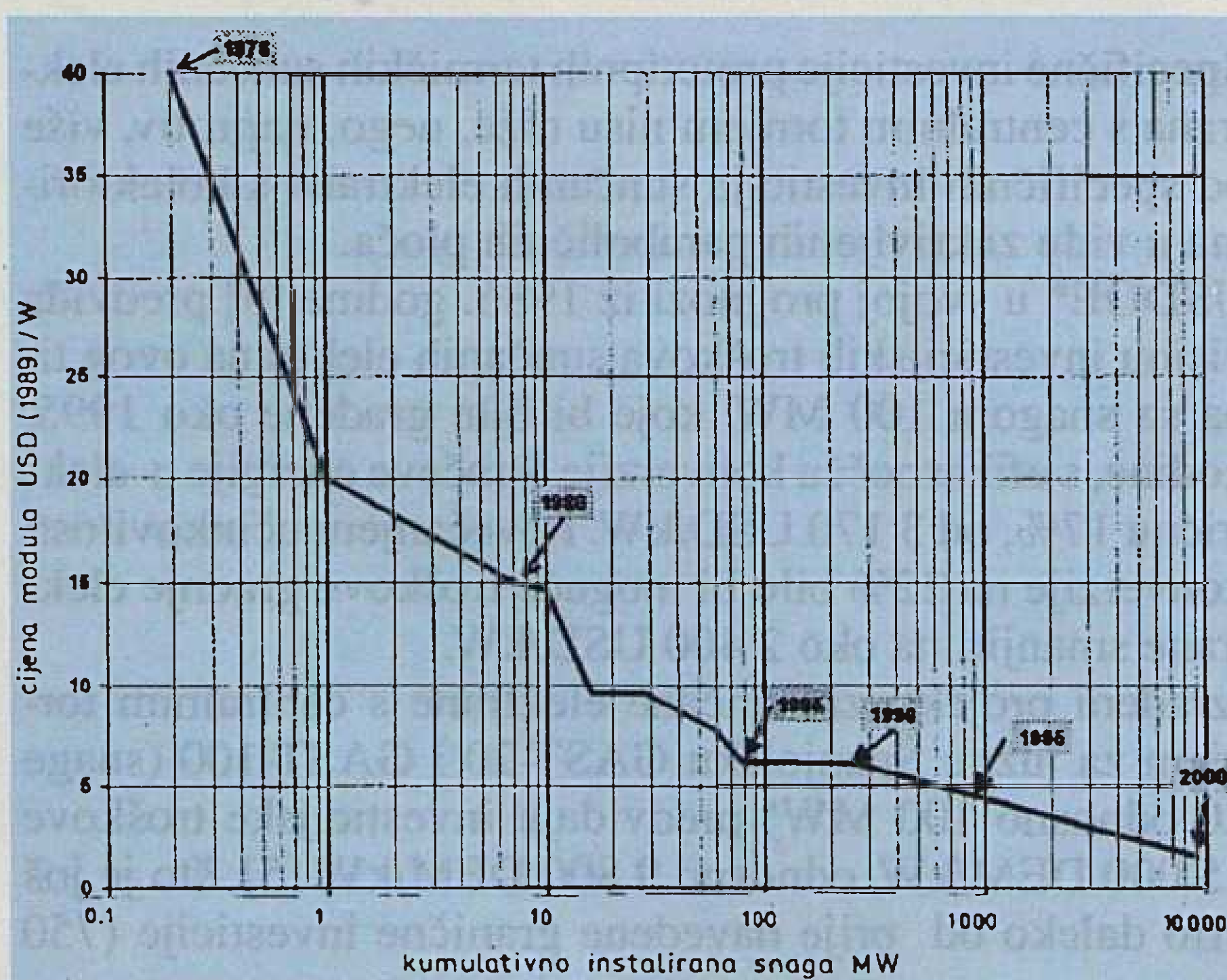
Najbitniji element cijene sunčane elektrane s foton- aponskim ćelijama čine same ćelije (prije je navedena pro- cjena prema kojoj njihova cijena iznosi oko 60% cijene elektrane). Cijena fotonaponskih ćelija u posljednjim se godinama znatno smanjila. Prikaz kretanja cijena foton- aponskih modula od polikristaliničnog silicija daje sli- ka 2. [1]

Iz slike vidimo da je cijena po vatru vršne snage modula u razdoblju 1976. godina do 1990. godina pala od 40 USD na oko 7 USD. Specifične investicije sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama u 1990. godini bi (uzevši u obzir cijene invertora regulacije, građevinskih radova, montaže itd.) bila na razini oko 10 000 USD/kW.

Predviđa se, dakako, i dalji pad cijena fotonaponskih ćeli- ja. Prognoza za godinu 2000, uz uvjet približno stostru- kog povećanja kumulativno instaliranog kapaciteta od 1987. do 2000, predviđa smanjenje cijena fotonaponskih modula po vatru vršne snage na oko 2 USD.

Dugoročnije prognoze USDOE za razdoblje nakon godi- ne 2000. navode i cijenu fotonaponskih modula od 1 USD/ kW [5]. Uz uvjet da u istom odnosu pojeftini i ostatak po- strojenja, specifične investicije sunčane elektrane ovog ti- pa bi na temelju te prognoze mogle dostići razinu od oko 1 500 USD/kW (prognoza USDOE daje raspon specifič- nih investicija od 1 400 do 1 900 USD/kW).

Realnost takvih prognoza ponajviše ovisi o subvencijama država za intenzivan razvoj tržišta za takva postrojenja, pogotovo zato što po cijeni proizvedene energije ni uz ta-



Slika 2. Očekivano kretanje cijena fotonaponskih modula u funkciji kumulativno instalirane snage do 2000. godine

kve investicije ne bi mogle biti konkurentne cijenama ener- gije iz termoelektrana i nuklearnih elektrana.

4.4. Referentni tehnički i ekonomski podaci za sunčane elektrane radi vrednovanja energetske opcije

U sklopu Međunarodnog projekta DECADES (Data Ba- ses and Methodologies for Comparative Assessment of Dif- ferent Energy Strategies), kojemu je cilj razviti sveobu- hvatnu metodu za ocjenu potencijalnih energetske opcije (među sudionicima na tom projektu jest i Fakultet elektro- tehnike i računarstva iz Zagreba), u tijeku je razrada baze podataka potrebnih u analizi. Američki su sudionici na pro- jektu u okviru te baze podataka naveli sljedeće tehničke i ekonomske podatke sunčanih elektrana koje bi u razdob- lju do godine 2000. došle u obzir za gradnju u SAD:

• Sunčane elektrane s parabolničnim kolektorima

Oznaka postrojenja	SOLTH80
Godina spremnosti za komercijalnu primjenu	1993.
Snaga na generatoru	80 MW
Snaga na pragu	76 MW
Specifični utrošak topline	12 416 kJ/kWh
Učinkovitost pretvorbe toplinske energije u električnu	29%
Tehnički vijek postrojenja	30 godina
Trajanje gradnje	2 godine
Godišnji stalni troškovi održavanja	4,7 USD/kW
Specifične investicije svedene na početak komercijalnog pogona	3 153 USD/kW (vrijednost dolara iz 1993)

• Sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama

I.	
Oznaka postrojenja	SOLVP50/WFS (elektrana bez koncentracije Sunčeva zračenja)
Tip fotonaponske ćelije	tanki film bakar-iridij-diselenida
Lokacija	Carissa Plains, Kalifornija
Godina spremnosti za komercijalnu primjenu	1997.
Snaga elektrane bruto	50 MW
Snaga elektrane na pragu	47,5 MW
Tehnički vijek trajanja postrojenja	30 godina
Ekonomski vijek trajanja postrojenja	25 godina
Trajanje gradnje	2 godine
Godišnji stalni troškovi održavanja	6,3 USD/kW
Površina lokacije elektrane	1,2 km ²
Izvor podataka	EPRI
Specifične investicije svedene na početak komercijalnog pogona	2 392 USD/kW (vrijednost dolara iz 1993)

II.	
Oznaka postrojenja	SOLVP50 (conc.), elektrana fotonaponskim ćelijama uz koncentraciju Sunčeva zračenja
Način koncentracije zračenja	Fresnelove leće
Godina spremnosti za komercijalnu primjenu	2000.
Snaga elektrane bruto	50 MW
Snaga elektrane na pragu	47,5 MW
Tehnički vijek trajanja postrojenja	30 godina
Trajanje gradnje	2 godine
Specifične investicije	2 573 USD/kW (vrijednost dolara iz 1993)
Godišnji stalni troškovi održavanja	5,7 USD/kW
Površina lokacije elektrane	3,5 km ²
Izvor podataka	EPRI

5. UTJECAJ SUNČANIH ELEKTRANA NA OKOLIŠ

5.1. Termičke sunčane elektrane

Gradnju sunčanih elektrana označuje bitno veći (više nego za jedan red veličine) utrošak materijala i radne snage po jedinici instalirane snage [11] nego za gradnju termoelektrana i nuklearnih elektrana, pa je indirektni dodatni utjecaj na okoliš vezan za proizvodnju, transport i montažu tih povećanih količina građevinskog materijala veći.

Utrošak čelika za gradnju parabolično savijenih panela jest oko 1 250 t/MW. Gradnja paraboličnih reflektirajućih površina za visoku koncentraciju traži utrošak čelika od 120 t/MW i betona 300 t/MW, a gradnja centralnog tornja utrošak čelika od čak 600 – 1 000 t/MW.

Ukupan utrošak svih materijala za gradnju termičkih sunčanih elektrana procjenjuje se na 2 500 – 6 000 t/MW [3]. Znatno je i utrošak energije (čija proizvodnja tijekom gradnje sunčane elektrane također ima indirektni utjecaj na okoliš): gradnja termičkih sunčanih elektrana dovodi do utroška energije od oko 8 000 kWh po instaliranom kilovatu. U perspektivi se računa sa smanjenjem tog utroška na 5 000 kWh/kW [3]. Ako računamo na pogon uz godišnje korištenje instalirane snage od oko 1 700 sati, utrošena energija za gradnju elektrane vraća se za oko 4,7 godina.

Daljnji utjecaj na okoliš kod ovih postrojenja vezan je uz znatnu zauzetost terena za gradnju i pogon. Lokacija termičke sunčane elektrane zauzima teren površine 25–35 m²/kW (za elektranu snage 100 MW treba 2,5–3,5 km²). Sunčana elektrana u pogonu malo utječe na zdravlje okolnog stanovništva. Jedini se utjecaj može pripisati mogućem oštećenju vida zbog intenzivnog reflektiranog zračenja i utjecaja kemikalija u prijenosnom fluidu kod sustava s centralnim tornjem.

Zbog pomanjkanja pouzdanih statističkih podataka nije moguće jednoznačno utvrditi posljedice rada elektrane za pogonsko osoblje i okolno stanovništvo. Wene u dokumentu MAAE [5], koristeći se pretežno analizom OECD i analizom Holdrena i Hamiltona [12], [13], [14] i [15], navodi kvantitativne podatke za zdravstvene posljedice rada termičke sunčane elektrane.

Utjecaj na širu populaciju

Kumulativno oštećenje vida zbog reflektiranog zračenja 1 do 2,2 dana oboljenja po megavatu godišnje.

Daljnji se utjecaj na širu populaciju može odnositi na vizualni utjecaj industrijskog postrojenja veoma velike površine.

Utjecaj na profesionalno osoblje

Godišnji gubitak radnih dana profesionalnog osoblja zbog oboljenja uzrokovanih gradnjom i radom sunčane elektrane po instaliranom megavatu ocijenjen je u provedenim analizama u sljedećim granicama: 7,4–15,0 [13]; 1,7–7,0 [14]; 11,0–17,0 [15]. Raspon procijenjenih rizika je, kao što se moglo očekivati, znatan. Kao referentni prosjek danih procjena može se uzeti da sunčane elektrane svojom gradnjom i radom izazivaju kod profesionalnog osoblja 5–11 izgubljenih radnih dana godišnje po instaliranom megavatu.

Broj smrtnih slučajeva među profesionalnim osobljem ocijenjen je s 0,5–1,3 smrtna slučaja godišnje po instaliranom gigavatu u termičkim sunčanim elektranama [13].

5.2. Sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama

Gradnju sunčanih elektrana s fotonaponskim ćelijama također karakterizira velik utrošak materijala (do 3500 t/MW, a od čega čelik, beton i staklo čine oko 30% mase, a ostatak su poluvodički materijali i nemetali), velik utrošak energije (7 500–9 000 kWh/kW) i zemljišta (35–80 m²/kW) [16], pa je indirektni utjecaj na okoliš i u ovom slučaju vezan za proizvodnju materijala, dopremanje materijala na gradilište i zauzeće velike površine zemljišta za gradnju elektrane (nekoliko kvadratnih kilometara) i proizvodnju energije tijekom gradnje.

Osim toga, proizvodnjom fotonaponskih ćelija stvara se velika količina plinova, od kojih su neki vrlo toksični (AsH₃, PH₃, SiF₄) ili zapaljivi (H₂, CH₄). Pozornost mora biti, dakle, posvećena rukovanju i skladištenju tih plinova ili njihovu ispuštanju u okoliš, kao i odlaganju upotrijebljenih fotonaponskih panela.

Utjecaj na okoliš tijekom pogona sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama nije velik. Rizik za život i zdravlje šire populacije i profesionalnog osoblja većim je dijelom vezan za proizvodnju i dopremanje materijala za gradnju elektrane i proizvodnju fotonaponskih ćelija.

Utjecaj na širu populaciju

Procjena broja izgubljenih dana zbog bolesti među pripadnicima šire populacije poradi gradnje i pogona sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama, prema Holdrenu [13] i Hamiltonu [15], jest 0,9–2,2, odnosno 0,9–2,7 po megavatu.

Utjecaj na profesionalno osoblje

Slično kao u slučaju termičkih sunčanih elektrana, procjene broja izgubljenih radnih dana godišnje po megavatu procjene raznih autora variraju u prilično širokim granicama: 1,5–5,1 [14]; 5,56–7,99 [17]; 5,0–15,0 [13] i [15]. Prosjek navedenih procjena jest oko 4–8 izgubljenih radnih dana po megavatu (dakle nešto niže nego kod termičke sunčane elektrane).

Broj smrtnih slučajeva godišnje među profesionalnim osobljem procijenjen je na 0,4–1,0 po gigavatu instalirane snage elektrane [14].

Prema analizi izrađenoj u Švicarskoj [18], utjecaj sunčane elektrane na okoliš po jedinici proizvedene energije nije povoljniji od drugih energetske opcija.

6. SUNČANA ELEKTRANA KAO OPCIJA

U PLANIRANJU RAZVOJA

ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA HRVATSKE

Kod dugoročnog planiranja optimalnog razvoja hrvatskog elektroenergetskog sustava u okviru projekta PROHES, trebalo bi, suglasno praksi u drugim zemljama, kao jednu od opcija razmotriti i mogućnost gradnje elektrane s aditivnim izvorom energije. U to se ubrajaju i sunčane elektrane (bez obzira na činjenicu što do danas poznati energetske-ekonomski uvjeti daju vrlo malu nadu da bi ta opcija mogla biti prihvaćena). Takav je pristup prihvaćen i u sklopu prije navedenog međunarodnog projekta DECADES.

Učinkovitost sunčeve elektrane na danoj lokaciji ovisi o intenzivnosti i trajanju Sunčeva zračenja. Za Hrvatsku ćemo razmotriti dvije lokacije, od kojih je jedna u primor-

Tablica 6. Intenzivnost i raspored prosječnog ukupnog i direktnog Sunčeva zračenja po mjesecima

Zagreb												
Mjesec	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Prosječno dnevno zračenje Wh/m ²	1 025	1 810	2 700	4 109	5 354	5 726	5 905	5 200	3 890	2 303	996	738
Prosječno mjesečno zračenje kWh/m ²	31,8	50,7	83,7	123,3	165,7	171,8	183,1	161,2	116,7	71,4	30,0	22,9
% difuznog zračenja	70	62	53	52	49	48	45	44	47	59	69	72
Prosječno mjesečno direktno zračenje kWh/m ²	9,5	19,3	39,3	59,2	84,5	89,3	100,7	90,3	61,9	29,3	9,3	6,4
Split												
Mjesec	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Prosječno dnevno zračenje Wh/m ²	1 798	2 717	3 984	5 165	6 462	7 198	7 059	6 214	4 821	3 517	2 066	1 592
Prosječno mjesečno zračenje kWh/m ²	55,7	76,1	123,5	155,0	200,3	215,9	218,8	192,6	144,6	109,0	62,0	49,3
% difuznog zračenja	48	44	43	42	36	35	35	35	36	36	47	48
Prosječno mjesečno direktno zračenje kWh/m ²	29,0	42,6	70,4	89,9	128,2	140,3	142,2	125,2	92,5	69,8	32,9	25,6

skom području, a po intenzivnosti i rasporedu Sunčeva zračenja odgovara Splitu, a druga u unutrašnjosti, s uvjetima koji odgovaraju Zagrebu.

Prosječne mjesečne intenzivnosti Sunčeva direktnog i raspršenog (difuznog) zračenja za te dvije lokacije daje tablica 6. Rezultati prikazani u tablici potječu iz mjerenja u razdoblju 1958–1977. [9]

Iz podataka navedenih u tablici 6 možemo odrediti da je u prosječnoj godini unutar mjerenog razdoblja na području koje odgovara uvjetima u Zagrebu ukupna energija Sunčeva zračenja (direktno i raspršeno zračenje) iznosila 1 213,3 kWh/m², a na području Splita 1 602,8 kWh/m².

Maksimalan je toplinski tok Sunčeva zračenja u prosjeku na području Zagreba u srpnju od 12 do 13 sati, a iznosi 698 Wh/m², a na području Splita u srpnju od 11 do 12 sati, kada iznosi 827 Wh/m².

Iz danih pokazatelja vidimo da je vrijeme trajanja maksimalne snage Sunčeva zračenja na području Zagreba oko 1 738 sati, a na području Splita oko 1 938 sati. Ako sada obratimo pažnju samo na direktnu komponentu Sunčeva zračenja (jer je ona mjerodavna za rad termičkih sunčanih elektrana) iz tablice vidimo da je u prosječnoj godini unutar mjernog razdoblja ona na području Zagreba iznosila 599 kWh/m² (49% od ukupne energije zračenja), dok je na području Splita direktno zračenje bilo 989 kWh/m² ili 62% od ukupne energije zračenja.

Relativno malen udio direktnog Sunčeva zračenja u ukupnom zračenju, posebno kada je riječ o unutrašnjosti Hrvatske, opravdava navedeni zaključak iz studije Paltza [6], da termički sunčani sustavi koji se koriste samo direktnom komponentom Sunčeve energije nisu primjereni za gradnju u Srednjoj Europi.

Zbog toga ćemo pretpostaviti kao referentnu sunčanu elektranu za Hrvatsku elektranu s fotonaponskim ćelijama bez akumulacije energije sličnu elektrani SOLVP50/WFS koju je EPRI (Electric Power Research Institute) predložio kao referentnu za gradnju u južnoj Kaliforniji [10]. Elektranu ima snagu na pragu 47,5 MW i snagu 50 MW bruto.

Budući da je prosječna godišnja energija Sunčeva zračenja u južnoj Kaliforniji oko 2 300 kWh/m² [5], dakle oko 89% viša nego u području Zagreba i oko 44% viša nego na području Splita, slijedi da bi za postizanje iste snage elektrane u Hrvatskoj ona trebala sadržati povećani broj fotonaponskih panela u približno istom odnosu. Ako uzmemo u obzir podatak da fotonaponski paneli čine oko 60% investicijske cijene sunčane elektrane, mogli bismo, koristeći se podacima za specifičnu investiciju referentne sunčane elektrane u Kaliforniji [10] od 2 392 USD/kW (vrijednost US dolara iz 1993. godine), procijeniti specifične investicije sunčane elektrane istog tipa i iste izlazne snage u Hrvatskoj na oko 2 966 USD/kW ako bi se gradila u Dalmaciji i na oko 3 680 USD/kW ako bi se gradila u sjevernoj Hrvatskoj. Vrijeme iskorištenja instalirane snage, suglasno ranijoj analizi, za Dalmaciju bi bilo oko 1 938 sati godišnje, a za sjevernu Hrvatsku oko 1 738 sati godišnje.

Potrebna površina lokacije sunčane elektrane s fotonaponskim ćelijama snage 50 MW u Kaliforniji jest 1,2 km² [10], u Dalmaciji bi bila oko 1,7 km², a u sjevernoj Hrvatskoj oko 2,4 km².

Ako pretpostavimo relativno vrlo povoljne uvjete kreditiranja gradnje elektrane (otplata kredita u tijeku životne dobi od 30 godina uz kamate od samo 6%), cijena električne energije bez troškova pogona i održavanja, poreza i raznih pristojbi za sunčevu bi elektranu u Dalmaciji bila 11,1 US centi/kWh. Ako bi se elektrana iste snage gradila u sjevernoj Hrvatskoj, cijena energije bila bi oko 15,4 US centi/kWh. Kada bismo pretpostavili nešto realnije uvjete kreditiranja (7% kamata) uz vraćanje kapitala u ekonomskoj dobi elektrane od 25 godina, cijena bi za Dalmaciju porasla na 13,1 US centi/kWh).

Stalni troškovi pogona i održavanja su za referentnu elektranu u SAD-u procijenjeni vrlo nisko, na svega 6,3 USD/kW godišnje. To bi kod elektrane u Dalmaciji utjecalo na cijenu energije s 0,33 US centi/kWh i praktički je zanemarivo u odnosu na troškove kapitala.

Cijena električne energije iz sunčane elektrane izgrađene u Dalmaciji potkraj ovog desetljeća bi, dakle, na temelju

današnjih spoznaja i navedenih financijskih uvjeta, bila u najpovoljnijem slučaju 12–14 US centi/kWh.

Konkurentnost sunčane elektrane u elektroenergetskom sustavu može se postići samo ako se njezinim pogonom smanjuju troškovi proizvodnje električne energije u tom sustavu kao cjelini u odnosu na druge alternative. Radi dobivanja odgovora o konkurentnosti bilo koje elektrane nužno je razmotriti njezin položaj u pokrivanju dijagrama opterećenja elektroenergetskog sustava. Prof. H. Požar [19] je u svojem razmatranju rada sunčane elektrane u pokrivanju elektroenergetskog konzuma u Dalmaciji pokazao na temelju analize dnevnih dijagrama opterećenja, da se gradnjom sunčane elektrane, bez obzira na njezinu snagu, ne može umanjiti instalirana snaga drugih elektrana. To je stoga što maksimum potražnje električne energije nastupa u večernjim satima, kada snaga sunčane elektrane praktički pada na nulu. Ni danju u zimskim oblačnim danima prilike ne bi bile mnogo bolje jer se tada elektrana koristi samo raspršenim zračenjem, pa bi, primjerice, u prosincu, njezina najviša snaga tijekom dana bila niža od 8 MW.

Ekonomski učinak koji bi se mogao postići ugradnjom sunčane elektrane u naš elektroenergetski sustav svodi se na smanjenje potrošnje goriva u termoelektranama u kojima bi se za vrijeme njezina rada moglo smanjiti proizvodnju. Pozitivan se ekonomski učinak izgradnjom sunčane elektrane postiže ako je cijena goriva po kilovatsatu u termoelektranama čiju proizvodnju ona zamjenjuje viša od cijene energije u sunčanoj elektrani.

Danas su cijene goriva u termoelektranama Hrvatske 3–4 US centi/kWh, što je tri do četiri puta manje od cijene energije iz sunčane elektrane.

Granična ekonomski podnošljiva specifična investicijska cijena gradnje sunčane elektrane bi za naše optimalne uvjete (gradnja elektrane u Dalmaciji) bila, uz cijenu goriva 4 US centi/kWh, navedenu životnu dob i uvjete otplate kredita, samo oko 912 USD/kW. Sličan rezultat je i prije dobiven, pri razmatranju ekonomskih pokazatelja termičkih sunčanih elektrana s paraboličnim pločama. Toliko niska cijena gradnje sunčanih elektrana ne predviđa se ni u dalekoj perspektivi na najpovoljnijim lokacijama na svijetu.

Rezultat pokazuje da eventualnu gradnju sunčane elektrane u našim uvjetima ne bi mogli opravdati ekonomskim razlozima. Razmatranje takve gradnje može doći u obzir samo za opskrbijavanje izoliranih malih potrošača (daleko od distributivne mreže) koji podnose višu cijenu električne energije i podnose njezinu nekontinuiranu dobavu.

LITERATURA

- [1] H. M. KUHNE, H. AULICH: "Solar energy systems", Energy Policy, Sept. 1992.
- [2] T. JACKSON: "Renewable energy", Energy Policy Sept. 1992.
- [3] B. SORENSEN: "Renewable energy, a technical overview", Energy Policy, May 1991.
- [4] R. WOODCOCK, D. GREGORY: "Heat Engines for Solar Power", Energy Technology Handbook, McGraw Hill, New York, 1977.
- [5] Renewable Energy Sources for Electricity Generation in Selected Developed Countries, IAEA-Tecdoc-646, May 1992.

- [6] W. PALTZ, P. HOLM: "PV Power Generation-an overview", Euroforum-New Energies (Proc. Int. Congr. Saarbrücken) Vol 1. Brussels, 1988.
- [7] D. MILLS, B. KEEPIN: "Baseload Solar Power", Energy Policy, August 1993.
- [8] A. SZELESS: "Solar Thermal Electric Technology", IAEA Tec. Doc. -624, 1991.
- [9] P. KULIŠIĆ: "Novi izvori energije 2. dio", Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [10] DECADES, Reference Technology Data base, IAEA 1995.
- [11] IAEA Bulletin, Vol 21, No 1, 1979.
- [12] Environmental Impact of Renewable Energy, OECD, Paris, 1988.
- [13] J. HOLDREN: "Risk of Renewable Energy Sources", Rep. ERG 79-3, Univ. of California, Berkeley, 1979.
- [14] J. HOLDEN: "Health and Safety Impacts of Renewables", Rep. ERG 83-4, Univ. of California, Berkeley, 1983.
- [15] L. D. HAMILTON: "Comparing the health and environmental hazard of different energy systems", Proc. Int. Conf., Vienna, 1992.
- [16] A. SZELESS: "Solar Photovoltaic Electric Technology", IAEA Tec. Doc.-624, 1991.
- [17] U. KALLENBACH i dr.: "Comparative risks of different electricity generating systems", Proc. Int. Workshop, Como, 1988.
- [18] Senior Expert Symposium on Electricity and Environment, Helsinki, 1991.
- [19] H. POŽAR: "Osnove energetike I", Školska knjiga Zagreb, 1992.
- [20] Energy Supply Mitigation Options, IPCC Working Group lia, Review Draft, Dec. 1994.

SOLAR ENERGY APPLICATION IN ELECTRIC ENERGY SUPPLY

In the paper the application of solar energy in electric energy supply is described. Two modes of solar energy application for electric energy production are described: solar thermal systems that concentrate energy obtained from the sun and afterwards use concentrated thermal energy in thermo-power plants, and solar photovoltaic cells that convert solar energy directly into electric energy. The economic aspects of solar power plants are also given as well as the solar power plant as an option in the development planning of the Croatian electric power system.

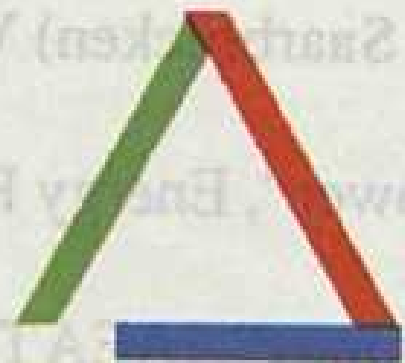
DIE ANWENDUNG DER SONNENENERGIE IN DER STROMVERSORGUNG

Beschrieben wird die Anwendung der Sonnenenergie in der Stromversorgung. Dargestellt sind zwei Möglichkeiten der Nutzung von Sonnenenergie für die Stromerzeugung: Wärmetechnische Sonnenkraftsysteme welche die Sonnenenergie konzentrieren um danach die konzentrierte Wärme in der Stromerzeugungsanlagen zu nutzen und photoelektrische Sonnenzellen welche die Energie der Sonne direkt in die elektrische Energie umwandeln. Ausgelegt sind auch die wirtschaftlichen Kenndaten der Sonnenkraftwerke und das Sonnenkraftwerk als eine Möglichkeit beim Entwerfen der Entwicklung des Stromversorgungssystems Kroatiens.

Naslov pisaca:

Prof. dr. sc. Danilo Feretić, dipl. ing.
Prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić,
dipl. ing.
Mr. sc. Željko Tomšić
Fakultet elektrotehnike
i računarstva Zagreb
Zavod za visoki napon i
energetiku,
Unska 3, 10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1995-11-22



DALEKOVOD d.d.

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

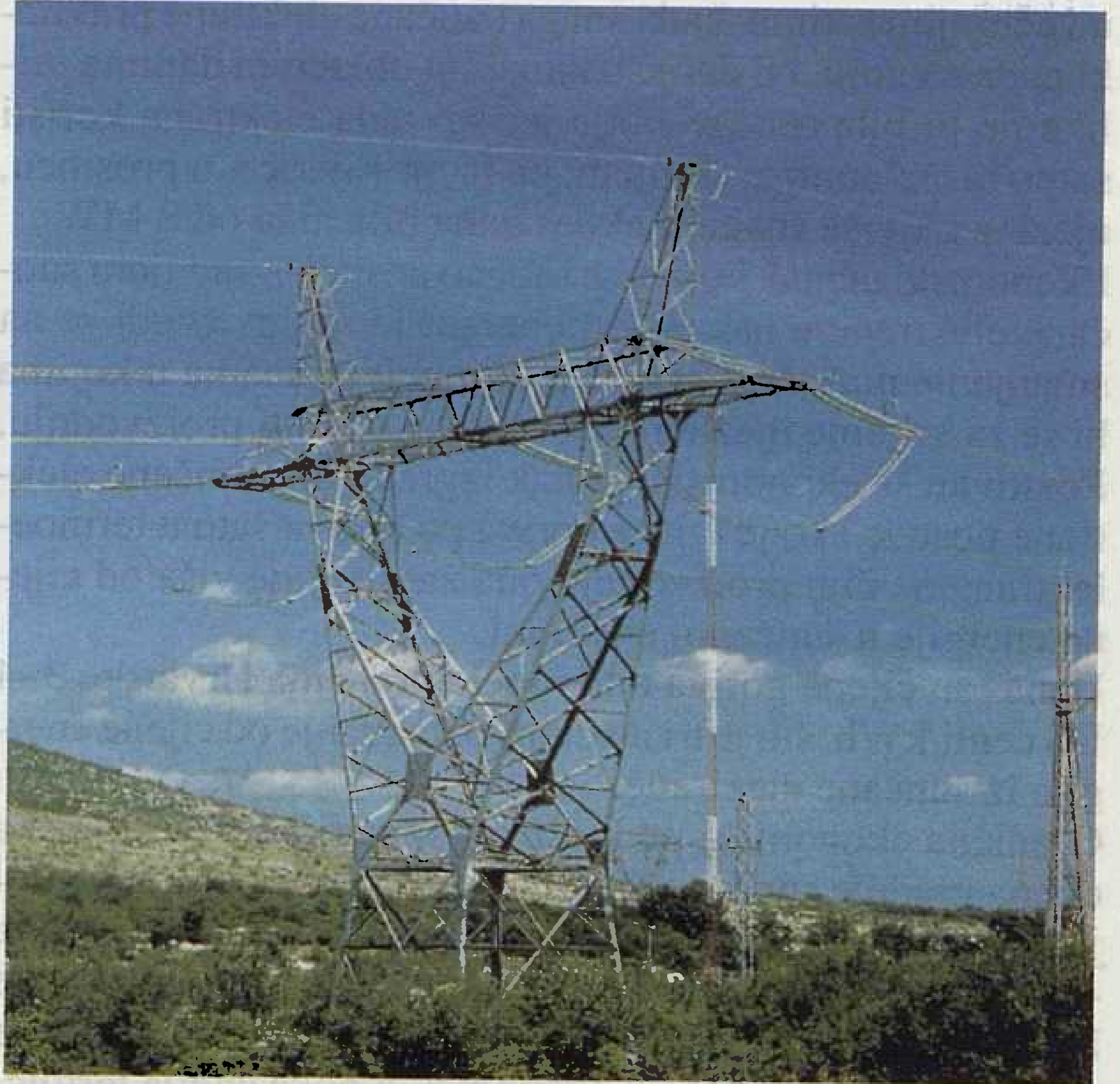
- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i induksijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brznoj i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



ISO 9001-94

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO — 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

*has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance
Limited to the following quality management system standards:*

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

**Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.**

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

(Signature)
on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++ 385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++ 385-1-530-606, 511-754

KRIVULJA TROŠKOVA ELEKTRANA

Marijan Magdić, Zagreb

UDK 621.311.003

STRUČNI ČLANAK

Troškovne osobitosti (trošak izgradnje jedinice snage, troškovi pogona i održavanja i gorivo) određuju mjesto i ulogu elektrane u elektroenergetskom sustavu. Prethodni troškovi, zajedno sa stupnjem iskorištenja kapaciteta, određuju krivulju troškova elektrana (tehnologije proizvodnje električne energije). Krivulja troškova elektrana je bitan ekonomski činitelj izgradnje optimalnog elektroenergetskog sustava, cijene i tarifne politike za prodaju električne energije.

Ključne riječi: troškovi izgradnje, stupanj iskorištenja kapaciteta, krivulja troškova, cijena.

UVOD

Elektroprivreda je kapitalno intenzivna grana privrede. Ta osobitost upućuje na zaključak da je razvoj elektroprivrede temelj poslovanja elektroprivrede. Elektroenergetski objekti imaju relativno dug vijek trajanja, pa su stoga i ekonomske posljedice izgradnje elektroenergetskih objekata dugoročne. Podmiriti potražnju električne energije, a pri tome poštivati zakonitosti podtrošnje električne energije i osobitosti elektroprivrede znači izgraditi optimalni elektroenergetski sustav uz minimalne troškove.

Jedna od grupa elektroenergetskih objekata jesu proizvodni elektroenergetski objekti (elektrane) čija izgrađenost treba podmiriti potražnju električne energije. S obzirom na tehnologiju proizvodnje električne energije, postoje različiti tipovi elektrana. Svaka vrsta elektrane (tehnologija proizvodnje električne energije) ima troškovne osobitosti, koje se očituju u troškovima izgradnje, održavanja i troškovima goriva (termoelektrane). Troškovne osobitosti rezultat su tehnologije građenja i stupnja tehničkog napretka. Uvažavanje troškovnih osobitosti elektrana izrazito je važno za koncipiranje optimalnog elektroenergetskog sustava. Troškovne osobitosti elektrana određuju mjesto i ulogu elektrana u elektroenergetskom sustavu.

Sljedeća osobitost potrošnje električne energije jest vršno i nevršno razdoblje potrošnje električne energije. Kao što sama riječ kaže, vršno razdoblje potrošnje električne energije traje relativno kratko. Stoga i elektrane koje podmiruju potrošnju u vršnom razdoblju rade relativno kratko vrijeme. U tom slučaju ekonomika razmjera ne daje učinke jer se stalni troškovi (troškovi kapaciteta) raspoređuju na relativno mali broj kWh, što pridonosi velikim troškovima po jedinici proizvodnje električne energije s obzirom na elektranu (temeljnu) čiji se stalni troškovi dijele velikim brojem kWh.

Prethodna konstatacija upućuje na zaključak da svaka elektrana ima svoju funkciju (krivulju) troškova, koja ovisi o cijeni izgradnje jedinice snage, cijeni troškova goriva (ako se radi o TE), zatim o činitelju iskorištenja kapaciteta, što je vezano za vršno i nevršno opterećenje i energetske mogućnosti (ako je riječ o HE).

Cilj je i svrha ovog rada izračunati krivulje troškova pojedinih elektrana, uzimajući pri tome u obzir: troškovne i energetske osobitosti elektrana, kao i iskorištenje kapaciteta uvjetovano potrošnjom električne energije (vršno i nevršno razdoblje). Iz krivulje troškova proizlazi cijena kWh električne energije, čija je ispravna interpretacija bitna za planiranje razvoja elektroenergetskog sustava i tarifnu politiku.

ISKORIŠTENJE KAPACITETA

Ovaj pojam, prema svom značenju, svojstven je sustavu što ga čine termojedinice, što ne znači da nema značenje i u sustavu u kojem postoje termojedinice i hidrojedinice. Značenje iskorištenja kapaciteta značajno je za valorizaciju međutehnološkog odnosa stalnih i promjenljivih troškova (elektrane imaju obilježje prema tehnologiji proizvodnje električne energije). Stupanj iskorištenja kapaciteta služi ujedno i za određivanje promjenljivih troškova pogona i održavanja i troškova goriva.

$$\text{Stupanj iskorištenja kapaciteta} = \frac{\text{energija proizvedena u vremenskoj jedinici (kWh)}}{\text{jedinica kapaciteta (kW) \cdot sati vremenske jedinice}}$$

Stupanj iskorištenja kapaciteta koristi se kao indikator za koje se razdoblje potrošnje koristi proizvodna jedinica. Primjerice Electric Power Research Institute (EPRI) koristi sljedeći rang stupnjeva iskorištenja kapaciteta za određivanje tipa elektrane:

Tablica 1. Stupanj iskorištenja kapaciteta

Tip (vrijeme rada) elektrane	Stupanj iskorištenja kapaciteta %
temeljna	50 – 70
temeljna/vršna	20 – 40
vršna	0 – 10

KRIVULJA TROŠKOVA

Pri planiranju razvoja elektroenergetskog sustava jedna od odrednica su, svakako, troškovi proizvodnih jedinica. Krivulja troškova ima sljedeću jednadžbu:

$$UT = gst + (pt \cdot sik \cdot sg),$$

gdje je:

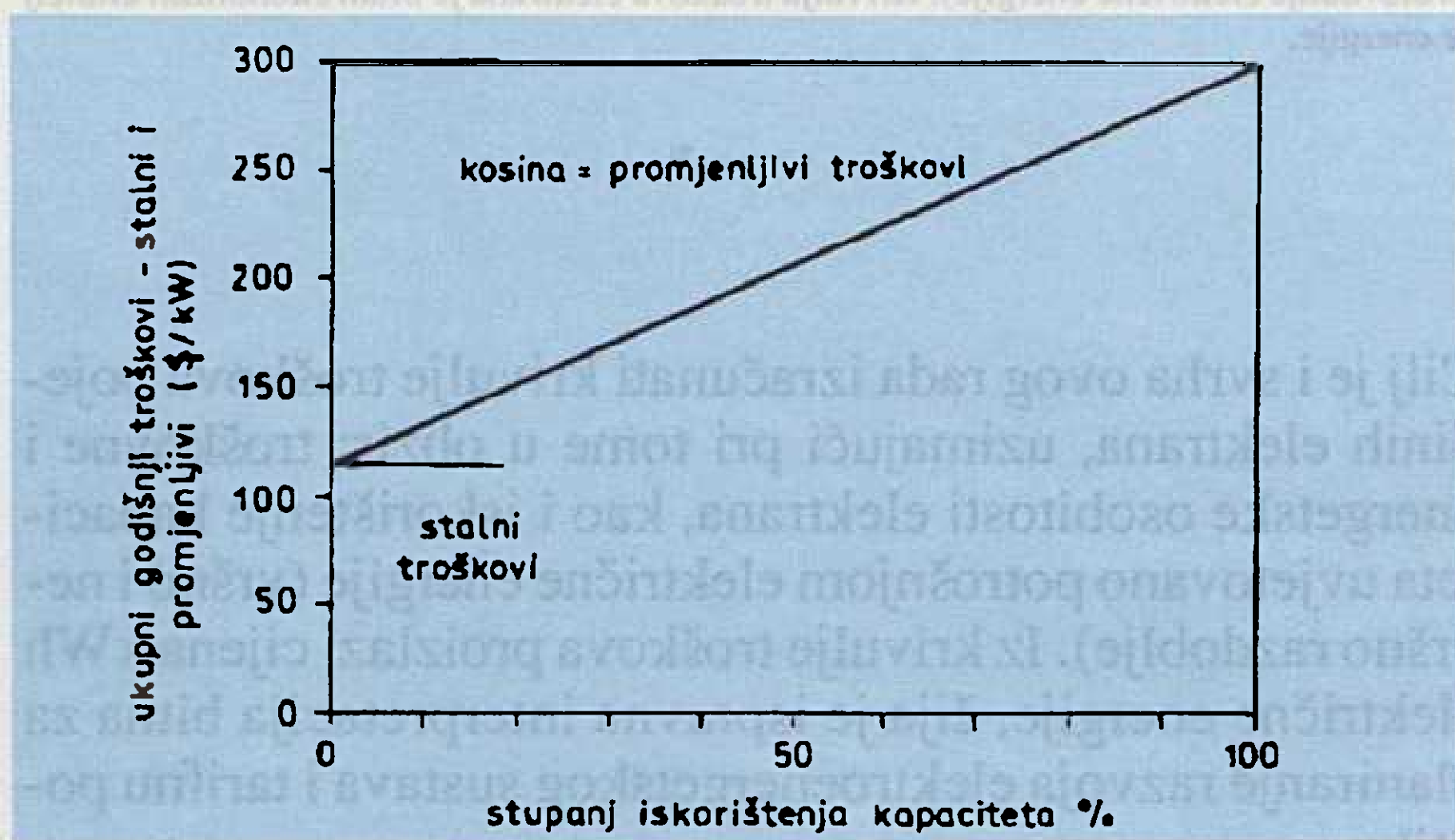
UT = ukupni trošak

gst = godišnji stalni trošak (trošak kapitala, stalni dio troškova pogona i održavanja)

pt = promjenljivi trošak (gorivo, promjenljivi dio troškova pogona i održavanja)

sik = stupanj iskorištenja kapaciteta

sg = broj sati u godini.



Slika 1. Krivulja troškova

Slika 1. ilustrira osobitosti (značajke) krivulje troškova: ukupni troškovi sastoje se od stalnih i promjenljivih izraženih po jedinici snage. Godišnji fiksni troškovi (kapital, pogon i održavanje) predstavljeni su na ordinati, a varijabilni troškovi predstavljeni su kosom crtom.

PRAKTIČNI PRIMJER

U nastavku će se za nekoliko odabranih elektrana (tehnologija) proračunati krivulja troškova čiji odnos stalnih i varijabilnih troškova ("trade off") određuje stupanj iskorištenja kapaciteta pojedine elektrane. Stupanj iskorištenja kapaciteta zapravo je vrijeme angažiranja, količina proizvedene električne energije pojedine elektrane o kojoj izravno ovisi cijena električne energije.

Tablica 2. Osnovni podaci o elektranama

Projekt	MW	Troškovi izgradnje USD/kW	Stalni troš. pog. i odr. USD/kW/g	Promj. troš. pog. i održ. Mills/kWh	Spec. pot. topline kJ/kWh	Cijena goriva USD/GJ	Gorivo Mills/kWh
HE 1	42	2 000	29.48	2.57			
HE 2	140	2 800	34.68	2.57			
PTE	180	950	28.58	0.35	7 660	3.70	28.34
TE ugljen	350	1 600	43.87	0.35	9 880	2.08	20.55
TE dizel	55	300	15	0.20	10 000	14.64	146.40
NE	1 000	1 800	118.4	1.00	10 700	0.44	4.75

Podaci koji se odnose na odabrane elektrane (tehnologije) jesu projektni podaci koji odgovaraju današnjem stupnju istraženosti, te u toj mjeri odgovaraju realnosti.

Tablica 3. Stalni i promjenljivi troškovi

Projekt	MW	Stalni troškovi USD/kW/g	Promjenljivi troškovi Mills/kWh
HE 1	42	174.78	2.57
HE 2	140	238.10	2.57
PTE	180	97.60	28.69
TE na ugljen	350	160.11	20.90
TE dizelske	55	36.79	146.60
NE	1 000	249.17	5.75

Za proračun stalnih kapitalnih godišnjih troškova pretpostavljen je anuitetski faktor prema uvjetima: 6%, 30 godina (0,0726)

Na temelju podataka u prethodnoj tablici krivulja troškova (ukupni troškovi) izračunata je na način kao što je pokazano na sljedećim primjerima.

$$\text{Ukupni troškovi (PTE)} = 97.60 + \frac{28.69}{1\,000} \cdot 8\,760 \cdot x$$

$$\text{Ukupni troškovi (TE dizel)} = 36.79 + \frac{146.60}{1\,000} \cdot 8\,760 \cdot x$$

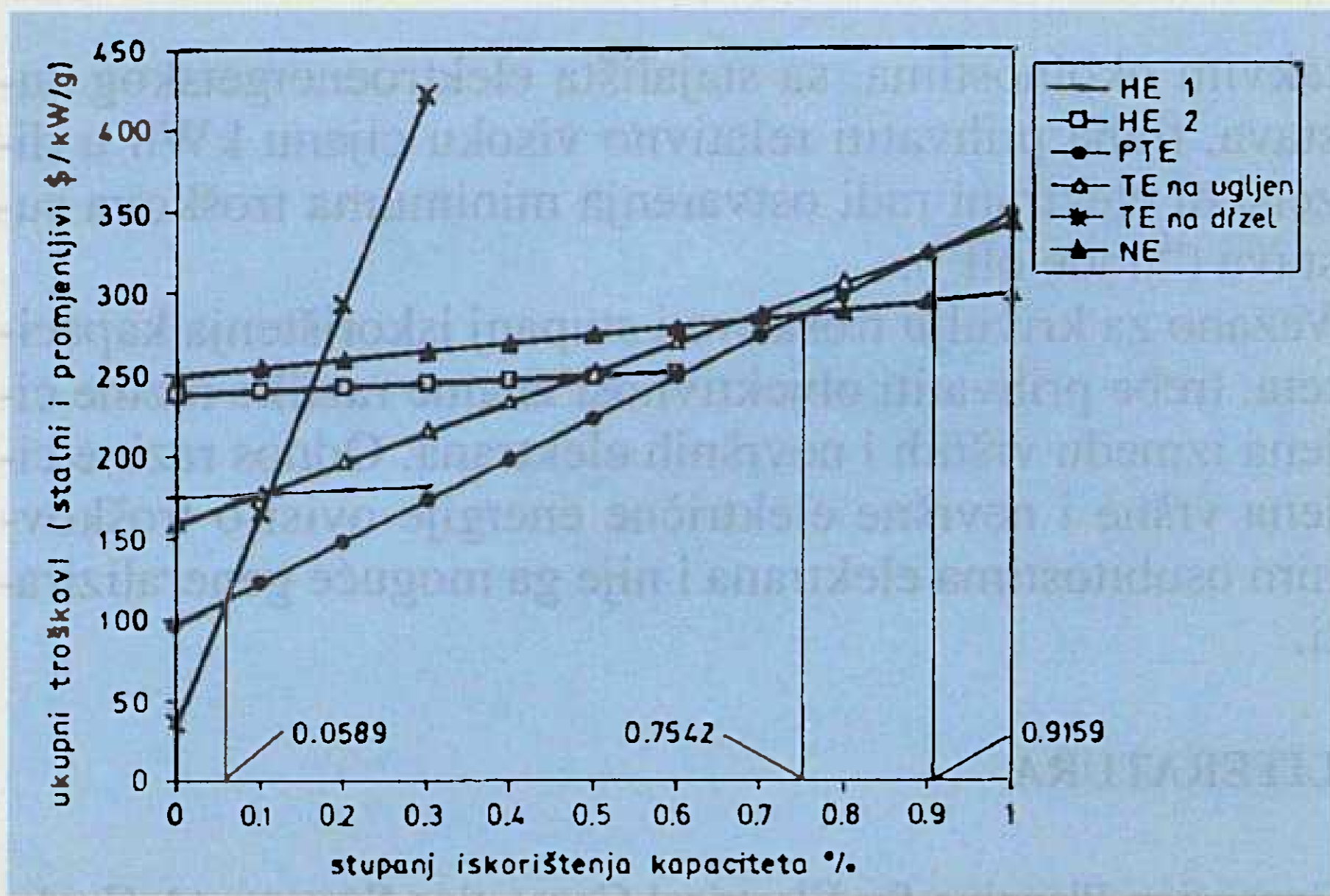
x = stupanj iskorištenja kapaciteta.

Veličina stalnih i promjenljivih troškova jest činitelj koji određuje, možemo reći, ekonomski stupanj iskorištenja kapaciteta (vrijeme angažiranja) pojedine elektrane (tehnologije) prema drugoj elektrani (tehnologiji). Primjerice, za dizelsku TE stupanj iskorištenja kapaciteta je sljedeći:

$$x = \left(\frac{97.60 - 36.79}{146.60 - 28.69} \right) \cdot \left(\frac{1\,000}{8\,760} \right) = 0.0589.$$

Prethodni rezultat pokazuje da za stupanj iskorištenja kapaciteta od 0 do 0.0589 TE na dizelsko gorivo predstavlja najjeftiniji izvor električne energije između, u ovom primjeru, odabranih elektrana (tehnologija).

Slika 2. pokazuje sva dosadašnja objašnjenja vezana za krivulje troškova, odnosno za značenje stalnih i promjenljivih troškova čiji međusobni odnos određuje stupanj iskorištenja kapaciteta. Ovdje treba istaknuti da se stupanj iskorištenja kapaciteta odnosi na termoelektrane, jer je kod hidroelektrana proizvodnja određena količinom vode.



Slika 2. Krivulje troškova elektrana (tehnologija)

Na ordinati slike 2. naznačeni su stalni godišnji troškovi (kapitalni i troškovi pogona i održavanja) po jedinici snage. Veličina stalnih godišnjih troškova izravan je odraz troškova izgradnje pojedine elektrane (tehnologije). U tablici 3. i na ordinati slike 2. vidljivo je da su specifični troškovi izgradnje i stalni troškovi pogona i održavanja dizelskih TE najniži, zatim slijede troškovi PTE, TE na ugljen, HE-1, HE-2 i NE. Ako se stalnim troškovima dodaju promjenljivi troškovi (gorivo kod TE i ostali promjenljivi troškovi), dolazi se do ukupnih troškova, a što je vezano za stupanj iskorištenja kapaciteta, i do krivulje troškova. Krivulja troškova pokazuje razinu ukupnih troškova u ovisnosti o stupnju iskorištenja kapaciteta. Na taj način krivulja troškova, zavisno od stupnja iskorištenja kapaciteta, pokazuje bonitet između elektrana (tehnologija).

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Svi prethodni proračuni imali su svrhu utvrditi stupanj iskorištenja kapaciteta kako bi se moglo odrediti vrijeme rada iz kojeg proizlazi količina proizvodnje električne energije. Postupkom proračuna stupnja iskorištenja kapaciteta prethodno je izračunato da su dizelske TE najjeftiniji izvor električne energije do njenog maksimalnog stupnja iskorištenja kapaciteta 0.0589, što iznosi 516 sati godišnje. Sva druga elektrana, između odabranih u primjeru, do tog stupnja iskorištenja kapaciteta ima veće troškove. S obzirom na ekonomsku opravdanost angažiranja ove elektrane do 516 sati godišnje, može se zaključiti da će raditi u samom vrhu dijagrama opterećenja.

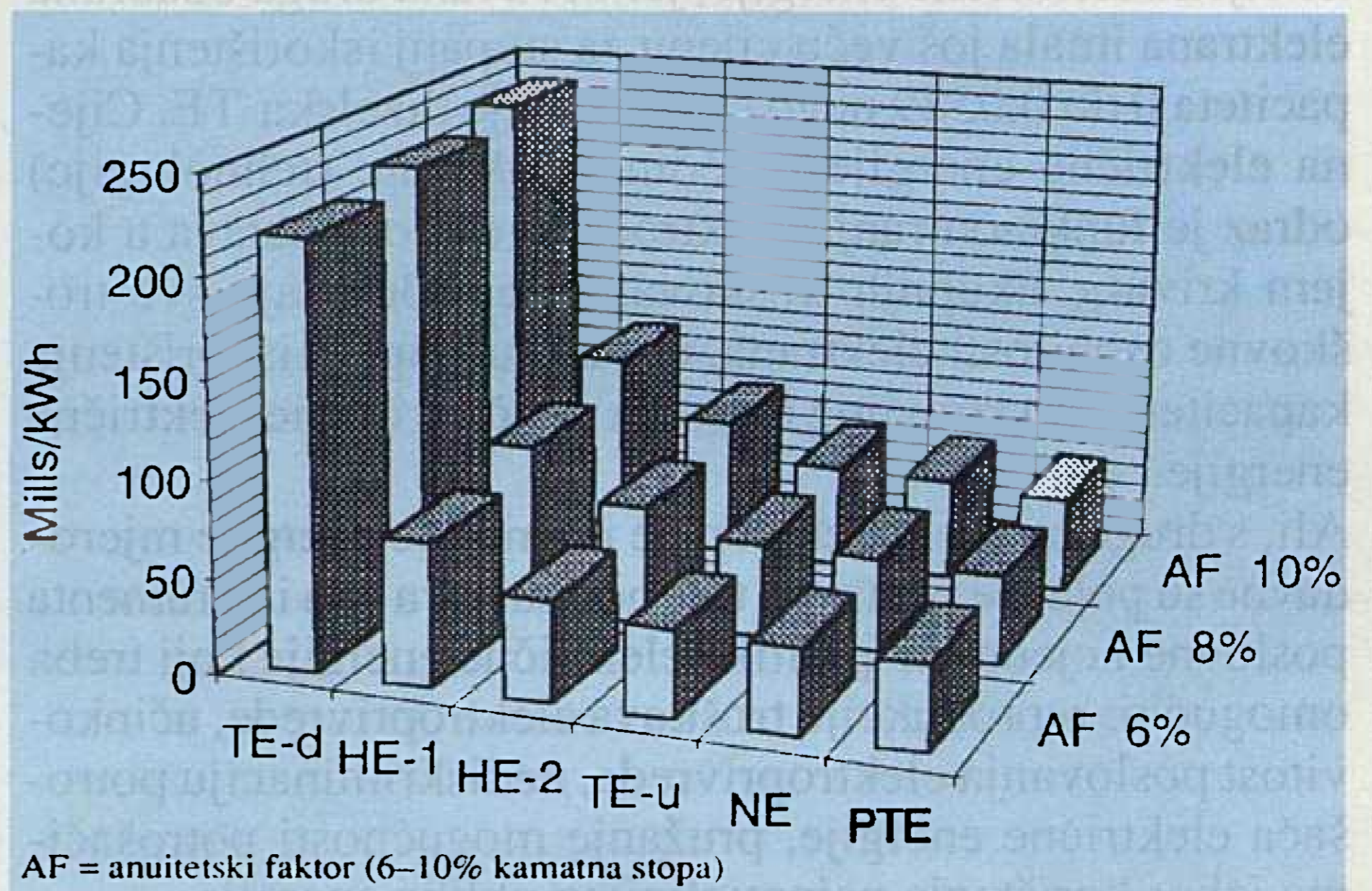
Na slici 2. za HE-1 krivulja troškova proteže se do 30% iskorištenja kapaciteta, što znači da ovoj elektrani količina vode omogućuje proizvodnju do 2 450 sati godišnje, zbog čega se može smatrati vršnom elektranom.

Tablica 4. Cijena električne energije

Projekt	MW	Stupanj iskorištenja kapaciteta %	Stalni troškovi USD/kW/g	Stalni troškovi Mills/kWh	Promjenljivi troškovi Mills/kWh	Ukupni troškovi	
						Mills/kWh	relativan odnos
HE 1	42		174.78	71.34	2.57	73.91	1.70
HE 2	140		238.10	49.42	2.57	51.99	1.19
PTE	180	75.00	97.60	14.85	28.69	43.55	1.00
TE na ugljen	350	75.00	160.11	24.37	20.90	45.27	1.04
TE dizelske	55	5.89	36.79	71.31	146.60	217.91	5.00
NE	1000	75.00	249.17	37.93	5.75	43.67	1.01

Sve ostale analizirane termoelektrane svoje mjesto bi imale u temeljnom dijelu dijagrama, jer svoju ekonomiju postižu sa što većim stupnjem iskorištenja kapaciteta. Za ove elektrane, prilikom proračuna cijene električne energije, pretpostavit će se stupanj iskorištenja kapaciteta 75%.

Hydroelektrani nazvanoj HE-2 predviđeni dotok vode omogućuje proizvodnju za stupanj iskorištenja kapaciteta 60%. Na temelju podataka o troškovima i podacima o stupnju iskorištenja kapaciteta proračunati su troškovi proizvodnje (cijena) električne energije navedeni u tablici 4.



Slika 3. Cijena električne energije

Tablica 4. i slika 3. pokazuju da najveću cijenu električne energije ostvaruju dizelske TE i HE-1. Uvažavajući stupanj iskorištenja kapaciteta, koji je funkcija krivulje troškova pojedine elektrane, i količinu raspoložive vode, navedene dvije elektrane, između analiziranih, angažirale bi se u vršnom dijelu dijagrama opterećenja. Ako najnižu cijenu (PTE) označimo s 1.00, onda je cijena električne energije za HE-1 1.70, a za dizelske TE 5.00.

Da vršne elektrane imaju veću cijenu kWh od temeljnih elektrana, poznata je osobitost elektroenergetskog sustava. Vezano za tu osobitost potrebno je istaknuti da razlika u razini cijene kWh vršnih i temeljnih elektrana proizlazi iz troškovnog razloga: krivulja troškova određuje stupanj iskorištenja kapaciteta TE. Manji stupanj iskorištenja kapaciteta (manja proizvodnja) uzrokuje specifično veće stalne troškove. Osim toga, cijena goriva termoelektrana bitno utječe na krivulju troškova.

Sljedeća osobitost, vezana za cijenu vršne električne energije, jest da odnos cijene vršne i temeljne električne energije ovisi o elektranama (tehnologijama) i njihovim stupnjevima iskorištenja kapaciteta, koje se koriste u vršnom odnosno temeljnom dijelu podmirjenja potrošnje. Generalizirati odnos cijene vršne i temeljne energije za sve slučajeve jest pogrešno.

Uspoređujući krivulju troškova dizelske TE (slika 2) s cijenom električne energije (tablica 4), na prvi pogled dolazimo do kontradiktornih konstatacija. Prije je naglašeno da je dizelska TE, između odabranih elektrana, za stupanj iskorištenja kapaciteta od 0 do 0.0589 najjeftiniji izvor električne energije, a cijena električne energije tog izvora jest najveća: 5 puta je veća od najniže cijene električne energije koju ostvaruje PTE. Jedna i druga konstatacija su točne i upućuju na sljedeću konstataciju: da je pri planiranju izgradnje novih objekata mjerodavna krivulja troškova, a ne cijena električne energije, jer bi i svaka druga odabrana elektrana imala još veću cijenu za stupanj iskorištenja kapaciteta 0 do 0.0589 nego što ostvaruje dizelska TE. Cijena električne energije pojedine elektrane (tehnologije) odraz je funkcioniranja elektroenergetskog sustava u kojem krivulje ukupnih troškova, koje sadržavaju sve troškovne osobitosti elektrana, određuju stupanj iskorištenja kapaciteta kao izravnog činitelja veličine cijene električne energije.

Ali, s druge strane, cijena vršne i temeljne energije mjerodavne su polazne postavke tarifnog sustava kao instrumenta poslovne i cjenovne politike električne energije koji treba omogućiti: reprodukciju troškova elektroprivrede, učinkovitost poslovanja elektroprivrede, nediskriminaciju potrošača električne energije, pružanje mogućnosti potrošačima izbor korištenja najpovoljnijeg oblika energije.

ZAKLJUČAK

Krivulje troškova elektrana rezultat su troškova izgradnje (trošak izgradnje jedinice snage) i troškova pogona i održavanja s uključenim gorivom za termoelektrane. Na temelju krivulje troškova određuje se ekonomski stupanj iskorištenja kapaciteta elektrane, radi ostvarenja minimuma troškova elektroenergetskog sustava. Stupanj iskorištenja kapaciteta određuje količinu proizvodnje koja je bitna za proračun cijene.

Cijena električne energije pokazatelj je uspješnosti elektrane, ali ne u svim okolnostima. U analiziranom primjeru do stupnja iskorištenja kapaciteta 5,89% dizelska elektrana ostvaruje najniže troškove, a zbog relativno male proizvodnje imaju najveću cijenu električne energije. U

takvim okolnostima, sa stajališta elektroenergetskog sustava, treba prihvatiti relativno visoku cijenu kWh u dizelskoj elektrani radi ostvarenja minimuma troškova sustava ("trade off").

Vežano za krivulju troškova i stupanj iskorištenja kapaciteta, treba prihvatiti objektivnost znatne razlike razine cijena između vršnih i nevršnih elektrana. Odnos razine cijena vršne i nevršne električne energije ovisi o troškovnim osobitostima elektrana i nije ga moguće generalizirati.

LITERATURA

Expansion Planning for Electrical Generating Systems (A Guidebook), IAEA, Vienna 1984.

POWER PLANT COST CURVE

Cost characteristics (construction cost of a power unit, running and maintenance costs, fuel costs) determine the place and the role of a power plant in an electric power system. Those costs together with a degree of capacity usage determine a curve of power plant costs (technologies of electric energy production). Power plant cost curve is an important economic parameter of optimal electric power system construction, as well as of electric energy selling price and tariff politics.

DIE KOSTENKURVE DER KRAFTWERKE

Kostenbezogene Merkmale eines Kraftwerkes (Baukostenaufwand der Leistungseinheit, Kosten des Betriebes und der Instandhaltung sowie des Brennstoffs) bestimmen dessen Stellenwert und Rolle im Verbundbetrieb. Der Kostenaufwand zusammen mit dem Ausnutzungsgrad der Leistung bestimmen seine Kostenkurve (die Kostenkurve des Stromerzeugungsverfahrens). Die Kostenkurve der Kraftwerke ist ein wesentlicher wirtschaftlicher Merkmal beim Ausbau des optimalen Verbundsystems sowie bei der Gestaltung der Preise und der Tarifpolitik im Bereich des Stromverkaufes.

Naslov pisca:

Marijan Magdić, dipl. ek.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1995–12–05

industrogradnja d.d.

PRIJEDLOG POVOLJNIJEG IZBORA LOKACIJA IZLAZNIH TOČAKA PODMORSKOG KABELA I MIKROLOKACIJA KABELSKIH TRASA UNUTAR KABELSKOG KORIDORA

Ivo Santica — Ante Smirčić, Split

UDK 621.315.2
STRUČNI ČLANAK

Povoljniji izbor izlaznih točaka podmorskog kabela kao rezultat ekonomskih pokazatelja, te zahtjeva zaštite okoliša i prirodnih resursa. Povoljnija mikrolokacija kabela unutar predviđenog kablenskog koridora ovisno o maritimnim karakteristikama broda polagača i sustava pozicioniranja.

Ključne riječi: podmorski kabeli, koridor, trasa, ishodišne točke.

UVOD

Polaganje podmorskih instalacija, uključujući energetske kabele postaje, zahvaljujući suvremenoj tehnologiji i preciznoj navigaciji, rutinski posao. Temeljno načelo polaganja ostaje slično prvotnome, izuzimajući, u novije vrijeme, tehnologiju ukopavanja podmorskoga kabela. Ova tehnologija primjenjuje se zbog veće sigurnosti ili zbog veće osjetljivosti pojedinih instalacija.

Zahtjevnost u pogledu pripremnih radnji, međutim, postaje sve složenija. Korištenje javnoga pomorskoga dobra obvezuje korisnika na uvažavanje svih relevantnih čimbenika presudnih za određivanje izlaznih točaka i koridora kablenske trase. Postojeće instalacije, urbanističke planove priobalja, ekološke probleme, tranzitne nautičke putove, ribarstvo i dr. treba uvažiti u tijeku pripremnih radnji. Stoga nije iznenađujuće da naslov prethodne studije za trasu svjetlovodnoga kabela glasi:

Hidrografske-geološke, hidronavigacijske, ribarske, klimatološke, oceanografske i ekološke značajke akvatorija područja polaganja podmorskoga svjetlovodnog kabela.

Dobar dio rečenih zahtjeva treba uvažiti i u pripremnim radnjama za odabir trasa podmorskih energetskih kabela, iako su oni ponekad u koliziji s elektroenergetskim zahtjevom da trasa bude najkraća udaljenost između ishodišnih točaka.

IZLAZNE TOČKE PODMORSKOG KABELA

Ograničeni skromnom tehnikom, navigacijskim sustavima, pratećim brodovljem i pristupom toj problematici u prvo vrijeme, izlazne točke podmorskih energetskih kabela locirale su se obično u zavjetrištima (uvalama). Daka-ko, zavjetrišta su imala i podobnost glede izgradnje, pristupa i održavanja priobalne zaštite i kablenskih kućica. Na ovakvim lokacijama izgrađena priobalna zaštita manje je izložena razornom djelovanju morskih valova, a kablenske kućice posolici.

Danas je takav pristup rješenju tih problema upitan zbog više razloga.

U srednjonaponskoj mreži sve se češće prijelaz podmorskoga kabela izvodi prijelaznom spojnicom na podzemni kabel bez potrebe izgradnje pratećih objekata (kablenskih kućica ili rasklopišta). U slučaju primjene koncepcije podmorski kabel – zračni dalekovod, prijelaz bi se vjerojatno izveo na prvom stupu zračnog dalekovoda. Time bi se izbjegla potreba kablenskih kućica, čime bi se smanjio iznos investicija pojedinog projekta, a bitno pridonijelo smanjenju općeg trenda devastacije priobalja u svakom pogledu.

Dobre maritimne i manevarske osobine broda polagača, uz podršku suvremenih uređaja za pozicioniranje, omogućuju brodu polagaču izvođenje završnih manevara pri izvlačenju krajeva kabela na kopno, bez operacije sidrenja. Ako, međutim, brod polagač ne posjeduje suvremeni pogon i ako je sidrenje neizbježno, manevar sidrenja izvediv je uz bilo koji dio obale.

Suvremena tehnologija omogućuje izradu kvalitetnih priobalnih zaštita i na relativno nepristupačnim dijelovima obale. Pri transportu opreme za izvlačenje kabela može se koristiti i helikopterom, ako je to potrebno. Korištenjem suvremenih brodova polagača i drugih shodnih pomagala nude se neke novosti u tehnologiji polaganja podmorskih energetskih kabela. Usvajanjem poboljšanja pri tim operacijama uslijedilo bi:

- smanjenje investicija u priobalnu zaštitu
- ublažavanje trenda devastacije obale i priobalja.

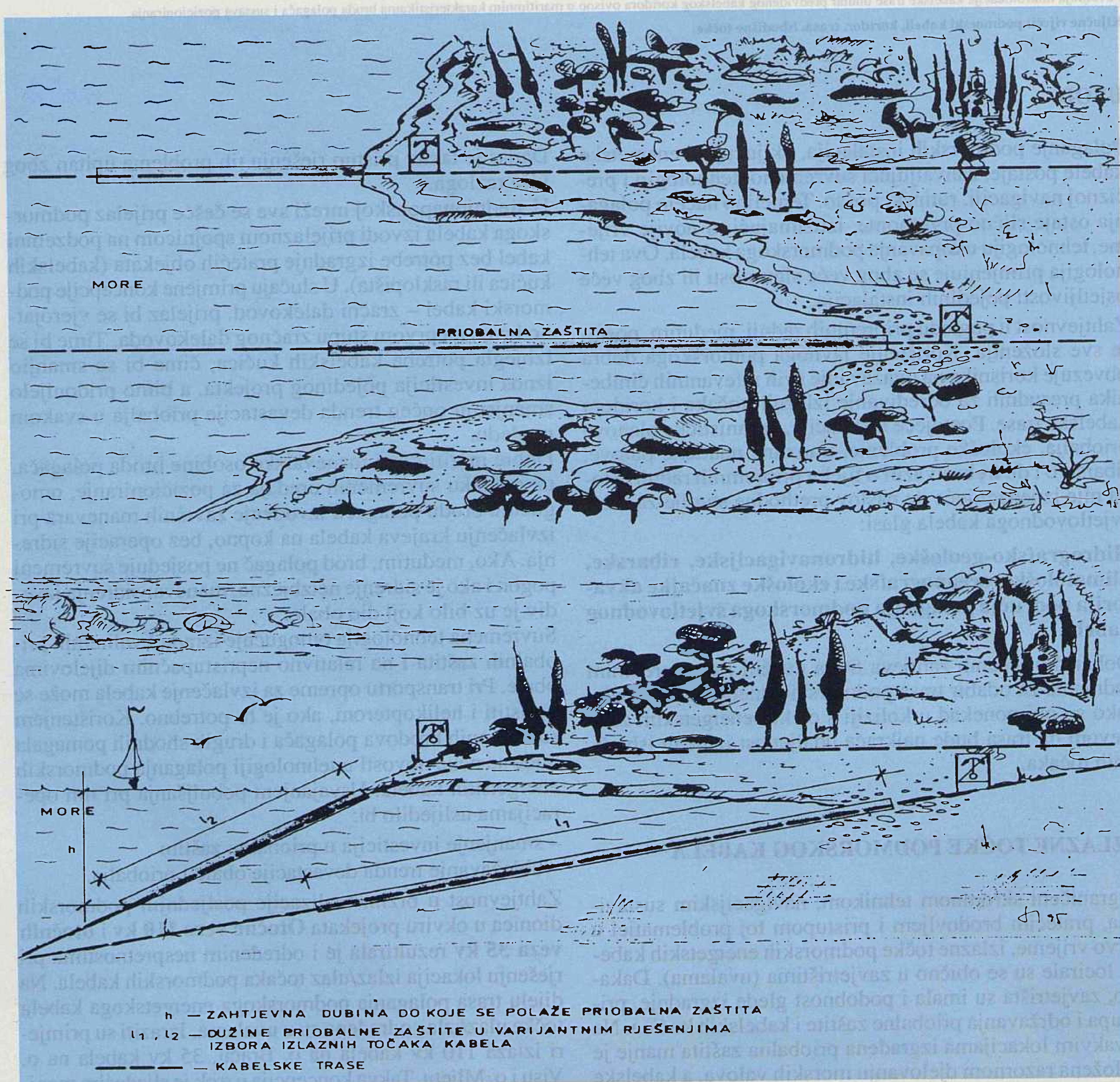
Zahtjevnost u brzini realizacije posljednjih podmorskih dionica u okviru projekata **Otočne veze 110 kv i otočnih veza 35 kv** rezultirala je i određenim nespretnostima pri rješenju lokacija izlaz/ulaz točaka podmorskih kabela. Na dijelu trasa polaganja podmorskoga energetskoga kabela točke ulaz/izlaz određene su u uvalama. Izraziti su primjeri izlaza 110 kv kabela na o. Braču, 35 kv kabela na o. Visu i o. Mljetu. Takva koncepcija uzrok je sljedećim manjkavostima:

- produžava se duljina priobalne zaštite (povećavanje investicije)
- devastira se dio obale
- ugradnjom instalacija obvezuje se postavljanje znaka zabrane sidrenja, što na neki način ograničava turiste – nautičare
- jednom postavljena instalacija ne trpi nikakve naknadne zahvate u prostoru
- stavlja se u upitan položaj mogući ribolov u prirodnim pribježištima pojedine vrste ribe, osobito mrežama pote-gaćama.

Rečene primjedbe zahtijevaju posebnu pozornost u tijeku pripremnih radnji pri odabiru i projektiranju ulaz/izlaz točaka podmorskih energetskih kabela. K tome se mora uzeti u obzir i vijek trajanja tih instalacija, koji je primjenom suvremene tehnologije duži od 50 godina. (Na slici 1. prikazana su varijantna rješenja.)

MIKROLOKACIJE KABELSKE TRASE UNUTAR KABELSKOGA KORIDORA

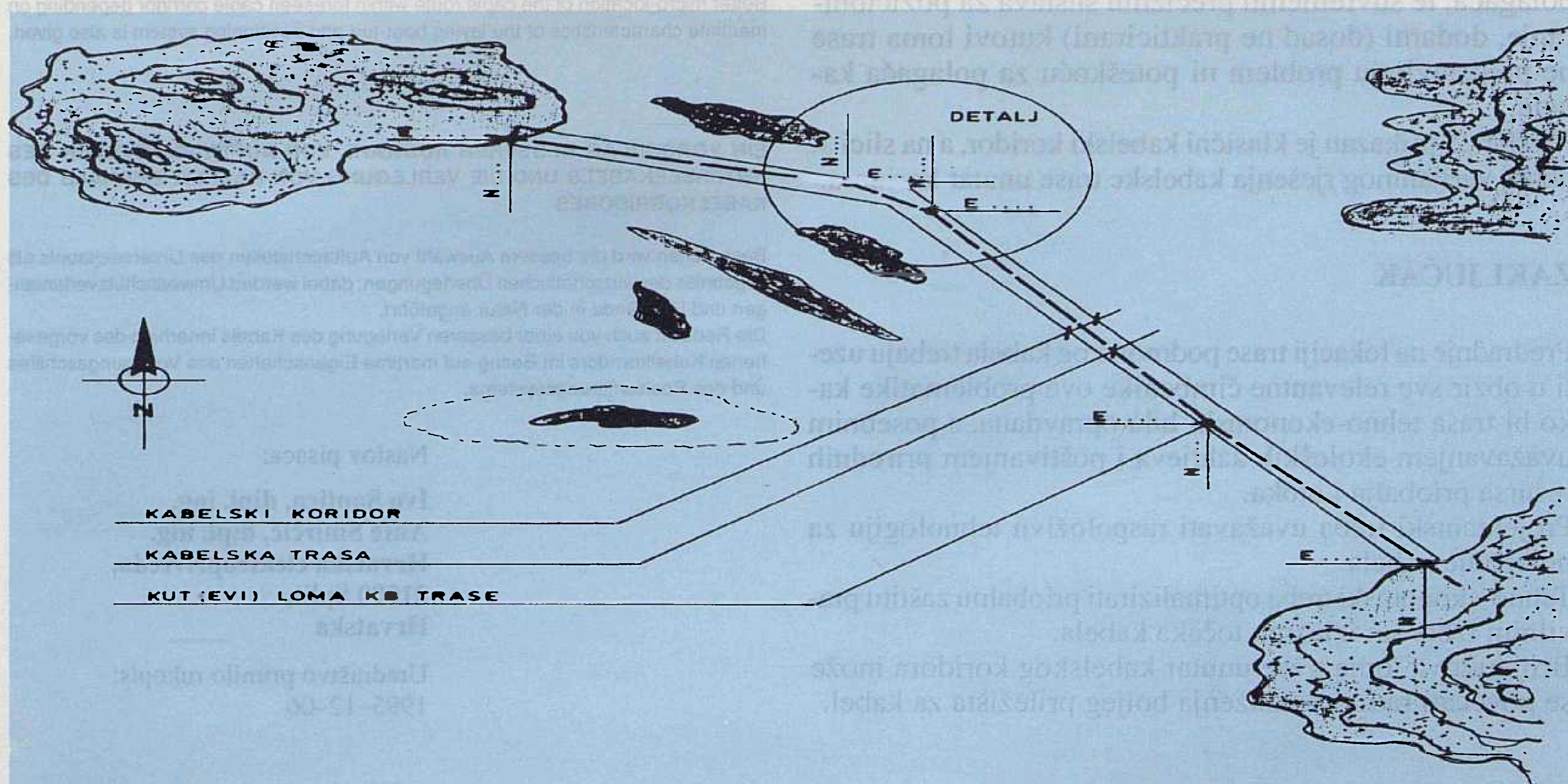
Intenzivna tektonska aktivnost (eprogenetski procesi mlađega geološkog razdoblja), mehaničko-kemijski učinak mora i atmosferilija utjecali su na današnja topografska obilježja našeg priobalja, koje karakteriziraju bezbrojni abrazijsko-krški oblici (škrape, podmorske pećine, klifovi, potkapine i sl.). Potkraj pleistocena (oko 15 000 godina) proces izražene marinske transgresije poplavljuje dijelove kopna i otoka (starijih geoloških razdoblja), te oblikuje današnje priobalje, kanalna i otočna područja. Veći predjeli kanalskog područja prekriveni su rahlim recentnim sedimentima (pijesak, mulj) debljine od nekoliko decimetara do nekoliko metara. Na manjim područjima dna kanala na površinu dna izbijaju čvrsti kameni izdanci naslaga primarne stijene (područja manjih otočića, brakovi,



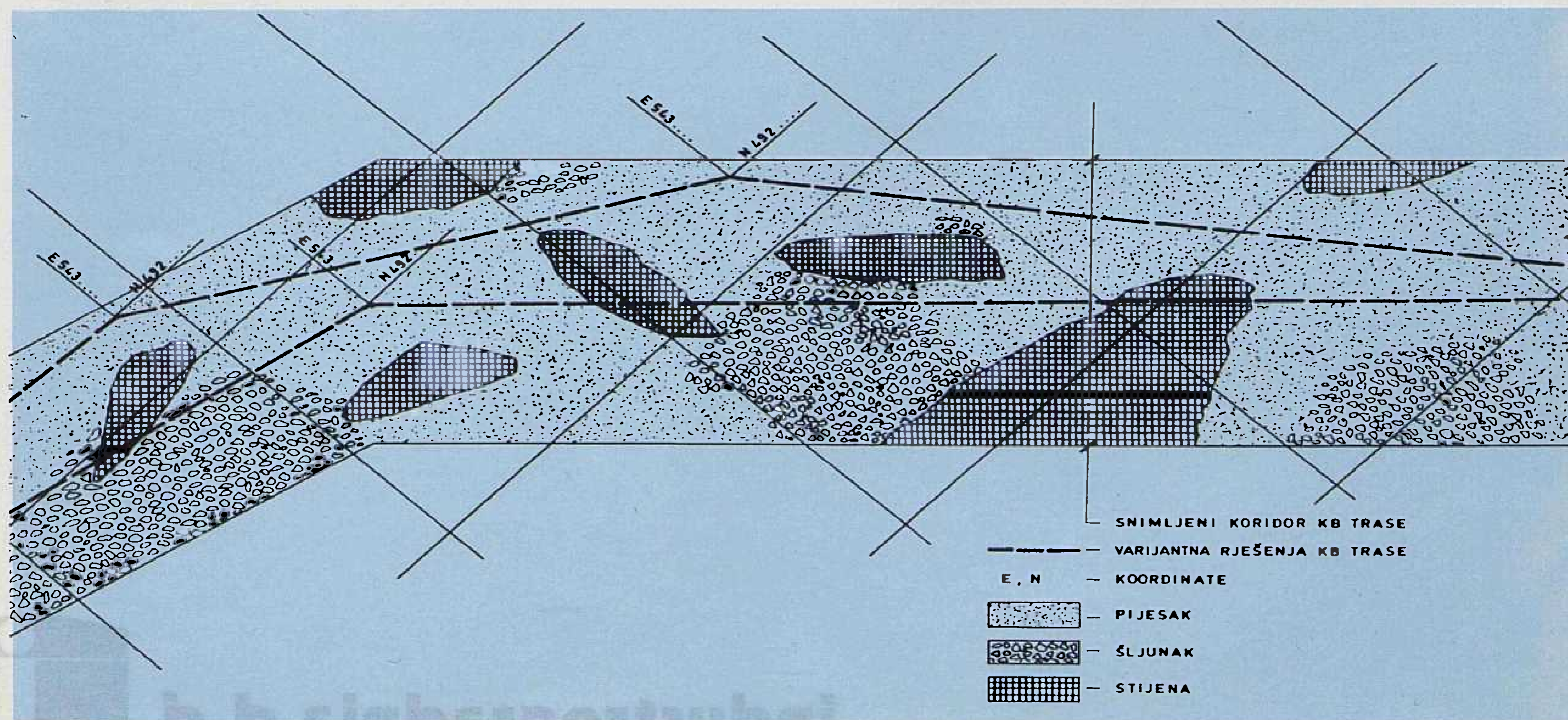
Slika 1. Varijantna rješenja izlaznih točaka podmorskog kabela

te gotovo sva dna neposredno uz obalu otoka i priobalja). Logično je stoga da poprečne (longitudinalne) kabelaške trase između otoka imaju povoljniju strukturu dna od uzdužnih (transportnih) kabelaških trasa, gdje je morsko dno češće prekriveno primarnom stijenom. Prema tome, orijentacija JI-SZ nepovoljnija je od orijentacije SI-JZ. Dakako, ovo je približna, globalna procjena. Specifičnosti se pojavljuju u oba smjera, pa ih kao takve treba i prihvatiti. Poslije potrebnih predradnja (pregled postojećih podataka relevantnih za potrebe istraživačkih radova na moru i priobalju), te izrađene prethodne studije o pogodnosti podmorske kabelaške trase, slijedi elab-

boriranje rezultata istraživačkih radova određenoga koridora (područja predviđene trase polaganja). Odabrani koridor snima se danas suvremenom tehnikom u širini od 100 do 300 m. Elaborat, uz snimke, daje sve relevantne podatke za projektiranje (podatke koordinata, dubina, geoloških istraživanja i dr.). Njegova izrada je složen i skup posao, koji uključuje brojnu multidisciplinarnu ekipu stručnjaka i specifičnu tehnologiju obrade i prezentiranja. Batimetrijski i geološki podaci dna unutar snimljenog koridora projektantski su prostor u kojem projektant koordinatno postavlja kabelašku trasu.



Slika 2. Kabelaški koridor



Slika 3. Detalj varijantnog rješenja kabelaške trase unutar kabelaškog koridora

Prema tome, dobro prostudirane podloge omogućuju uspješno projektiranje kabela trase. Broj kutova loma projektirane trase uglavnom se poklapao s brojem kutova snimljene trase, jer je to minimum koji brod polagač pri svojim manevrima treba napraviti. Širina snimljenoga koridora (od 100 do 300 m) ipak projektantu daje mogućnost da, povećanim brojem kutova loma, nađe povoljnija priležišta kabela, čime se ujedno omogućuje izbjegavanje nepovoljnih struktura podmorja i stvaranja kabelaških "mostova".

Kutovi loma su se principijelno izbjegavali upravo zbog relativno slabih manevarskih sposobnosti broda polagača. Korištenjem dobrih manevarskih sposobnosti broda polagača, te suvremenih preciznih sustava za pozicioniranje, dodatni (dosad ne prakticirani) kutovi loma trase ne predstavljaju problem ni poteškoću za polagača kabela.

Na slici 2. prikazan je klasični kabelaški koridor, a na slici 3. detalj varijantnog rješenja kabelaške trase unutar koridora.

ZAKLJUČAK

Predradnje na lokaciji trase podmorskog kabela trebaju uzeti u obzir sve relevantne čimbenike ove problematike kako bi trasa tehno-ekonomski bila opravdana, s posebnim uvažavanjem ekoloških zahtjeva i poštivanjem prirodnih resursa priobalja i otoka.

Projektantski treba uvažavati raspoloživu tehnologiju za polaganje kabela.

Tehno-ekonomski treba optimalizirati priobalnu zaštitu pravilnim izborom izlaznih točaka kabela.

Broj kutova loma trase unutar kabelaškog koridora može se povećati radi pronalaženja boljeg priležišta za kabal.

LITERATURA

- [1] Državni hidrografski institut, Split: Elaborati istraživačkih radova na trasama podmorskih energetske kabela, Projekti HEP-1 do HEP-11, (1261 p., 140 ch.), Projekti HEP-I i HEP-II, (208 p., 35 ch.)
- [2] HEP – D.p. Elektrodalmacija, Split: Služba izgradnje i usluga, Glavni projekti podmorskih kabela

PROPOSAL OF BETTER SUBMARINE CABLE OUTPUT POINTS CHOICE AND MICRO-LOCATION OF THE CABLE ROUTE WITHIN CABLE CORRIDOR

Better choice of the submarine output points as a result of economic parameters, environmental protection and natural resources is described.

Better micro-location of the cable route within foreseen cable corridor depending on maritime characteristics of the laying boat-tug and positioning system is also given.

EIN VORSCHLAG BESSERER AUSWAHL VON AUFTAUCHSTELLEN DES UNTERSEEKABELS UND DIE VERLEGUNG VON KABELN INNERHALB DES KABELKORRIDORES

Besprochen wird die bessere Auswahl von Auftauchstellen des Unterseekabels als Ergebniss der wirtschaftlichen Überlegungen; dabei werden Umweltschutzverlanlangen und Umstände in der Natur angeführt.

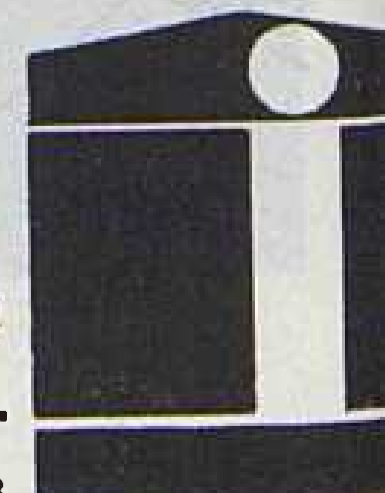
Die Rede ist auch von einer besseren Verlegung des Kabels innerhalb des vorgesehenen Kabelkorridors im Bezug auf martime Eigenschaften des Verlegungsschiffes und des Positionierungssystems.

Naslov pisaca:

Ivo Santica, dipl. ing.
Ante Smirčić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda,
21000 Split,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1995-12-06

industrogradnja d.d.



O NEKIM MOGUĆNOSTIMA POBOLJŠANJA POGONA NADZEMNIH 10(20) kV MREŽA

Dr. sc. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.316.1.005

STRUČNI ČLANAK

U članku su prikazana tehnička rješenja koja pridonose poboljšanju stalnosti isporuke električne energije u nadzemnim 10(20) kV mrežama. Također je dan gospodarski aspekt primjene uređaja koji to omogućuju.

Ključne riječi: kV mreža 10(20), nadzemni pogoni, mogućnosti poboljšanja.

1. UVOD

Stalnost isporuke električne energije jedno je od osnovnih očekivanja potrošača električne energije. To znači da elektroprivredna poduzeća moraju težiti smanjivanju broja kvarova u svojim mrežama i skraćivanju prekida isporuke električne energije.

Većina potrošača opskrbljuje se električnom energijom preko sljedećih dijelova elektroenergetskog sustava:

- visokonaponske mreže (400, 220 i 110 kV)
- srednjonaponske mreže (35, 10(20) kV)
- niskonaponske mreže.

Prema svjetskim iskustvima, kvarovi u **srednjonaponskim** mrežama obično uvjetuju najviše prekida napajanja potrošača. To je razumljivo zbog sljedećih razloga:

- Mreže visokog napona redovito su izgrađene u skladu s kriterijem "n-1"; prema tome, kod jednostrukih kvarova na elementima mreže ne bi trebalo doći do prekida isporuke električne energije potrošačima, to više što te mreže rade u uzamčenom pogonu.
- Mreže niskog napona napajaju malo potrošača; to znači da će čak i u slučaju učestalih kvarova relativno malo potrošača ostati bez napajanja,
- Mreže srednjeg napona u pravilu rade radijalno. U izvangradskim mrežama često nije osigurana mogućnost dvostranog napajanja. Prema tome, u slučaju kvarova u mrežama srednjeg napona velik broj potrošača ostaje bez električne energije, i to često duže vrijeme.

Zbog navedenih razloga u svijetu se sve veća pozornost pridaje poboljšanju pogona srednjonaponskih mreža. Pri tome je očito da se **broj kvarova** u mrežama srednjeg napona može smanjiti samo uz velika financijska ulaganja koja će rezultirati revitalizacijom dotrajalih mreža, interpolacijom novih TS VN/SN, uvođenjem novih tehnoloških rješenja, itd. Međutim, trajanje prekida isporuke električne energije može se bitno smanjiti uvođenjem automatizacije u mreže srednjeg napona. Dakako, time će se smanjiti i troškovi neisporučene električne energije, što je cilj većine elektroprivrednih poduzeća u svijetu.

U ovom članku prikazat će se neke mogućnosti za uvođenje automatizacije u distribucijske mreže srednjeg napona, i to s tehničkog i gospodarskog gledišta.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE SREDNJONAPONSKIH MREŽA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Distribucija električne energije u Hrvatskoj uglavnom se ostvaruje kroz tronaponski sustav 110 – 35 – 10(20) kV, a u manjoj mjeri kroz dvonaponski sustav (direktna transformacija) 110 – 10(20) kV. U budućnosti očekuje se veća zastupljenost kako direktne transformacije, tako i napona 20 kV.

Prema raspoloživim podacima za 1993. god., srednjonaponska mreža Hrvatske elektroprivrede (HEP) uključuje sljedeće dijelove:

Elementi mreže	Količina
nadzemni vodovi 35 kV (km)	3 920
kabeli 35 kV (km)	760
nadzemni vodovi 10(20) kV (km)	22 880
kabeli 10(20) kV (km)	5 860
TS 110/10(20) kV (kom)	21
TS 35/10(20) kV (kom)	360
TS 10(20)/0.4 kV (kom)	20 200
broj vod. polja 10(20) kV (kom)	2 600

Kao što se vidi, u našoj srednjonaponskoj mreži dominiraju nadzemni vodovi – oko 16% u mreži 35 kV, odnosno 20% u mreži 10(20) kV.

Prema iskustvenim podacima, mreža 35 kV u boljem je stanju nego mreža 10(20) kV. To se posebno odnosi na nadzemne vodove. Osim toga, velik broj TS 35/10(20) kV ima osigurano dvostrano napajanje preko vodova 35 kV. U nadzemnim mrežama 10(20) kV to nije pravilo. Zbog toga je razumljivo da se kod primjene mjera za poboljšanje kvalitete isporuke električne energije posebna pažnja treba obratiti nadzemnim 10(20) kV mrežama.

Na temelju raspoloživih podataka može se **procijeniti** da je na nadzemne 10(20) kV mreže HEP-a priključeno oko:

13 000	TS 10(20)/0.4 kV
800 000	potrošača

Od ukupno **2 600 izvoda** 10(20) kV (iz TS X/10(20) kV), oko **1550** izvoda je pretežno nadzemnog karaktera. To znači da prosječna dužina nadzemnih izvoda 10(20) kV iznosi oko:

$$L = 14.7 \text{ km}$$

Udio odcjepa u ukupnoj dužini izvoda obično se nalazi u granicama između 20 i 40%. Dakako, gornja veličina predstavlja prosjek; u 10(20) kV mrežama HEP-a ima i puno dužih izvoda.

Nadzemni vodovi 10(20) kV najčešće su izgrađeni na drvenim stupovima, a znatno manje na betonskim stupovima. Vodovi 10(20) kV na čelično-rešetkastim stupovima manje su zastupljeni u našim mrežama. Budući da je pretežno riječ o starim mrežama, prevladavaju vodovi s vodičima manjeg presjeka od **3x50 Ač** (oko 80% vodova).

Vršna opterećenja nadzemnih izvoda 10 kV iz TS 110/10 kV i TS 35/10 kV nalaze se u sljedećim granicama:

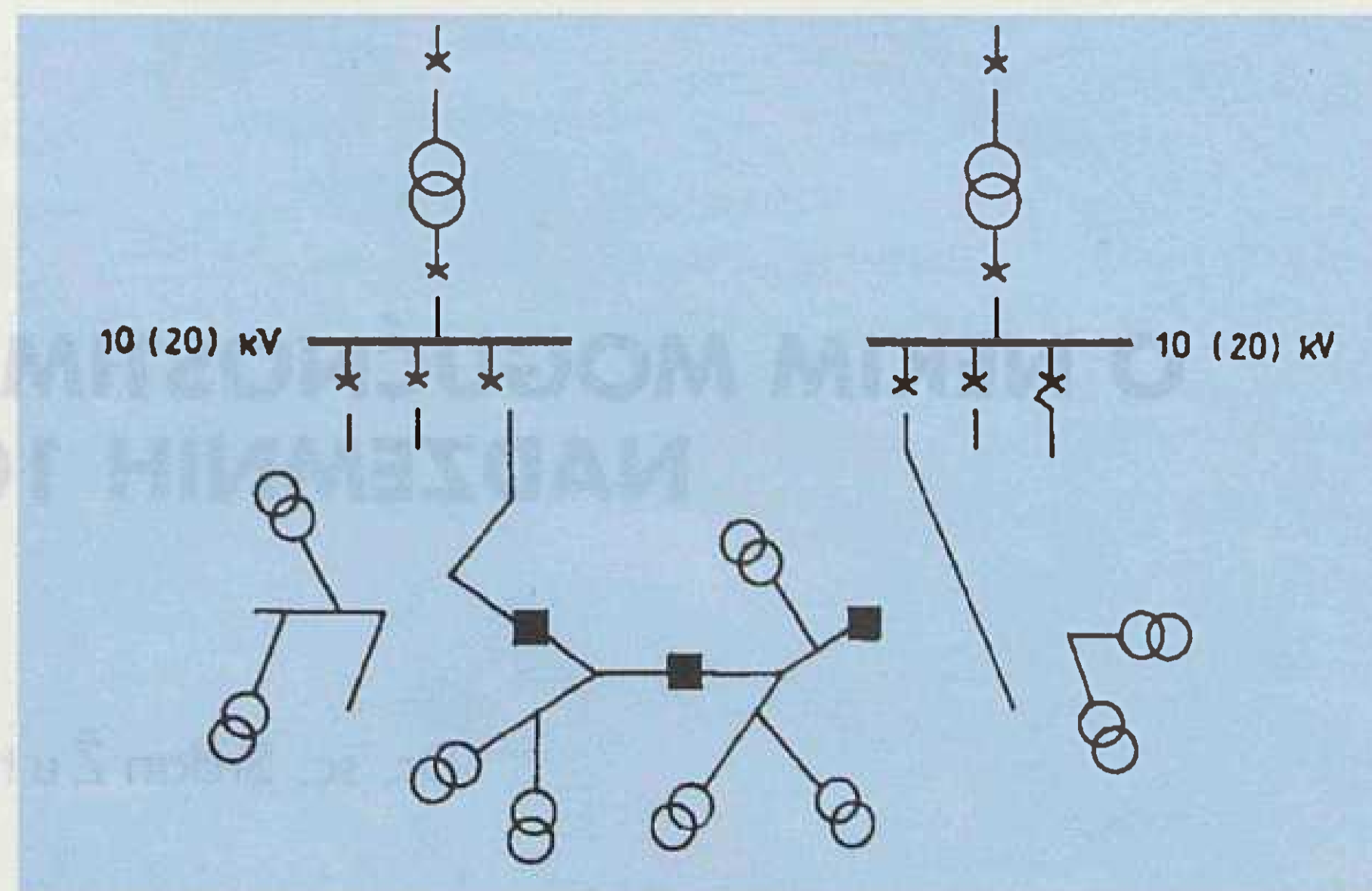
$I_v < 50 \text{ A}$ ($P_v < 860 \text{ kVA}$) – 43% izvoda
$I_v \in (50 - 100 \text{ A})$ ($P_v \in 860 - 1\,730 \text{ kVA}$) – 45% izvoda
$I_v > 100 \text{ A}$ ($P_v > 1\,730 \text{ kVA}$) – 12% izvoda

Navedeni odnosi dobiveni su analizom rezultata mjerenja strujnih opterećenja **218** nadzemnih 10 kV izvoda. To znači da su na razini Hrvatske (oko 1 550 nadzemnih izvoda) moguća manja odstupanja, ali ne bitna.

3. UREĐAJI ZA PROVEDBU AUTOMATIZACIJE U NADZEMNIM 10(20) kV MREŽAMA

Jedno od najrasprostranjenijih rješenja koje se koristi za automatizaciju nadzemnih 10(20) kV mreža u mnogim razvijenim svjetskim distribucijama jesu daljinski upravljane linijske sklopke (DULS). One se ugrađuju na odabrane lokacije u mreži (redovito u magistralne vodove). Te sklopke mogu obavljati pogonska sklapanja struja manjih od svoje nazivne vrijednosti. Zahvaljujući činjenici da se njima može daljinski upravljati, navedeni uređaji omogućuju brzo određivanje mjesta kvara i ponovnu uspostavu isporuke električne energije, barem u dijelu mreže. Time se smanjuju troškovi neisporučene električne energije, ali i troškovi koji nastaju u distribucijskim područjima zbog rada pogonskih ekipa na otkrivanju mjesta kvara. Upravljanje opisanim uređajima može se ostvariti kroz autonomne sustave ili integrirano kroz postojeće distribucijske centre upravljanja.

Učinkovitost DULS-a može se znatno povećati dogradnjom indikatora kvarova uz linijske sklopke. U tom sluča-



■ LINIJSKA SKLOPKA S DALJINSKIM UPRAVLJANJEM

Slika 1. Primjer korištenja daljinski upravljanih linijskih sklopki

ju postiže se još brže lociranje mjesta kvara. Osim toga, često je opravdana ugradnja indikatora kvarova na određene lokacije u mreži neovisno o prisustvu DULS-a, pa i u mrežama 10(20) kV gdje uopće nisu ugrađene daljinski upravljane linijske sklopke.

3.1. Daljinski upravljane linijske sklopke (DULS)

Jedno rješenje daljinski upravljane linijske sklopke prikazano je na sl. 2. Postoje sljedeći temeljni dijelovi:

1. linijska sklopka,
2. električni pogonski mehanizam,
3. spojni vodiči 10(20) kV,
4. poluga za ručno upravljanje,
5. antena (za slučaj upravljanja preko sustava radiokomunikacija),
6. upravljačka jedinica smještena u posebnoj kutiji,
7. noseća konstrukcija.

Osim osnovnih elemenata prikazanih na sl. 2, moguća je dogradnja različitih opcija, kao što su:

- a) prenaponska zaštita sklopke,
- b) napajanje upravljačke jedinice preko posebnog naponskog transformatora,
- c) indikatori kvarova,
- d) uređaj za automatsko odvajanje dionice u kvaru, tijekom beznaponske pauze.

Osnovna shema djelovanja daljinski upravljane linijske sklopke prikazana je na sl. 3. U daljnjem tekstu ukratko će se opisati osnovni dijelovi tog uređaja.

Linijska sklopka

Na sl. 2. dano je rješenje sa sklopkom izvedenom u **SF₆ tehnologiji**. Prednosti uporabe takvih sklopki su sljedeće:

- potreba za održavanjem svedena je na minimum
- neosjetljivost na utjecaj okoliša (onečišćenje atmosfere)
- velika pouzdanost tijekom eksploatacije.

Dakako u obzir dolazi i primjena klasičnih rastavnih sklopki. Glede općih karakteristika, može se reći da su one namijenjene za ugradnju u mreže 20(10) kV, te mreže 35 kV. Nazivne struje su obično 400 A ili 630 A, a ima razmišljanja o potrebi proizvodnje sklopki nazivne struje 200 A (što bi bilo dovoljno za naše 10(20) kV mre-

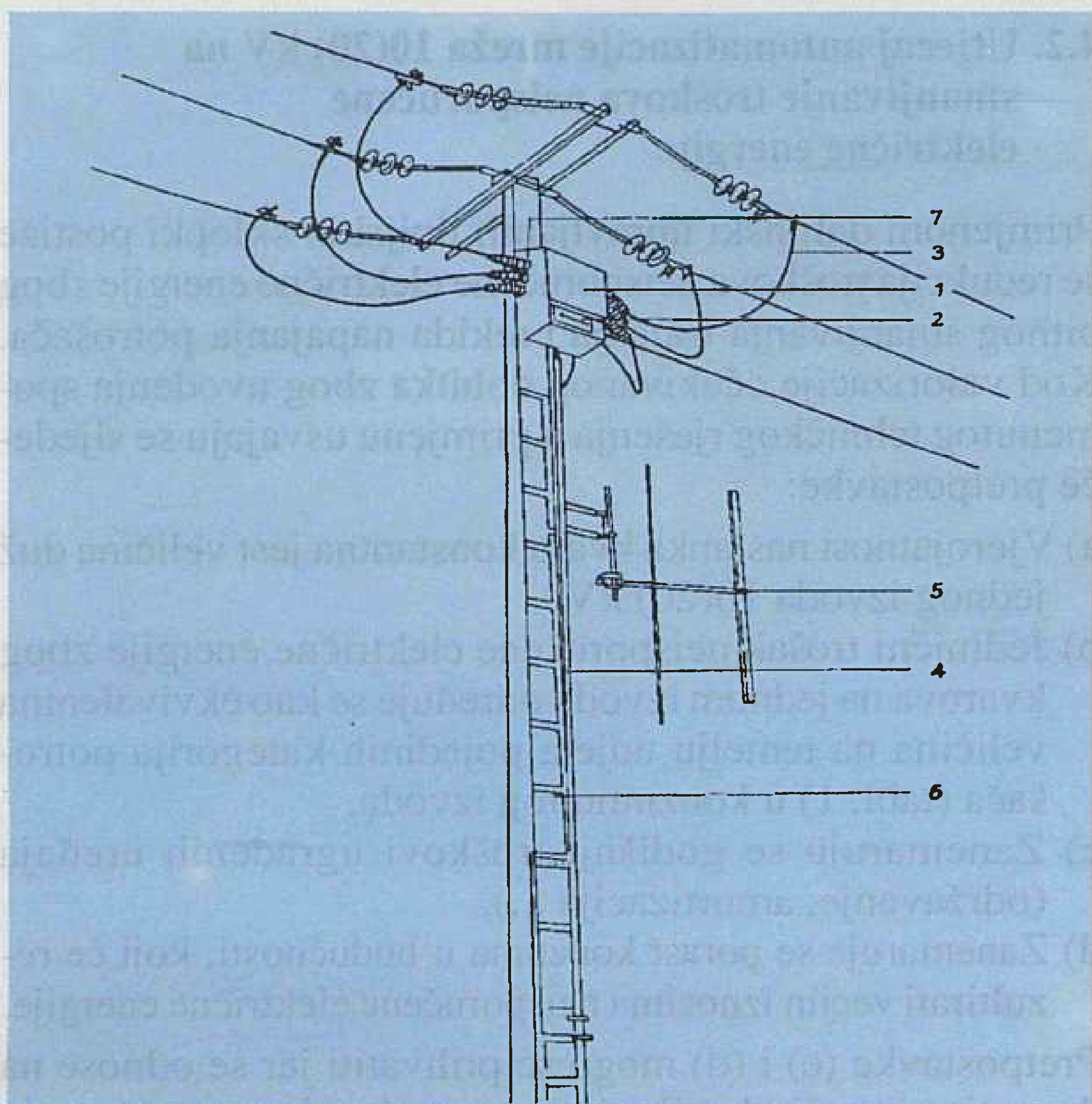
že). Ovi uređaji nisu predviđeni za prekidanje struja kratkog spoja.

Električni pogonski mehanizam

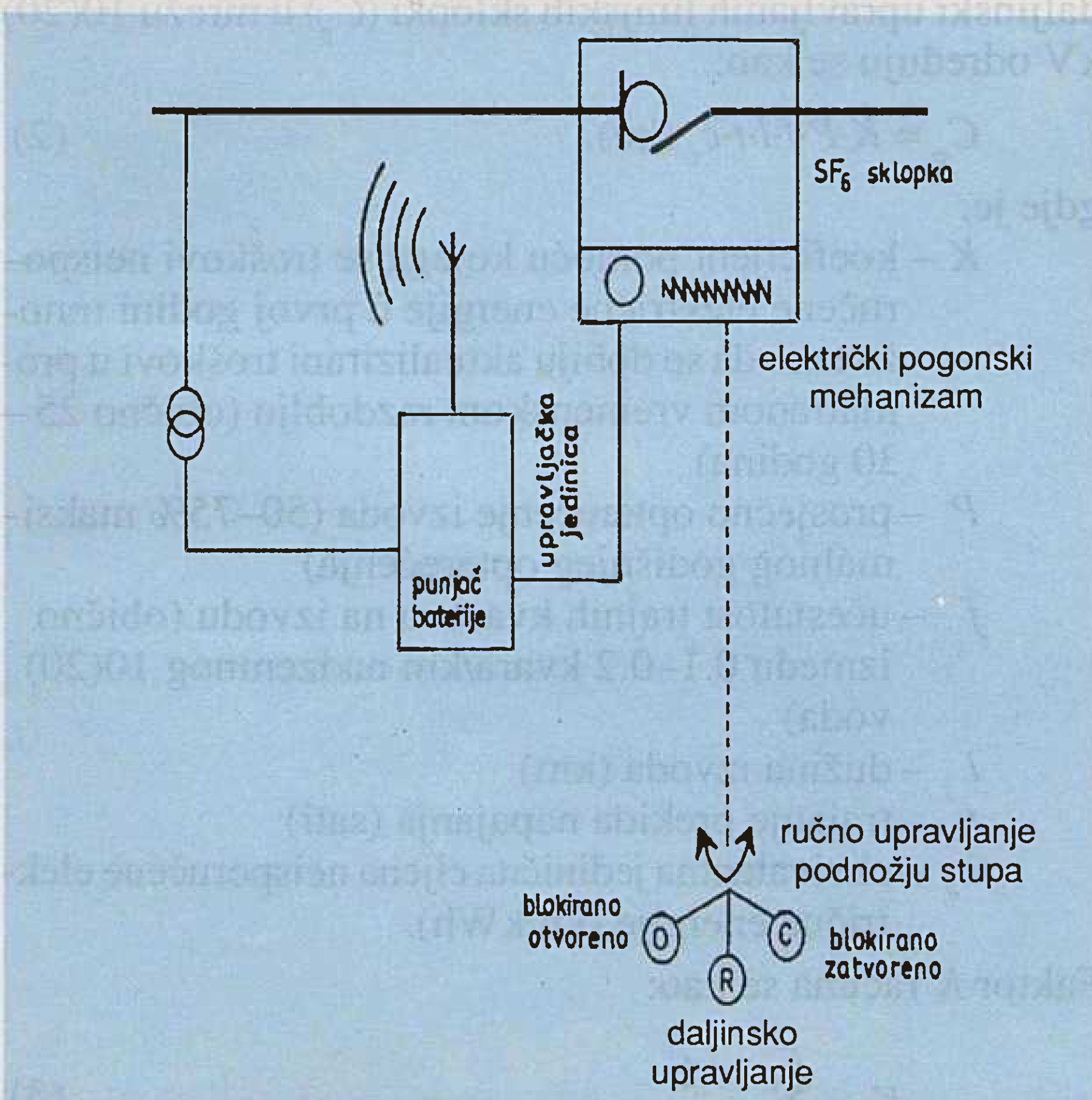
Pogonski mehanizam sastoji se od sljedećih dijelova:

- opružnog mehanizma koji osigurava brze sklopne operacije
- elektromotornog pogona koji je nužan kod daljinskog upravljanja sklopkom
- mehaničke i električne blokade motora
- pokazivača položaja rastavljača (otvoren/zatvoren), koji je dobro uočljiv.

Brzina sklopne operacije ne ovisi o izučenosti pogonskog osoblja.



Slika 2. Daljinski upravljana linijska sklopka



Slika 3. Shema djelovanja daljinski upravljane linijske sklopke

Upravljačka jedinica

Oprema ove jedinice smještena je u posebnu kutiju koja sadrži:

- upravljački dio (kontakte, releje, napajanje motora)
- sustav za punjenje baterije, koji uključuje izolacijski naponski transformator
- punjač s kontrolnim sistemom, te bateriju koja mora imati odgovarajući kapacitet.

Osim navedenog, upravljačka jedinica može sadržavati i dodatne uređaje, ovisno o načinu na koji se prenosi signal. Također je moguća i dogradnja indikatora kvarova te opreme za automatsko odvajanje dionica u kvaru (dodatne opcije).

Poluga za ručno upravljanje

Upravljanje rastavljačem može se ostvariti i ručnim putem. Zbog toga je sklopka opremljena vertikalno ugrađenom polugom (el. 4 sa sl. 2), na koju se u slučaju potrebe ugrađuje posebna ručka (nije fiksni element). Pomoću navedene ručke moguće je blokirati rastavljač u tri položaja:

- otvorena sklopka
- zatvorena sklopka
- sklopka uključena u sustav daljinskog vođenja.

Prilikom ručnog upravljanja automatski se blokira elektromotorni pogon.

3.2. Indikatori kvarova

Ako se želi povećati brzina i točnost otkrivanja pozicije kvara, nužna je uporaba indikatora kvarova na vodovima. Zbog težnje za masovnim korištenjem, na njih se postavljaju zahtjevi da budu:

- pristupačni po cijeni
- pouzdani u radu.

Indikatori kvarova prije svega se koriste za brzo lociranje mjesta kvara, te rekonfiguraciju mreže nakon otkrivanja mjesta kvara. Osim toga, suvremeni indikatori mogu se koristiti za dobivanje prethodnih informacija koje će poslužiti za planiranje preventivnog održavanja (uglavnom u nadzemnim mrežama).

Indikatore kvarova treba ugraditi posebno na sljedeće lokalitete:

- važna čvorišta, odnosno daljinski upravljane sklopke
- čvorišta u koja ulazi tri ili više vodova
- lako dostupne objekte, ako se ne koriste daljinski upravljane linijske sklopke.

Bitno je uočiti da indikatori kvarova prepoznaju samo trajne kvarove, a ne registriraju prolazne kvarove.

S obzirom na način ugradnje, indikatori kvarova mogu se koristiti na dva načina:

- bez uključivanja u sustav daljinskog upravljanja i nadzora nad 10(20) kV mrežom. Nakon prolaska struje kvara uključuje se signalna žaruljica koja je vizualno dobro uočljiva
- ugradnjom uz daljinski upravljane linijske sklopke. U tom slučaju indikatori kvarova mogu se preko komunikacijskog sustava povezati s distribucijskim centrom upravljanja, tako da se informacija o nastanku kvara prosljedi u taj centar.

Može se govoriti o dvjema temeljnim vrstama indikatora kvarova, a to su:

- indikator koji prepoznaju kvarove kod kojih je ostvaren spoj sa zemljom. Njihov princip rada zasnovan je na mjerenju magnetskog polja pomoću magnetskog jezgra
- univerzalni indikator kvarova, koji se priključuju na vod preko strujnih senzora. Kod daljinski upravljanih linijskih sklopki takvi indikator ugrađuju se uz upravljačku jedinicu kao dodatna opcija. Navedeni indikator mogu registrirati kako prolaz struja višepolnih kvarova koje poprimaju iznose veće od nekoliko stotina A, tako i nulte struje koje mogu poprimiti vrlo niske iznose, od nekoliko desetaka ampera.

4. GOSPODARSKI KRITERIJI ZA KORIŠTENJE DALJINSKI UPRAVLJANIH LINIJSKIH SKLOPKI, TE INDIKATORA KVAROVA

Odluka o ugradnji navedenih uređaja uvjetovana je dvama osnovnim čimbenicima:

- težnjom za smanjivanjem troškova neisporučene električne energije kod potrošača,
- težnjom za smanjivanjem troškova rada, koji su rezultat velikog angažiranja pogonskog osoblja kod otkrivanja mjesta kvara.

Prema nekim inozemnim iskustvima [2], čak 90% mogućih ušteda uvjetovano je čimbenikom (a).

Dakako, u našim uvjetima ne moraju vrijediti isti odnosi. No, ako bi se troškovi neisporučene električne energije realno definirali, vjerojatno bi se potvrdila spoznaja da njihovo smanjivanje predstavlja veći dio ušteda koje se ostvaruju zbog uvođenja automatizacije u nadzemne mreže 10(20) kV.

Zbog toga će se u daljnjem tekstu pozornost posvetiti upravo troškovima neisporučene električne energije.

4.1. O troškovima neisporučene električne energije

Prekidi u isporuci električne energije izazivaju u potrošača različite štete. To je osobito izraženo kod uslužnih i industrijskih djelatnosti – gubici u proizvodnom procesu, oštećenja opreme, gubitak nekih sirovina itd. Dakako, mnogo su veće štete uvjetovane nenadanim prekidima isporuke električne energije (što je slučaj kod kvarova) nego u slučaju planiranih prekida.

Pri analizi utjecaja automatizacije 10(20) kV mreža na smanjivanje troškova neisporučene električne energije, navedeni troškovi mogu se definirati pomoću relacije:

$$c(t) = c_s + t \cdot c_v, \quad (1)$$

gdje su:

- $c(t)$ – troškovi prekida napajanja potrošača, po jedinici snage, te prekidu (kn/kW)
- c_s – stalni dio troškova prekida napajanja potrošača (kn/kW)
- c_v – vremenski ovisni dio troškova prekida napajanja potrošača (kn/kWh)
- t – trajanje prekida napajanja potrošača (sati).

Budući da u Hrvatskoj još nisu definirani troškovi neisporučene električne energije, za orijentacijske proračune tre-

ba se koristiti inozemnim vrijednostima. Kao primjer mogu se navesti vrijednosti iz prakse skandinavskih zemalja [2]:

Tablica 1.

Vrsta potrošača	c_s (kn/kW)	c_v (kn/kWh)
kućanstva	-	4.3
poljodjelstvo	-	35.0
industrija	13.8	57.2
usluge	11.7	67.8
javne službe	3.2	22.3

Očito je da će se uvođenjem automatizacije 10(20) kV mreža smanjiti vremenski ovisni troškovi (c_v) iz formule (1).

4.2. Utjecaj automatizacije mreža 10(20) kV na smanjivanje troškova neisporučene električne energije

Primjenom daljinski upravljanih linijskih sklopki postiže se redukcija troškova neisporučene električne energije zbog bitnog smanjivanja trajanja prekida napajanja potrošača. Kod valorizacije očekivanog dobitka zbog uvođenja spomenutog tehničkog rješenja u primjenu usvajaju se sljedeće pretpostavke:

- Vjerojatnost nastanka kvara konstantna jest veličina duž jednog izvoda 10(20) kV.
- Jedinični trošak neisporučene električne energije zbog kvarova na jednom izvodu određuje se kao ekvivalentna veličina na temelju udjela pojedinih kategorija potrošača (tabl. 1) u konzumu tog izvoda.
- Zanemaruju se godišnji troškovi ugrađenih uređaja (održavanje, amortizacija ...),
- Zanemaruje se porast konzuma u budućnosti, koji će rezultirati većim iznosima neisporučene električne energije.

Pretpostavke (c) i (d) mogu se prihvatiti jer se odnose na dva utjecajna čimbenika koji se međusobno poništavaju (barem djelomično).

Troškovi neisporučene električne energije prije uvođenja daljinski upravljanih linijskih sklopki (C_p) u mrežu 10(20) kV određuju se kao:

$$C_p = K \cdot P \cdot f \cdot l \cdot t \cdot c_e \quad (\text{kn}), \quad (2)$$

gdje je:

- K – koeficijent pomoću kojega se troškovi neisporučene električne energije u prvoj godini množe tako da se dobiju aktualizirani troškovi u promatranom vremenskom razdoblju (obično 25–30 godina)
- P – prosječno opterećenje izvoda (50–75% maksimalnog godišnjeg opterećenja)
- f – učestalost trajnih kvarova na izvodu (obično između 0.1–0.2 kvara/km nadzemnog 10(20) voda)
- l – dužina izvoda (km)
- t – trajanje prekida napajanja (sati)
- c_e – ekvivalentna jedinična cijena neisporučene električne energije (kn/kWh).

Faktor K računa se kao:

$$K = \sum_{i=1}^N \frac{1}{(1+p)^i} \quad (3)$$

gdje je:

N - razmatrano razdoblje u budućnosti (25–30 god.)

p - stopa aktualizacije (0.08–0.10).

Za navedene parametre faktor K poprima vrijednosti blizu veličine:

$$K = 10.$$

Ako se poznaje broj kvarova na razmatranom izvodu 10(20) kV, formula (2) može se napisati u modificiranom obliku:

$$C_p = K \cdot p \cdot \lambda \cdot t \cdot c_e \quad (\text{kn}), \quad (4)$$

gdje je λ broj kvara u jednoj godini.

Nakon uvođenja "n" daljinski upravljanih linijskih sklopki (DULS), vrijednosti C_{DULS} troškovi neisporučene električne energije se smanjuju. Prema [3] ukupne financijske uštede (tj. dobitak uvođenjem automatizacije), dobivaju se kao razlika vrijednosti uštedene neisporučene električne energije i investicijskih troškova za ugradnju DULS-a:

$$C_n = \frac{C_p}{n+1} \sum_{i=1}^n i / (n+1) - n C_{\text{DULS}}. \quad (5)$$

Prema tome, kada se traži optimalni broj daljinski upravljanih linijskih sklopki na jednom izvodu, (n_{opt}) funkcija (5) treba poprimiti maksimalnu vrijednost. Prema [3], to će biti ispunjeno uz sljedeći broj ugrađenih DULS-a:

$$n_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{C_p}{C_{\text{DULS}}} - 1} \quad (6a)$$

$$n_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{C_p}{2 \cdot C_{\text{DULS}}} - 1}. \quad (6b)$$

Izraz (6a) odnosi se na izvode kod kojih je omogućeno dvostrano napajanje. Izraz (6b) odnosi se na izvode kod kojih nije moguće ostvariti dvostrano napajanje, odnosno prekapčanje između dvije TS X/10(20) kV. Takvi izvodi su najčešći u našim nadzemnim mrežama 10(20) kV.

Na kraju ovog poglavlja treba upozoriti da je navedeni pristup relativno pojednostavnjen. U stvarnosti bi trebalo svaki izvod detaljno proučiti, te odrediti učestalost kvarova po dionicama. To se odnosi i za raspored potrošača s visokim troškovima neisporučene električne energije (industrija, usluge, ...). Tek nakon toga mogao bi se provesti korektan postupak odabira optimalnog broja i lokacija daljinski upravljanih linijskih sklopki.

Osim toga, nisu uzeti u obzir troškovi nabave računala u centru upravljanja s programskom podrškom. No, ako bi mreža 10(20) kV uvjetovala potrebu za ugradnjom većeg broja DULS-a, izloženi postupak za dobivanje veličine n_{opt} je prihvatljiv.

Na kraju treba još jednom upozoriti da u opisanom postupku nisu uzeti u obzir troškovi koje stvaraju česte intervencije pogonskih ekipa zbog kvarova u 10(20) kV mrežama. U našim uvjetima to može biti značajan dodatni poticaj za uvođenje automatizacije u nadzemne mreže 10(20) kV.

5. ZAKLJUČCI

Poboljšanje kontinuiteta isporuke električne energije potrošačima jedna je od temeljnih zadaća distribucijske djelatnosti. U ovom članku opisana su neka rješenja za ostvarivanje tog cilja, a to su daljinski upravljane linijske sklopke (DULS) predviđene za ugradnju u 10(20) kV mreže, te indikatori kvarova. Navedeni uređaji masovno se koriste u mnogim inozemnim distribucijama, gdje čine temelj za provedbu automatizacije u nadzemnim 10(20) kV mrežama.

Trenutačno su raspoloživa različita tehnološka rješenja kako u izvedbi DULS-a (klasična izvedba, te SF₆ izvedba), tako i kod indikatora kvarova.

Osnovna prednost koja se postiže uvođenjem automatizacije u 10(20) kV mreži jest znatno smanjenje trajanja prekida isporuke električne energije zbog trajnih kvarova u mrežama. Osim toga, smanjuju se troškovi uvjetovani radom pogonskih ekipa koje se angažiraju na otkrivanju i uklanjanju kvarova.

Pri definiranju optimalnog broja daljinski upravljanih linijskih sklopki na jednom izvodu 10(20) kV treba uzeti u obzir niz utjecajnih parametara kao što su:

- opterećenje izvoda
- učestalost trajnih kvarova po 1 km
- dužinu izvoda
- prosječno trajanje prekida napajanja u postojećim uvjetima (bez uvedene automatizacije 10(20) kV mreže)
- usvojenu cijenu neisporučene električne energije za razne kategorije potrošača, te udio pojedinih kategorija u ukupnoj potrošnji izvoda
- troškove ugradnje DULS-a.

Kao što se vidi, u postupku optimalizacije mnogo je parametara, tako da je u ovom trenutku teško definirati smjernice. Ipak, može se zaključiti da optimalan broj daljinski upravljanih linijskih sklopki koje treba ugraditi po izvodu 10(20) kV raste s:

- opterećenjem izvoda
- učestalošću kvarova na izvodu
- trajanjem prekida napajanja zbog kvarova na izvodu
- porastom troškova neisporučene električne energije, a to je posebno uvjetovano prisutnošću potrošača iz kategorije industrije i usluga
- smanjivanjem troškova ugradnje DULS-a.

U svakom slučaju, ova problematika upućuje na potrebu daljnjih istraživanja.

LITERATURA

- [1] S. ŽUTOBRADIĆ: "Tehnoekonomska analiza mjere za poboljšanje kvalitete pogona vangradskih srednjonaponskih 10(20) kV mreža", EI "H. Požar", Zagreb, 1995.
- [2] M. LEHTONEN: "Customers' outage costs as a parameter when optimizing medium voltage network automation", CIRED/1995.
- [3] E. LAKERVI, E. J. HOLMES: "Electricity distribution network design", P. Peregrinus 1989. (knjiga)
- [4] J. L. FRAISSE, A. MARTY: "EDF network automation policy" CIRED/1993.
- [5] L. ROGINSKI, J. ANDRUSZKIEWICZ: "Implementation and operation of autoreclosers in 15 kV rural network in Poland", CIRED/1995.
- [6] Prospekti proizvođača opreme

SOME AMELIORATION POSSIBILITIES OF OVERHEAD 10(20) kV NETWORK OPERATION

Technical solutions that help amelioration of the electric energy supply continuity in the overhead 10(20) kV network are given in the paper. An economic aspect of the needed equipment is also given.

ÜBER EINIGE MÖGLICHKEITEN DER HÖHEREN BETRIEBESZUVERLÄSSIGKEIT DER 10(20) kV FREILEITUNGSNETZE

Dargestellt sind die der Besserung von Lieferungsstetigkeit beitragenden technischen Lösungen in den 10(20) kV Freileitungsnetzen. Dazu ist die Anwendung diesbezüglicher Einrichtungen aus wirtschaftlicher Sicht betrachtet.

Naslov pisca:

dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Ulica grada Vukovara 37,
1000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-01-08

Prilikom definiranja optimalnog projekta daljinski upravljanja (DUL) treba uzeti u obzir niz utjecajnih parametara kao što su:

- opterećenje izvoda
- učestalost trajnih kvarova po 1 km
- dužinu izvoda
- prosječno trajanje prekida napajanja u postojećim uvjetima (bez uvedene automatizacije 10(20) kV mreže)
- usvojen cijenu neisporučene električne energije za tražnu kategoriju potrošača, te udio pojedinih kategorija u ukupnoj potrošnji izvoda
- troškove ugradnje DUL-a

Kao što se vidi, u postupku optimizacije mnogo je parametara, tako da je u ovom trenutku teško definirati smjer. Ipak, može se zaključiti da optimisan projekta daljinski upravljanja linijama sklopki koje treba ugraditi po izvodu 10(20) kV može biti:

- smanjivanje troškova ugradnje DUL-a
- povećanje trajanja napajanja zbog kvarova na izvodu
- smanjenje troškova neisporučene električne energije, a to je posebno uvjetovano prisutnošću potrošača iz kategorije industrije i usluga
- u svakom slučaju, ova problematika upućuje na potrebu daljnjih istraživanja.

LITERATURA

[1] S. ŽUTOBRADIĆ: "Tehnokonomski analiza mreže za poboljšanje kvalitete pogona vagnarskih srednjonaponskih 10(20) kV mreža", El. H. Požar, Zagreb, 1992.

[2] M. LEHTONEN: "Customer outage cost as a function when optimizing medium voltage network automation", CIRBP/1992.

[3] E. LAKEVALI, E. J. HOLMES: "Electricity distribution network design", P. Percinius 1989 (knjiga).

[4] J. F. RAISSE, A. MAKTY: "EDF network automation policy", CIRBP/1992.

[5] L. ROGINSKI, J. ANDRUSZKIEWICZ: "Implementation and operation of network automation in 10 kV distribution network", CIRBP/1992.

gdje je: $C_p = K \cdot p \cdot \lambda \cdot r \cdot c$ (kn)

Nakon uvođenja "w" daljinski upravljanja linijama sklopki (DUL), vrijednosti $C_{p, DUL}$ troškovi neisporučene električne energije se smanjuju. Prema [3] ukupne finansijske ušteđevine (tj. dobitek uvođenjem automatizacije), dobivaju se kao razlika vrijednosti ušteđevine neisporučene električne energije i investicijskih troškova za ugradnju DUL-a:

$$C_n = \frac{C_p}{n+1} \sum_{i=1}^n i(n+1) - n \cdot C_{DUL} \quad (2)$$

Prima tome, kada se traži optimalni projekta daljinski upravljanja linijama sklopki na jednom izvodu, (n_{opt}) funkcija (2) treba poprimiti maksimalnu vrijednost. Prema [3], to će biti ispunjeno uz sljedeći projekta ugradnje DUL-a:

$$n_{opt} = \sqrt{\frac{C_p}{C_{DUL}} - 1} \quad (3a)$$

$$n_{opt} = \sqrt{3 \cdot \frac{C_p}{C_{DUL}} - 1} \quad (3b)$$

Izraz (3a) odnosi se na izvode kod kojih je omogućeno dvostrano napajanje. Izraz (3b) odnosi se na izvode kod kojih nije moguće ostvariti dvostrano napajanje, odnosno prekidanje između dvije TS X(10/20) kV. Takvi izvodi su najčešći u našim naponskim mrežama 10(20) kV.

Na kraju ovog poglavlja treba upozoriti da je navedeni pristup relativno pojednostavljen. U stvarnosti bi trebalo svaki izvod detaljno proučiti, te odrediti učestalost kvarova po dionicama. To se odnosi i za raspored potrošača s visokim troškovima neisporučene električne energije (industrija, usluge, ...). Tek nakon toga mogao bi se provesti korektan postupak odabira optimalnog projekta i lokacija daljinski upravljanja linijama sklopki.

Osim toga, nisu uzeti u obzir troškovi nabave računala u centru upravljanja s programskom podrškom. No, ako bi mreža 10(20) kV uvjetovala potrebnu za ugradnjom većeg projekta DUL-a, izloženi postupak za dobivanje veličine n_{opt} je prihvatljiv.

industrogradnja d.d.



IZMJENA PRAVILNIKA O ORGANIZACIJI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

U rujnu prošle godine donesen je Pravilnik o izmjeni Pravilnika o organizaciji Hrvatske elektroprivrede donesenoga u srpnju 1994. godine, a objavljenog u Biltenu Vjesnika HEP broj 45 od 15. ožujka 1995. godine. Ova izmjena objavljena je u Biltenu Vjesnika Hrvatske elektroprivrede broj 51 od 6. studenog 1995. godine.

Izmjena se odnosi na Proizvodno područje HE Split u Direkciji za proizvodnju električne energije. Pravilnikom o izmjeni utvrđuje se da grupu hidroelektrana ovog proizvodnog područja sa sjedištem u Splitu čine pogoni: HE Peruča, HE Orlovac, HE Đale, HE Zakučac, HE Kraljevac, HE na Krki i RHE Obrovac.

Pod nazivom "HE na Krki" razumijevaju se HE Jaruga, HE Golubić i HE Krčić.

SBK

IZMJENE I DOPUNE PRAVILNIKA O SISTEMATIZACIJI RADNIH MJESTA U HRVATSKOJ ELEKTROPRIVREDI

Izmjena ovog pravilnika posljedica je izmjene Pravilnika o organizaciji Hrvatske elektroprivrede. U opisu proizvodnog područja HE Split brišu se prilozi Pravilnika o sistematizaciji donesenoga 31. prosinca 1993. godine, a objavljenog u Biltenu Vjesnika HEP-a broj 37 od 31. prosinca iste godine.

Tako se umjesto naziva "Pogon HE Manojlovac i Jaruga i Pogon HE Golubić i Krčić" stavlja naziv "Pogon HE na Krki".

SBK

OBLIK I SADRŽAJ ZNAKA, MEMORANDUMA I PEČATA HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE – DIONIČKOG DRUŠTVA

Preimenovanjem javnog poduzeća u dioničko društvo mijenjaju se postojeće oznake HEP-a u nove, koje na određeni način simboliziraju svrhu društva. Tako generalni direktor u rujnu 1995. godine donosi odluku o obliku, sadržaju i korištenju znaka, memoranduma i pečata te čuvanju pečata Hrvatske elektroprivrede – dioničkog društva. Ova odluka objavljena je u Biltenu Vjesnika HEP-a broj 51 od 6. studenog 1995. godine.

Znak HEP-a jest kvadrat unutar kojeg su okomito postavljene crvena, bijela i plava boja – boje zastave Republike Hrvatske. Boje međusobno uobličuju simbol napona, električne energije i svojom linijom asociraju na slova "h" i "e", početna slova Društva i slovo "z", početno slovo sjedišta Društva – grada Zagreba. Znak HEP-a koristi se na dokumentima i tiskanicama HEP-a, tj. na memorandumima, fakturama, pločama za isticanje tvrtke HEP-a, informativnim glasilima, prijavnim pečatima, oznakama na vozilima, službenim odijelima, diplomama i slično. Memorandum HEP-a tiskan je na bijeloj podlozi, na papiru formata A4. Sadrži znak HEP-a i pun naziv tvrtke HEP sa sjedištem, naznakom za broj i znak, datumom i predmetom akta. Osim toga, na memorandumu su otisnuti brojevi HEP-a za telefon i telefaks, teleprinter, telegram, žiroračun i poštanski pretinac. Memorandum se koristi za korespondenciju HEP-a s vanjskim subjektima. Za korespondenciju unutar HEP-a ne koristi se ovaj memorandum, već se napiše tekst tvrtke HEP-a, naziv i druge potrebne podatke organizacijske jedinice – pošiljatelja.

Glavni pečat HEP-a ima pravokutni oblik s tekстом: **Hrvatska elektroprivreda d.d. Zagreb**. HEP ima i pečate jednakih oblika i dimenzija, gdje se uz tekst **Hrvatska elektroprivreda d.d. Zagreb** nalaze naznake organizacijske jedinice HEP-a (proizvodna područja, HE Dubrovnik, Sektor za toplinarstvo, TE, prijenosna područja i distribucijska područja).

Osim tih pečata, HEP ima i mali pečat pravokutnog oblika, koji se koristi isključivo za ovjeru zdravstvenih knjižica.

Za zaprimanje akata i pisama koristi se prijavnim pečat pravokutnog oblika, koji sadrži naziv tvrtke, naznaku i broj organizacijske jedinice (primatelja pisama), nadnevak primitka, urudžbeni broj pisama, te naznaku priloga i vrijednosti.

SBK

NAGRADE, POMOĆI I OTPREMNINE

Jubilarnе nagrade za ukupni radni staž ostvaren u Hrvatskoj elektroprivredi d.d. i njezinim pravnim prednicima iznose:

	Godine radnog staža	Iznos u kunama
1.	10	700,00
2.	15	850,00
3.	20	1 000,00
4.	25	1 100,00
5.	30	1 300,00
6.	35	1 400,00

Izvanredna pomoć isplaćuje se djelatniku ili njegovoj obitelji u sljedećim slučajevima:

	Iznos u kunama
1. Smrti radnika	5 000,00
2. Smrti supružnika, djeteta i roditelja u skrbi djelatnika	2 000,00
3. Nastanka invalidnosti radnika	1 400,00
4. Bolovanja radnika dulje od 90 dana radi nabave medicinskih pomagala i pokrića participacije pri kupnji lijekova	1 400,00
5. Uklanjanja štetnih posljedica nastalih elementarnim nepogodama na stambenom objektu radnika	1 400,00

Ostale nagrade i pokloni:

	Iznos u kunama
– Poklon djeci djelatnika do 15 godina starosti (godišnje)	200,00
– Otpremnina prigodom odlaska u mirovinu	4 000,00
– Nagrade učenicima i studentima na praktičnom radu (mjesečno)	400,00

Odluka o iznosu i načinu isplate objavljena je u Biltenu Vjesnika broj 51 od 6. studenog 1995. godine, a primjenjuje se od 1. listopada 1995. godine.

SBK

PRAVILNIK O ZAŠTITI NA RADU HEP-a

Stručne službe Direkcije za distribuciju i distribucijskih područja nastavljaju rad na donošenju internih normi HEP-a. Tako je pripremljen prilog 8. tog Pravilnika koji sadrži pružanje prve pomoći i medicinske pomoći radnicima na radu u distribuciji električne energije. Prilog 8. objavljen je u Biltenu Vjesnika HEP-a broj 51 od 6. studenog 1995. godine.

Prilog određuje što se smatra ozljedama i bolestima osoba na radu, tko i kako pruža prvu pomoć, potreban sanitetski materijal, te način evidencije, njezin sadržaj, izvješćivanje i čuvanje. Određuju se odgovorne osobe za organizaciju osposobljavanja potrebnog broja radnika za pružanje prve pomoći i osiguranje sredstava za nabavu odgovarajućeg sanitetskog materijala koji služi pri pružanju prve pomoći.

Prema pravilima medicinske doktrine, u svakoj ekipi od 5 radnika koji rade na radilištu, te do 20 radnika koji rade u radnim prostorijama, mora biti najmanje jedan radnik koji je osposobljen za pružanje prve pomoći. Na svakih daljnjih 10 radnika koji rade na radilištu i 50 radnika koji rade u radnim prostorijama mora biti osposobljen još jedan radnik za pružanje prve pomoći. Osposobljavanje za pružanje prve pomoći obavlja se putem tečajeva ili seminara prema programu u skladu s ovim Pravilnikom, odnosno prilogom 8. ovog Pravilnika. Provjera znanja obavlja se svakih pet godina.

SBK

IZGRADNJA SPREMNIKA ZA MAZUT U TE RIJEKA I TE SISAK

Tijekom prvog polugodišta ove godine predviđa se početak radova na izgradnji čeličnih spremnika za mazut (loživo ulje) kapaciteta 600 000 m³ u TE Rijeka i TE Sisak. Javno nadmetanje objavljeno je u studenome prošle godine. Rok za dostavu ponuda za građevinske radove, isporuku opreme i montažu bio je 22. prosinca 1995. godine. Nadmetanje se obavljalo na temelju tehničke dokumentacije, te je postojala mogućnost ponude za cjelokupnu realizaciju posla sistemom "ključ u ruke" ili odvojeno za građevinske radove i isporuku i ugradnju strojarske opreme i elektroopreme.

SBK

PRIPREMA ZA PRESELJENJE PLINSKO - TURBINSKIH AGREGATA (2 x 26 MW) S LOKACIJE DUJMOVAČA-SPLIT NA LOKACIJU ZAGREB

U tijeku ove godine planira se preseljenje i kompletiranje dva plinskoturbinska agregata EGT PG 5371-PA, 2 x 26 MW s pomoćnom opremom s lokacije Dujmovača-Split na lokaciju Zagreb. Početak radova predviđa se u prvom polugodištu ove godine. Radovi obuhvaćaju:

- projektiranje i izradbu tehničke dokumentacije
- demontažu i transport opreme
- isporuku sve potrebne dodatne opreme (2 utilizacijska kotla 10 bar, 2 x 60 t/h i pomoćne opreme kotlovske postrojenja)
- građevne radove
- montažu i puštanje u rad.

Javno nadmetanje za ove radove objavljeno je u prosincu 1995. godine, a završava 23. siječnja ove godine. Ponuditelji se mogu natjecati samo za cjelokupnu realizaciju posla sistemom "ključ u ruke", tj. ukupnim inženjeringom ponuđača. Jedan od kriterija za izbor najpovoljnijeg ponuđača jest mogućnost kreditiranja nabave nove opreme, montaže i građevinskih radova.

SBK

PRIPREMA PRESELJENJA DC SPLIT NA NOVU LOKACIJU

Priprema se preseljenje Dispečerske službe HEP-a, Odsjek Split (DC Split) s lokacije u Gundulićevoj ulici na lokaciju CDU Vrbovan. U tu svrhu raspisano je javno nadmetanje za izradbu projekta preseljenja u prosincu prošle godine. Rok zaključenja javnog

nadmetanja jest 15. siječnja ove godine. Izbor najpovoljnijeg ponuđača utvrdit će se desetak dana nakon završetka nadmetanja.

SBK

TS 110/35 kV U DONJEM MIHOLJCU

Potkraj prosinca 1994. godine počeli su radovi na izgradnji TS 110/35 kV u Donjem Miholjcu. Završetak radova planiran je za jednu i pol godinu. Ova je investicija vrijedna 7 milijuna DEM. Izgradnjom ove transformatorske stanice znatno će se riješiti teškoće opskrbe strujom ovog dijela Hrvatske. Na ovu transformatorsku stanicu vezat će se postojeći dalekovodi: 110 kV dalekovod Našice-Donji Miholjac, 110 kV dalekovod Valpovo-Donji Miholjac, te 120 kV dalekovod Donji Miholjac-Siklos. Izgradnjom ove transformatorske stanice i stavljanjem u pogon dalekovoda 110 kV Valpovo-Donji Miholjac bit će osiguran i drugi pravac napajanja područja Osijek i Valpovo. Osim toga, omogućit će i normalnu razmjenu električne energije sa susjednom Mađarskom preko dalekovoda Donji Miholjac-Siklos.

SBK

USPOSTAVLJENA VEZA ZAGREB-SPLIT PUTEM DALEKOVODA 400 kV

U vrlo teškim uvjetima završena je sanacija teško oštećenoga dalekovoda 400 kV Konjsko-Meline-Obrovac, koji povezuje sjeverni i južni dio Hrvatske. Na dijelu trase između Bilaja i Medka dalekovod je bio potpuno uništen. Prvi i najteži zadatak bilo je deminiranje trase. Potkraj prosinca 1995. godine ponovno je stavljen u pogon. Tako je realizirana izravna veza putem 400 kV dalekovoda od Zagreba do Splita preko Rijeke, što će omogućiti bolji i sigurniji rad elektroenergetskog sustava.

SBK

ZAVRŠENA SANACIJA BRANE PERUČA

Nakon sanacije brane i završene montaže hidromehaničke opreme i preljevne brane završena je obnova brane Peruča u prosincu 1995. godine. Hidromehaničku opremu isporučili su njemačka tvrtka MAN i Brodograđevna industrija Split, a montažu je obavilo poduzeće Đuro Đaković iz Slavenskog Broda.

HE Peruča je pribranska elektrana oko 14 km uzvodno od Sinja s akumulacijom za godišnje izravnavanje protoka za nizvodne hidroelektrane na Cetini. Jezero Peruča ima zapremninu 541 km³ pri usporu vode na koti 360,00 m n. m. Prosječna godišnja proizvodnja električne energije iznosi oko 3 000 MWh. Izgradnjom HE Peruča učinjen je prvi korak u realizaciji energetskog iskorištenja šireg porječja Cetine. HE Peruča s istoimenom akumulacijom građena je u razdoblju 1954-1960. godine. Početkom 1993. godine vojska bivše Jugoslavije zajedno s pobunjenim Srbima iz Hrvatske eksplozivom je oštetila branu na injekcijskoj galeriji i preljevnoj građevini brane.

Kako je prijetila opasnost da se brana uruši, moralo se odmah početi sanirati branu. Zbog specifičnosti oštećenja uzrokovanih namjernim rušenjem nisu se mogla koristiti svjetska iskustva za saniranje brane. Najprije je obnovljena injekcijska galerija u dužini 356 m. Zatim je uslijedila rekonstrukcija brane, te izvedba dijafragme od plastičnog betona.

U međuvremenu kiše i snijeg koji se otapa zbog južnih vjetrova pune akumulaciju Peruča. Nakon sanacije moguće je punjenje akumulacije do 361,5 metara. To je za 1,5 m više nego što je bilo prije miniranja brane. Time se volumen akumulacije povećava od prijašnjih 540 na 570 milijuna prostornih metara vode.

SBK

Iako je prije godinu i pol proradila tzv. otočna veza koja omogućuje dvostruko napajanje otoka Paga električnom energijom iz pravca Rijeke i iz pravca Zadra, za njezino korištenje bilo je potrebno izgraditi transformatorsku stanicu. Izgradnjom ove transformatorske stanice bit će završena prva faza otočne veze koja će Pagu omogućiti stabilnu opskrbu električnom energijom. Budući da su na ovom području vrlo teški klimatski uvjeti zbog bure i soli, bilo je potrebno nabaviti i odgovarajuću opremu. Posao je dobilo poduzeće Tankerkomerc iz Zadra. Radovi na izgradnji potrajat će pet do šest mjeseci, što će ovisiti o vremenskim prilikama u tom razdoblju. Vrijednost ove investicije je oko pet milijuna kuna. Izgradnja ovog objekta uz ostalu infrastrukturu omogućit će otoku Pagu daljnji gospodarski razvoj. To je i jedan od preduvjeta za razvoj turizma.

SBK

POSTROJENJE ZA KOMPENZACIJU JALOVE SNAGE U TS RETFALA

Puštanjem u rad kompenzacijskog postrojenja u TS Retfala počela je realizacija projekta ugradnje kondenzatora za kompenzaciju jalove snage u distribucijskom sustavu Slavonije i Baranje. Projektom je predviđena ugradnja kompenzatora u 12 transformatorskih stanica ukupne snage 50 MVAR. Vrijednost ove investicije je 12 milijuna kuna. Ugrađena oprema je vrhunske kvalitete sa životnim vijekom od 30 i više godina na otvorenom prostoru.

Stavljanjem u pogon ovog postrojenja postići će se strujno rasterećenje električne mreže, sniženje gubitaka u sustavu za približno 1,5%, te povećana raspoloživost djelatne električne energije u sustavu.

Građevne radove izvela su poduzeća Gradnja i Dom iz Osijeka. Projekt je izradilo poduzeće Elmat iz Splita, a elektromontažne radove HEP – Elektroslavonija iz Osijeka.

SBK

NASTAVLJA SE GRADNJA TE PLOMIN 2

Prema zaključcima sa zatvorene sjednice Vlade Republike Hrvatske od 14. prosinca 1995. godine, HEP je zadužen da do kraja 1998. godine završi izgradnju TE Plomin 2. Isto tako treba izraditi novelaciju studije utjecaja na okoliš. U njoj treba predvidjeti i izgradnju pristaništa za iskrcavanje ugljena u Plominskom zaljevu s obzirom na to da se ugljen mora uvoziti. Zbog postotka sumpora (oko 1%) u uvoznom ugljenu potrebno je predvidjeti i suvremenu tehnologiju odsumporavanja. Termoelektrana je projektirana za ugljen sa 35% iskoristivosti. U financiranju neće sudjelovati država, već će cijeli posao biti temeljen kao "joinu venture". Dosada je dovršeno oko 60% radova. Cijena preostalog posla neće prijeći 250 milijuna DEM. Ostaje još da svoje mišljenje daju i stanovnici toga dijela Istre, koji su zainteresirani za plin kao gorivom za termoelektranu iz ekoloških razloga.

SBK

ODLAGALIŠTE RADIOAKTIVNOG OTPADA IZ NE KRŠKO

Nuklearna elektrana Krško proizvede godišnje oko 600 bačava radioaktivnog otpada. Istrošeno gorivo iz reaktora sadrži radioaktivne elemente stroncij, cezij i kobalt, koji imaju visoku razinu radioaktivnosti. To se pohranjuje u bazene s vodom, gdje se kemijskim procesima provodi postupno deaktiviranje ovisno o vremenu poluraspada, koje može biti od nekoliko sati pa do nekoliko tisuća godina, ovisno o vrsti upotrebljenog goriva.

Osim istrošenog goriva, u elektrani nastaje radioaktivni otpad u koji se ubraja talog iz parogeneratora, isluženi dijelovi opreme (filtri, izmjenjivači itd.) te radna odijela, ručnici, alat, papir i sl., koje su djelatnici svakodnevno koristili. Taj otpad pohranjuje se u bačve, pa je lanjske godine bilo u krugu postrojenja oko deset tisuća bačava. Posebnim postupkom, tzv. superkompaktiranjem, srednjoradioaktivni i niskoradioaktivni otpad sabijen je na oko polovicu i manje prijašnjeg volumena. No, to je samo privremeno rješenje problema odlaganja radioaktivnog otpada.

Još uvijek nema trajnog rješenja ovog problema. Prošle godine obje strane, slovenska i hrvatska, dogovorile su se na razini ministarstava gospodarstava da moraju do 2002. godine odrediti lokaciju, a do 2007. godine i dovršiti izgradnju trajnog odlagališta. Dosada se spominjalo nekoliko lokacija u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske: Petrova gora, Trgovska gora, Zrinska gora, Bilogora, Moslavačka gora, Psunj, Papuk i Krndija, Požeška gora, te Dilj-gora. Između tih lokacija stručnjaci Urbanističkog instituta iz Zagreba trebaju predložiti nekoliko potencijalnih lokacija. U svijetu poznati sindrom NIMBY (Not in my backyard), da nitko ne želi odlagalište radioaktivnog otpada u svom dvorištu, učinit će posao stručnjacima još težim.

SBK

4. ENERGETSKI FORUM "DAN ENERGIJE U HRVATSKOJ"

Ovaj tradicionalni skup organiziralo je Hrvatsko energetska društvo zajedno sa Ministarstvom znanosti, Ministarstvom gospodarstva i Hrvatskom gospodarskom komorom, polovicom prosinca 1995. godine u muzeju Mimara u Zagrebu.

Na ovogodišnjem su skupu osim stručnjaka iz naše zemlje sudjelovali i gosti iz Njemačke, Austrije, Švicarske i Danske.

Glavna tema bila je cijena i tarifna politika u energetici. Izloženo je dvadesetak referata u kojima se raspravljalo o carinskoj i poreznoj politici u energetici, tehnološkom i ekološkom razvoju. U raspravi posebno je naglasak bio na analizi cijena energije na međunarodnom tržištu, te kakvi su izgledi u budućnosti.

Radi potrebe za uključivanjem i naše zemlje u svjetsko energetska tržište, spoznaje s ovog skupa bit će korisne. Realna politika cijene energenata pretpostavka je za dobro gospodarenje energijom.

SBK

industrogradnja d.d.



VIŠE OSNOVNIH ZNANJA O STUDIJU TEHNIKE

Prema preporukama Njemačkog društva inženjera (VDI), u izobrazbi inženjera treba povećati učenje prirodoslovno-tehničkih osnova i više netehničkog sadržaja uklopiti u studij. Za produbljanje specijalističkih znanja može se utrošiti manje vremena.

Materija studija trebala bi se podijeliti tako da 30% otpada na prirodoslovno-matematičke osnove, 30% na osnove tehnike, 20% na stručne sadržaje, a samo 20% na praktično produbljanje u području primjene. Bude li studij koncentriran na osnovna znanja, inženjer će se u tijeku svog radnog vijeka lakše dalje izobrazavati. VDI nadalje preporučuje da se opće tehničko obrazovanje uvede već u gimnaziji.

UNI-Magazin, III 1995.

Mrk

100 GODINA SAVEZA ŠVICARSKIH ELEKTRANA

Savez švicarskih elektrana (VSE) slavio je u svibnju 1995. 100-godišnjicu osnutka. Primjena trofaznog sustava na prijelazu stoljeća i pronalazak tranzistora, nakon II. svjetskog rata, bili su toliko značajni da se mogu smatrati osnovom opskrbe električnom energijom.

Prilikom osnivanja VSE bilo je u Švicarskoj 800 uređaja za proizvodnju električne struje, istosmjernog sustava, uglavnom za potrebe rasvjete.

Pomanjkanje energije u vrijeme II. svjetskog rata ubrzalo je elektrifikaciju, a razvoj privrede nakon rata povećao je upotrebu nafte. Do ulaska u pogon prve nuklearne elektrane 1969. hidroelektrane su pokrivala 99% elektroenergetskih potreba Švicarske.

Danas one pokrivaju samo 60% energetske potreba, a gotovo cijeli ostatak nuklearne elektrane. Oko 2 300 elektrana vezano je na javnu mrežu. Od toga je 1 900 malih elektrana, čiji je udio u ukupnoj proizvodnji 1,3%.

Od sedamdesetih godina problem korištenja nuklearne energije veoma se ispolitizirao. No u posljednje vrijeme, unatoč daljnjoj elektrifikaciji, potrošnja električne energije se stabilizirala, dapače i smanjila.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 1/2

Mrk

RAZDIOBA TROŠKOVA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA DOMAĆINSTVA

Prema švicarskim podacima, udio troškova električne energije za domaćinstva može se specificirati kako slijedi:

proizvodnja	50 %
prijenos	11 %
distribucija	19 %
usluge potrošačima	14 %
davanje državi	6 %

U stavci "prijenos" uračunati su troškovi prijenosa električne energije na visokom, a u stavci "distribucija" na niskom naponu. Stavka "usluge potrošačima" sadrži troškove vezane na administraciju, kao npr. očitavanje brojila, ispostava računa i slično.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 1/2

Mrk

SAD POČINJE S KONVERZIJOM URANA IZ NUKLEARNOG ORUŽJA

SAD je u lipnju 1995. u Piketonu (Ohio) započela s konverzijom 13,2 tone visokoobogaćenog urana iz nuklearnog oružja u gorivo za elektrane.

Za vrijeme hladnog rata, kako je to objavilo Ministarstvo za energetiku SAD-a, proizvedeno je za vojne svrhe 994 tone visokoobogaćenog urana. Materijal obrađen u Piketonu sadržao je 20% do 98% urana 235, a prvotno je bio predviđen za reaktore podmornica. SAD vjeruju da će i druge države prije svega Rusija, slijediti ovaj primjer.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 23

Mrk

KINA I DALJE GRADI NUKLEARNE ELEKTRANE

Kineska tvrtka Guangdong Nuclear Power Co. i francuski FRAMATOM načinili su ugovor za dobavu reaktorskog uređaja za planiranu elektranu Ling Ao. Ugovor vrijedan 6 milijardi FF sadrži dobavu opreme za dva nuklearna bloka snage 985 MW, uransko gorivo za prvo punjenje i tehničku suradnju. Gradnja bi započela 1996, a prvi bi blok ušao u pogon 2002. godine, a drugi 2003.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 23

Mrk

SUMNJA U SIGURNOST NUKLEARNE ELEKTRANE MOHOVCE

U Njemačkoj sumnjaju da će se dodatnim opremanjem slovačke nuklearne elektrane Mohovce dostići zapadnoeuropski sigurnosni standardi. Ta je elektrana svojedobno građena prema sovjetskim planovima, pa joj treba ugraditi moderne sigurnosne uređaje. Slovačka je strana odbila ponudu tvrtke Bayernwerk AG i EdF za dobavu dodatne sigurnosne opreme u visini 1,5 milijardi DEM, već je sklopila ugovor s konzorcijem češke tvrtke Škoda i ruskih ponuđača za znatno nižu svotu. No time se ne može isključiti da će i sigurnost elektrane biti manja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 23

Mrk

NAJDULJI VISOKONAPONSKI PODMORSKI KABEL NA SVIJETU

Norveška je vlada odobrila ugovor o razmjeni električne energije koji su sklopila elektroprivredna poduzeća Norveške i Njemačke.* Ugovorom se predviđa polaganje visokonaponskog podmorskog kabela između mjesta Tremsö u sjevernoj Norveškoj i Essena u Njemačkoj. Duljina kabela iznosila bi 550 km, s mogućnošću prijenosa od 600 MW uz investicije od 1 milijarde DEM. Tim bi se kabelom od godine 2003. prenosila električna energija norveških hidroelektrana u Njemačku za vrijeme vrhova opterećenja. Obrnuti smjer energije bio bi krajem tjedna i u noći. Tada bi energija iz njemačkih termoelektrana tekla prema Norveškoj.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 23

Mrk

* Vidjeti Energija, god. 43 (1994), br. 1

PRIJEDLOG FINANCIRANJA FUNDAMENTALNIH ISTRAŽIVANJA ZA 1996. U NJEMAČKOJ

Njemačkoj je saveznoj vladi predložen plan financiranja fundamentalnih prirodosnanstvenih istraživanja u godini 1996. Za tu je svrhu zatražena ukupna svota od 1,92 milijarde DEM, koja bi se razdjelila na mnoge istraživačke institucije: zaklada Deutsches Electronensynchrotron (DESY) dobila bi 250,98 milijuna DEM, za međunarodnu suradnju u području prirodosnanstvenih istraživanja uložilo bi se 405,60 milijuna DEM, za nuklearno istraživački centar CERN u Ženevi 252,34 milijuna DEM. Nadalje, predviđeno je da se za energetska istraživanja i za tehniku zaštite okoliša utroši 2,36 milijuna DEM. Istraživačkom centru Jülich namijenjeno je 406,83 milijuna DEM, istraživačkom centru Karlsruhe 384,66 milijuna DEM. Svota od 377 milijuna DEM trebala bi se utrošiti za istraživanje u području ekologije i klimatologije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 23

Mrk

PIKO-HIDROELEKTRANA

U okviru švicarskog "Energie 2000" projekt Diana izdao je knjigu (njemački i francuski) o izvedbi malih hidroelektrana. Prema međunarodnom nazivlju malim se elektranama nazivaju one ispod 10 MW, a u Švicarskoj ispod 300 kW. Male se elektrane često nazivaju mini ili mikro elektrane, a u spomenutoj knjizi dan je naziv piko-hidroelektrane u klasi snage do 40 kW. Knjiga je namijenjena potencijalnim graditeljima, koji bi sami htjeli realizirati ovakav mali izvor električne energije. Daju se podaci o svrsishodnosti i cijeni uređaja snage 0,8 kW do 40 kW.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 5/6

Mrk

NUKLEARNE ELEKTRANE SVIJETA

Početkom 1995. godine u svijetu su bila u pogonu 432 nuklearna bloka u elektranama 30 zemalja. Tim je brojem obuhvaćeno i 5 novih blokova koji su ušli u pogon tijekom 1994, i to: u Meksiku 1, Japan 2, Kini 1 i u Južnoj Koreji 1. Ukupna snaga svih blokova u svijetu iznosila je 341 910 MW, a proizvedeno je 17% svjetske proizvodnje električne energije.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 5/6

Mrk

PRVI ELEKTROSUSTAV U RUSIJI

Posljednjih se godina širom Europe, pa i kod nas, slave mnoge godišnjice vezane za početke elektrifikacije. Zanimljivo je stoga iznijeti prikaz koji je izašao u časopisu *Električstvo* (1995, br. 8) o prvom elektropostrojenju u Rusiji.

Prilikom proslave 100-godišnjice kavkaskih mineralnih lječilišta, godine 1903. zaključeno je da se elektrificiraju lječilišna mjesta Pjatigorsk, Kislovodsk, Esentukov i Železnorodsk. Elektrifikacijski planovi završeni su 1902. i odmah se počelo s izgradnjom. Električne je uređaje isporučila i montirala tvrtka Siemens i Halske sa sjedištem u Petrogradu.

Na rijeci Podkumka izgrađena je hidroelektrana nazvana "Beloj ugoľj" s dva trofazna agregata po 400 kW napona 8 kV. Direktno je pod tim naponom energija prenesena u potrošačka središta. Najveća je prijenosna daljina iz elektrane iznosila 18 vrsta (19,2 km) prema Pjatigorsku, a najmanja 3 vrste (3,2 km) prema Esentukovu. Ukupno je bilo 62 km visokonaponskih vodova 8

kV. Hidroelektrana s priključenim elektropostrojenjima stavljena je u pogon u svibnju 1903. godine. To je bila prva hidroelektrana ne samo na Kavkazu već u cijeloj Rusiji. Osim rasvjete priključeno je 30 trofaznih elektromotora, tramvaj u Pjatigorsku i teretna pruga u Kislovodsku. Sva elektropostrojenja, uključivši i hidroelektranu, razorili su Nijemci pri povlačenju početkom 1943. godine.

Kako je opterećenje raslo, pokazala se potreba izgradnje još jednog izvora električne energije. Godine 1913. sagrađena je dizelska elektrana s dva stroja po 400 KS. Tada je prof. M. A. Šatelen, prvi u Rusiji, ostvario paralelni rad dviju elektrana. Nova dizelska elektrana radila je paralelno s hidroelektranom "Beloj ugoľj". Taj prvi ruski elektroenergetski sustav prethodio je prvom planu elektrifikacije Rusije (plan GOELRO iz 1920. godine) i ruskom jedinstvenom elektroenergetskom sistemu. Na kraju treba reći da je paralelni rad dviju različitih elektrana, udaljenih 20 km, izveden ne samo prvi u Rusiji već i prvi u svijetu. Glavni organizator i sudionik u cijelom pothvatu opisanog prvog ruskog elektropostrojenja bio je inženjer E. N. Kuteinikov.

Mrk

OSTVARENJE ŠVICARSKOG PLANA "ENERGIE 2000"

Švicarska je svojim planom "Energie 2000" predvidjela povećanje proizvodnje svojih hidroelektrana za 5%. Prema podacima Saveznog ureda za vodoprivredu, instalirana snaga hidroelektrana početkom 1994. iznosila je 11 759 MW s mogućnošću proizvodnje od 33 353 GWh. Tijekom 1994. snaga se povećala za 107 MW, a ukupna godišnja proizvodnja na 33 763 GWh.

Od početka realizacije plana, godine 1991, proizvodnja električne energije iz hidroelektrana povećana je 45% od planom predviđenog povećanja. U gradnji ili pregradnji je sada 11 objekata, čime će se dobiti snaga od 1 309 MW, što će dati 234 GWh godišnje ili 14% od predviđenog plana.

Pokazalo se da se samo pregradnjama ne može postići planirano povećanje proizvodnje od 5% do godine 2000.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 7/8

Mrk

AKCIJE I USPJESI U OSTVARENJU PLANA "ENERGIE 2000"

Prema podacima Švicarskog saveznog ureda za energetske gospodarstvo, prvi je put nakon 1982. pao ukupni godišnji potrošak energije po stanovniku u Švicarskoj za 2,7%. Razlog smanjenja jest recesija u privredi, ali i široke akcije u sklopu plana "Energie 2000". U tijeku četverogodišnjeg djelovanja pokazala se učinkovitost na svim razinama uštede energije. Posebne su mjere poduzete u području upotrebe kućanskih aparata, zabavne elektronike, elektrogrijanja i tarifa za proizvođače električne energije. Švicarska djeluje na međunarodnoj razini u akciji smanjenja potrošnje energije u prometu i očuvanju čistoće okoliša.

Ciljevi programa za 2000. godinu mogu biti postignuti samo ako se provedu određene mjere štednje. Da se štednja produži i nakon godine 2000, potrebno je već danas dodatno uložiti stanovite napore.

U sklopu navedenog programa unapređivane su nove energetske tehnike i obnovljivi izvori energije i njihovo uvođenje u praksu. Za tu su svrhu građeni pilotski i demonstracijski uređaji. Do danas je, uz financijsku pomoć, ostvareno 290 takvih projekata, a samo u 1994. njih 40. Težište potpore bilo je u području energije Sunca i drva, toplinskih pumpa i elektrovozila. Financijski su također potpomognuti projekti koji se bave korištenjem otpadne topline u industriji i obrtu i uređaja za pročišćavanje voda. Osnovno

vana je također stručna komisija za geotermiju i podzemno odla-
ganje.
Da se provede zacrtani plan "Energie 2000", potrebni su stručni
kadrovi kako na inženjerskoj razini tako i među instalaterima. U
kolovozu 1995. počeo je na inženjerskoj školi u Bernu tečaj o
energetici u građevinarstvu.

U suradnji sa savezima instalatera ostvareni su programi za do-
datno stručno obrazovanje toplinskih i elektroinstalatera u ku-
ćanstvu, te pilot-tečajevi za grijanje i obnovljivu energiju.
Švicarski savezni ured za energetske gospodarstvo daje sljedeće
podatke o konačnom godišnjem potrošku energenata u 1993. i
1994. godini:

Energent	1993. godina		1994. godina	
	Natur. jedinice	TJ	Natur. jedinice	TJ
derivati nafte	11 719 000 t	490 250	11 494 000 t	480 700
el. energija	427 394 GWh	170 060	46 897 GWh	168 830
plin	24 544 GWh	88 360	24 108 GWh	86 790
ugljen	263 000 t	7 280	265 000 t	7 350
drvo	1 766 000 m ³	15 530	1 943 000 m ³	17 080
daljinsko grijanje	3 400 GWh	12 240	3 440 GWh	12 390
industr. otpad	-	9 720	-	8 450
ukupno	-	793 440	-	781 590

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 7/8

Mrk

100 GODINA NJEMAČKIH VDE NORMI

Prije 100 godina u mjestu Eisenachu prihvatio je VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) prvi njemački propis za sigurnost električnih uređaja jake struje, danas propis VDE 0100. To je bio temelj za sigurnu primjenu električne energije, kao i kvalitetu elektrotehničkih proizvoda u Njemačkoj.

Godine 1996. u rujnu VDE će biti domaćin svjetskog kongresa za elektrotehničku normizaciju što ga u Drezdenu organizira međunarodna organizacija za normizaciju u elektrotehnici IEC (International Electrotechnical Commission). Očekuje se oko 1 200 stručnjaka iz 50 zemalja.

Raspravljat će se o kvaliteti, kompatibilnosti i sigurnosti elektrotehničkih komponenti, proizvoda i sustava na svjetskom tržištu.

ETZ, god. 116 (1995), br. 20

Mrk

NJEMAČKA INDUSTRIJA BATERIJA SMANJUJE KAPACITETE

Gotovo svi njemački proizvođači baterija počeli su tijekom 1995. konsolidirati svoje loše poslovne rezultate. Pozitivno će se poduzete mjere odraziti najranije u godini 1996.

Posljednjih godina proizvodnja stalno pada. U godini 1993. pad je iznosio 9,4%, a u 1994. 5,3%. Uvoz baterija povećan je u 1994. za 14%, no ovdje je uračunat i uvoz vlastite proizvodnje. Naprotiv, izvoz je porastao samo 7,4%. Broj radnih mjesta kretao se ove godine oko 10 000, što je za 2 500 manje nego 1992. godine. Potražnja primarnih baterija pala je za 6%, a sekundarnih baterija za telekomunikacije čak više od 60%. Nešto se popravlja prodaja baterija za elektrovoću, ali zbog malih količina time se situacija ne može popraviti. Također se popravljaju prilike za starterbaterije.

Osim porasta plaća i cijene materijala, izvoz otežava i čvrsta marka.

ETZ, god. 116 (1995), br. 20

Mrk

POTEŠKOĆE ELEKTROINDUSTRIJE ISTOČNOGA DIJELA NJEMAČKE

U prvoj polovici 1995. elektroindustrija istočnoga dijela Njemačke bilježi porast od 20%, no u usporedbi s drugim dijelom 1994. samo 5%. U pojedinim sektorima rezultati su vrlo različiti. Porast proizvodnje opreme za elektrovozila iznosi 59%, a za elektroničke elemente 48%. Naprotiv, proizvodnja radiouređaja i kućanskih aparata pala je za 31%.

Istočnonjemačka elektroindustrija, unatoč svim poticajnim mjerama, još se uvijek bori s izvoznim poteškoćama.

ETZ, god. 116 (1995), br. 20

Mrk

PLAĆE ŽENSKE RADNE SNAGE U INDUSTRIJI

Plaće ženske radne snage, općenito uzevši, manje su od plaća njihovih muških kolega. Razlike nisu jednake od zemlje do zemlje i ne ovise o njezinoj razvijenosti.

U sljedećem pregledu dan je podatak o postotku plaće žena ako je plaća muškarca u toj zemlji 100%.

Zemlja	%	Zemlja	%	Zemlja	%
Šri Lanka	89,8	Francuska	79,1	Irska	70,7
Švedska	89,5	Finska	78,3	V. Britanija	68,9
Turska	85,5	Nizozemska	76,6	Egipat	67,9
Danska	85,0	Belgija	74,3	Češka	67,8
Portugal	80,2	Njemačka (zapadni dio)	73,8	J. Koreja	52,2
Grčka	80,0	Paragvaj	73,3	Japan	43,6

ETZ, god. 116 (1995), br. 20

Mrk

NOVE KERAMIČKE BATERIJE

Istraživači nizozemske organizacije za primijenjena prirodna znanstvena istraživanja u Delftu razvili su novu vrstu litijeve baterije. Tijelo baterije sastoji se od keramičkog materijala koji je pod eksplozijom dobio osobito veliku gustoću i povoljnu slojevitost. Znanstvenici očekuju da će ovaj akumulator imati vrlo mali unu-

tarnji otpor. U usporedbi s konvencionalnim baterijama gustoća energije bila bi četiri puta veća, što bi bilo osobito prikladno za elektrovozila.

ETZ, god. 116 (1995), br. 21

Mrk

UPOTREBA DIJAMANTNIH SLOJEVA

Mogućnost da se sloj umjetnih dijamanta nataloži na različite podloge, postupak razvijen osamdesetih godina, pruža mnoge mogućnosti primjene dijamanta, iskorišćujući njegove prirodne osobine. Dijamant je otporan prema kemijskim utjecajima, najtvrdi je danas poznati materijal i vrlo dobar vodič topline. Vrlo dobra toplinska vodljivost omogućit će hlađenje mikročipa ili visokoučinskih laserskih dioda. Visoka optička transparentnost i mehaničke osobine mogu se koristiti za izradbu zaštitnih slojeva osjetljive optike. Izgledi primjene u elektronici vrlo su opsežni.

ETZ, god. 116 (1995), br. 21

Mrk

RIJEKA NIL – IZVOR ENERGIJE

Nakon petogodišnje gradnje puštena je u pogon hidroelektrana New Esna na rijeci Nilu sjeverno od Asuana, a južno od Luxora. Pad od 7,3 m iskorišten je ugradnjom 6 dvostrukih reguliranih cijevnih turbina, snage po 14 MW. U postrojenju će se godišnje proizvesti 630 milijuna kWh električne energije. Gradnju je vodio talijanski konzorcij, a kao sekundarni dobavljač hidroelektrične opreme bile su tvrtke Sulzer (Švicarska), Schio (Italija) i Elin (Austrija).

Osim novogradnji na Nilu, Egipat želi modernizirati postojeće hidroelektrane. Već od 1991. tvrtka Sulzer izvodi modernizaciju hidroelektrane Asuan I. Radovi u vrijednosti 74 milijuna CHF trebali bi se završiti 1996. godine. U tijeku su pregovori da se počne s modernizacijom hidroelektrane Nag Hamadi, u kojoj bi trebalo modernizirati Kaplanove turbine.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 9

Mrk

SUŠENJE MULJA OTPADNIH VODA

Prema današnjim propisima u Švicarskoj mulj od pročišćavanja vode neće se poslije 2005. smjeti odlagati na depresiju. Ako se ne upotrijebi kao gnojivo, morat će se spaljivati. Ako se spaljuje, mulj mora biti barem toliko suh da sadrži 50% krute tvari. No postupak sušenja traži utrošak energije, a ako se suši toplinom fosilnih goriva, atmosfera se dodatno opterećuje emisijom ug-

ličnog dioksida. U Švicarskoj je stoga razvijen uređaj za solarno sušenje mulja, nazvan IST postupak. Korištenjem sunčane energije postiže se toliko sušenje da je sadržaj krute tvari od 70% do 90%. Tako osušeni mulj već je pri spaljivanju energetski koristan, a može se kao granulat koristiti za poboljšanje tla vrtova.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 9

Mrk

ŠVICARSKA POUČNO-DEMONSTRACIJSKA HIDROELEKTRANA

Švicarska udruga za školske i demonstracijske elektrane (SLVD), osnovana 1988, izgradila je uz pomoć države i kantona Graubünden, u mjestu Churwaldenu, malu demonstracijsku visokotlačnu hidroelektranu. Ta hidroelektrana tzv. "džepnog formata" ima potpunu instrumentaciju kao neko moderno veliko postrojenje. Time je omogućeno da se učenici i studenti različitih tehničkih škola upoznaju s proizvodnjom električne energije. Pokazalo se veliko zanimanje za ovo postrojenje. Održavani su tečajevi za đake i nastavnike, a studenti su imali prilike proučavati specijalne tehničke probleme i izrađivati diplomske radnje. Do danas je bilo vrlo mnogo posjetitelja iz školstva i privrede dijelom iz Švicarske, a dijelom iz inozemstva.

Pokazalo se potrebnim da se uz elektranu osnuje odjel s poučnim materijalom, kojim bi se omogućilo da manje upućene posjetitelje obavijesti o osnovnim znanjima prilikom pregleda elektrane.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 9

Mrk

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U VELIKOJ BRITANIJI

Britanska vlada aktivno potpomaže razvoj obnovljivih izvora energije putem svoje organizacije "Non Fossil Fuel Obligations" (NFFO). Cilj je da se do godine 2000. izgradi 1 500 MW izvora obnovljive energije. U tom je nastojanju svakako značajna energija vjetra.

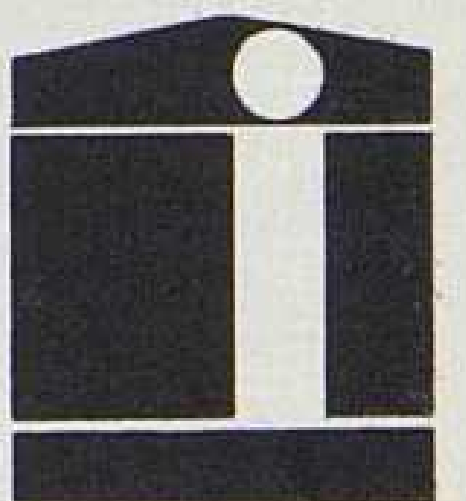
Farma vjetrenjača Penrhyddlan and Llidiartywaun Windfarm proizvodi ukupno 30,9 MW i toliko električne energije koliko bi bilo potrebno za opskrbu 21 600 kućanstava. Svaki agregat ima vjetroturbinu s reguliranim lopaticama, snage 300 kW. Proizvedena električna energija, s naponom 480 V, transformira se na napon 33 kV u transformatoru koji se nalazi u podnožju. Odatle se energija prenosi kabelom do kraja postrojenja, gdje se skuplja i dalje prenosi dalekovodom.

Računa li se vijek trajanja ove farme od 25 godina, u atmosferu će biti emitirano oko milijun tona ugljičnog dioksida manje.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 9

Mrk

industrogradnja d.d.



HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar", na temelju Poslovnika o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", objavljuje

NATJEČAJ

I. Znanstvenim i stručnim djelatnicima dodjeljuje se godišnja nagrada "Hrvoje Požar", u obliku plakete i povelje,

- za originalni znanstveni doprinos razvitku energetike,
- za inovacije u području energetike,
- za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom,
- za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte.

U svakoj grupi dodjeljuje se po jedna nagrada.

Nagrade se mogu dodijeliti pojedincu, grupi stručnjaka koji su zajedno izvršili nagrađeno djelo, ili organizaciji - nositelju nagrađenog projekta.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade mogu podnijeti znanstvene i znanstveno-nastavne organizacije, znanstvena i stručna društva, pojedini znanstveni i javni radnici, te ostale ustanove i trgovačka društva.

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem i s priloženom dokumentacijom o znanstvenom ili stručnom ostvarenju koje se predlaže za nagradu.

II. Studentima energetskog usmjerenja dodjeljuje se godišnja nagrada "Hrvoje Požar", u obliku povelje i u novčanom iznosu,

- za izvrstan uspjeh u studiju, i/ili
- za posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike.

Ukupno se dodjeljuju četiri nagrade.

Prijedlog za dodjelu godišnje nagrade najboljim studentima energetskog usmjerenja mogu podnijeti znanstveno-nastavne organizacije, sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem.

III. Natječaj je otvoren od 1. do 30. travnja 1996. godine.

Prijedlozi se podnose tajništvu Hrvatskog energetskog društva, Zagreb, Ulica grada Vukovara 37, s naznakom: Godišnja nagrada "Hrvoje Požar". Prijava mora sadržavati ime/naziv i adresu predloženika sa brojem telefona.

Sve obavijesti mogu se dobiti na tel. 01/ 61 14 744.

Odluka Glavnog odbora o dodjeli nagrada objavit će se početkom mjeseca srpnja u dnevnim listovima i stručnim publikacijama.

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 2

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Balasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Vladimir Strojny, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1996 – 02 – 26

SADRŽAJ

Knapp V.: Černobil, 10 godina poslije (Pregledni članak)	49
Toljan I. – Klepo M.: Okruženje i model za proračun cijene električne energije (Pregledni članak)	55
Klepo M.: Prilog novom sustavu cijena i doradi Tarifnog sustava za prodaju električne energije (Pregledni članak)	61
Jerbić G.: Pogon kombiniranih kablensko-nadzemnih vodova (Stručni članak)	69
Matanić D. – Hladki N.: Projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb (Stručni članak)	79
Banić S.: Utjecaj suhe zone na ZnO odvodniku prenapona u uvjetima onečišćenja (Pregledni članak)	87
Vijesti iz elektroprivrede	91
Iz strane stručne literature	95
Obavijesti proizvođača	99

Fotografija na omotnoj strani
TE PLOMIN 2

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišej – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

45 GODINA ČASOPISA ENERGIJA

Ove godine navršava se 45 godina od davne 1951. godine kada se pojavio Bilten elektroprivrede Hrvatske, koji 1957. mijenja ime u ENERGIJA – Bilten Zajednice elektroprivrednih poduzeća Hrvatske i Instituta za elektroprivredu. Danas ENERGIJA izlazi kao časopis Hrvatske elektroprivrede. Nekome se proteklo razdoblje može činiti dugim, a nekom kratkim, no za ovaj tip časopisa 45 godina izlaženja značajno je razdoblje u kojem je časopis dobio svoju fizionomiju, u kojem je prihvaćen u međunarodnim referalnim centrima i stekao renome u Ministarstvu znanosti i tehnologije koje ga financijski pomaže. No, prije svega, časopis je prihvatio širok krug čitatelja i osigurao vrsne suradnike. Prvi glavni urednik bio je Božidar Filipović, kojega je 1963. g. naslijedio Boris Markovčić. Od 1986. na tom je položaju današnji glavni urednik dr. Zorko Cvetković. Prvi urednik časopisa bio je Ernest Radetić, kojega je 1970. naslijedila današnja urednica Zdenka Jelić.

U proteklim godinama često se raspravljalo o sadržaju i fizionomiji časopisa, o čemu je bilo raznih, a ponekad i divergentnih mišljenja. Prevladalo je mišljenje da časopis mora zadovoljiti široki krug stručnjaka ne samo iz elektroprivrede već iz fakulteta, instituta i organizacija koje usko surađuju s elektroprivredom. Tako energija objavljuje i znanstvene i stručne i edukativne članke te pokriva široko polje djelovanja proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije, pa i energije u cjelini, i to s tehničkog, ekonomskog i organizacijskog stajališta.

Prema stručnim ocjenama, časopis je u tome uspio te je dao i još daje doprinos razvoju elektroprivrede.

Časopis je u svom životu imao uspona i padova najčešće vezanih za promjene njegovih organizacijskih i financijskih uvjeta djelovanja. Široki krug entuzijasta koji su uočili značenje časopisa pomogao je da on preživi i najteže trenutke. Ovom prilikom svima njima, a posebno članovima Izdavačkih savjeta, zahvaljujemo na suradnji i razumijevanju.

Časopis će u svom budućem djelovanju nastojati proširiti suradnju i s autorima iz stranih zemalja te još poboljšati tehnički izgled kako bi i time još značajnije pridonio realizaciji svoje zadaće.

Prilikom ove obljetnice pozivamo sve suradnike i prijatelje časopisa na još intenzivniju suradnju.

Glavni urednik



ELKA, tvornica električnih kabela, utemeljena je 1927. godine u Zagrebu, a proizvodnjom električnih kabela bavi se gotovo već sedamdeset godina. Prije desetak godina Elka je preseljena iz centra grada na novu lokaciju u Zagrebu, u industrijsku četvrt na Žitnjaku, gdje su izgrađeni novi proizvodni pogoni i poslovni objekti te je obavljena kompletna rekonstrukcija i modernizacija tvornice.

Naše tri tvornice — u Zagrebu, Zadru i Tugonici — zauzimaju površinu od preko 188.000 m², s natkrivenim prostorom od 112.000 m².

Naš proizvodni kapacitet iznosi 26.000 tona električnih kabela i vodova, telekomunikacijskih kabela, lakirane žice i metalne užadi godišnje. Naši glavni kupci u zemlji su: elektroprivreda, pošte, željeznica, brodogradnja, rudarstvo, industrija, građevinarstvo i zanatstvo, a oko jedne četvrtine proizvodnje ELKA u zadnjih 40 godina izvozi na tržišta zemalja zapadne i istočne Europe i zemlje Bliskog Istoka.

ELKA ima 1215 zaposlenih.



ELKA d.d.

TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA
ZAGREB, Žitnjak bb, P.P. 150, HRVATSKA

Telefon: 041/232 200, Teleks: 21-193 elka

Faks: 041/223 898

ČERNOBIL, 10 GODINA POSLIJE

Prof. dr. sc. Vladimir Knapp, Zagreb

UDK 621.039.58

PREGLEDNI ČLANAK

Kratki pregled uzroka i posljedica havarije nuklearne elektrane Černobil.

Ključne riječi: Černobil, nuklearna sigurnost, ekologija.

UVOD

Prije 10 godina nesretnim stjecajem fizikalno-tehničkih okolnosti i ljudskom greškom izazvan je težak kvar, odnosno uništenje reaktorske jezgre velike nuklearne elektrane kod mjesta Černobila u Ukrajini. Reaktor je uništen, a velike količine radioaktivnosti proširile su se u bliži i daljnji okoliš. U nesreći, odnosno neposredno nakon nje, život je izgubila 31 osoba. O uzrocima nesreće i o posljedicama u okolišu nakon nesreće slijedile su brojne neutemeljene generalizacije raznih antinuklearnih skupina, te apsurdna pretjerivanja o broju žrtava nesreće. Za utemeljene analize fizikalno-tehničkih uzroka nesreće trebalo je više vremena. Da bi se procijenio učinak na stanovništvo užeg i šireg okoliša, bila su nužna opsežna istraživanja koja se nisu mogla provesti bez pomoći međunarodnih organizacija. Tek više godina epidemioloških studija moglo je dati odgovora o učincima na okolno stanovništvo. Prvi izvještaj jedne opsežne međunarodne studije datira iz 1991. (International Chernobyl Project). Nakon izvještaja iz 1995. godine, još jednog velikog međunarodnog pothvata (Izvještaj Svjetske zdravstvene organizacije, WHO), moguće je dati dobro utemeljene prosudbe o uzrocima i posljedicama čerobilske nesreće, te izvući i odgovarajuće pouke i zaključke.

NESREĆA U ČERNOBILU

U travnju 1986, sedam godina nakon kvara u nuklearnoj elektrani Otok triju milja, koji je prošao bez žrtava s neznatnim širenjem radioaktivnosti u okoliš, dogodila se nesreća u nuklearnoj elektrani Černobil u Ukrajini. Zbilo se to 26. travnja, ali su vlasti dale službenu obavijest kasnije, tek pošto je radioaktivnost atmosferom doprlo do susjednih zemalja zemalja i tamo izazvala uzbunu. Tijekom svibnja radioaktivnost je opažena u gotovo svim europskim zemljama i na ostalim kontinentima. Takva širenja radioaktivnosti poznata su iz razdoblja nadzemnih pokusnih atomskih eksplozija. Bilo je očito da je posrijedi nesreća velikih razmjera u kojoj se oslobodio znatan dio radioaktivnosti reaktorske jezgre. Bilo je žrtava. Dva su radnika poginula neposredno pri samoj nesreći, tj. nakon eksplozije i razaranja, a zatim je bilo žrtava pri hrabroj interven-

ciji vatrogasaca i ostalih spasilaca koji su pritom bili ozračeni velikim dozama zračenja. Tijekom prvih tjedana utvrđena je 31 žrtva, od čega 28 zbog djelovanja zračenja. Ozračeno je pučanstvo u užoj i široj okolici. Dodatnim, iako malenim dozama ozračeni su i stanovnici okolnih zemalja. Mjesecima, kasnije i godinama nakon nesreće, napravljen je velik broj analiza i izvještaja u nesreći i o razlozima koji su nesreću izazvali, kao i o posljedicama.

Procjenjivan je broj dodatnih slučajeva oboljenja od raka za uža i šira područja oko izvora radioaktivnosti koji će se pojaviti u udućim desetljećima. U kontroverzama oko nuklearne energetike, koje su se pomalo smirivale sedam godina nakon nesreće u elektrani Otok triju milja, nova i mnogo teža nesreća pokrenula je dio javnog mišljenja protiv nuklearne energetike. Široj javnosti nije mnogo značilo uvjeravanje da je riječ o reaktoru bez zaštite zgrade, kakvi nisu u pogonu u zemljama na Zapadu, ni pokušaji da se černobiljske žrtve uspoređuju sa žrtvama iskorištavanja drugih izvora energije, osobito ugljena. Bilo je dosta dezinformacija, pa se prvih tjedana poslije nesreće pretjerivalo brojem žrtava. Prema nekim mišljenjima, bilo je to i svjesno djelovanje pobornika nafte u borbi protiv opasne nuklearne konkurencije [1].

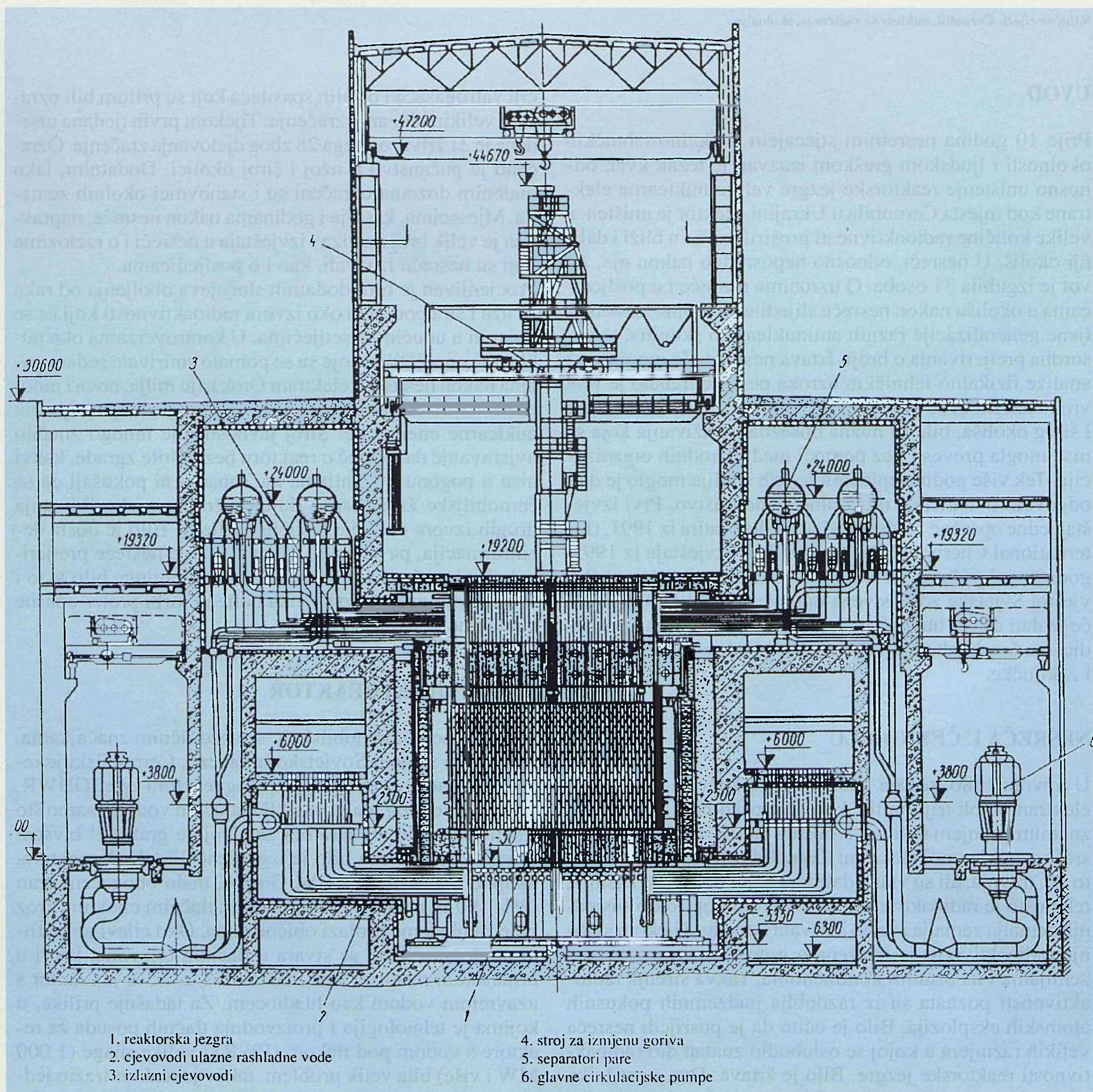
ČERNOBILSKI REAKTOR

Reaktori poput černobilskog, sa specifičnim značajkama, građeni su samo u Sovjetskom Savezu. Černobilski je reaktor srodan koncepciji britanskog reaktora tipa SGHWR, (tip teškovodnog reaktora s ključajućom vodom) samo što tešku vodu kao moderatora zamjenjuje grafit. U bivšem Sovjetskom Savezu bilo je izgrađeno 17 takvih reaktora, ukupne snage oko 17 GW. Gorivo, malo obogaćeni uran (2%, 190 t), nalazi se u vertikalnim tlačnim cijevima kroz koje za hlađenje prolazi obična voda. Oko cijevi je grafitni moderator. Para se stvara u tlačnim cijevima, kao i u britanskom reaktoru tipa SGHWR. Dakle, to je reaktor s uzavrelom vodom kao hladiocem. Za tadašnje prilike, u kojima je tehnologija i proizvodnja tlačnih posuda za reaktore s vodom pod tlakom (PWR) i velike snage (1 000 MW i više) bila velik problem, takav je reaktor tražio jednostavnija tehnološka rješenja. Reaktor je nosio oznaku RBMK.

Iako su reaktori RBMK manjim tehnološkim zahtjevima omogućivali bržu ekspanziju nuklearnih potencijala, oni nisu bili sigurni. To su godinama prije nesreće uočili britanski nuklearni stručnjaci pri obilasku tih reaktora (1976, 1977. i 1978. godine), koji su ih zanimali zbog njihova srodnog projekta, tj. reaktora tipa SGHWR. Obišli su, među ostalim, i 2 x 1 000 MW(e) RBMK elektranu kraj Sankt Peterburga, tada Lenjingrada. Nakon obilaska britanski su stručnjaci naveli niz razloga zabrinutost [2], od kojih su najvažniji bili ovi:

- Sustav kontrolnih štapova bio je neodgovarajući, bez sekundarnog sustava za obustavu rada reaktora.
- Reaktor je premoderiran; sam grafit dovoljan je za moderiranje (usporavanje neutrona). Time je ostvareno povoljno izgaranje goriva uz nisko obogaćenje. Gubitak

rashladne vode, odnosno povećana količina pare, smanjuju gubitak neutrona, ali bez znatnijeg utjecaja na moderaciju. Prema tome, povećanje snage reaktora, praćeno povećanjem udjela pare u hladiocu, zbog povećanog broja neutrona, potiče daljnje povećanje snage. Takve odnose nazivamo pozitivnom povratnom vezom. Specifično, pozitivnu povratnu vezu uzrokovanu povećanjem količine mjehurića pare u hladiocu kvantitativno izražavamo pozitivnim šupljinskim faktorom reaktivnosti kao tehničkim izrazom za tu pojavu. Uz pozitivne povratne veze postoje i negativne. Negativna povratna veza proizlazi iz fizikalne pojave da je vjerojatnost izazivanja fisije u ^{235}U neutronima smanjena porastom temperature moderatora, odnosno prosječne energije neutrona u jezgri reaktora. Tehnički se govori o temperatur-



Slika 1. Nuklearna elektrana RBMK, reaktorska jezgra, sustav za proizvodnju pare; smještaj u reaktorskoj zgradi

nom koeficijentu reaktivnosti, odnosno o tzv. Dopplero-
vom koeficijentu reaktivnosti koji je prema rečenom ne-
gativan. Ako je zbroj svih koeficijenata reaktivnosti ne-
gativan, reaktor ima svojstvo samokontrole, povećanje
snage inicira protučinke koji sprečavaju porast snage.
Prema tome, jedan od osnovnih zahtjeva sigurnosti nu-
klearog reaktora jest da ukupni koeficijent reaktivnosti
bude negativan. To je ispunjeno i za RBMK-reaktor, ali
ne na svim razinama snage. Pri radu na punoj snazi po-
zitivna šupljinska povratna veza kompenzirana je nega-
tivnom Dopplero-
vom povratnom vezom, tako da je uku-
pan koeficijent reaktivnosti negativan. Međutim, pri sna-
zi manjoj od 20% kompenzacija je neadekvatna, prevla-
dava pozitivan šupljinski koeficijent i ukupan je koefi-
cijent reaktivnosti za povećanje snage u tom području
pozitivan. Zbroj toga RBMK-reaktor ne smije raditi sna-
gom manjom od 20%, osim uz posebne uvjete pri stav-
ljanju u pogon.

- Rad pri snazi manjoj od 20% nije, međutim, funkcional-
no onemogućen, nego samo ulazi kao uputa operatoru.
- Moderator se, po mišljenju britanskih stručnjaka, nalazi
na previsokoj temperaturi (700 °C) koja pri kraju njego-
va radnog vijeka i dalje raste.
- Reaktor ne posjeduje zaštitnu zgradu poput PWR-reak-
tora. Promjer jezgre s reflektorom iznosi 14 m, a visina
8,5 m. U toj golemoj jezgri nalazi se 1 693 tlačne cijevi
napravljene od slitine ZrNb, promjera 80 mm i dužine 8
m. Betonsko kućište u kojem je jezgra projektirano je za
pretlak do kojeg bi došlo pri pucanju jedne tlačne cijevi.
Poklopac jezgre i kućišta golema je betonska ploča de-
bela 3 m i mase 2 000 t. No bez obzira na njezinu gole-
mu težinu, ona se diže ako je nadtlak u prostoru jezgre
veći od 1 bar. Prostor u kome se nalazi jezgra, separato-
re pare i cjevovode zatvara s gornje strane zgrada stan-
dardne čvrstoće.

NESREĆA: FIZIKALNO-TEHNIČKA ZBIVANJA

Sudbonosno za Černobil bilo je postojanje pozitivnog ko-
eficijenta reaktivnosti pri porastu snage ispod razine od
20% i zabrana rada ispod te razine samo uputom, a ne funk-
cionalnim osiguranjem. Nastojeći provesti određene po-
kuse, spuštana je snaga na 7% od nazivne, suprotno propi-
sima. Rezultat rada na tako niskoj snazi, nakon pogona na
punoj snazi, bilo je jako zagađenje reaktora ksenonom-
135 (¹³⁵Xe) koji je snažan apsorber neutrona. Pokušavaju-
ći povećati snagu reaktora čija je reaktivnost bila smanje-
na zbog proizvedenog ksenona, operatori su izvukli kon-
trolne štapove do kraja. Kad je snaga konačno počela la-
gano rasti, koncentracija ¹³⁵Xe počela je padati. Iza toga, s
povećanjem snage reaktivnost jezgre rasla je sve brže zbog
dvaju uzroka koji su se uzajamno podupirali, tj. bili su to:
bili su to: kad koncentracija ¹³⁵Xe i pozitivan koeficijent
reaktivnosti zbog rasta snage. Nesretni je proces krenuo u
01 h i 23 min 26. travnja, kad je snaga reaktora počela
polagano rasti [3].

Okolo dvije minute kasnije operator je, suočen sa sve bržim
rastom snage, pokušavao zaustaviti reaktor, ali se sasvim
izvučenim kontrolnim štapovima više nisu mogli postići
učinci. Osim toga, nepovoljna konstrukcija kontrolnih šta-
pova, čiji su završci bili grafitni, bez apsorbera neutrona,
imala je takav učinak da je spuštanje kontrolnih štapova

najprije, svojim grafitnim završecima, također dodalo re-
aktivnosti i ubrzalo porast snage. Presporo gibanje šta-
pova nije dalo vremena da se učinak prevlada. Jezgra je po-
stala "promptno" kritična i snaga je porasla u jednoj se-
kundi na vrijednost stotinu puta veću od normalne. Prema
kasnijim proračunima, bila je razvijena toplina 1,3 MJ/kg
goriva uz povišenje temperature goriva do 3 000 °C. Ras-
pršenje visokozagrijanoga goriva zaustavilo je lančanu re-
akciju. Prema kasnijim analizama, rezultat dodira rasprše-
nog ili rastaljenog goriva s rashladnom vodom bilo je ek-
splozivno razvijanje para i povišenje tlaka zbog kojega su
rastrgane tlačne cijevi. Tlak je izbacio poklopac reaktora i
reaktorsku nadgradnju i jezgra se reaktora ovorila. Dodir
visokozagrijanog urana i atmosferskog kisika izazvao je
požar moderatora. Dodatni izvor topline bila je reakcija
cirkonija s vodom. Tijekom nekoliko dana iz otvorene i
uništene reaktorske jezgre oslobodila se velika količina
radioaktivnog materijala visoke aktivnosti.

Širenje radioaktivnosti zaustavljeno je u 10 dana zračnim
"bombardiranjem" jezgre s više od 2 000 t olova i drugih
tvari. Požar u grafitu zaustavljen je upumpavanjem dušika
s donje strane reaktora. Na kraju, u razdoblju od srpnja do
studenog 1986., čitav reaktor zatvoren je u zaštitnu zgra-
du, "sarkofag".

POSLJEDICE U OKOLIŠU

Na osnovi mjerenja aktivnosti u bližem i daljnjem okolišu
te podataka dobivenih od sovjetskih, odnosno ruskih i ukra-
jinskih stručnjaka o detaljima reaktora i uvjetima koji su
vladali u vrijeme nesreće, brojne su nacionalne i interna-
cionalne institucije (IAEA, WHO, UNSCEAR i mnoge
druge) analizirale nesreću u Černobilu. Procjenjuje se da
je mehanička energija potrebna za podizanje 3 m debeloga
betonskog poklopca iznad jezgre, te za trganje tlačnih
cijevi i ostalih razaranja, iznosila od 0,2 do 2 GJ. Drži se
da se interakcijom goriva s rashladnom tekućinom oslo-
bodilo oko 1 GJ energije.

U razdoblju od 26. travnja do 5. svibnja, kada je reaktor
bio konačno izoliran od okoliša, prema službenoj ocjeni
britanskih stručnjaka (UKSEA/NNC) iz Harwella i Naci-
onalne nuklearne komisije, iz jezgre je emitirano:

Tablica 1. Prosječan odnos površinske koncentracije ¹³⁷Cs (Ci/km²) i
godišnje i kumulativne efektivne doze (mSv). Odnos je prikazan za
površinske koncentracije iznad koncentracije od 5 Ci/km² (185 kBq/
m²) kojoj odgovara brzina doze približno jednaka prosječnoj brzini
doze prirodnog zračenja

Površinska koncentracija ¹³⁷ Cs		Godišnja efektivna doza u 1990. (mSv)	Životna efektivna doza 1990 - 2060. (mSv)
(Ci/km ²)	(kBq/km ²)		
5-7	185-370	2,2-3,7	37-62
10-15	370-555	3,7-5,1	62-87
15-20	555-740	5,1-6,6	87-111
20-25	740-925	6,6-8,1	111-136
25-30	925-1110	8,1-9,6	136-161
30-35	1110-1295	9,6-11,0	161-186
35-40	1295-1480	11,0-12,5	186-210
40-60	1480-2220	12,5-18,4	210-309
60-80	2220-2969	18,4-24,3	309-408
>80	>2960	>24,3	>408

plemenitih plinova	100%
hlapljivih fizijskih proizvoda	10–20%
ostalih nuklida	3–4%

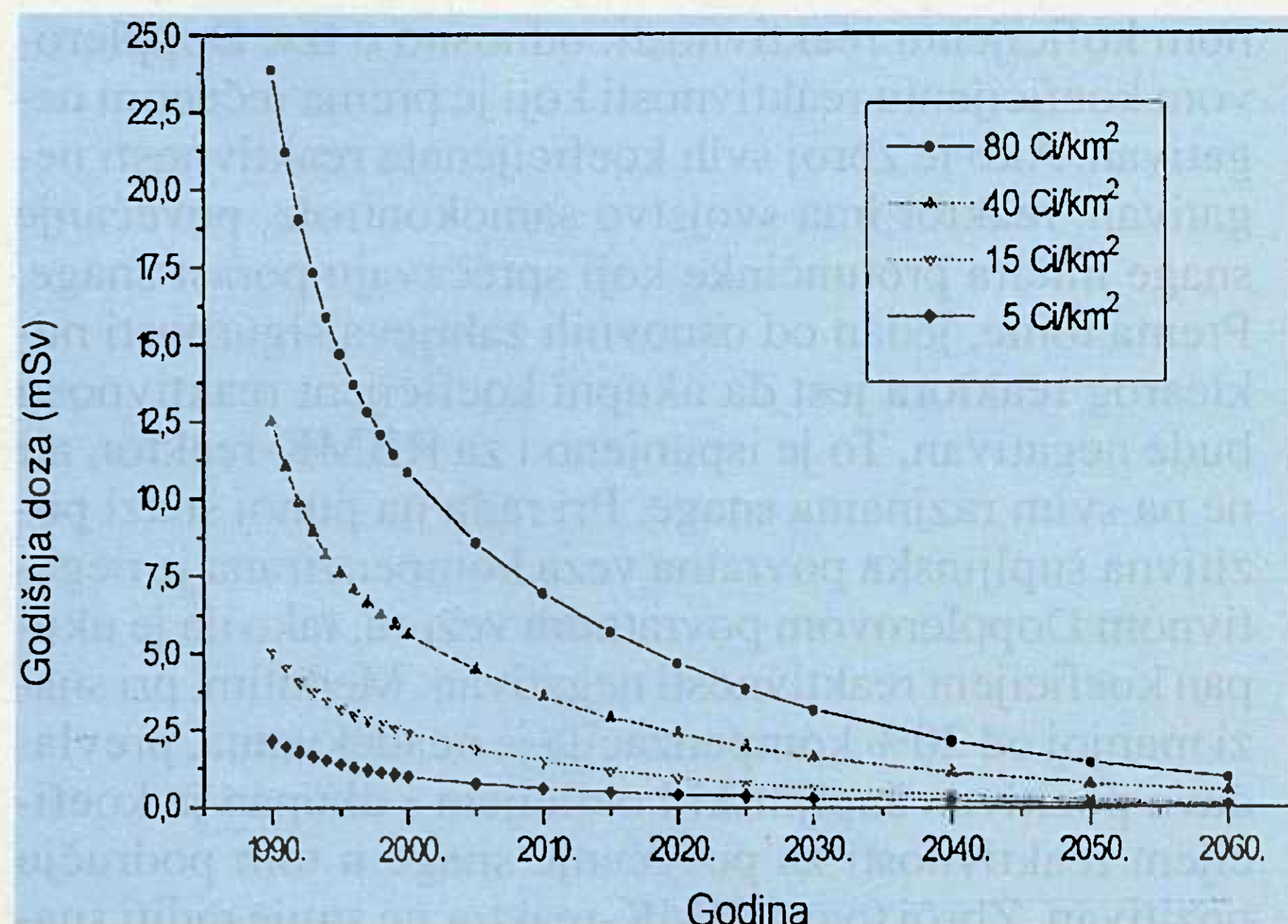
Novije procjene za kategoriju hlapljivih proizvoda su više, u rasponu 20–60%.

Učinke zračenja na stanovništvo izvan zone isključenja oko elektrane pratile su brojne grupe stručnjaka i niz međunarodnih organizacija. Jedno od najvažnijih istraživanja bio je međunarodni istraživački projekt u kojem je sudjelovalo 200 znanstvenika iz 22 zemlje – International Chernobyl Project je uspoređivao zdravstveni status u radioaktivno zagađenim područjima sa zdravstvenim statusom sličnih područja koja nisu pretrpjela zagađenje. Glavni rezultati objavljeni 1991 [4] utvrđuju loše opće zdravstveno stanje, ali ne i razlike između uspoređivanih područja. Osjetljiv indikator učinaka ozračenja jest pojava leukemije. Nije primijećeno povećanje ni broja slučajeva leukemije, niti raka štitnjače. Međutim, s obzirom na ograničenja statističke metode, malo povećanje takvih poremećaja nije se moglo isključiti. Ukrajinski istraživački centar (Ukrainian Scientific Centre for Radiation Medicine) nije do kraja 1994. otkrio povećanje broja slučajeva leukemije u djece iz jako zagađenog područja.

Za kratkoročne učinke važni su izotopi joda. Procjene emisije variraju od 20% do 60% tih izotopa u jezgri reaktora pri nesreći. Najvažnija je radioaktivnost ^{131}I . Ta radioaktivnost padne na male vrijednosti tijekom tjedana s obzirom na vrijeme poluraspada od 8,05 dana. Po svojim biokemijskim značajkama radioaktivni jod unesen u organizam koncentrira se u štitnoj žlijezdi. Djeca su u tome najosjetljiviji dio stanovništva. Procjenjuje se da je u okolišu Černobila oko 500 osoba primilo dozu u štitnoj žlijezdi od 10 000 mSv, a 200 000 osoba dozu od 1 000 mSv u prosjeku. Nakon 1991. zamijećen je statistički znatan porast učestalosti raka štitne žlijezde. U izvještaju Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) iz 1995. godine izneseni su najnoviji podaci. U području Bjelorusije, Ukrajine i Ruske Federacije utvrđeno je gotovo 700 slučajeva raka štitne žlijezde. Iako je rak štitnjače izlječiv, zbog niske razine zdravstvene zaštite bilo je 10 smrtnih slučajeva. Razvoj pojave raka štitne žlijezde prati posebnim projektom (International Thyroid Project, 1995.) Svjetska zdravstvena organizacija (WHO).

Za dugoročne učinke odlučan je radioizotop ^{137}Cs . S obzirom na vrijeme poluraspada od približno 30 godina, njegovo djelovanje traje više desetljeća. Uz određene modele zadržavanja na površini, te o kretanju u biosferi i unošenju hranom u organizam, mogu se godišnje doze pojedincu dovesti u vezu s zagađenjem površine. Tablica 1. prikazuje prosječan odnos između površinske koncentracije ^{137}Cs i godišnje efektivne doze u 1990. godine i ukupne do 2060. godine. Model je razvijen u Institutu za biofiziku u Moskvi uz pretpostavku nepostojanja korektivnih mjera za smanjivanje doza [5]. Slika 2. prikazuje vremensko opadanje brzine doze.

Područja s površinskim zagađenjem većim od 5 Ci/km² stavljena su pod medicinski nadzor. Nadzorom je obuhvaćeno nešto preko 700 000 osoba. Tablica 2. daje pregled kolektivnih doza stanovništvu u područjima podjeljenim prema stupnju površinske zagađenosti, za razdoblje 1990–2000. godina. Uz pretpostavku linearne veze doze i učinka, broj slučajeva raka u ozračenom stanovništvu razmjeran je kolektivnoj dozi.



Slika 2. Vremenska promjena godišnje efektivne doze u mSv za različite vrijednosti površinskog zagađenja bez korektivnih mjera

Tablica 2. Kolektivne doze za razdoblje 1990–2000. po područjima površinske zagađenosti ^{137}Cs iznad 5 Ci/km² (185 kBq/m²)

Površinsko zagađenje ^{137}Cs		Stanovnika	Postotak	Životna efektivna kolektivna doza (čovjek Sv)
Ci/km ²	kBq/km ²			
5–10	185–370	411 800	58,4	20 370
10–15	370–555	87 200	12,4	6 472
15–20	555–740	117 900	16,7	11 668
20–25	740–925	28 100	4,0	3 476
25–30	925–1 110	24 900	3,5	3 698
30–35	1 110–1 295	15 700	2,2	2 719
35–40	1 295–1 480	5 300	0,7	1 049
40–60	1 480–2 220	10 400	1,5	2 702
60–80	2 220–2 960	3 400	0,5	1 220
> 80	> 2 960	900	0,1	412
Ukupno		705 600	100	53 786

PROCJENE UČINAKA U ŠIRIM PODRUČJIMA

Ako se promatraju i područja sa zagađenjem nižim od 5 Ci/km², promatranja i procjena proširuju se na sva područja kuda se je širila radioaktivnost nošena atmosferskim strujama. Procjene traže vrlo veliku količinu informacija o raspodjeli površinske zagađenosti uza sve ostale probleme pri određivanju odnosa između koncentracija zagađenosti i brzine doza koja slijedi. Taj veoma složen i opsežan posao mogle su provesti samo malobrojne međunarodne organizacije, kao što su Međunarodna komisija za zaštitu od zračenja (ICRP), Američki nacionalni savjet za zaštitu od zračenja (NCRP), Komisija UN za učinke atomskog zračenja (UNSCEAR). Procjena ICRP je u intervalu 5 000–10 000 smrti od raka u idućih 70 godina. NCRP daje procjenu od 10 000 za područje bivšega Sovjetskog Saveza. Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) određuje gornju granicu od 25 000. Procjene ovise o poznavanju doza stanovništvu, o pretpostavljenoj vezi doze i učinka, kao i o pretpostavkama o ponašanju stanovništva i putovima radioaktivnosti u okolišu, te njihovu unošenju u organizme i čovjeka. S obzirom na hipotetičnost djelovanja malih doza zračenja, sve su procjene, a ne

samo od IAEA, prije svega gornje granice učinka. Procjene uzimaju da svako zračenje, pa i zračenje maleno prema prirodnom zračenju okoliša, ima negativan učinak. No, to je nedokazana i novijim istraživanjima sve više osporavana [6] hipoteza na temelju koje dobivamo gornje granice mogućih učinaka. U ovom tekstu nije intencija iznositi iole detaljniji prikaz posljedica u stanovništvu od černobilske nesreće. To je, na primjer, u ranijoj fazi načinjeno u izvještaju Međunarodnog černobilskog projekta iz 1991, te zatim u izvještaju Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) iz 1995. godine. Ovdje se samo žele te posljedice staviti u odnos prema drugim rizicima. U tu svrhu i ove sumarne brojke dostaju. Ako bismo, na primjer, zamijenili postojećih 400 plus nuklearnih elektrana termoelektrana na fosilno gorivo, trebali bismo godišnje više od milijardu tona ugljena za njihov pogon. Prema statističkim stopama rudničkih nesreća, samo bi iskop tog ugljena tražio nekoliko stotina života svake godine. Još mnogo teži su učinci emisija sumpornih i drugih plinova na okolno stanovništvo.

Procjene su Međunarodne agencije za atomsku energiju da je 40 000 smrti godišnje u SAD uzrokovano emisijom plinova iz fosilnih elektrana. Slična je procjena i dr. Roberta Gale, istaknutoga medicinskog stručnjaka koji je operirao mnoge ozračene u nesreći u Černobilu. Prema njemu, zamjena nuklearnih elektrana fosilnim, u području bivšeg Sovjetskog Saveza, imala bi za posljedicu milijun žrtava u toku 50 godina. Gledaju li se velike nesreće, i broj neposrednih žrtava, onda nasuprot popularnom mišljenju, ni hidroenergija nije nipošto bezopasan izvor energije, s neznatnim utjecajem na okoliš. U pojedinačnim nesrećama bilo je preko deset tisuća žrtava.

Brojčane procjene budućih žrtava zbog učinaka zračenja treba gledati u odnosu prema broju smrti od raka zbog ostalih uzroka. Budući da u zapadnoj Europi u prosjeku od 20% stanovnika umire od raka, to bi se (hipotetičkih) 20 000 smrti od raka tijekom 70 godina zbog černobilske katastrofe dodalo na oko 60 milijuna smrti od raka zbog svih ostalih razloga. Dakako da se povećanje od približno 0,003%, slovima tri tisućinke posto, ne bi moglo zapaziti ili utvrditi. Učinci su, svakako, najozbiljniji u neposrednom okolišu Černobila. Prve godine nakon nesreće zbog radioaktivnog zagađenja tla bilo je iz obližnjih naselja evakuirano više od 100 000 stanovnika. Kasnije se razmišljalo drukčije, pa je evakuirano pučanstvo vraćeno, da bi se 1990. godine evakuiralo novih 50 000 stanovnika. Planirana su i daljnja iseljavanja. Stanovništvo se kontinuirano nadzire, a većina stručnjaka drži da će psihološki stresovi najviše utjecati na zdravlje. Prema službenim podacima, broj oboljelih od srčanih i živčanih bolesti, visokog tlaka, šećerne bolesti, čireva na želucu uvelike se povećao. Ako je doista tako, jer je poznavanje početnog stanja vrlo nepouzdan, uzroci tomu mogu se pripisati psihološkim pritiscima kojim je stanovništvo isloženo. Stvarne socijalno-gospodarske posljedice nesreće zaista su teške i ne mogu se suditi samo po broju neposrednih žrtava, koji se može usporediti s brojem žrtava zrakoplovne nesreće.

Da bi se na duži rok pratilo zdravlje i uočili eventualni učinci ozračenja osnovan je 1991. godine međunarodni program praćenja zdravstvenog stanja ozračenih osoba – njih 200 000 u Bjelorusiji, 600 000 u Ruskoj Federaciji i 340 000 u Ukrajini (International Programme on Health Effects of Chernobyl Accident).

POUKE ČERNOBILSKE NESREĆE

Černobilski reaktor tipa RBMK toliko se razlikuje od vodom hlađenih reaktora koji dominiraju na Zapadu da ne postoje neke stručno-tehničke spoznaje koje bi bile relevantne za taj tip reaktora. Černobilska nesreća samo je potvrdila sigurnosna načela koja se primjenjuju u zapadnim zemljama; postizanje sigurnosti primarno fizikalnim zakonitostima, a manje akcijama operatora, te višestrukost barijera širenju radioaktivnosti u okoliš.

Reaktori se na Zapadu ne grade bez zaštitne zgrade, čija je uloga spečavanje širenja radioaktivnosti u okoliš ako bi nastao težak kvar na reaktoru. Premda je reaktor u nesreći elektrane Otok triju milja bio teško oštećen, poput reaktora elektrane Černobil, oko milijun puta manje radioaktivnosti dospjelo je u okoliš elektrane [7]. Od tada su zaštitne zgrade dalje razvijene i poboljšane, a smanjena je i vjerojatnost teške nesreće na reaktoru. Zapravo, vjerojatnost učinka na okoliš modernih nuklearnih elektrana razvijenih u zapadnim zemljama toliko je malena da daljnja redukcija može biti čak i kontraproduktivna u smislu da bi potrebna ulaganja uložena u mnogim manje usavršenim ljudskim aktivnostima proizvela znatno veće učinke [8].

Problemi koji proizlaze iz pozitivnog šupljinskog koeficijenta reaktivnosti bili su davno poznati. Za puštanje u pogon reaktora sa sličnim značajkama u zapadnim zemljama ili u SAD-u ne bi bila izdana dozvola. Operatori reaktora imali su prevelike mogućnosti poduzimanja rizičnih operacija, a da pritom nije bilo automatskih osiguranja koja bi onemogućila nesreću. Nedovoljnoj disciplini operatora pridružilo se i njihovo nedovoljno poznavanje procesa koji se zbivaju u reaktoru. Reaktor tipa RBMK nije bio smješten u zaštitnoj zgradi koja bi zadržala radioaktivnost oslobođenju iz jezgre. Eksplozijom u jezgri uspostavljen je izravni dodir s atmosferom. Poučeni nesrećom, ukrajinski su inženjeri i operatori na reaktorima takvog tipa obavili niz izmjena i osiguranja. Dodavan je sistem koji automatski obustavlja rad reaktora pri snazi manjoj od 700 MW (t). Poduzetim tehničkim mjerama osigurali su da određeni dio kontrolnih štapova bude u jezgri i da se poveća brzina njihova pomicanja. Na reaktorima u gradnji smanjili su pozitivni koeficijent reaktivnosti redukcijom volumena moderatora uz povećanje obogaćenja urana sa 2% na 2,4%. Detaljniji prikaz izmjena može se naći u [9].

Za zapadne zemlje Černobil demonstrira apsolutnu nepustivost nesreće s takvim djelovanjem na okoliš. Reaktori na Zapadu moraju biti višestruko sigurniji da bi ih korisnici prihvatili. Te karakteristike posjeduju vodom hlađeni reaktori danas u pogonu u zemljama. Zapada, a osobito unaprijeđene varijante koje ulaze u pogon ili su u pripremi. Riječ je u najvećem dijelu o reaktorima tipa PWR (obična voda pod pritiskom je hladilac i moderator) i BWR (ključajuća obična voda hladilac i moderator). Premda se razvoj odvija u nizu zemalja, naročito SAD-u, Francuskoj, Japanu, Njemačkoj, riječ je o istoj temeljnoj tehnologiji inicijalno razvijenoj u SAD-u, pa u tom razvoju postoji visok stupanj međunarodne suradnje s namjerom da se uz racionalno trošenje sredstava postignu maksimalni učinci, tj. maksimalna sigurnost, ekonomičnost i pouzdanost. Velika važnost djelovanja operatora, koje može biti i pozitivno i negativno, također je pouka černobilske nesreće. Da bi se maksimalno iskoristila i izmjenjivala pogonska

iskustva, osnovano je svjetsko udruženje nuklearnih operatera – WANO (World Association of Nuclear Operators). Jedna od pouka nesreće je nužnost bolje obaviještenosti i odgovornijeg obavještavanja javnosti. Nepoznavanje rizika i zastrašivanje nekorektnim informacijama bilo je uzrok stresova i zdravstvenih poremećaja velikog broja stanovnika, pa i gubitaka života zbog nepotrebnih prekida trudnoće.

Važna je pouka Černobila da nuklearna sigurnost nije pitanje samo jedne države. Učinci neadekvatnih kriterija i postupaka ne moraju se ograničiti samo na dotičnu zemlju. Radioaktivnost emitirana u Černobilu taložila se u desecima zemalja Europe.

Kao što zagađenje atmosfere fosilnim gorivima ne poznaje državne granice, te se djelotvorna zaštita atmosfere može postići samo međunarodnim propisima, tako se i zaštita od nuklearnih nesreća mora ostvariti međunarodnim kriterijima o nuklearnoj sigurnosti.

LITERATURA

- [1] LECERF Y., PACKER E., "Afera Černobil; rat glasinama", Globus, 1991.
- [2] POTTER P., RBMK-1000-what the British thought, Nuclear Engineering International, June 1986.
- [3] USSR State Committee on the Utilisation of Atomic Energy. The Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant and its Consequences, Information compiled for the IAEA experts meeting 25–29 August 1986, Vienna.
- [4] The International Chernobyl Project; An Overview Report by International Advisory Committee, IAEA, 1991.
The International Chernobyl Project; Proceedings of an International Conference, Vienna 21–24 May 1991, Assessment of Radiological Consequences and Evaluation of Protective Measures, IAEA, 1991.
- [5] International Chernobyl Project – input from the Commission of the European Communities to evaluation of the relocati-

on policy adopted by the former Soviet Union, Report EUR 14543 EN, Luxembourg, 1992.

- [6] MUCKERHEIDI J., "The health effects of low-level radiation: Science, data, and corrective action," Nuclear News, Sept. 1995.
- [7] KNAPP V., "Novi izvori energije; nuklearna energija fisije", Školska knjiga 1993.
- [8] KNAPP V., PEVEC D., "O kriteriju za uvođenje radikalno novih reaktorskih sustava," Prvi simpozij HND, Zagreb" 22–23. studeni 1993, Zbornik radova str. 1–8.
- [9] BONELL P. G., "Analysis of the RBMK Against UK Safety Principles", Proc. of Blackpool Conf., June 8–10, 1988, in Nuclear Safety after Three Mile Island and Chernobyl, Elsevier 1988.

ČERNOBIL, TEN YEARS AFTER

The paper gives a short review on causes and consequences of the nuclear plant's Černobil 4 accident, especially the radiological ones in the vicinity after the accident. At the same time it gives the difference between the nuclear plant of the RBMK type and the nuclear plants built in the West.

TSCHERNOBIL – 10 JAHRE DANACH

Es wird ein kurzer Überblick der Ursachen und der Folgen des Unfalles im Kernkraftwerksblock Tschernobil 4 und insbesondere der Strahlungsfolgen in der Umgebung nach dem Unfall gegeben. Ausserdem wird auf den Unterschied zwischen der Auslegung von Kernkraftwerken des Typs RBMK und jener der Kernkraftwerken in der westlichen Welt.

Naslov pisca:

Prof. dr. sc. Vladimir Knapp,
dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike
i računarstva,
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996 – 01 – 23

ISPRAVAK

U broju 5–6 našega časopisa 1995. god. u članku "Točnost, ispravnost, preciznost, pogreška i nesigurnost mjernog rezultata" autora dr. sc. Zdenka Godeca potkrale su se neke pogreške:

- na str. 236, na dnu desnog stupca, umjesto $u\% (R)=0,060\%$ treba pisati $u_p\% (R)=0,060\%$,
- na str. 237, lijevi stupac, deseti redak pisalo je $R=1,6778 \text{ m } \Omega \pm 0,35\%$, a treba pisati $R=1,6778 (1 \pm 0,35\%) \text{ m } \Omega$,
- na str. 237, lijevi stupac, dvadesetsedmi redak umjesto

$$u\% (R_{20}) = \sqrt{u^2\% (R) \left[\frac{\alpha \cdot (\vartheta - 20) \cdot u\% (\alpha)}{1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20)} \right]^2 + \left[\frac{\alpha \cdot u_a(\vartheta) \cdot 100\%}{1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20)} \right]^2} \quad \text{treba pisati} \quad u\% (R_{20}) = \sqrt{u_i^2\% (R) + \left[\frac{\alpha \cdot (\vartheta - 20) \cdot u\% (\alpha)}{1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20)} \right]^2 + \left[\frac{\alpha \cdot u_a(\vartheta) \cdot 100\%}{1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20)} \right]^2}$$

Molimo cijenjene čitatelje da uvažavaju ovaj ispravak.

Uredništvo

OKRUŽENJE I MODEL ZA PRORAČUN CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Ivica Toljan — mr. sc. Mićo Klepo, Zagreb

UDK 621.3:338.52

PREGLEDNI ČLANAK

U članku se raščlanjuje okruženje i model za proračun cijene električne energije. Prikazana je ideja novog modela koji bi omogućio jednostavniji način za proračun cijene električne energije. Model je utemeljen na pojedinačnom tretiranju svake elektrane kao posebnog troškovno profitnog centra sa svojim vlastitim promptnim praćenjem tijeka novca (cash-flow). Na taj način dolazi se do sadržajnog i funkcijskog povezivanja sustava za analize i optimalizacije s energetske-ekonomskim dispečingom, proračunom marginalnih troškova i njihovim odrazom na tarifni sustav kao glavnim indikatorom kvalitete rada EES.

Ključne riječi: cijena električne energije, tarifni sustav, modeli za proračun cijene električne energije.

1. UVOD

Osnovna namjera je upozoriti na one nužne promjene u energetske sektoru vezane za politiku cijena i tarifnu politiku koje će se morati učiniti kao preduvjet bilo kakve promjene vlasničkih odnosa i restrukturiranja u uvjetima promjenjenih političkih, socijalnih i gospodarskih prilika i bez obzira na to koji će se put ili pristup odabrati kada je riječ o temeljnim ciljevima vlasničkog restrukturiranja, utjecaja upravljačke ili zakonske regulative, otvaranja utjecaju tržišnih zakonitosti, uspostavi energetske-ekonomske efikasnosti te osiguranju smofinanciranja. Treba napomenuti da se pritom poglavito ima na umu najsloženiji podsektor energetske sektora – sustav električne energije, i to baš zbog toga što je iz njegove složenosti moguće izvući sadržaj i smjernice koji vrijede za čitav energetske sektor.

Dakako u samom energetske sektoru tijekom proteklih nekoliko godina gospodarske restrukturiranja ostvareni su različiti rezultati i odmak od socijalističkog sustava centralnog planiranja, pa treba očekivati i različiti interes da se bez otpora prihvate strukturne i sadržajne promjene. Upravo zato i jest namjera identificirati barem minimum sadržaja i pretpostavaka za uvođenje tržišnog gospodarske sustava, vlasničko restrukturiranje, osiguranje uvjeta za izravna ulaganja u energetske objekte, osiguranje samofinanciranja i profita, povećanje produktivnosti i energetske-ekonomske efikasnosti, uvođenja djelotvorne zakonske regulative, uvođenje efikasnih standarda kvalitete energetske usluge i zaštite okoline, te osiguranja stabilnih uvjeta plaćanja u kojem preko tarifnog sustava potrošač bira svoje mjesto i ulogu u odgovarajućem podsustavu energetske sustava.

2. POLITIKA CIJENA

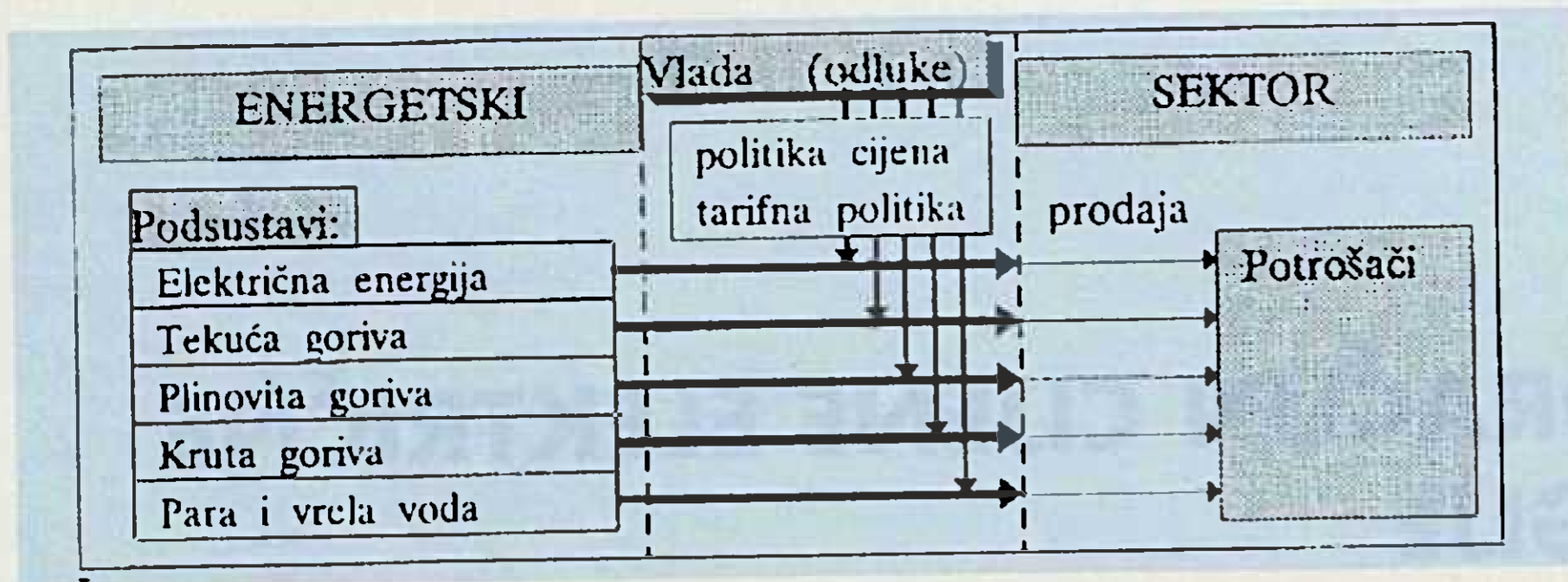
Nesumnjivo najveći pomak u energetske sektoru tijekom proteklih godina restrukturiranja političke, socijalnog i gospodarske sustava ostvaren je uvođenjem politike realnijih cijena energenata. Za gospodarske sustav to je

značilo znatan napredak prema uspostavljanju tržišnih odnosa, osiguralo nužne pretpostavke za početak izgradnje svijesti o potrebi optimiranog, racionalnog gospodarenja energijom po svim energetske oblicima ili grupama energije. Međutim, imajući na umu da su politika cijena i tarifna politika najneposredniji iskaz strukturnih, funkcionalnih, ekonomskih, i svih ostalih odnosa u energetici, počevši od investiranja, ulaganja, kupnje, nabave, proizvodnje, preko transporta, prijenosa i distribucije, pa do prodaje i korištenja, može se reći da taj pomak ipak nije bio dovoljno velik. Naime, u gospodarske smilu pritom nisu učinjeni bitni strukturni, organizacijske i funkcijske pomaci koji se trebaju očitovati boljim i efikasnijim gospodarenjem energetske izvorima i samim energentima, povećanjem efikasnosti tehnoloških procesa, postrojenja i opreme, te promjenama u ključnim segmentima proizvodnje, prijenosa, distribucije i prodaje.

Politikom realnih cijena bitno su olakšani uvjeti rada i poslovanja, ali za pomak prema uspostavljanju nacionalne politike cijena i tarifne politike, odgovarajuće carinske i porezne politike u energetici, efikasne zakonske regulative u proizvodnji, transportu, distribuciji i prodaji, te usklađivanjem s međunarodnim tržištem energije potrebno je mnogo više.

Potrebno ih je učiniti pokazateljem puta i načina promjene vlasničke strukture, organiziranja, porasta efikasnosti i produktivnosti, stvaranja osnova za strana ulaganja i osiguranja drugih interesa društva.

Osnovna pitanja su koji je to minimalni sadržaj i koje su to nužne promjene koje se mogu i trebaju učiniti odmah. Da bi se našao odgovor, potrebno je krenuti od dominantnog obilježja i temeljnog organizacijske načela funkcioniranja velikih podsustava energetske sektora u gospodarske sustavu Hrvatske prije i sada. Najkraće, riječ je o jednostavnoj statičke shemi međusobno neovisnih zatvorenih energetske podsustava vezanih za pojedine oblike ili grupe oblika energije, koji cijene utvrđuju u suglasnosti ili prema odlukama Vlade, i gdje se potrošači pojavljuju samo kao kupci energije koji odlučuju da će energiju koristiti ili ne, ali ne mogu bitnije utjecati na uvjete isporuka, a pogotovo ne na druge elemente u slijedu (sl. 1).



Slika 1. Shema odnosa energetskega sektora

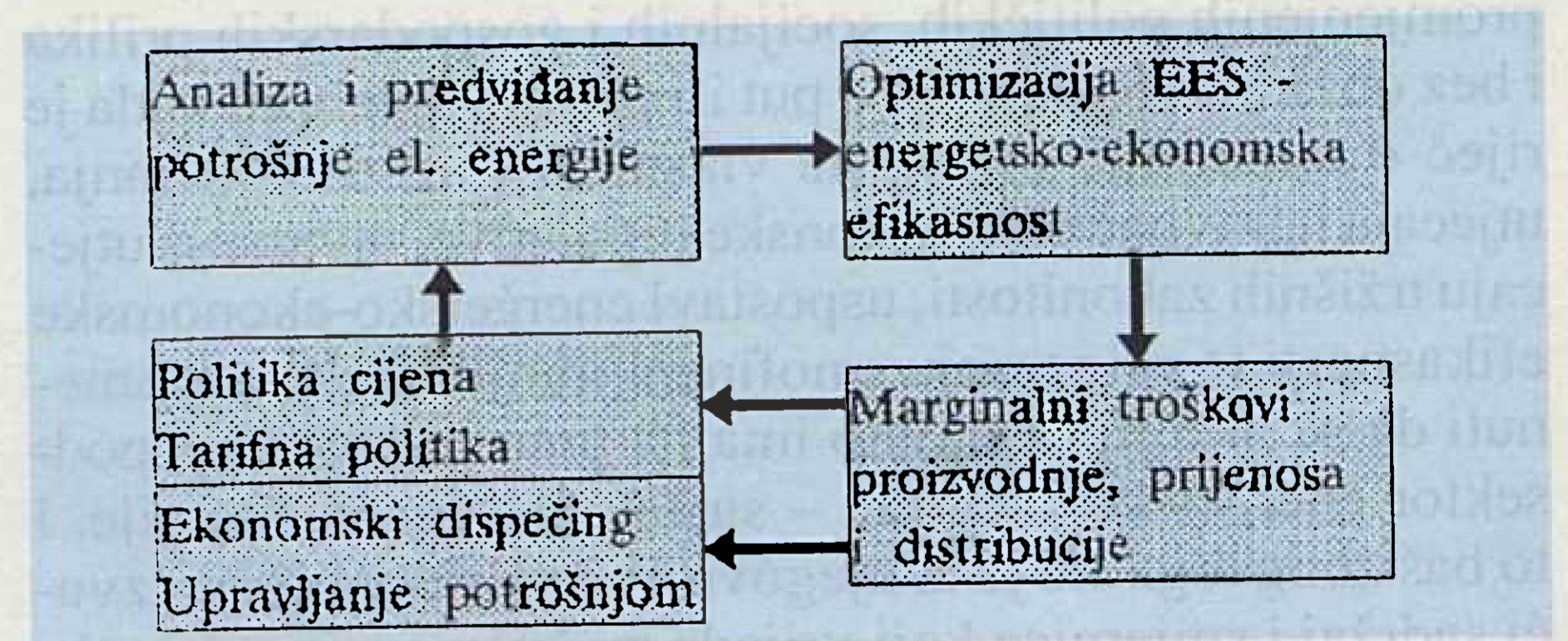
3. MODEL OBJEKTIVIZIRANIH VRIJEDNOSTI

Kada je npr. riječ o cijenama električne energije, Vlada Republike Hrvatske utvrđuje ih po modelu objektiviziranih vrijednosti elektroenergetskih objekata i postrojenja proizvodnje, prijenosa i distribucije. Tim modelom proračunava se i utvrđuje ona razina prosječne cijene koja osigurava sredstva za rad i razvoj osnovne djelatnosti elektroenergetskog sustava Hrvatske. Prosječna cijena znači prosječnu cijenu proizvodnje, prijenosa i distribucije po jedinici isporučene električne energije krajnjim potrošačima, a prema utvrđenom gospodarskom planu. U prodaji energije krajnjim potrošačima primjenjuju se postojeći tarifni stavovi. Međutim, bez obzira na to što je riječ o modelu koji uključuje rezultate elektroenergetskog bilanciranja, planove razvoja i izgradnje objekata i postrojenja, prodaju i kupnju energije na međunarodnom tržištu, cijene goriva, objektiviziranu vrijednost dugoročne imovine, stalne troškove poslovanja, utjecaje kretanja cijena industrijskih proizvoda, tijekom zadnje tri do četiri godine nije bilo djelotvornog odgovora na znatno pogoršanje strukture i karakteristika potrošnje električne energije u sustavu, pogoršanje odnosa cijena i uvjeta plaćanja na štetu potrošača kategorije gospodarstva, česte promjene načina plaćanja, narušavanja osnovnih načela Tarifnog sustava uvođenjem socijalnih kriterija i sl. Time postaje upitnom i mogućnost da se djelotvorno odgovori na pogoršanja koja su izazvana ratom i ratnim razaranjima, padom gospodarske aktivnosti, gašenjem tzv. velikih potrošača, pogoršanjem strukture raspoloživih izvora i postrojenja.

4. TARIFNI SUSTAV

Teško da bi bilo koji, a tzv. "statički" tarifni sustav pogotovo, mogao djelotvorno odgovoriti na pogoršanje odnosa koji su doveli do odnosa stalnih i promjenjivih troškova u elektroenergetskom sustavu 70:30%. Zapravo, može se reći da je za taj odnos izgubljena bitna veza vrednovanja obračunskih elemenata snage i energije kao važno načelo postojećega Tarifnog sustava i, što je još važnije, nastali nerazmjer bitno sužava prostor za upravljačke akcije za smanjivanje ili preraspodjelu vršnih opterećenja sustava. Povećano vrednovanje obračunskog elementa snage značilo bi odmak od realnih odnosa u sustavu i još veće poteškoće pri uspostavljanju djelotvorne politike cijena i efikasne tarifne politike. Dakle, nije riječ samo o pogoršanju vrednovanja navedenih elemenata nego o potrebi da se uspostavi sustav koji će moći djelotvorno rješavati složene odnose u energetskega sektora i biti osnova za njihov optimalan razvoj. S druge strane, cijenama električne energije, u koje su uključeni i socijalni kriteriji, postiže se do-

datni negativni učinak na strukturu i karakteristike potrošnje. Tako se npr. štiti i standard potrošača kategorije kućanstava s godišnjom potrošnjom električne energije iznad 1 800 kWh (što predstavlja prosjek potrošnje kućanstava u Hrvatskoj!), kod kojih se znatan dio potrošnje troši za toplinske namjene (grijanje prostorija, priprema tople vode), i to tijekom sati vršnog opterećenja sustava. Ta potrošnja, kao izrazito nepovoljna za prilike u sustavu, vrednuje se nižim cijenama (košta manje) od energije koja se isporučuje gospodarstvu, gdje su moguće koristi korištenja tog energetskega oblika, gospodarski i socijalni efekti neusporedivo veći. To znači da je nužno iz cijena električne energije isključiti sve olakšice po socijalnim kriterijima i osloboditi prostor za upravljanje opterećenjem i potrošnjom. Time se ne isključuje mogućnost da država, a nikako energetskega sektor, na drugi način, npr. diferenciranim porezima, olakšicama ili davanjima nekim socijalno ugroženim kategorijama potrošača pomogne pri plaćanju troškova za energiju. Isto tako, u definiranju nacionalnog pristupa politici cijena treba se voditi računa i o socijalnim kriterijima, stabilnosti plaćanja, regionalnim posebnostima i sl. Iz svega slijedi da je nužno postaviti i izgraditi nov sustav za uspostavljanje efikasnih energetskega-ekonomskih odnosa u energetskega sektora, koji treba biti ishodište izgradnje sustava cijena i tarifnog sustava na novim osnovama. Taj novi pristup za elektroenergetski sustav najjednostavnije se daje predstaviti krugom elemenata koji ga čine (sl. 2).



Slika 2. Strukturni krug energetskega-ekonomske analize i izgradnje efikasnega EES-a

Dakako, sličan strukturni krug može se postaviti za svaki od podskupina energetskega sektora. Ključni i najteži problem predstavlja izračunavanje marginalnih troškova. Na elementima kruga zasniva se i po njima se raščlanjuju složeni vlasnički, strukturni, funkcionalni, upravljački i ekonomski odnosi, ali i uspostavlja primjerena zakonska regulativa. Elementi kruga su strukturne i funkcionalne cjeline koje traže detalju i kvalitetnu pojedinačnu razradu, suvislo i usklađeno povezivanje da bi se ostvarila nužna realna i efikasna struktura prihoda, stvarno i djelotvorno samofinanciranje i investiranje, osmislile upravljačke akcije, izgradio primjeren regulativni sustav i ostvire adekvatne veze s međunarodnim tržištem energije i kapitala. Uloga države treba biti da se najprije pobrine odnosno osigura uvjete za uspostavljanje takvih strukturnih i funkcionalnih krugova jer je teško očekivati da bi iz samih energetskega podskupina moglo doći dovoljno poticaja za te bitne, suštinske promjene. Na duži rok uloga bi se reducirala samo na vođenje i brigu da pojedini elementi rada energetskega sektora budu usklađeni sa strateškim nacionalnim interesima, planovima i za-

konskom regulativom. Čak bi i problem zaštite okoline i energetskih resursa dominantno trebao biti razriješen u okvirima tog funkcionalnog kruga.

5. MODEL TROŠKOVNO PROFITNIH CENTARA

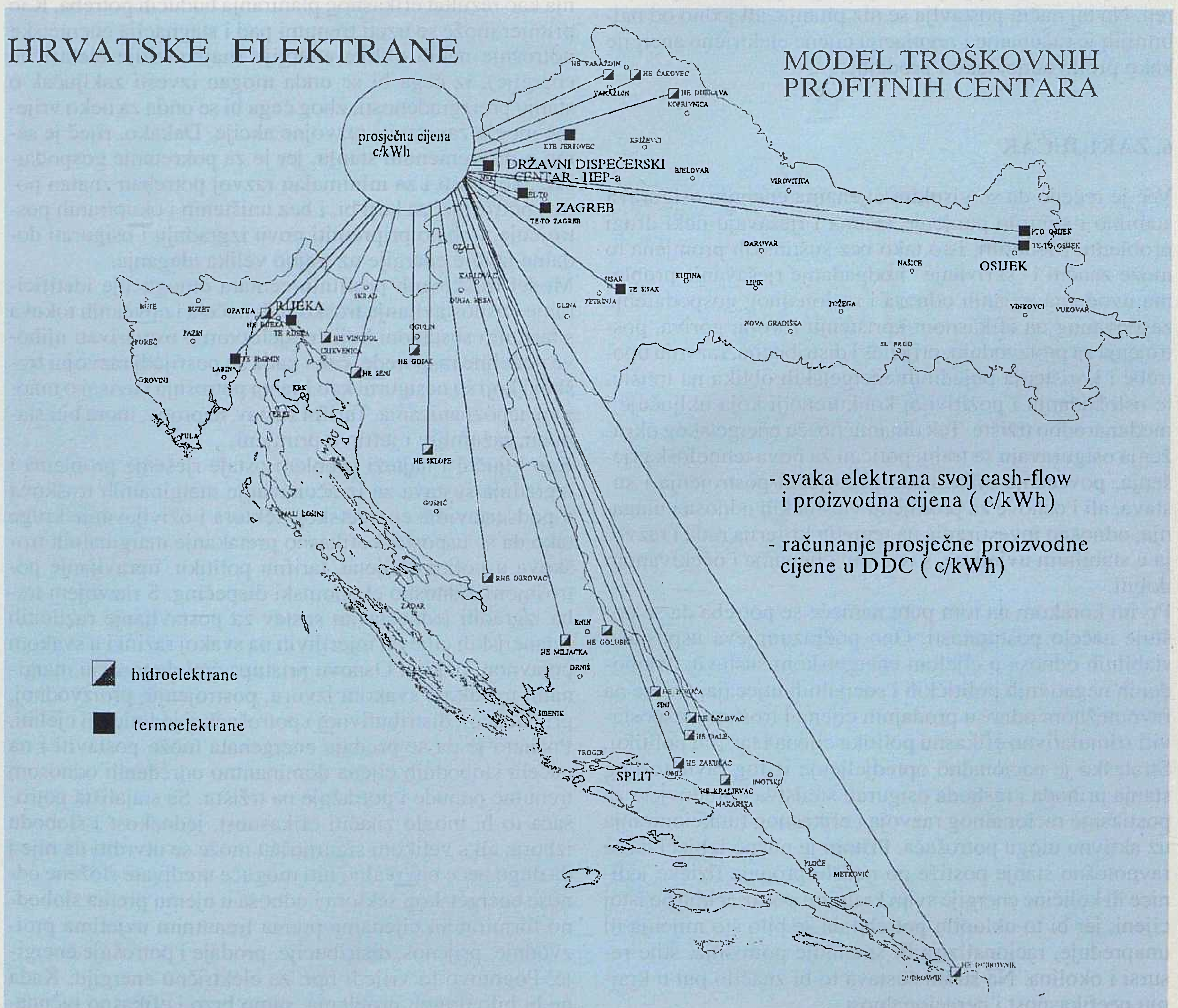
Pred HEP-om kao nositeljem elektroenergetike predstoje duboke promjene koje će se očitovati kroz reorganizaciju rada, poslovanja i vlasničkog restrukturiranja. Cilj je omogućiti efikasnije, tržišno orijentirano upravljanje, te otvoriti putove privatizaciji i stranom kapitalu. Zbog navedenih razloga dolazi kao imperativ sagledavanje mogućnosti unapređenja modela za proračun cijene električne energije. Model pri kojem se prati pojedinačno tijek novca (cash-flow) svake elektrane, gdje se svaka elektrana promatra kao troškovno profitni centar, koji se na koncu objedinjuje u glavnom troškovno profitnom centru, a to je Državni dispečerski centar, odnosno upravlja u dioničkom društvu HEP, nazvan je modelom troškovno profitnih centara (MTPC).

To omogućuje egzaktniju pripremu za optimizaciju rada EES (te time i optimalnu racionalizaciju, primjenu ekonomskog dispečinga), uz mogućnost promptnog računanja troškova proizvodnje električne energije, kao daljnju raščlambu prodajne cijene, uz uvažavanje marginalnih troškova i tarifnog sustava (sl. 2).

Ideja MTPC prikazana na sl. 3 temelji se na:

- osnovama modela objektiviziranih vrijednosti
- pojedinačnom praćenju tijeka novca svake elektrane (cash-flow)
- promptnom računanju proizvodne cijene električne energije svake elektrane
- praćenju pogonske spremnosti svake elektrane
- praćenju vremena rada svake elektrane u dnevnom dijagramu opterećenja (zbog identifikacije i kalkulacije marginalnih troškova)
- ekonomskom dispečingu.

HEP, odnosno Hrvatska, uvozi znatne količine električne energije (sad je to oko 12%, s tendencijom rasta), no ima



Slika 3.

dana kada se javlja i kao izvoznik (u vrijeme povećanih dotoka ili rada sustava na minimumu). Donošenje odluke kada, od koga, po kojoj cijeni uvoziti ili izvoziti, koje elektrane angažirati, što je skuplje, a što jeftinije, stavlja pred HEP potrebu modernije organizacije, poglavito u domeni eksploatacije. Donijeti odluku pravog rješenja moguće je samo onda ako se u svakom trenutku znaju proizvodne ocjene naših elektrana, a to omogućuje MTPC.

Troškovi goriva za termoelektrane otvaraju drugo pitanje, a to je cijena goriva i odnosi između INE i HEP-a kao glavnih nositelja energetike u Hrvatskoj. Na taj način dolazimo i do krucijalnog zadatka koji se iskazuje definiranjem i donošenjem hrvatske energetske strategije.

HEP je 21. prosinca 1994. registriran kao dioničko društvo, čiji je u ovom trenutku vlasnik Republika Hrvatska. Prema planu restrukturiranja i privatizacije, predviđena je postupna promjena vlasničke strukture poduzeća u idućih pet godina. Vlada Hrvatske može donijeti odluku o prodaji 25% vrijednosti idealnog dijela poduzeća, dok o preostalih 75% odlučuje Sabor Republike Hrvatske.

Znači pravni temelj je postavljen i put privatizaciji otvoren. Na taj način postavlja se niz pitanja, ali jedno od najbitnijih je računanje i regulacija cijene električne energije kako proizvodne, tako i prodajne.

6. ZAKLJUČAK

Već je rečeno da se visokim cijenama energije osigurava stabilno i sigurno punjenje računa i rješavaju neki drugi problemi. Međutim, isto tako bez suštinskih promjena to može značiti i "skrivanje" i odgađanje rješavanja problema uvođenja tržišnih odnosa i racionalnog gospodarenja zasnovanog na efikasnom korištenju izvora, goriva, postrojenja za proizvodnju, prijenos i distribuciju, razvoju upotrebe i korištenja pojedinih energetske oblika na tržištu, te oslobađanju i pozitivnoj konkurenciji koja uključuje i međunarodno tržište. Tek dinamičnošću energetske okruženja osiguravaju se trajni poticaji za nova tehnološka rješenja, povećanje efikasnosti postojećih postrojenja i sustava, ali i osnove za promjenu vlasničkih odnosa i ulaganja, odnosno investiranja na temelju kriterija rada i razvoja u stabilnim uvjetima, s realnim cijenama i očekivanom dobiti.

Prvim korakom na tom putu nameće se potreba da se poštuje načelo postupnosti. Ono podrazumijeva uspostavu stabilnih odnosa u cijelom energetske sustavu, oslobođenih negativnih političkih i socijalnih utjecaja. Cilj je na ravnotežnom odnosu prodajnih cijena i troškova uspostaviti stimulatívno efikasnu politiku cijena i tarifnu politiku. Strateško je nacionalno opredjeljenje iz tog ravnotežnog stanja prihoda i rashoda osigurati sredstva i preduvjete za postizanje racionalnog razvoja i efikasnog funkcioniranja uz aktivnu ulogu potrošača. Pritom je nužno izbjeći da se ravnotežno stanje postiže po načelu prodaje fizičke jedinice ili količine energije svim krajnjim potrošačima po istoj cijeni, jer bi to uklonilo potrebu da se bilo što mijenja ili unapređuje, racionalizira ili smanjuje potrošnja, štite resursi i okolina. Na strani sustava to bi značilo put u krajnju neefikasnost i neracionalnost.

Odgovarajućom politikom cijena i primjerenom tarifnom politikom najlakše se ostvaruje načelo minimalnog troška i maksimalne efikasnosti. Kroz njih potrošač najlakše ra-

zumijeva potrebu za smanjivanjem gubitaka i nepotrebnog korištenja energije, prilagođava se radu sustava upravljajući i preraspodjeljujući svoju potrošnju u vrijeme kada to za sustav znači najmanje dodatne troškove. Kroz princip neutralnosti za energetske oblike vežu se za sustav realni troškovi, izbjegava favoriziranje korisnika, ali ne i način korištenja, osigurava plaćanje troškova koji su izazvani, te eliminiraju skriveni popusti i neproduktivno izjednačavanje. Bitno je da potrošač može prepoznati koliko njegov način korištenja, bolje reći smanjena ili povećana jedinica potrošnje pridonosi povećanju ili smanjenju troškova isporučitelja, tj. proizvodnje, prijenosa ili transporta i distribucije. Isporučitelj je interes da te povećane ili smanjene troškove pokrije prenoseći ih potrošaču zajedno s upravljačkim akcijama, odnosno mjerama za postizanje poželjnih stanja ili rasporeda, ali i razvojnih troškova na strani proizvodnje, prijenos i distribucije koji su izazvani tim dodatnim jediničnim iznosom energije. Pritom se pod razvojem ne misli na slučajna stanja nastala promjenama faza stanja opreme u smislu podizgrađenosti ili preizgrađenosti kapaciteta, nego stabilizirani niz optimalnih stanja kao rezultat efikasnog planiranja budućih potreba. Kao primjer može se uzeti trenutni pad i stagnacija energetske potrošnje nekih oblika energije (najizrazitije električne energije), iz čega bi se onda mogao izvesti zaključak o stanju preizgrađenosti, zbog čega bi se onda za neko vrijeme mogle zaustaviti razvojne akcije. Dakako, riječ je samo o privremenom stanju, jer je za pokretanje gospodarske aktivnosti i za minimalan razvoj potreban znatan porast potrošnje, za koji bi, i bez uništenih i okupiranih postrojenja, trebalo pripremiti novu izgradnju i osigurati dodatne izvore energije uz trajno velika ulaganja.

Model troškovnih profitnih centara omogućuje identifikaciju i uspostavljanje troškovnih načela i novčanih tokova s tarifnim sustavom koji će djelotvorno ostvarivati njihove poželjne rasporede, čak i kada su posrijedi razvojni troškovi koji su nesigurni kao i sama potrošnja i ovisni o mnogim nepoznanicama. Tarifni sustav, naprotiv, mora biti stabilan, razumljiv i jeftin u primjeni.

Kao ključni i najteži problem ostaje rješenje problema i izgradnja sustava za izračunavanje marginalnih troškova u podsustavima energetske sektora i oživljavanje kruga tako da se uspostavi efikasno pretakanje marginalnih troškova u politiku cijena, tarifnu politiku, upravljanje potrošnjom, odnosno ekonomski dispečing. S razvojem treba izgraditi jednostavan sustav za postavljanje različitih financijskih ciljeva, mjerljivih na svakoj razini i u svakom pojavnim obliku. Osnovu pristupa čini dugoročni marginalni trošak po svakom izvoru, postrojenju, proizvodnoj, prijenosnoj, distributivnoj i potrošačkoj jedinici ili cjelini. Poznato je da se prodaja energenata može postaviti i na načelu slobodnih cijena dominantno određenih odnosom trenutne ponude i potražnje na tržištu. Sa stajališta potrošača to bi moglo značiti efikasnost, jednakost i slobodu izbora, ali s velikom sigurnošću može se utvrditi da nije i da dugo neće biti realno niti moguće uređivati složene odnose energetske sektora i odnosa u njemu prema slobodno formiranim cijenama prema trenutnim uvjetima proizvodnje, prijenos, distribucije, prodaje i potrošnje energije. Pogotovo to vrijedi npr. za električnu energiju. Kada ne bi bilo drugih problema, samo brzo i efikasno računanje cijena na slobodnom tržištu značilo bi da se mogu brzo i jednostavno izračunati marginalni pogonski troškovi proizvodnje, poticajnih i upravljačkih mjera i akcija, ograni-

čenja, i svih ostalih elemenata kratkoročne ravnoteže energetskeg tržišta. Problem toga pristupa je u tome što je teško ostvariv, što vrlo velik utjecaj imaju dugoročni potezi i odluke, zakonska regulativa, a poglavito u tome što se u metodološkom smislu približavamo domeni realnog vremena gdje prestaju vrijediti tradicionalni postupci računanja ili procjenjivanja troškova. Postaje neizbježnim napuštanje poznatih postupaka i metodoloških rješenja i izgradnja sustava zasnovanih na načelima vjerojatnosti i njezine razdiobe, na stohastici pojave stanja i velikog broja utjecajnih veličina, krajnje neizvjesnosti upravljačkih akcija i dugoročnih efekata.

Prema tome, kao temeljni pristup ostaje načelo dugoročnoga marginalnog troška. Međutim, ne smiju se zaboraviti ni druga bitna načela. Najprije, zbog autonomnosti bitnih segmenata energetskeg sektora i njihova efikasnog rada bitno je sustav osloboditi prevelikog upletanja državno-upravljačkih akcija i pretjerane zakonske regulative, imajući na umu potrebu da se osiguraju temeljni nacionalni energetskegi interesi izborom investicija, zaštitom vlastitih resursa i okoliša, poticanjem diverzifikacije izvora i ovisnosti o više različitih isporučitelja, izbjegavanjem diskriminacije vlasništva, sprečavanjem monopola, unapređivanjem efikasnosti, zaposlenosti, standarda i sl. Kada je riječ o nekim energetskeim oblicima, tržište samo po sebi nije dostatno da se navedeni elemente iniciraju, koordiniraju ili očuvaju. To, dakako, ne znači da se radi o onemogućavanju konkurencije. Naprotiv, konkurencija se uvodi i na najsloženijoj proizvodnoj razini i ključni je kriterij i sredstvo privlačenja novčanih sredstava, investiranja, unapređenja efikasnosti i gospodarskog ponašanja i u odnosu na kratkoročne upravljačke akcije (centralnog ekonomskog dispečiranja), i u odnosu na dugoročne planove pogona i izgradnje. Interes države je nacionalna energetska neovisnost, stabilnost i sigurnost, a sudionika u energetskeom sektoru stabilni uvjeti rada, sigurnost i zaštita ulaganja, te osiguranje izvora zarade, tj. profita.

Kada je riječ o unapređenju efikasnosti, ciljevi se mogu utvrditi na sljedeći način:

- i) pogonska efikasnost (kratkoročna) – cilj je proizvodnja za efikasno pokrivanje potreba gdje ključnu ulogu u ekonomiji ima tržište, a u vođenju sustava ekonomski dispečing;
- ii) efikasnost ulaganja (dugoročna) – energetska djelatnost je kapitalno intenzivna, tako da je za samu efikasnost kritičan pravi izbor investiranja, jer je redovito riječ o imovini dugoga životnog vijeka i velikih kapaciteta, s posljedicama koje mogu trajati dugo i biti izuzetno velike. U tim pitanjima vrlo važnu ulogu imaju vlade, čak i u tržišno orijentiranim zemljama. Izbor investiranja provodi se na osnovi minimizacije dugoročnog troška;
- iii) efikasnost troška (srednjeročna) – važno je da cilj proizvođača bude da proizvode uz što je moguće niži trošak, tražeći motiv u profitu koji se, pogotovo za javna poduzeća, smanjuje za potrošene resurse. Troškovna efikasnost u upravljanim poduzećima gdje nisu dopušteni komercijalni poticaji osigurava se na drugi način;
- iv) efikasnost cijena – cilj je da cijene odraze korištene resurse u proizvodnji energije, čak i kad je riječ o uvoz i izvozu. Cijene trebaju biti odraz troškova, a tarifna struktura treba cijenama dati odgovarajuće signale po-

trošačima. U uvjetima stabilnih cijena proizvođači smanjujući troškove povećavaju profit.

Uloga regulative ili upravljanja jest energetska politika, izbor investicija, odnosi cijena, standardi opskrbljivanja potrošača, pouzdanost i sigurnost, nuklearna sigurnost, standardi zaštite okoliša, smještaj proizvodnih i prijenosnih kapaciteta, zakoni sigurnosti zaposlenja, zdravlja, socijalne sigurnosti, zarade, zaštite vlasništva, zaštite ulaganja i drugi nacionalni interesi.

LITERATURA

- [1] EdF: "Energy journal 1994"
- [2] HORNE: "Financijsko upravljanje", New York USA, 1993, četvrto izdanje
- [3] HEP: "Godišnje izvješće za 1994." Zagreb, 1995.
- [4] KLEPO: "Karakteristike potrošnje el. energije i upravljanje opterećenjem", CIGRE Ohrid, 1990.
- [5] McAVOY: "Energy policy", Yale, New Hawen, 1985, USA, second edition.
- [6] MUNASIGNE: "Energy policy", Washington, World Bank, 1994, USA.
- [7] SAMUELSON: "Economy", 14th edition, Mate, Zagreb, 1994.
- [8] TOLJAN: "Podloge za uvođenje energetske-ekonomskog dispečinga", poslijediplomski rad, Zagrebačka poslovna škola, 1994.
- [9] UDOVIČIĆ: "Energetika 1, 2, 3", Zagreb, 1990.

DEVELOPING OF THE MODEL FOR ELECTRIC ENERGY PRICE ESTIMATE

The article aims at necessary changes within the energy sector connected to the price and tariff policy which will have to be undertaken prior to any change of proprietary relations and restructuring with regard to the newly risen conditions in the country. Electric energy system as the most complex subsystem of the energy sector serves as an example to identify the minimum contents and assumptions necessary for the introduction of the market economy, proprietary restructuring, assurance of direct investments in the plants and facilities, self-financing and profits, growth of productivity and energy-economy efficacy, introduction of law enforcement regulations and standards of energy production and supply quality as well as environment protection, and the creation of stable payment conditions enabling the consumer to choose through the tariff system his own role within the appropriate subsystem of the whole energy system.

UMFASSENDE BEDINGUNGEN FÜR EIN STROMPREIS-BERECHNUNGSMODELL

Der Artikel deutet auf unumgängliche Änderungen der Preis- und Tarifpolitik im gesamten Energieversorgungssystem im Lande hin. In den neuentstandenen Umständen sind diese Änderungen eine Vorbedingung jeglicher Eigentumsumbildung und Systemumgestaltung. Am Beispiel der Stromversorgung, den meist verwickelten Energieteilbereich wird ein Minimum am Sachverhalt und Voraussetzungen für folgende Einflußgrößen erörtert: Einführung der Marktwirtschaft, Eigentumsumgestaltung Sicherung der Kapitalanlage-Bedingungen, eigenes Kostentragen, Profit, Produktivitätssteigerung, energiewirtschaftliche Tatkraftigkeit, Einführung einer wirkungsvollen Gesetzgebung, Einführung wirkungsvoller Kriterien für die Qualität der Energielieferung und des Umweltschutzes, Sicherung standhafter Zahlungsbedingungen. Das Tarifsysteem beachtend und innerhalb des erwähnten Minimums am Sachverhalt und Voraussetzungen, wählt der Verbraucher seinen Platz und seine Rolle in ihm passenden Energieversorgungsteilbereich.

Naslov pisaca:

Ivica Toljan, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda,
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska
Mr. sc. Mićo Klepo, dipl. ing.
Energetski institut
"Hrvoje Požar",
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996 – 02 – 16



DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

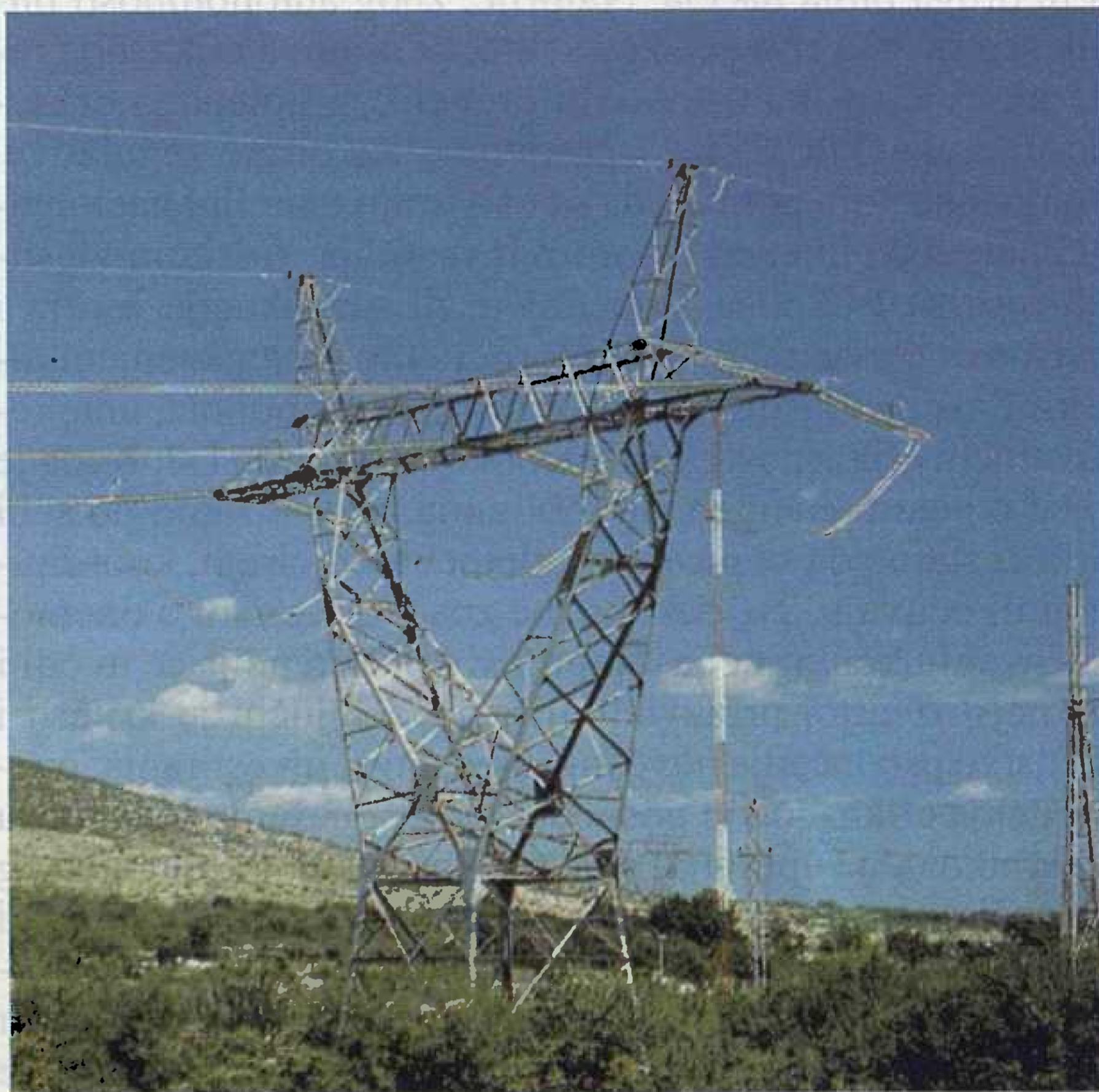
- distribucijske mreže i vodove napona 0,4–500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4–500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4–500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i induksijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brznoj i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



ISO 9001-94

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO — 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment. Installation of electric sub-stations up to 500 kv.

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA

Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325

Fax: ++385-1-530-606, 511-754



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher AkkreditierungsRat
DAR
TGA-ZQ-002/91

PRILOG NOVOM SUSTAVU CIJENA I DORADI TARIFNOG SUSTAVA ZA PRODAJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Mr. sc. Mićo K l e p o, Zagreb

UDK 621.3:338.52
PREGLEDNI ČLANAK

Iznose se neki bitni elementi novog sustava cijena i najnovijeg prijedloga dorade Tarifnog sustava za prodaju električne energije u Republici Hrvatskoj. Također se daje i prijedlog mjera i akcija kojima bi se kroz sustav cijena i tarifnu politiku poboljšali sadašnji neproduktivni odnosi i njihove posljedice, postigla poželjna struktura i karakteristike potrošnje te stvorili preduvjeti za racionalno gospodarenje i efikasne energetske-ekonomske odnose u elektroenergetskom sustavu.

Ključne riječi: cijene električne energije, Tarifni sustav za prodaju električne energije, karakteristike potrošnje, elektroenergetski sustav, energetske-ekonomske odnose

1. UVOD

Nesumnjivo najveći pomak u energetskeom sektoru tijekom proteklih godina restrukturiranja političkog, socijalnog i gospodarskog sustava jest opredjeljenje za postupnim uspostavljanjem realnih cijena energenata. Za gospodarski sustav to bi trebalo značiti znatan napredak prema uspostavljanju tržišnih odnosa te osigurati nužne pretpostavke za početak izgradnje svijesti o potrebi optimiranog, racionalnog gospodarenja energijom po svim energetskeim oblicima ili grupama energije. Međutim, imajući na umu da su politika cijena i tarifna politika najneposredniji iskazi strukturnih, funkcionalnih, ekonomskih, i svih ostalih odnosa u energetici, počevši od investiranja, kupnje, nabave, proizvodnje, preko transporta, prijenosa i distribucije, pa do prodaje i korištenja, može se reći da taj pomak ipak nije bio dovoljno velik. Naime, u gospodarskom smislu pritom nisu učinjeni bitni strukturni organizacijski i funkcionalni pomaci koji se trebaju očitovati boljim i efikasnijim gospodarenjem energetskeim izvorima i samim energentima, povećanjem efikasnosti tehnoloških procesa, postrojenja i opreme, te promjenama u ključnim segmentima proizvodnje, prijenosa, distribucije i prodaje. Politikom uspostavljanja realnih cijena bitno se olakšavaju uvjeti rada i poslovanja, ali za pomak prema uspostavljanju efikasnog sustava politike cijena i tarifne politike, odgovarajuće carinske i porezne politike u energetici, efikasne zakonske regulative u proizvodnji, transportu, distribuciji i prodaji, te usklađivanjem s međunarodnim tržištem energije potrebno je puno više. Namjera je ovoga rada da pridonose tom pozitivnom pomak.

U prvom dijelu rada daje se pregled najvažnijih rezultata istraživanja i razrađuje podloga za prijedlog izmjena i dopuna Tarifnog sustava za prodaju električne energije, uključujući one elemente koji trebaju pridonijeti njegovoj boljoj razumljivosti i adekvatnosti u vremenu i prilikama koji su bitno izmijenjene s obzirom na vrijeme i prilike u kojim je Tarifni sustav uveden i primjenjivan. Pritom se posebna pozornost pridaje poticajnim mjerama za potrošače da se ponašaju racionalno u trošenju električne energije,

pridonoseći sebi i sustavu u cjelini, što se valorizira adekvatnim uštedama u troškovima za električnu energiju koje ih jednoznačno upućuju na interese sustava kao cjeline. Drugi dio odnosi se na analizu kretanja cijena električne energije u Republici Hrvatskoj tijekom primjene Tarifnog sustava koji je na snazi, s elementima koji su prouzročili ili doveli do sadašnjih nepovoljnih i neproduktivnih odnosa u elektroenergetskom sustavu. Ujedno se daje i prijedlog mjera za uklanjanje loših posljedica sadašnjih odnosa, odnosno mjera za ostvarenje sljedećih važnih ciljeva:

- pravilne orijentacije potrošača električne energije, kako bi se putem cijene električne energije postigao ukupan društveni optimum u korištenju resursa u elektroprivredi
- stvaranja uvjeta za poduzetničku aktivnost (ulaganja privatnog i stranog kapitala) u energetskeom sektoru stabilnošću cijene električne energije i postupnom dostizanju ekonomske razine cijena
- postizanja ravnoteže prihoda i rashoda u radu i razvoju elektroenergetskog sustava, težeći pri tome njegovoj što većoj efikasnosti.

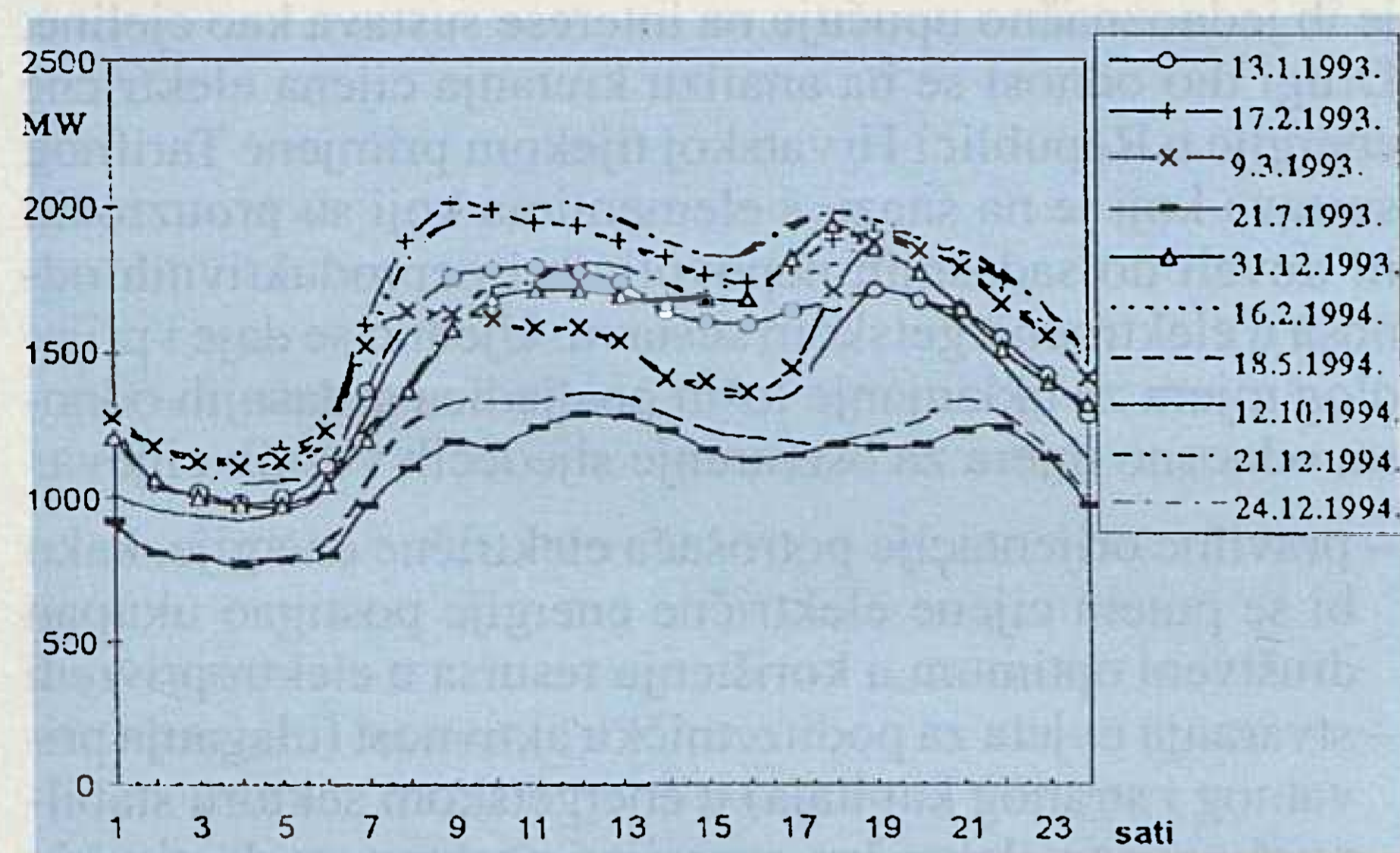
Iznose se također i osnovni rezultati procjena razvoja potrošnje, njezina struktura i karakteristike, te moguće tendencija dugoročnog razvoja. Pretpostavka je da će to razdoblje označiti izlazak iz okruženja ratnih prilika, povećanje gospodarske aktivnosti, porast životnog i svih drugih standarda, što znači i potrošnje električne energije. Riječ je o ključnom trenutku kada se trebaju utvrditi odnosi i ciljevi za vrijeme i uvjete koji dolaze, a s tim u svezi i sredstva, pristup, način i dinamiku kako ih ostvariti. U tom smislu odnose cijena nužno je urediti tako da bi se zaustavio trend pogoršanja dijagrama opterećenje i strukture proizvodnje i nabave, a zatim poticali raspored potrošnje i opterećenja koji odgovaraju raspoloživim kapacitetima te ekonomičnom i racionalnom radu sustava. Pri tome upravljanje potrošnjom i krivuljom opterećenja predstavlja bitnu pretpostavku racionalnog i optimalnog organiziranja i rada sustava, dakle nužni i neodgodivi zahtjev, zbog čega je velika pozornost posvećena poticajnim elementima i upravljačkim mjerama radi njihove promocije i osnaživanja.

2. TARIFNI SUSTAV ZA PRODAJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

2.1. Primjena sadašnjega Tarifnog sustava

Tarifni sustav za prodaju električne energije donijela je Vlada Republike Hrvatske u veljači 1991. godine, a s njegovom primjenom započelo se u travnju 1991. godine. Tijekom njegove primjene struktura i karakteristike potrošnje električne energije u elektroenergetskom sustavu Hrvatske pogoršali su se, pogotovo mjereno odnosom P_{min}/P_{max} i rasporedom pojave vršnih opterećenja sustava (sl. 1, tabl. 1). Taj je omjer dobar pokazatelj pogoršanja racionalnosti gospodarenja električnom energijom, a dugoročno tendencije malih ušteta u izgradnji novih izvora.

Osnovni razlozi pogoršanja oblika dnevnih dijagrama opterećenja, pogotovo pjava prijednevni i popodnevnih vršnih opterećenja i nepovoljnog odnosa P_{min}/P_{max} jesu: rat, pad gospodarske aktivnosti uz gašenje druge i treće smjene, pad životnog standarda i socijalni problemi za većinu stanovništva, gašenje tzv. specijalnih i direktnih potrošača, uništenje i okupiranost proizvodnih i prijenosnih postrojenja uz razdvojenost dijelova sustava, pogoršanje strukture raspoloživih izvora, česte promjene uvjeta plaćanja,



Slika 1. Karakteristični dijagrami opterećenja EES Republike Hrvatske tijekom 1993. i 1994. godine

Tablica 1. Faktori opterećenja i odnos P_{min}/P_{max}

Godina	Faktor opterećenja	P_{min}/P_{max}
1993.	0.8028	0.5534
1994.	0.8155	0.5514

te nedosljedna primjena Tarifnog sustava čija su načela narušena uvođenjem socijalnih kriterija pri formiranju cijena.

Djelovanje Tarifnog sustava mora se promatrati zajedno s djelovanjem svih navedenih utjecaja, ali se zasigurno mogu prepoznati njegovi dominantni utjecaji na pojavu prijednevni vršnih opterećenja sustava između 9. i 14. sata, a tijekom čitave godine. Istina, maksimalna opterećenja sustava manja su za 350 do 400 MW, ali je istovremeno i snaga raspoloživih izvora manja za iznos snage okupiranih i nedostupnih proizvodnih postrojenja, odnosno znatno oštećenih ili uništenih prijenosnih i distributivnih postrojenja.

Sigurno je da će se porastom gospodarske aktivnosti poboljšati oblik dnevnih dijagrama i karakteristika optereće-

nja, ali nužno je te promjene kod potrošača i poticati. Na žalost, kvalitetan i odgovoran odnos prema razini cijene električne energije nije pratio i dobar odnos prema Tarifnom sustavu za prodaju električne energije. Smanjenje tarifnih stavova za kućanstva (napon 0,4 kV), a povećanje gospodarstvu (napon 10 i više kV) nije samo neprihvatljivo sa stručnog aspekta već proizvodi i neracionalnost u ukupnom tehnološkom sustavu proizvodnje, prijenosa, distribucije i potrošnje električne energije. Nužno je u primjerenom roku, ne duljem od godinu i pol, vratiti tarifne stavove na poželjnu razinu odnosa. Socijalni aspekt troškova koji nastaju pri korištenju električne energije treba svesti na ograničeni broj potrošača i razinu potrošnje, te realizirati kroz ukupnu socijalnu politiku Hrvatske. Kao jedno od mogućih rješenja smanjenja troškova za socijalno ugrožene kategorije građana može se primijeniti mjera smanjenja ili oslobađanje od obveze plaćanja poreza.

2.2. Prijedlog izmjena i dopuna Tarifnog sustava za prodaju električne energije

Tarifni sustav temeljno rješava odnose između proizvođača-isporučitelja električne energije s jedne strane, te potrošača s druge strane, ostvarujući temeljna načela da potrošač snosi troškove koje izaziva ovisno u mjestu preuzimanja i načinu korištenja električne energije po iznosu i vremenskoj dinamici. Prijedlozi promjena i dopuna Tarifnog sustava za prodaju električne energije usmjereni su tako da posredno ili neposredno utječu na racionalnost i efikasnost elektroenergetskog sustava, i to: načinom mjerenja potrošne radne energije kod potrošača (uređaji za jednotarifno, dvotarifno i trotarifno mjerenje potrošene radne energije), mjerama koje se poduzimaju radi uvođenja mjerenja i ograničavanja opterećenja kod potrošača (uređaji za mjerenje radne snage, limitatori), te nizom mjera kojima se potrošnja i opterećenje nastoje preusmjeriti u sate nižih opterećenja elektroenergetskog sustava (preraspodjela i upravljanje potrošnjom i opterećenjem). U najvećoj mjeri poštovan je zahtjev da se ne smije narušiti ili poništiti razina postignutih pozitivnih efekata, kao ni dostignuti stupanj pogodnosti koje je ostvario onaj dio potrošača koji se pri korištenju električne energije i snage ponašao u skladu s porukama koje su mu do sada upućivali sustav ili isporučitelj. Ponajviše se tu misli na energetske i ekonomske pogodnosti ili, ukupno gledajući, stupanj racionalnosti na koji se potrošač odlučio.

Tarifni sustav treba biti ishodište poticajnih mjera ograničavanja opterećenja i preraspodjele potrošnje i opterećenja potrošača u sate nižih opterećenja sustava (sati nižih tarifnih stavova). Tada zbog nižih opterećenja elektroenergetskog sustava postoji mogućnost i potreba da se povećanjem minimalnog opterećenja ostvare uvjeti rada koji neće tražiti izlaske iz pogona proizvodnih postrojenja čiji su ulasci i izlasci iz pogona skupi. Da se ne govori o postojanju situacija kada se neka od proizvodnih postrojenja ne mogu prečesto isključivati iz pogona, pa ostaju u pogonu usprkos tome što se istovremeno električna energija prodaje u besćenje okolnim elektroenergetskim sustavima, da bi se samo nekoliko sati kasnije zbog objektivnih razloga (ispada proizvodnih postrojenja i vodova, nedostatak snage i energije, stabilnosti i sigurnosti rada sustava, izbjegavanja još većih troškova u sustavu) kupovala vrlo skupo. To znači da postoje razdoblja i situacije kada je za

sustav opravdano prodavati električnu energiju i po vrlo niskim cijenama, istim ili samo neznatno različitim od onih po kojima se električna energija prodaje okolnim sustavima.

U tom smislu predlaže se i osnažuje više mjera i odrednica, među kojima su najznačajnije sljedeće:

- a) nov način obračuna preuzete jalove energije u slučajevima kada je odnos preuzete radne i jalove energije izrazito malen, tj. nepovoljan (izuzetno mali $\cos \phi$ potrošača),
- b) nov način obračuna minimalne mjesečne obračunske snage potrošača,
- c) uvođenje dodatnog razdoblja važenja viših tarifnih stavova u prijedodnevničkim satima i novi odnosi broja sati važenja tarifnih stavova za prodaju radne energije (sl. 2),
- d) sniženje razine ugovorene snage za popuste na cijene utvrđene tarifnim stavovima kada potrošač izaziva manje troškove u sustavu i prilagođava se zahtjevima isporučitelja,
- e) preuzimanje električne energije iz vlastitih elektrana do 5 MW čiji su vlasnici potrošači,
- f) novi način kategorizacije potrošača prema adekvatnoj godišnjoj potrošnji i angažiranoj snazi,
- g) određivanje obračunske snage prema adekvatnoj godišnjoj potrošnji tekućega obračunskog razdoblja,
- h) znatno pojednostavljenje izraza za obračun mjesečne obračunske snage kod potrošača koji nemaju ugrađen potrošački prekidač ili uređaj za mjerenje snage, te
- i) uvođenje dodatnih pogodnosti i poticaja za potrošnju kojom upravlja isporučitelj.

Tarifni sustav objektivizira troškove koji nastaju u cjelokupnom tehnološkom procesu proizvodnje, prijenosa i distribucije, te ih potrošač kao takve mora prepoznati i prihvatiti. Kad je riječ o podjeli i transformaciji troškova (stalnih i promjenljivih) u svezi sa smislom sadržajem i značenjem izgradnje i rada sustava, potrošač i onda kada se ne koristi električnom energijom (iz bilo kojeg razloga) sudjeluje u stalnim troškovima koji su vezani za izgradnju sustava i za spremnost (raspoloživost) snage koja je potrebna za pokrivanje potreba potrošača u svakom trenutku. U cijenu električne energije uključuju se i odgovarajuća davanja i doprinosi, odnosno porezi koje propisuje i određuje država. Isto tako ona može propisivati i uvoditi i olakšice ili beneficije kada se radi o potrebi da se potaknu

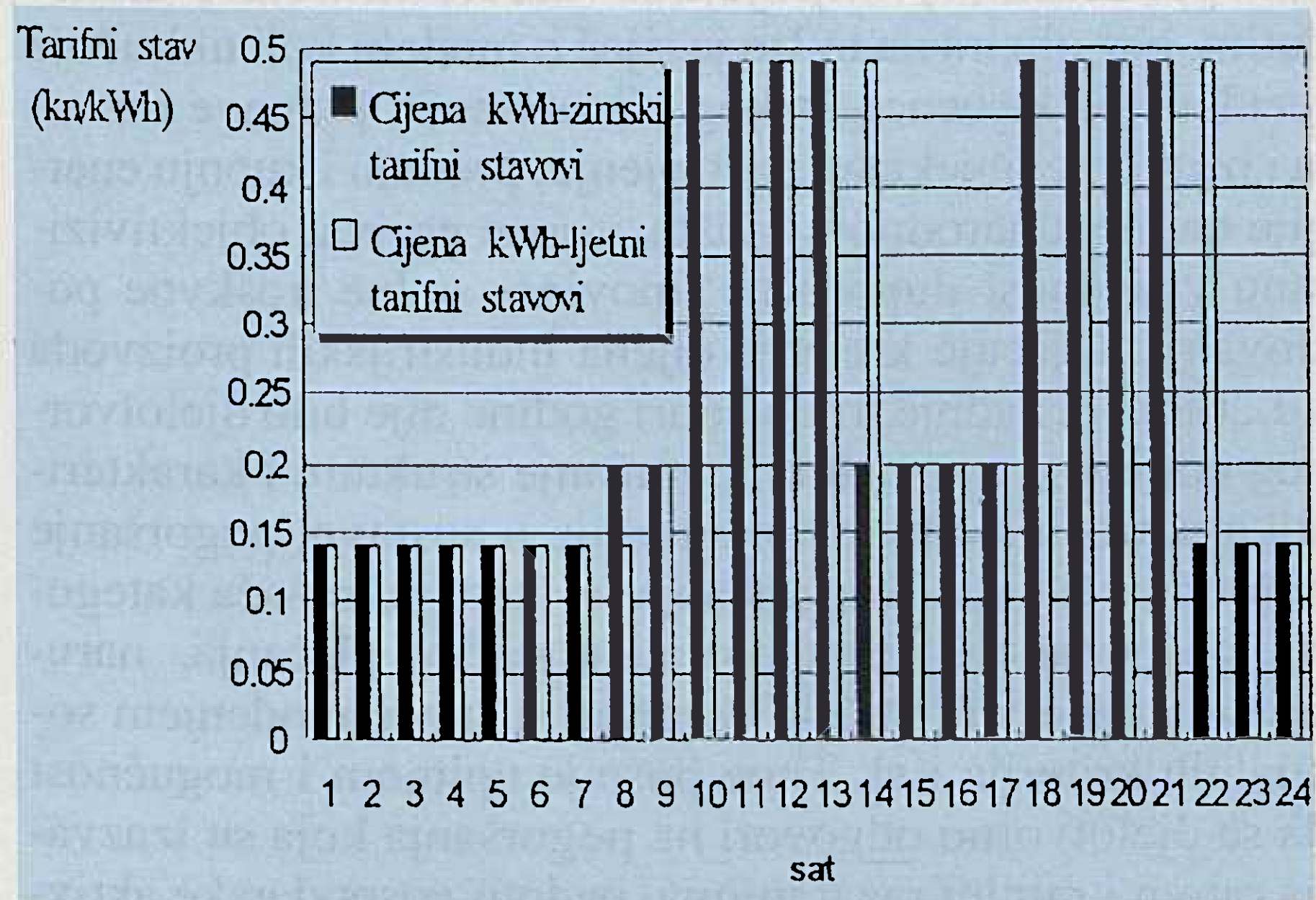
određene promjene u ponašanju potrošača i postignu poželjni odnosi u sustavu, na strani proizvodnje i na strani potrošnje.

Snaga i energija koje se kupuju u satima vršnog opterećenja sustava izuzetno su skupe, a potrošači te troškove pokrivaju tijekom dužeg razdoblja i razmjerno svom udjelu u njihovu nastanku. Za svakog potrošača bilo bi mnogo teže snositi puni iznos troškova koje bi svojim trenutnim uključivanjem s punim opterećenjem u stima vršnog opterećenja sustava mogao izazvati. Tek u zajedničkom radu s ostalim potrošačima u sustavu te postižući niski faktor istovremenosti opterećenja, odnosno visok faktor opterećenja sustava, ostvaruju se uvjeti za smanjenje troškova za angažiranu snagu potrošača. To znači da potrošač mora participirati temeljem obaju navedenih uvjeta kako bi ostvario odgovarajuće smanjenje troškova. Ugradnja limitatora ili uređaja za mjerenje snage jedini je način da se "garantira" određena angažirana snaga potrošača. To vrijedi i onda kada se navedenim uređajima potrošač koristi samo da bi se oslobodio obračunskog dodatka stvarno angažiranoj snazi, tj. kada ostvaruje uštede a da angažiranu snagu ne smanjuje i ne mijenja način ponašanja.

Ekonomске analize pokazuju da se najveći efekti predloženih promjena očekuju u području godišnjih potrošnji do 20 000 kWh, gdje se zapravo i očekuju bitne promjene, pogotovo promjene prihoda HEP-a, odnosno posebno prihoda od kategorije kućanstava, kako je to navedeno u tabl. 2. Naime, uvjete rada i troškove kod potrošača koji godišnje troše preko 20 000 kWh električne energije dominantno određuju poticajne i obvezujuće mjere. Postoci navedeni u toj tablici predstavljaju postotnu promjenu (povećanje) prihoda na razini HEP-a, odnosno posebno na razini kućanstava koje bi izazvalo uvođenje obračuna bez popusta po socijalnim kriterijima (PTS), odnosno po novom Tarifnom sustavu s popustima (NTS-soc) i bez popusta po socijalnim kriterijima (NTS), umjesto sadašnjeg obračuna po sadašnjem Tarifnom sustavu s popustima po socijalnim kriterijima (PTS-soc).

Treba istaći da se u svemu tome ne radi samo o problemu pravednosti ili eventualno matematičke složenosti, nego ekonomskom efektu – troškovima koji se izazivaju načinom rada i kako se ti troškovi određuju i raspodjeljuju svakom potrošaču, o jednoznačnosti poruke kakav treba biti njihov način ponašanja ili kakvu razinu racionalnosti mogu ili trebaju odabrati. Tako, npr., toplinska potrošnja električne energije uzrokuje pogoršanje dnevnog dijagrama opterećenja, a pogotovo odnosa P_{min}/P_{max} , pa je opravdana svaka akcija i mjera za preusmjeravanje te potrošnje u sate minimalnog opterećenja sustava. Dosadašnja istraživanja pokazuju da se udio potrošnje, tj. potrošača u sustavu koji električnu energiju troše i za toplinske namjene kreće od 60 do 70% (efektivno), a optimalno bi bilo od 20 do 40% (sl. 3). To znači da je uz preraspodjelu te potrošnje potrebno djelovati i na njezino smanjenje, ponajprije putem povećanih troškova za potrošnju i pogon koji i na razini sustava izazivaju veće troškove, te adekvatnim sustavom cijena i tarifnom politikom umreženih energenata potičući potrošnju za toplinske namjene u kućanstvima i u uslužnim djelatnostima povoljnijih oblika energije.

Obveza je i odgovornost Hrvatske elektroprivrede, Ministarstva gospodarstva Republike Hrvatske i Vlade Republike Hrvatske da radi mogućih ušteda koje treba očekivati u budućnosti podupiru smanjenje opterećenja dodatnim



Slika 2. Novi raspored tarifnih stavova

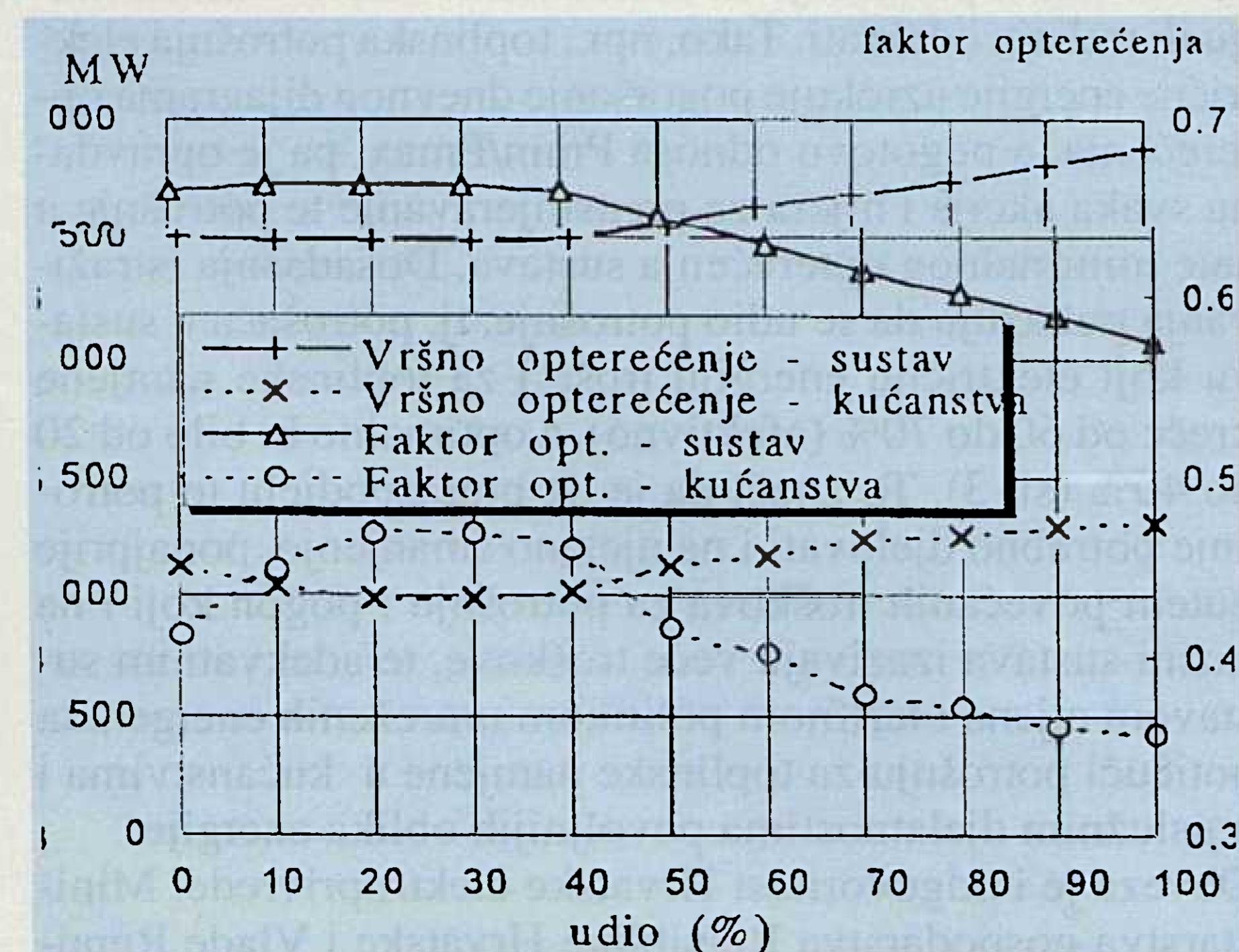
Tablica 2. Postotne promjena ukupnih prihoda HEP i prihoda za kategoriju kućanstava

		HEP PTS-soc	HEP PTS	HEP NTS-soc	HEP NTS	kućanstva PTS-soc	kućanstva PTS	kućanstva NTS-soc	kućanstva NTS
HEP	PTS-soc	0	-13.02	3.92	-10.92				
HEP	PTS	14.97	0	19.47	2.42				
HEP	NTS-soc	-3.77	-16.3	0	-14.28				
HEP	NTS	12.25	-2.36	16.65	0				
kućanstva	PTS-soc					0	-27.1	10.09	-23.46
kućanstva	PTS					37.18	0	51.01	5
kućanstva	NTS-soc					-9.16	-33.78	0	-30.47
kućanstva	NTS					30.65	-4.76	43.82	0

Oznake: PTS-soc – postojeći Tarifni sustav s popustima po socijalnim kriterijima
 PTS – postojeći Tarifni sustav bez popusta po socijalnim kriterijima
 NTS-soc – prijedlog novoga Tarifnog sustava s novim obračunom snage s popustima po socijalnim kriterijima
 NTS – prijedlog novoga Tarifnog sustava s novim obračunom snage bez popusta po socijalnim kriterijima

mjerama, smanjenim porezima i drugim olakšicama, i na druge načine potiču potrošača da ograničava svoja vršna opterećenja, pogotovo u vrijeme vršnih opterećenja sustava. Uvijek treba imati na umu koliko je skupa izgradnja novih proizvodnih, prijenosnih i distributivnih postrojenja i objekata. Rezultati nedavnih istraživanja pokazuju npr. da se promjenom načina ponašanja dijela potrošnje industrijskih potrošača (14.6% do 2000. i 29.2% do 2010. godine) i potrošača iz kategorije kućanstava i uslužnih djelatnosti (6.8% do 2000. i 14.6% do 2010. godine) u smislu promjene načina njihova ponašanja da bi se dobila niža maksimalna opterećenja i bolji faktori opterećenja, ovisno o scenariju razvoja, mogu postići uštedu izgradnje proizvodnih kapaciteta od 230 do 300 MW do 2010. godine. Dakle, radi se o tome da se bez smanjivanja iznosa potrošnje postignu znatno niži troškovi izgradnje. Zbog toga su opravdane sve one mjere kojima se posredstvom Tarifnog sustava relativno jednostavno stvaraju pretpostavke za postizanje ušteda na razini sustava, pogotovo ako su te mjere praćene tek sredstvima koje je potrebno uložiti radi promocije svijesti i informacija, poruka potrošačima, olakšicama i smanjenim porezima na sredstva kojima bi se poticale mjere smanjenja i limitiranja opterećenja i upravljanja potrošnjom.

U svezi s problemom odnosa HEP-a i potrošača, koji ta-



Slika 3. Ovisnosti vršnih opterećenja i faktora opterećenja o udjelu potrošača s toplinskom potrošnjom

kođer mogu biti i veći proizvođači električne energije, interes je i potreba da se razvijaju i grade lokalni izvori električne energije. Pogotovo to vrijedi u slučajevima kada i u tehnološkom procesu postoje uvjeti ili nužnost izgradnje takvih izvora, npr. kada otpad može služiti kao gorivo u proizvodnji električne energije. Osnovno načelo rješavanja u tom slučaju treba biti podjela rizika rada i dobiti, s poticajnim mjerama kojima bi se i kod lokalnih izvora nagradio rad koji je najpovoljniji za sustav, pogotovo ostvarena proizvodnja i opterećenje tijekom vršnih opterećenja sustava.

3. CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

3.1. Kretanje cijena tijekom primjene sadašnjeg Tarifnog sustava

Kada je riječ o cijenama električne energije, Vlada Republike Hrvatske utvrđuje ih po modelu objektiviziranih vrijednosti elektroenergetskih objekata i postrojenja proizvodnje, prijenosa i distribucije. Tim modelom proračunava se i utvrđuje ona razina prosječne cijene koja osigurava sredstva za rad i razvoj osnovne djelatnosti elektroenergetskog sustava Hrvatske. Prosječna cijena znači prosječnu cijenu proizvodnje, prijenosa i distribucije po jedinici isporučene električne energije krajnjim potrošačima, a prema utvrđenom gospodarskom planu. U prodaji energije krajnjim potrošačima primjenjuju se važeći tarifni stavovi. Međutim, bez obzira na to što je riječ o modelu koji uključuje rezultate elektroenergetskog bilanciranja, planove razvoja i izgradnje objekata i postrojenja, prodaju i kupnju energije na međunarodnom tržištu, cijene goriva, objektiviziranu vrijednost dugoročne imovine, stalne troškove poslovanja, utjecaje kretanja cijena industrijskih proizvoda itd., tijekom zadnje tri do četiri godine nije bilo djelotvornog odgovora na znatno pogoršanje strukture i karakteristika potrošnje električne energije u sustavu, pogoršanje odnosa cijena i uvjeta plaćanja na štetu potrošača kategorije gospodarstva, česte promjene načina plaćanja, narušavanja osnovnih načela Tarifnog sustava uvođenjem socijalnih kriterija i sl. Time postaje upitnom i mogućnost da se djelotvorno odgovori na pogoršanja koja su izazvana ratom i ratnim razaranjima, padom gospodarske aktivnosti, gašenjem tzv. velikih potrošača i pogoršanjem struk-

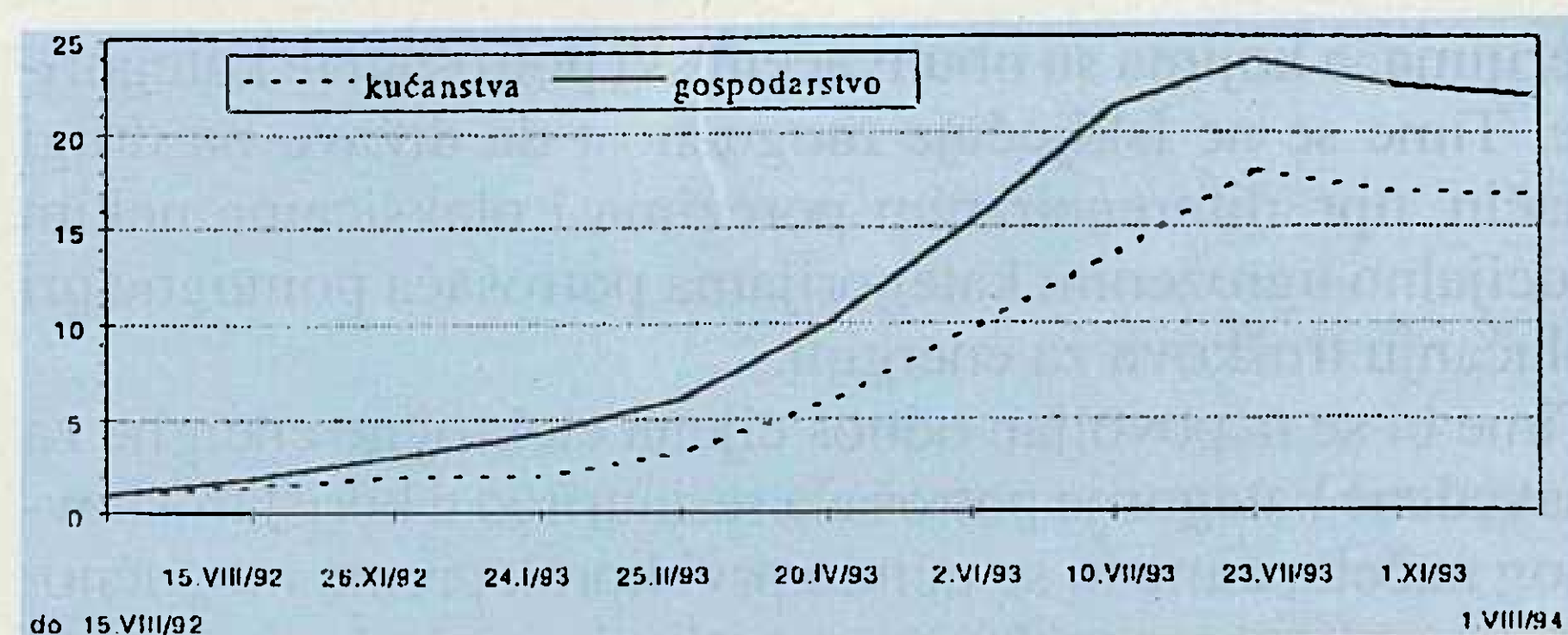
ture raspoloživih izvora i postrojenja. Problem je to teži što to znači odmak od uspostavljanja pretpostavaka za novu strukturu vlasničkih odnosa, za promjenu zakonske regulative i smanjenje uplitanja države, za inozemna ulaganja te za uvođenje tržišnih načela i novih ekonomskih odnosa.

S pogoršanjem odnosa stalnih i promjenljivih troškova u elektroenergetskom sustavu (porast udjela stalnih a pad udjela promjenjivih troškova u sustavu) izgubljena je suštinska veza vrednovanja obračunskih elemenata snage i energije kao važno načelo postojećega Tarifnog sustava. Nastali nerazmjer bitno sužava prostor za upravljačke akcije za smanjivanje ili preraspodjelu vršnih opterećenja sustava. Pojedinačno se potrošačima utvrđuju ili obračunavaju iznosi opterećenja koji su veći (ekvivalentno kratka upotrebna vremena!) od njihovih opterećenja tijekom sati vršnog opterećenja sustava, što bi trebalo jamčiti i adekvatno pokriće stalnih troškova u sustavu. Nasuprot tome, udio prihoda u sustavu s naslova obračunskog elementa snage znatno je manji od udjela prihoda s naslova obračunskog elementa energije. Očito je da je obračunska veličina snage (kW) znatno podcijenjena, pogotovo za potrošnju na 0.4 kV, gdje su još dodatno uvedeni i popusti po socijalnim kriterijima. Prema tome, nužno je znatnim povećanjem troškova obračunskog elementa snage, i tome primjerenim troškovima obračunskog elementa energije, postići novu ravnotežu troškova odnosno prihoda u sustavu. To znači da je riječ o potrebi da se uspostavi potpuno nov tarifni sustav koji će moći djelotvorno rješavati složene odnose u elektroenergetskom sustavu i biti osnova za njihov optimalan razvoj.

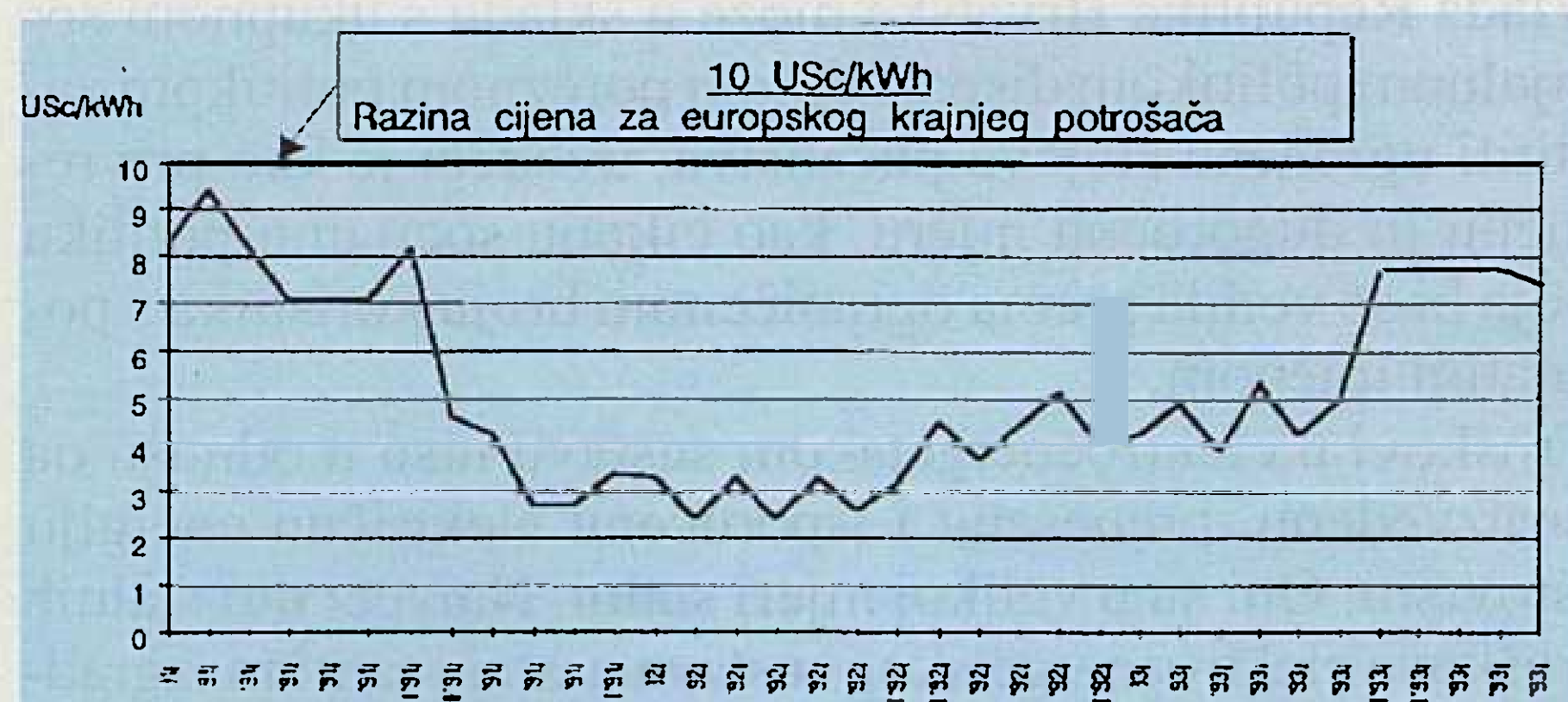
Od donošenja Tarifnog sustava do kolovoza 1992. godine promjene prodajne cijene električne energije kroz tarifne stavove utvrđivane su u jednakim iznosima za sve kategorije potrošača. Od kolovoza 1992. godine vlada Republike Hrvatske je u više navrata, da bi zaštitila ratom i visokom inflacijom ugroženi standard pučanstva, odstupila od tarifnih postulata, donoseći odluke o diferentnim promjenama cijena štiteći potrošače kategorije kućanstava, a na štetu ostalih kategorija potrošnje, pogotovo gospodarstva. To je u konačnici dovelo do odnosa cijena neprimjerenih troškovnim postavkama Tarifnog sustava, tako da potrošači kategorije kućanstava u prosjeku plaćaju nižu cijenu kWh od gospodarstva (sl. 4.a) i b)).

Od srpnja 1993. godine, kada je uvedena devizna klauzula na cijenu kWh kao zaštitna mjera od interne inflacije, Vlada Republike Hrvatske uvela je i popust na prvopotrošenih mjesečnih 150 kWh za potrošače kategorije kućanstava. Otada je i pitanje utvrđivanja cijene električne energije preneseno u odgovornost Upravnog odbora Hrvatske elektroprivrede, koji je zatim utvrdio popust na tarifne stavove u dva navrata (studeni 1993. i kolovoz 1994): za kućanstva ukupno 7%, a za gospodarstvo 8%. Dosegnuta razina prosječnih cijena električne energije bez uključenog poreza iznosi za kućanstva 0.39, a gospodarstvo 0.49 kn/kWh (prosječno 0.44 kn/kWh).

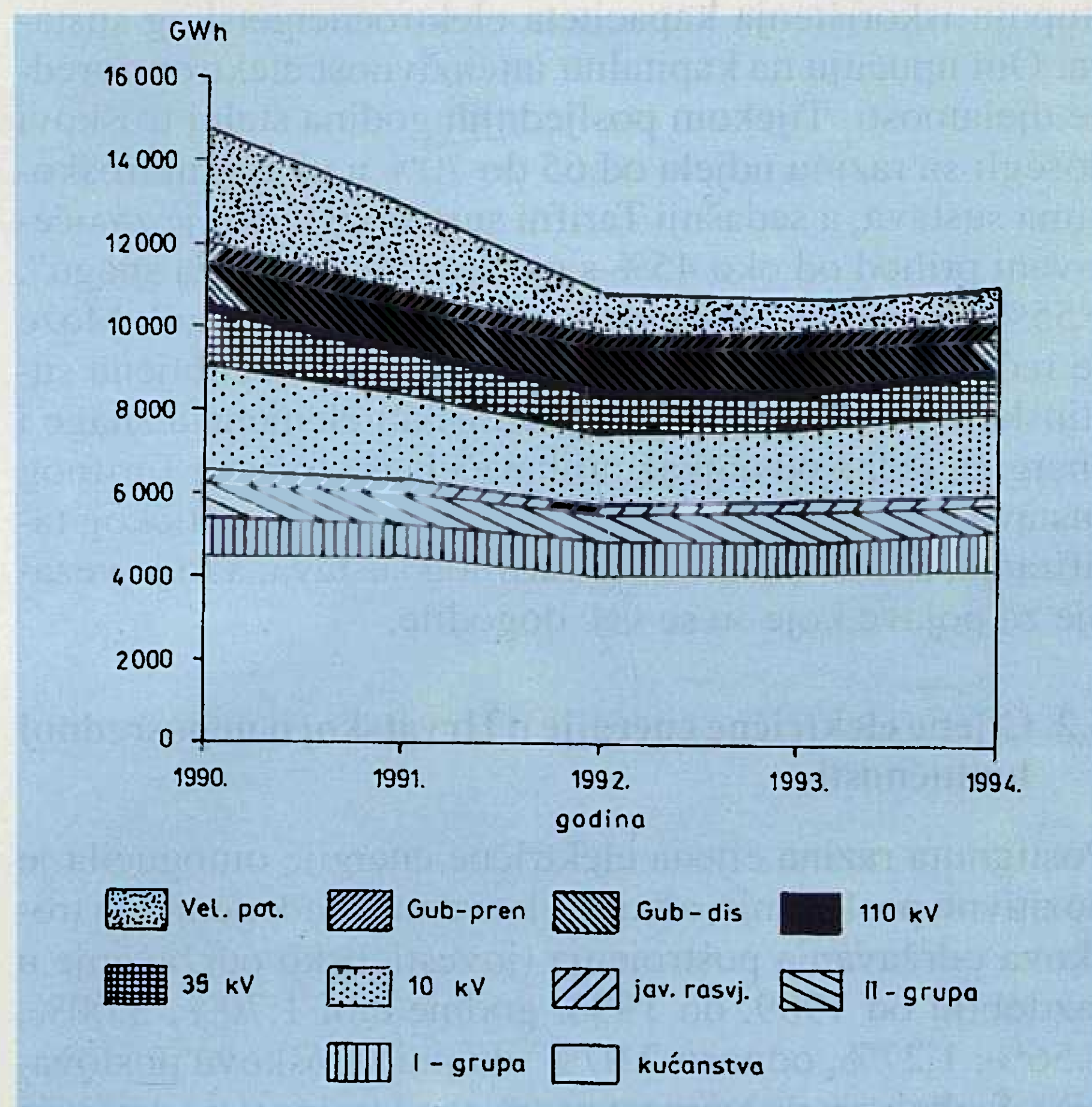
Tijekom ratnih godina, uz ukupan pad potrošnje električne energije u Hrvatskoj za 25%, došlo je do porasta udjela kućanstava u strukturi ukupne potrošnje, s prijeratnih 30-ak posto na sadašnjih 40-ak i više posto (sl. 5). Tako nepovoljna struktura potrošnje, a time i manje efikasno funkcioniranje sustava, dodatno su stimulirani i postojećim nerazmjernom cijena električne energije. U cijene električne



Slika 4a. Relativni porast cijena električne energije za kućanstva i gospodarstvo



Slika 4b. Cijena električne energije (USc/kWh)



Slika 5. Godišnje potrošnje električne energije

energije uvedeni su socijalni parametri kojima su obuhvaćeni svi potrošači, čime su postignuti dodatni negativni učinci zbog nemotiviranosti potrošača da prebacuju potrošnju u sate nižeg opterećenja sustava.

Nižim cijenama posebno su "nagrađena" kućanstva s godišnjom potrošnjom višom od 2 500 kWh (prosječno potrošnje kućanstava u Hrvatskoj), iako znatan dio te energije čini potrošnja za toplinske namjene, tj. grijanje prostorija i pripremu tople vode, i to tijekom sati vršnog opterećenja sustava. Ta potrošnja izrazito nepovoljna za sustav vrednovana je niže (košta manje) od energije koja se isporučuje gospodarstvu, gdje su mogući učinci i koristi korištenja električne energije znatno veći. Zbog toga slijedi puna opravdanost da se kategoriji potrošača kućanstava iz cijene električne energije isključe olakšice po socijalnim kri-

terijima, a kojima su obuhvaćeni svi potrošači te kategorije. Time se ne isključuje mogućnost da država na drugi način, npr. diferenciranim porezima i olakšicama nekim socijalno ugroženim kategorijama potrošača pomogne pri plaćanju troškova za energiju.

Time bi se nepovoljan odnos cijena električne energije za navedene kategorije potrošača restaurirao u korist troškovnog načela, čime bi se učinio prvi korak prema mogućnosti upravljanja potrošnjom, a zatim i racionalnom gospodarenju električnom energijom. Dakako da pri tome treba uzeti u obzir ukupne gospodarsko-socijalne prilike u državi. Vlada Republike Hrvatske može u skladu s ukupnom socijalnom politikom disparitetnom poreznom politikom zaštititi ugrožene slojeve pučanstva, uvodeći je kao privremenu ili dugoročnu mjeru, kao ciljanu socijalnu politiku koja bi se vodila prema ograničenom broju korisnika s poznatim imenom.

Troškovi u elektroenergetskom sustavu nisu u odnosu na proizvedenu, prenesenu i isporučenu električnu energiju istovrsni. Oni su u velikoj mjeri stalni. Najveći dio stalnih troškova elektroenergetskog sustava nastaju samom izgradnjom, odnosno postojanjem proizvodnih, prijenosnih i distribucijskih kapaciteta, tj. nastaju uglavnom neovisno o stupnju iskorištenja kapaciteta elektroenergetskog sustava. Oni upućuju na kapitalnu intenzivnost elektroprivredne djelatnosti. Tijekom posljednjih godina stalni troškovi dosegli su razinu udjela od 65 do 70% u ukupnim troškovima sustava, a sadašnji Tarifni sustav izgrađen je za očekivani prihod od oko 45% s naslova "naknade za snagu", a 55% s naslova "naknade za električnu energiju". Može se reći da je za odnos troškova 70%:30% izgubljena suštinska veza vrednovanja obračunskih elemenata snage i energije, jedno od najvažnijih načela postojećeg Tarifnog sustava. Rezultat je to bitnog nedostatka tzv. statičkog tarifiranja, a time i sadašnjeg Tarifnog sustava, a to je veza za pojave koje su se već dogodile.

3.2. Cijene električne energije u Hrvatskoj u neposrednoj budućnosti

Postignuta razina cijena električne energije omogućila je pozitivno poslovanje, ali uz uvjet veoma podcijenjenih troškova održavanja postrojenja (investicijsko održavanje u razdoblju od 1989. do 1993. godine čini 1.70%, 3.00%, 1.56%, 1.27%, odnosno 2.07% ukupnih troškova poslovanja). S obzirom na tromost promjene i trajnost postrojenja u elektroenergetskom sustavu moguće je određeno vrijeme (dvije do tri godine) odgoditi ulaganja u održavanje s velikom vjerojatnošću da se neće u kratkom roku dogoditi ništa posebno u sigurnosti postrojenja. Ali izbjegavanje ulaganja u održavanje proizvodi kumulativnu rizičnost u radu postrojenja, što može izazvati katastrofalne posljedice, a sigurno izaziva ukupno veće troškove pogona. Izbjegavanje pravovremenog ulaganja u održavanje i rekonstrukciju prijenosne i distribucijske mreže ne utječe samo na kvalitetu isporuke električne energije nego izravno povećava gubitke energije i ukupne troškove. Ekonomskom razinom cijene, njenom stabilnošću, a najviše dobro projektiranim tarifnim sustavom kojemu su temeljna određenja dinamičnost i efikasnost, može se najdjelotvornije utjecati na razinu izgrađenosti sustava u budućnosti.

Razina cijena električne energije za europske karakteristične potrošače, s uključenim porezom, u nekim zapad-

noeuropskim državama prikazana je u tab. 3 i to za kućanstva s godišnjom potrošnjom do 3 500 kWh i industrijske potrošače snage 2.5 MW i faktora opterećenja 40 posto. U politici utvrđivanja cijena električne energije u navedenim državama zajedničko je da je cijena električne energije za kućanstva u odnosu na cijenu električne energije u industriji veća za 41% u Italiji, do 142% u Francuskoj. U Hrvatskoj, uz nižu ukupnu prosječnu cijenu električne energije za karakteristične potrošače, taj je odnos gotovo izjednačen. Dapače, cijena električne energije u industriji veća je od cijene u kućanstvu.

Tablica 3. Cijene električne energije s uključenim porezom (USc/kWh)

Zemlja 1	Kućanstva 2	Industrija 3	Odnos 2/3
Belgija	20.28	9.03	2.24
Francuska	18.28	7.55	2.42
Italija	14.71	10.42	1.41
Nizozemska	12.92	7.08	1.82
Njemačka	19.62	11.89	1.65
Velika Britanija	14.49	8.25	1.76
Hrvatska	8.62	9.18	0.94

Odnosi cijena ovise također i o poreznoj politici. Oporezivanje potrošača za potrošnju električne energije u industriji i kućanstvima prema količini utrošene električne energije primjenjuje se u državama zapadne Europe. Poreznom politikom potrošači se potiču na štednju i racionalno korištenje električne energije. Osnovni poticaj postiže se tarifnim sustavom i ekonomskom cijenom električne energije. Izuzetak je Francuska koja raspolaže viškom električne energije u sustavu zbog viška proizvodnje nuklearnih elektrana, pa nižim poreznim stopama potiče kućanstva na veću potrošnju.

Članice Europske unije oporezuju promet roba i usluga, pa i električne energije posebnim porezom tzv. porezom na dodanu vrijednost – VAT (value added tax). Kada je riječ o električnoj energiji, vrijednosti toga poreza kreću se od 15.0% u Njemačkoj, do 19.5% u Belgiji.

U skladu s energetske politikom razvijenih zemalja i obvezama iz Europske energetske povelje cijene električne energije trebaju odgovarati troškovima proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. U postavljanju energetske politike postavlja se pitanje koji su to troškovi kojima cijene električne energije trebaju odgovarati da bi se vjerno odrazio cilj gospodarskog razvoja Hrvatske. Time se upućuje na činjenicu da cijene električne energije nisu formirane na tržištu, već su to obračunske cijene, koje između ostalog održavanju vrijednost utrošenih sredstava u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije sa stajališta ukupnih nacionalnih i gospodarskih interesa.

Radi stvaranja uvjeta za dobro gospodarenje električnom energijom nužno je barem održati dostignutu razinu njezine ukupne prodajne cijene. Zapravo bi, uz dosljednu primjenu Tarifnog sustava, bilo nužno cijenu potrošenog kWh u kućanstvima bez odlaganja povećati za 24%, a svim ostalim potrošačima smanjiti za 16%. Time bi prosječne cijene bez uključenog poreza za kućanstva bile 0.48 kn/kWh, a za gospodarstvo 0.41 kn/kWh.

Uzme li se za primjer 1995. godina, a polazeći od načela da se cijena električne energije treba zasnivati na troško-

vima koji se temelje na osnovnim ulaznim parametrima iz plana poslovanja za tu godinu, prosječna proizvodna cijena električne energije pokazuje prosječne godišnje troškove po jedinici proizvedene, prenesene i isporučene električne energije od 0.45 kn/kWh. Naime, prema planu poslovanja u toj godini ukupni rashodi redovitog poslovanja EES-a Republike Hrvatske planirani su u visini od 4 966,39 milijuna kn, a ukupna potrošnja električne energije s uključenim gubicima prijenosa u visini 11 022 GWh.

Uzimajući u obzir probleme s kojima je Hrvatska suočena od raspada bivše državne tvorevine, stvaranja samostalne države, rata i tranzicije, dinamike i strukture gospodarskog razvoja Hrvatske, procjenjuje se da će Hrvatska elektroprivreda do 2010. godine trebati osigurati potrošnju od najviše 20 118 TWh. To je za 37% veća potrošnja od one koju je u 1990. godini ova elektroprivreda već ostvarila, tj. 14,7 TWh. Pri procjenama potrošnje pretpostavljeno je da će se voditi politika stabilne i ekonomske cijene energije, te da će se racionalnim gospodarenjem i tehnološkim napretkom omogućiti veću efikasnost energetike i ukupnoga gospodarskog sustava. Pretpostavljen je jedan mogući scenarij izgradnje elektroenergetskog sustava do 2010. godine: dovršetak termoelektrane na uvozni ugljen Plomin 2, dogradnja i izgradnja 560 MW termoelektrana na prirodni plin, 350 MW termoelektrane na uvozni ugljen, te hidroelektrane Novo Virje od 106 MW. Pri tome, nužno će biti revitalizirati termoelektranu Plomin 1 i termoelektranu Sisak, te hidroelektrane Zakučac, Senj, Peruča, Dubrovnik, Vinodol i Orlovac. Moguća je izgradnja još nekih hidroelektrana: HE Omble, HE Kosinj, HE Lešće, HE Podsused, u razdoblju nakon 2000. godine.

Do 2010. godine bit će potrebna izgradnja i novih prijenosnih i distributivnih kapaciteta, a znatan dio mreže, pogotovo distributivne, trebat će revitalizirati, odnosno izgraditi zamjenske objekte.

Kao osnovne podloge za proračun stalnih troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede do 2010. godine uzeti su: objektivizirana nabavna vrijednost materijalne imovine postojećih elektroenergetskih objekata i postrojenja, investicije u revitalizaciju i izgradnju novih objekata i postrojenja do 2010. godine, i realni troškovi održavanja elektroenergetskih objekata.

Izgradnja novih objekata i postrojenja uz realno iskazivanje vrijednosti postojećih kapitalnih dobara izaziva promjenu strukture troškova, povećanje stalnih troškova, a smanjenje promjenjivih troškova zbog izgradnje novih proizvodnih postrojenja s većim stupnjem korisnosti.

Prema strukturi troškova, prosječna dugoročna ekonomska proizvodna cijena električne energije, koja pokazuje prosječne godišnje troškove po jedinici proizvedene, prenesene i isporučene električne energije, uzimajući u obzir određenu nesigurnost u predviđanju, iznosila bi 0.56 kn/kWh (10 USc/kWh) (tabl. 4). Ta cijena je neposredno podložna promjenama cijena na međunarodnom tržištu plina, nafte i ugljena, ali i mogućim promjenama strukture novih izvora.

Cilj je na ravnotežnom odnosu prodajnih cijena i troškova uspostaviti stimulatívno efikasnu politiku cijena i tarifnu politiku. Strateška nacionalna opredjeljenja su iz tog ravnotežnog stanja prihoda i rashoda osigurati sredstva i preduvjete za postizanje racionalnog razvoja i efikasnog funkcioniranja sustava uz aktivnu ulogu potrošača. Kroz njih potrošač najlakše razumijeva potrebu za smanjivanje gu-

Tablica 4. Poželjni scenarij promjene cijena električne energije do 2010. godine

Godina	Prosječna cijena kn/kWh	Povećanje cijena kn/kWh
1995.	0.45	–
1996.	0.45	–
1997.	0.46	0.01
1998.	0.48	0.02
1999.	0.52	0.04
2000.	0,56	0,04
do 2010.	0.56	–

bitaka i nepotrebnog korištenja energije, prilagođava se radu sustava upravljajući i preraspodjeljujući svoju potrošnju u vrijeme kada to za sustav znači najmanje dodatne troškove. Kroz princip neutralnosti za energetske oblike vežu se za sustav realni troškovi, izbjegava favoriziranje korisnika, ali ne i način korištenja, osigurava plaćanje troškova koji su izazvani, te eliminiraju skriveni popusti i neproduktivno izjednačavanje. Pritom je nužno izbjeći da se ravnotežno stanje postiže načelom prodaje fizičke jedinice ili količine energije svim krajnjim potrošačima po istoj cijeni, jer bi to otklonilo potrebu da se bilo što mijenja ili unapređuje, racionalizira ili smanjuje potrošnja, štite resursi i okolina. Na strani sustava to bi značilo put u krajnju neefikasnost i neracionalnost.

Kada je o razvoju riječ, tada se pod tim nikako ne misli na slučajna stanja nastala promjenama faza stanja opreme u smislu podizgrađenosti ili preizgrađenosti kapaciteta, nego na stabilizirani niz optimalnih stanja kao rezultat efikasnog planiranja budućih potreba. Kao primjer može se uzeti trenutni pad i stagnacija energetske potrošnje nekih oblika energije (najizrazitije električne energije), iz čega bi se onda mogao izvesti zaključak o stanju preizgrađenosti, zbog čega bi se onda za neko vrijeme mogle zaustaviti razvojne akcije. Dakako, riječ je samo o privremenom stanju jer je za pokretanje gospodarske aktivnosti i za minimalni razvoj potreban znatan porast potrošnje, za koji bi i bez uništenih i okupiranih postrojenja trebalo pripremiti novu izgradnju i osigurati dodatne izvore energije, a to sve uz trajna velika ulaganja.

Pri realnoj cijeni električne energije otvara se mogućnost, za koju se Hrvatska elektroprivreda opredjelila početkom 1994. godine, da se do razine izbjegnutog troška otkupljuje svaki autonomno proizvedeni kWh. To će poticati autonomnu proizvodnju električne energije u industriji (najčešće kogeneracija), ali i u poduzećima i ustanovama uslužnog sektora, te proizvodnju električne energije i iz obnovljivih izvora energije (biomasa, male hidroelektrane, geotermijska energija, energija vjetar itd.). Može se procijeniti da je mogući doseg autonomne proizvodnje električne energije, izmicanja i smanjenja opterećenja i energetske potrošnje u idućih petnaest godina do 20% i u snazi i u energiji. To za javne mreže iznosi oko 400–450 MW.

4. ZAKLJUČAK – CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE KAO PREDUVJET RACIONALNOG GOSPODARENJA

I razina cijena i odnosi cijena između energenata trebaju biti odraz energetske politike hrvatske države. Razina ci-

jena energenata, iako je povećana u usporedbi s ranijim razdobljima, danas još nije dosegla ekonomsku razinu cijena u zapadnoeuropskim zemljama, što je osnovni preduvjet racionalnog gospodarenja u energetsom sektoru. Osim toga, tek realna cijena energije stvara uvjete za privatno poduzetništvo, bilo strano bilo domaće, u ovu gospodarsku djelatnost.

Cijenama električne energije mora se što prije postići poboljšanje strukture proizvodnje i potrošnje, najizravnije potičući štednju i racionalizaciju u proizvodnji i potrošnji električne energije, zaustaviti pad potrošnje na visokim naponima potičući gospodarski rast, jer to uz sve ostale pozitivne efekte znači nižu cijenu snage, odnosno niže stalne troškove u sustavu. Krajnji rezultat je smanjenje troškova zbog manjih potreba za izgradnjom dodatnih proizvodnih, prijenosnih i distributivnih postrojenja, manja potrošnja ugljena, nafte i plina, zaštita okoline i resursa, itd. Međutim, time se postiže i šira nacionalna korist, jer se manjim investicijama za iste usluge u energetsom sektoru omogućuje više kapitalnih sredstava za ulaganje u dohodovnije gospodarske sektore, te otvaraju nova radna mjesta u aktivnostima na smanjenju potrošnje energije i autonomne proizvodnje energije.

No, ekonomska razina cijena energenata nije i dostatan uvjet racionalnog gospodarenja. Ono će izostati ako odnosi cijena svih energenata nisu u potpunosti usklađeni. To se odnosi i na cijene energenata koji se koriste kao gorivo u termoelektranama, kao i na odnose cijena pojedinih energenata koje vide krajnji potrošači. Za to su potrebni tarifni sustavi za sve umrežene energente, električnu energiju, prirodni plin i javnu toplinu temeljeni na principu da svaki potrošač snosi troškove koje i uzrokuje. Svaka nepravilnost u tarifnom sustavu samo jednog energenta izaziva štetne posljedice u smislu neracionalne potrošnje svih energenata dostupnih na određenom području.

Troškovi izgradnje i pogona elektroenergetskog sustava izuzetno su visoki, a njihova raspodjela na potrošače sve je samo ne jednostavna, a cijenu robe – električne energije – određuju ne samo kvaliteta, mjesto, vrijeme, intenzitet i dinamika preuzimanja nego i uvjeti u sustavu koji se žele postići u pogledu strukture, karakteristika, sigurnosti i troškova proizvodnje, iskorištenja raspoloživih izvora, ali i uvjeti zaštite i unapređenja okoline, socijalni, gospodarski i politički uvjeti društva općenito.

Zbog potrebnih visokih sredstava za razvoj energija kao roba treba biti posljednja preko čijih bi se cijena štitio standard.

Dakako, tek pri ekonomskoj razini cijena energije potrošač može naći interes da ulaže u racionalizaciju potrošnje

električne energije. Štoviše, otvara se golem prostor za poslove u kojima se industrijskim poduzećima te ustanovama i poduzećima uslužne djelatnosti nudi financiranje i izvođenje zahvata za smanjenje potrošnje energije, koji se isplaćuju na temelju ostvarenih ušteda, na korist i potrošača i onog tko nudi i izvodi kompletan energetska servis. Konačno, i energetska poduzeća u planiranju svoga razvoja sigurno mogu utvrditi niz akcija u kojima će trošak uštedene jedinice energije biti manji nego što je trošak jedinice energije koju treba osigurati novom izgradnjom.

LITERATURA

- [1] G. GRANIĆ, L. STANIČIĆ, D. KUČIĆ, M. KLEPO, N. JANDRILOVIĆ, D. PEŠUT, B. JELAVIĆ: "Cijena električne energije u 1995. i u budućnosti", EI "Hrvoje Požar", Zagreb, 1994/95.
- [2] M. KLEPO, N. JANDRILOVIĆ, Ž. RAJIĆ, E. MIHALEK, M. DAMJANIĆ: "Dorada Tarifnog sustava za prodaju električne energije", EI "Hrvoje Požar", Zagreb, 1995.

SUPPLEMENTS TO THE NEW PRICE SYSTEM AND IMPROVEMENT OF THE TARIFF SYSTEM FOR ELECTRIC ENERGY SALE

The article outlines some of the key elements of the price system and the latest proposed supplements to the tariff system for electric energy sale in the Republic of Croatia. The paper proposes measures and actions which would by means of a price system and tariff policy improve the existing unproductive relations and their consequences and achieve a desirable consumption structure and characteristics, resulting in rational management and effective energy-economy relationships within the electric power system.

BEITRÄGE ZUM NEUEN PREISSYSTEM UND ZUR ANFERTIGUNG DER TARIFSATZE FÜR STROMVERKAUFZWECKE

Dargestellt werden einige wesentliche Bestandteile des neuen Preissystems und des neuesten Vorschlages der Aufarbeitung der den Stromverkauf betreffenden Tarifsätze in Kroatien. Um den bestrebten Aufbau und günstige Konsumeigenschaften zu erzielen und Vorbedingungen für ein zweckmäßiges und tatkräftiges Wirtschaften im Verbund zu schaffen, werden ebenso Maßnahmen und Eingriffe vorgeschlagen, welche das Bestehen ertragshemmender Verhältnisse und deren Folgen bekämpfen sollen.

Naslov pisca:

Mr. sc. Mićo Klepo, dipl. ing.

Energetski institut

"Hrvoje Požar"

Ulica grada Vukovara 37,

10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:

1996 – 02 – 12

industrogradnja d.d.



POGON KOMBINIRANIH KABELSKO-NADZEMNIH VODOVA

Goran Jerbić, Zagreb

UDK 621.315.2.005

STRUČNI ČLANAK

U članku je izložena analiza utjecaja polaganja drugog 110 kV kabela na potezu Dugi Rat–Nerežišće na elektroenergetske prilike, posebno njegov utjecaj na naponski profil duž kombinirane kabelsko-nadzemne 110 kV petlje južnodalmatinskih otoka. Pozornost je više pridana analizi mogućih utjecaja raznih pogonskih stanja na naponske prilike negoli samom planiranju izgradnje mreže i pravilnom odabiru presjeka kabela. Pa ipak, provjereni su i neki karakteristični slučajevi napajanja u maksimumu opterećenja i s tim u vezi kontrola strujnih opterećenja kabela i vodova.

Ključne riječi: napon, kabel, nadzemni vod, mreža 110 kV.

1. UVOD

Iskustva iz pogona kombinirane kabelsko-nadzemne 110 kV veze Zakučac–Ston ukazivala su na pojavu vrlo visokih napona u kasnim noćnim satima u TS Nerežišće koji su povremeno prelazili vrijednosti 130 kV. Tako visoki naponi pojavljivali su se iznimno pri uklopnim stanjima karakterističnim za otvaranje petlje Zakučac–Ston zbog ispada pojedinih dionica kao i za vrijeme popravka 110 kV kabelske dionice Dugi Rat–Postira.

Rekonstrukcijom 110 kV voda HE Zakučac–Dugi Rat na standardni presjek 240 mm² Al/Če, polaganjem drugog novog 110 kV kabela Dugi Rat–Lozna mala presjeka 400 mm² Cu i izgradnjom nadzemne dionice Lozna–Nerežišće standardnog presjeka 240 mm² Al/Če pojačana je kabelska veza Dugi Rat–Nerežišće najosjetljiviji dio južnodalmatinske otočne veze Zakučac–Ston.

U članku je izložena analiza utjecaja polaganja drugog 110 kV kabela na potezu Dugi Rat–Nerežišće na elektroenergetske prilike, posebno njegov utjecaj na naponski profil duž kombinirane kabelsko-nadzemne 110 kV petlje južnodalmatinskih otoka. Pozornost je više posvećena analizi mogućih utjecaja raznih pogonskih stanja na naponske prilike negoli samom planiranju izgradnje mreže i pravilnom odabiru presjeka kabela. Pa ipak, provjereni su i neki karakteristični slučajevi napajanja za maksimuma opterećenja i s tim u vezi kontrola strujnih opterećenja kabela i vodova.

2. ELEKTROENERGETSKE PODLOGE

2.1. Potrošnja

Dosadašnja iskustva iz pogona elektroenergetskog sustava ukazuju nam na potrebu razmatranja najmanje dva u naponskom smislu interesantna slučaja koja se pojavljaju u normalnom pogonu prijenosne mreže: stanje **maksimalnih opterećenja** prijenosne mreže i s tim vezanih niskih napona u mreži, i stanje **minimalnog opterećenja** mreže, najčešće popraćeno s problemima visokih napona.

Maksimum

Za potrebe analize elektroenergetskih prilika na modelu prikupljeni su raspoloživi podaci o ostvarenom minimal-

nom i maksimalnom opterećenju čvorova prijenosne mreže Dalmacije u 1994. godini i to za mjesec svibanj (u kojem je ostvaren minimum opterećenja) i prosinac (u kojem je ostvaren maksimum opterećenja). Prikupljeni podaci uspoređeni su s podacima o stupnju opterećenja i iskorištenosti transformatora koji se po čvorovima prijenosne mreže iskazuju u godišnjem “Izvještaju o poslovanju” Direkcije za upravljanje i prijenos HEP-a.

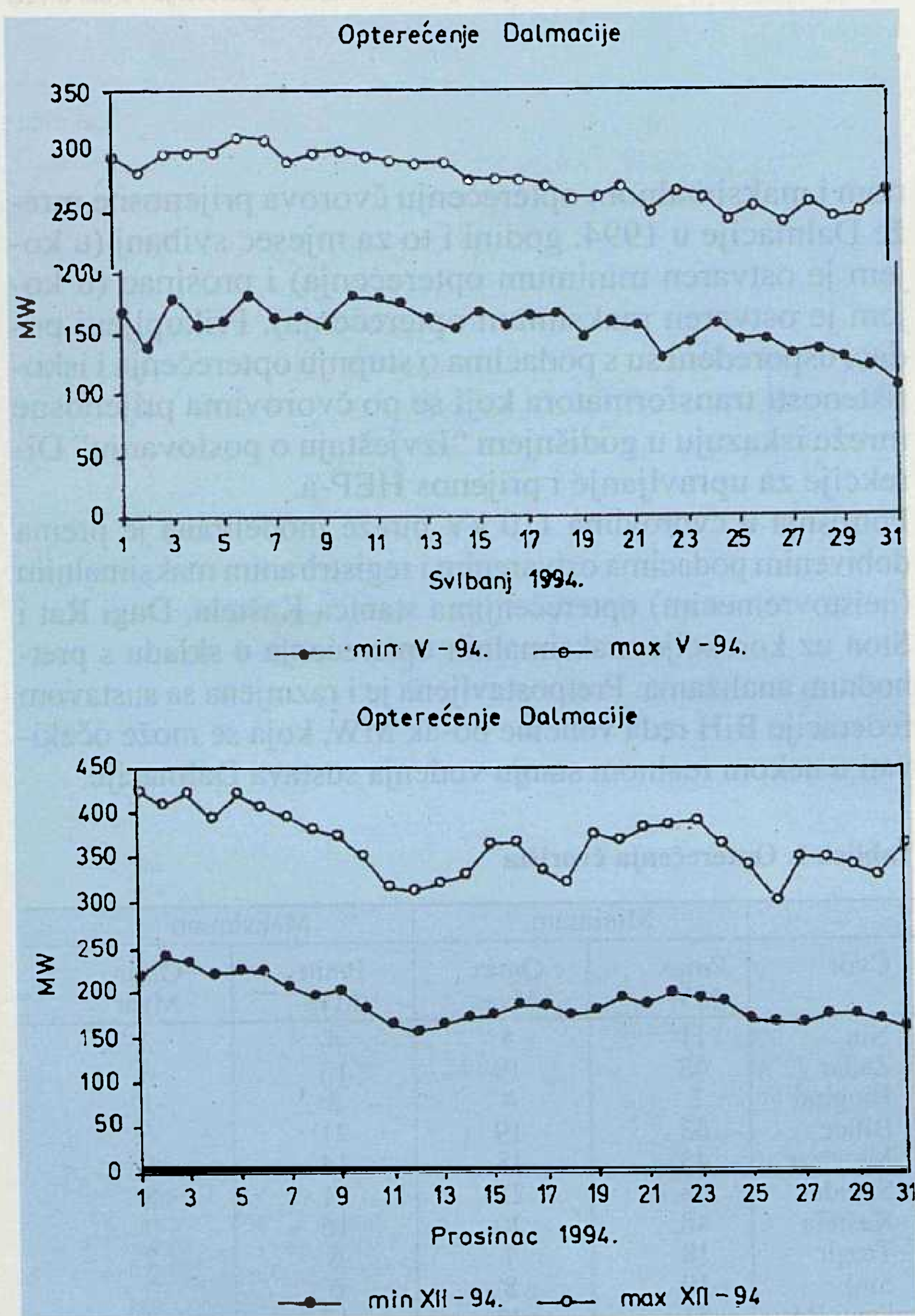
Potrošnja u čvorovima 110 kV mreže modelirana je prema dobivenim podacima ostvarenim i registriranim maksimalnim (neistovremenim) opterećenjima stanica Kaštela, Dugi Rat i Ston uz korekcije maksimalnih opterećenja u skladu s prethodnim analizama. Pretpostavljena je i razmjena sa sustavom federacije BiH reda veličine 60-ak MW, koja se može očekivati u nekom realnom stanju vođenja sustava Dalmacije.

Tablica 1. Opterećenja čvorišta

Čvor	Minimum		Maksimum	
	Pmax MW	Qmax Mvar	Pmin MW	Qmin Mvar
Nin	11	5	4	2
Zadar	48	19	16	6
Biograd	8	4	3	1
Bilice	63	19	21	6
Meterize	43	18	14	6
Sučidar	63	25	21	8
Kaštela	48	20	16	7
Trogir	18	7	6	2
Sinj	19	8	6	3
Dugi Rat	51	22	17	7
Nerežišća	9	4	3	1
Starigrad	8	3	3	1
Blato	12	5	4	2
Kraljevac	1	1	0	0
Imotski	11	4	4	1
Makarska	16	7	5	2
Opuzen	20	8	7	3
Ston	19	7	6	3
Komolac	28	11	9	4
Ukupno	496	196	165	66
Neum	2	1	1	0
Čapljina	10	4	3	1
Ljubuški	9	4	3	1
Čitluk	7	3	2	1
Grude	12	5	4	2
Mostar	18	7	6	2
Ukupno	58	24	19	7

Minimum

Stanje minimuma opterećenja prijenosne mreže znatno je interesantnije s gledišta procjene maksimalno mogućih napona na dionici južne otočke veze. Radi procjene opterećenja po čvorovima 110 kV mreže u minimumu potrošnje analizirali smo ostvarena satna opterećenja i na temelju njih odredili dnevne minimume i maksimume konzuma Dalmacije, i to za mjesec svibanj, srpanj, kolovoz i prosinac 1994. godine. Sa dijagrama (sl. 1) može se vidjeti da je tijekom promatranog razdoblja ukupno opterećenje bilo u granicama 150–450 MW. Za potrebe analize naponskih prilika na modelu prijenosne mreže odabran je odnos minimalnog i maksimalnog opterećenja 1:3 i prema tom omjeru reducirana je potrošnja po čvorištima za stanje minimuma, kolona Pmin i Qmin u tablici 1.



Slika 1. Kretanje dnevnih minimuma i maksimuma opterećenja Dalmacije za mjesec svibanj i prosinac 1994. godine

2.2. Proizvodnja

Angažman elektrana na modelu prijenosne mreže usklađen je s uobičajenim angažiranjem elektrana u elektroenergetskom sustavu Dalmacije (tablica 2).

2.3. Mreža

Modelirana je kompletna 110 i 220 kV prijenosna mreža Dalmacije s dijelom prijenosne mreže federacije BiH do čvora Mostar. Veze prema Mostaru ostvaruju se 400 kV

Tablica 2. Angažiranje elektrana

Elektrane	U sustav				Na modelu			
	minimum		maksimum		minimum		maksimum	
	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
HE Orlovac	50	–	237	–	54	–23	148	48
HE Đale	5	–	40	–	10	0	20	0
HE Zakučac	50	–	486	–	44	–31	258	98
HE Dubrovnik	55	–	108	–	58	–12	96	19
HE Kraljevac	–	–	50	–	12	0	12	1
HE Peruča	–	–	–	10	0	10	0	0
PE Dujmovača	–	–	52	–	–	–	22	1
Ukupno	160	–	973	–	188	–66	573	167

Izvor podataka: HEP Direkcija za upravljanje i prijenos
Prijenosno područje Elektroprijenos – Spli

vodom Konjsko–Mostar (u pogonu pod 220 kV), 220 kV vodovima Zakučac–Mostar, HE Dubrovnik–Trebinje i 110 kV vodovima Imotski–Grude i Opuzen–Čapljina. Zbog oštećenja 400 kV stanice Mostar, vod Konjsko–Mostar u pogonu je pod naponom 220 kV vezan preko jednog 220 kV voda Mostar–Čapljina na HE Čapljina. Drugim vodom HE Čapljina vezana je na Mostar. Nakon rekonstrukcije HE Dubrovnik, jedan od dva njezina agregata radi na Trebinje. Drugi agregat, onaj vezan na 10 kV, napaja Komolac. Stari vod 110 kV Komolac–Trebinje izvan je pogona. Prijenosna mreža elektroenergetskog podsustava Dalmacije analizirana je u izoliranom pogonu. Kao regulacijski čvor odabrana je HE Zakučac sa pretpostavljenim naponom 236 kV u maksimumu opterećenja i 244 kV u minimumu opterećenja.

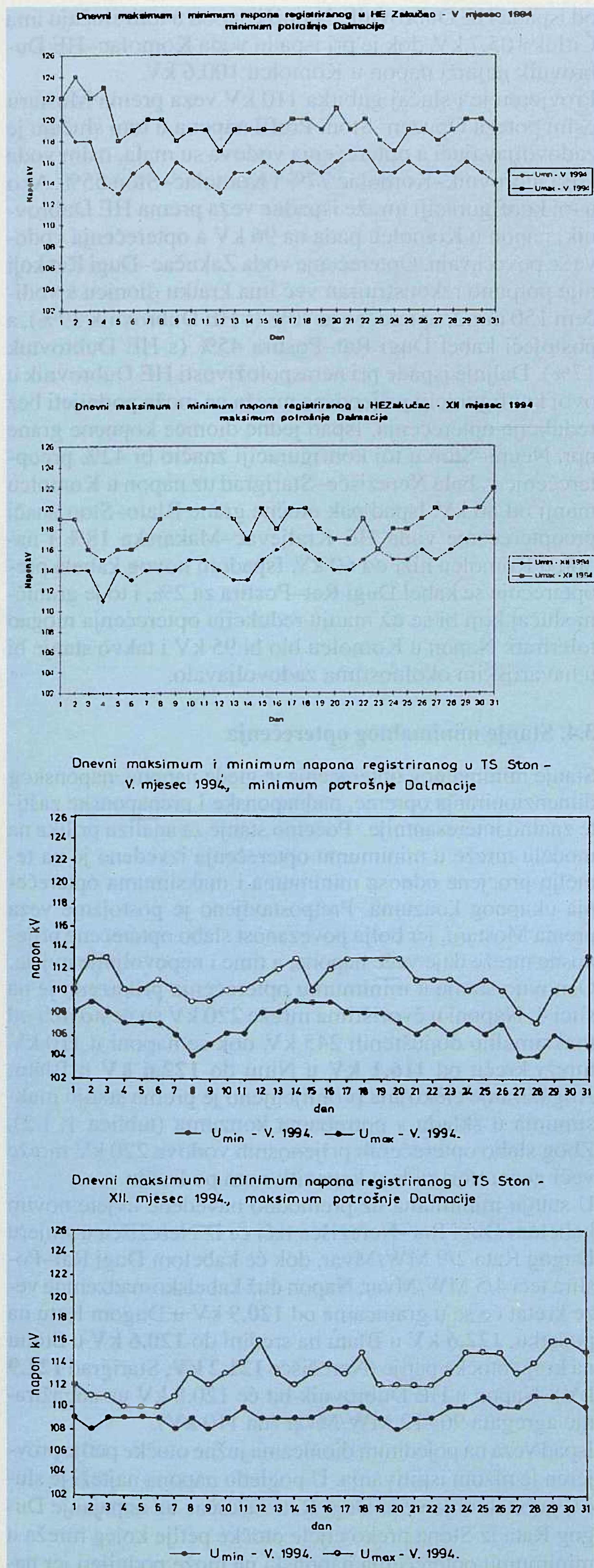
2.4. Naponske prilike

Naponi na početku i kraju kablensko-nadzemne veze Zakučac–Dugi Rat–Starigrad–Blato–Ston prema prikupljenim podacima i maksimumima satnih očitavanja napona prikazani su za mjesec svibanja i prosinac na slici 2. Napon u Zakučcu u granicama je od 113 do 124 kV u mjesecu minimalnog opterećenja, odnosno 111–123 kV u mjesecu maksimalnog opterećenja. Prosjek ostvarenih minimuma napona u Zakučcu je 115.5 kV za svibanj, odnosno 114.8 kV za prosinac, dok je prosjek ostvarenih maksimuma napona 119.5 kV za svibanj i 118.5 kV za prosinac. Ostvaren napon u Stonu kretao se u granicama 104–113 kV u svibnju, odnosno 108–116 kV u prosincu. Prosjek ostvarenih minimuma napona u Stonu bio je 106.8 kV za svibanj odnosno 109.4 kV za prosinac, dok je prosjek ostvarenih maksimuma napona bio 110.9 kV za svibanj i 113.0 kV prosinac.

3. ISPITIVANJA NA MODELU

3.1. Korištena metoda i program

Za proračun tokova snaga korišten je program FLOWC – standardni program za proračun tokova snaga razvijen u CESI-u (Centro elettrotecnico sperimentale italiano). Program koristi Newton-Raphson metodu za rješenje jednadžbi mreže a predviđen je za proračun elektroenergetskih mreža na osobnim računalima do veličine 5 000 čvorova, 8 300 vodova. Prednost programa je mogućnost automatskog ispitivanja prijenosne mreže prema n-1 kriteriju s indikacijom



Slika 2. Kretanje minimuma i maksimuma napona u krajinim točkama južno dalmatinske otočke petlje HE Zakučac i TS Ston, tijekom mjeseca svibnja i prosinca 1994. godine

Izvor: HEP Direkcija za upravljanje i prijenos
Prijenosno područje "Elektroprijenos" Split

moćnog preopterećenja vodova i transformatora, odstupanja napona u čvorovima i generacije radne i jalove snage generatora od pogonskog dijagrama. Program ima dodatnu mogućnost direktnog povezivanja sa NEWDYN programom za proračun stabilnosti elektroenergetskog sustava.

3.2. Kriteriji ispitivanja

Primjenom n-1 kriterija na zadanu konfiguraciju mreže potrebno je zadovoljiti sljedeće uvjete normalnog rada prijenosne mreže:

1. Naponi u čvorištima moraju biti unutar dopuštenih granica.
2. Strujna opterećenja vodiča ne smiju prekoračiti trajno dopuštenu granicu.
3. Strujna opterećenja transformatora ne smiju prekoračiti trajno dopuštene granice.
4. Angažman generatora mora se kretati unutar dopuštenog područja pogonskog dijagrama.

Dopuštene granice napona u prijenosnoj mreži ovisno o nazivnom naponu mreže dane su u tablici 3. Donja granica napona u prijenosnim mrežama nazivnog napona 110 i 220 kV izuzetno može biti i niža od navedenih ovisno o mogućnostima regulacije napona transformatorima sa regulacijom pod opterećenjem, kao i maksimalno dopuštenim strujnim opterećenjima vodova i transformatora. Gornja granica dopuštenih napona u mreži definirana je maksimalnim dopuštenim naponom opreme prema važećem standardu za napone HN N.A2.001/1989 "Standardni naponi" (odnosno IEC Publikacijom 38/1983).

Tablica 3. Trajno dopuštena odstupanja napona

Prijenosna mreža	Minimalni napon	Nazivni napon	Maksimalni napon
110 kV	99 kV	110 kV	123 kV
220 kV	198 kV	220 kV	245 kV
400 kV	360 kV	400 kV	420 kV

Termička granica dopuštene opteretivosti vodiča nadzemnih vodova na modelu prijenosne mreže određena je prema "Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih vodova" za maksimalno dopuštene temperature vodiča 80 °C i okoline 40 °C uz korekciju dozvoljenih strujnih opterećenja prema DIN 48204/1974 tablica 4. Izuzetak je rekonstruirani vod Ston-Komolac sa "crnim vrućim vodičem" BTAL/STAL 154/19 mm² kod kojeg trajno dopuštena maksimalna temperatura vodiča prema DIN VDE 0103/IV iz 1988. iznosi 150 °C i trajno podnosi struju od 787 A. Tako visoka dopuštena zagrijavanja vodiča međutim nisu primijenjena pri rekonstrukciji spomenutog voda zbog mogućeg narušavanja minimalnih sigurnosnih udaljenosti. Maksimalno dopuštena struja navedenog vodiča za maksimalnu temperaturu vodiča 100 °C iznosi 600 A zbog minimalnih dopuštenih udaljenosti vodiča od okoline. Podaci o maksimalno dopuštenoj struji kabela uzeti su prema katalogu proizvođača kabela. Novopoloženi kabel Dugi Rat-Lozna mala prema specifikaciji proizvođača ima trajno dopuštenu struju od 610 do 645 A, ovisno o načinu polaganja (kabel položen u trolist ili u ravnini). Parametri kabela su sljedeći:

Dugi Rat–Postira

3 x 95 mm² Cu
 Rd = 0.185 Ω/km
 Xd = 0.220 Ω/km
 Cd = 180 nF/km
 I_{max} = 350 A
 dužina = 8.02 km

Dugi Rat–Lozna mala

3 x 400 mm² Cu
 Rd = 0.047 Ω/km
 Xd = 0.160 Ω/km
 Cd = 160 nF/km
 I_{max} = 645 A
 dužina = 8.25 km

Glede najviših dopuštenih opterećenja transformatora, instalirana snaga transformacije mora biti tako dimenzionirana da u slučaju ispada bilo kojeg transformatora u stanici opterećenja preostalih transformatora ne prelazi 20% njihove nazivne snage (dopušteno kratkotrajno preopterećenje koje obično tolerira proizvođač).

Tablica 4. Maksimalna trajno dopuštena struja nadzemnih vodova i kabela 110 kV

	Nazivni presjek	I _{max}
Vod	150/25 mm ² Al/Če	440 A
	150 mm ² Cu	480 A
	154/19 mm ² BTAI/Če	600* A
	240/40 mm ² Al/Če	605 A
Kabel	360/57 mm ² Al/Če	780 A
	95 mm ² Cu	350 A
	150 mm ² Al	365 A
	300 mm ² Cu	525 A
	400 mm ² Cu	645 A
	1000 mm ² Al	740 A

* zbog minimalnih sigurnosnih udaljenosti vodiča

3.3. Stanje maksimalnog opterećenja

Stanje prijenosne mreže u maksimumu prikazano je na slici 3. U stanju maksimuma, uz prethodno navedene uvjete novim kabelom Dugi Rat–Nerežišće teći će u smjeru Nerežišća 11/-8 MW/Mvar, dok će paralelno njemu kabelom Dugi Rat–Postira teći 7/-11 MW/Mvar. Napon duž kablско-nadzemne veze kretat će se u granicama od **116.0 kV** u Dugom Ratu na početku do **114.5 kV** u Stonu na kraju petlje (Nerežišće 116.0 kV, Starigrad 116.1 kV i Blato 116.0 kV). Napon je u HE Dubrovnik 119.4 kV uz angažiranje agregata 96/22 MW/Mvar. Visoko je opterećen vod HE Dubrovnik–Komolac 77%, zatim kod Meterize–Vrboran 58%, Komolac–Ston 55%, Zakučac–Meterize 45%, Ston–Neum 40% i Neum–Opuzen 38% trajno dopuštene struje.

Najniži napon u prijenosnoj mreži za polazno stanje maksimalnog opterećenja mreže jest 94.8 kV u Ninu. Opterećenje voda Bilice–Biograd dosiže 98% termičke granice (75/43 MW/Mvar) a pad napona na cijelom potezu od Bilica do Nina iznosi **11 kV**. Problem niskih napona u Ninu u doba maksimalnih opterećenja rješava se prebacivanjem opterećenja Zadra i Nina na sjevernu otočku petlju i njihovim napajanjem preko Novalje, Raba iz stanice Krk.

Ispad pojedinih dionica južne otočke petlje provjeren je nizom ispitivanja. Najteži je slučaj gubitak obje veze Dugi Rat–Zakučac kada napon u Dugom Ratu pada na nedopustivo niskih 75 kV. Ispad preostalih dionica u maksimumu opterećenja ne predstavlja problem u glede napona u čvorovima i opterećenja vodova i kabela

Dodatno su provjerene prijenosne mogućnosti mreže za ispad transformacije 220/110 kV Mostaru i neraspoloživost HE Dubrovnik. Ispad transformacije u Mostaru unatoč pretpostavljenoj razmjeni naponski je povoljniji slučaj

od ispada HE Dubrovnik. Najniži napon u tom slučaju ima Čitluk 105.7 kV, dok je pri ispada voda Komolac–HE Dubrovnik najniži napon u Komolcu 100.6 kV.

Provjeren je i slučaj gubitka 110 kV veza prema Mostaru osim poteza Opuzen–Ston. Profil napona u tom slučaju je zadovoljavajući a opterećenja vodova su mala, osim voda HE Dubrovnik–Komolac 77% i Komolac–Ston 55%. Ako u toj konfiguraciji mreže ispadne veza prema HE Dubrovnik, napon u Komolcu pada na 96 kV a opterećenja vodova se povećavaju. Opterećenje voda Zakučac–Dugi Rat koji nije potpuno rekonstruiran već ima kratku dionicu s vodičem 150 mm², opterećen je 70% (s HE Dubrovnik 39%), a postojeći kabel Dugi Rat–Postira 45% (s HE Dubrovnik 17%). Daljnje ispade pri neraspoloživosti HE Dubrovnik u ovoj konfiguraciji prijenosna mreža ne može podnijeti bez redukcije opterećenja. Ispad jedne dionice kopnene grane npr. Neum–Ston u toj konfiguraciji značio bi 42% preopterećenje kabela Nerežišće–Starigrad uz napon u Komolcu manji od 80 kV. Ispad pak otočne grane Blato–Ston znači preopterećenje voda HE Kraljevac–Makarska 18% i napon u Komolcu niži od 60 kV. Ispadom novog kabela preopterećuje se kabel Dugi Rat–Postira za 2%, i to je granični slučaj koji bi se uz manju redukciju opterećenja mogao tolerirati. Napon u Komolcu bio bi 95 kV i takvo stanje bi u havarijskim okolnostima zadovoljavalo.

3.4. Stanje minimalnog opterećenja

Stanje minimalnog opterećenja je glede napona, naponskog dimenzioniranja opreme, nadnaponske i prenaponske zaštite znatno interesantnije. Početno stanje za analizu prilika na modelu mreže u minimumu opterećenja izvedeno je na temelju procjene odnosa minimuma i maksimuma opterećenja ukupnog konzuma. Pretpostavljeno je postojanje veza prema Mostaru, jer bolja povezanost slabo opterećene prijenosne mreže daje veće napone, a time i nepovoljnije uvjete. Osnovno stanje u minimumu opterećenja prikazano je na slici 4. Naponi u čvorištima mreže 220 kV su nešto niži od maksimalno dopuštenih 245 kV, dok se naponi u 110 kV mreži kreću od **116.1 kV** u Ninu do **122.6 kV** u Blatu. Angažiranje elektrana promijenjeno je prema stanju maksimuma u skladu s potrebama konzuma (tablica 1. i 2). Zbog slabo opterećenih prijenosnih vodova 220 kV mreže veći generatori rade u kapacitivnom području.

U stanju minimuma uz prethodno navedene uvjete novim kabelom Dugi Rat–Nerežišće teći će iz Nerežišća u smjeru Dugog Rata 2/9 MW/Mvar, dok će kabelom Dugi Rat–Postira teći 4/5 MW/Mvar. Napon duž kablско-nadzemne veze kretat će se u granicama od **120.9 kV** u Dugom Ratu na početku, **122.6 kV** u Blatu na sredini do **120.6 kV** u Stonu na kraju otočke petlje (Nerežišće **121.2 kV**, Starigrad **121.9 kV**). Napon u HE Dubrovnik bit će 120.8 kV uz angažiranje agregata 96/-12 MW/Mvar (na 110 kV).

Ispad veza na pojedinim dionicama južne otočke petlje provjeren je nizom ispitivanja. U pogledu napona najteži je slučaj gubitak obje veze Dugi Rat–Zakučac uz napajanje Dugog Rata iz Stona preko cijele otočke petlje kojeg mreža u minimumu opterećenja naponski ne može podnijeti jer napon u Dugom Ratu raste na nedopustivo visokih **132.2 kV** (što je 7% iznad trajno dopuštenih 123 kV). Naponi i u drugim stanicama južne otočke petlje su u tom slučaju kudikamo iznad dopuštenih (Nerežišće 132.2 kV, Starigrad 132 kV, Blato 130.0 kV, Ston 123.1 kV). Dakako, ovdje je riječ

o ispadu dvaju vodova, što nije dosljedno primijenjen kriterij planiranja mreže ali pretpostavimo li da je inicijalno bio jedan vod Zakućac–Dugi Rat izvan pogona, tada bismo pri ispadu i drugog voda imali navedene prilike u mreži. Ispad druge dionice južne otopke veze Dugi Rat–Nerežišće u minimumu opterećenja također ukazuje na problem u pogledu napona u čvorovima. Maksimalni napon u Nerežišću sada je **130.0 kV** (Starigradu 129.9 kV, Blatu 128.9 kV) (vidi sliku 5). Za smanjenje napona u Nerežišću na iznos maksimalno trajno dopuštenog napona prema standardu **123 kV** treba apsorbirati **11.6 Mvar**, dok za smanjenje napona na iznos koji bi se mogao tolerirati u ovoj konfiguraciji s obzirom na mogućnost regulacije transformatorom pod teretom 126.5 kV trebalo apsorbirati **5.9 Mvar**. Nešto niži naponi, ali još uvijek znatno iznad maksimalno dopuštenih 123 kV, pojavljuju se pri ispadu dionice Nerežišće–Starigrad (napon u Starigradu 127.8 kV, Blatu 127.2 kV). Ispadi dionica Starigrad–Blato i Blato–Ston ne izazivaju povećanje napona iznad maksimalno dopuštenih u stanju minimuma opterećenja. Dodatno je za konfiguraciju minimalnog opterećenja provjeren u slučaj ispada voda Opuzen–Neum, koji također ne izaziva povećanje napona duž petlje Zakućac–HE Dubrovnik.

4. UZROK POVIŠENJU NAPONA

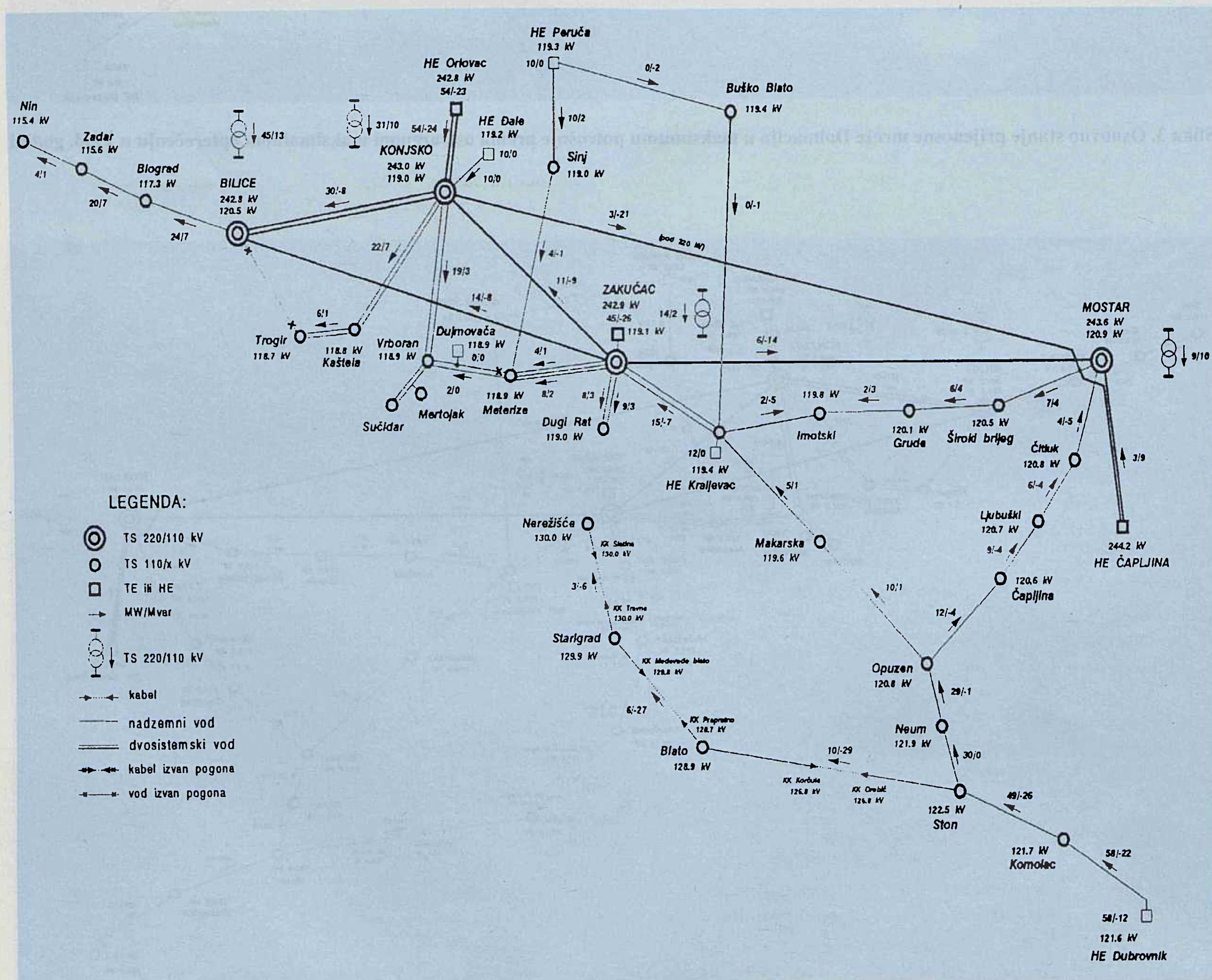
Kapacitivno opterećen vod

Osnovni uzrok povišenju napona uzduž kablско-nadzemne otopke petlje koji se pojavljuju u provedenim analizama pogonskih stanja jest kapacitivno opterećenje dionica nadzemnih vodova. Najveći porast napona pojavljuju se na najduljim dionicama nadzemnih vodova (na potezu **Blato–Ston 7.7. kV**) i to u minimumu opterećenja za slučaj gubitka veze Zakućac–Dugi Rat (Blato 130.9 kV, Ston 123.2 kV, pri opterećenju kabela Orebić–Korčula 28/–41 MW/Mvar), zatim **6.4 kV** u slučaju gubitka veze Dugi rat–Nerežišće (10/–29 MW/Mvar) i **5.1 kV** za slučaj gubitka veze Nerežišće–Starigrad (7/–23 MW/Mvar). Konkretno, u našem slučaju, maksimalno povišenje napona uz kapacitivno opterećenju kablско nadzemnu dionicu **7%** iznad maksimalno trajno dopuštenih 123 kV.

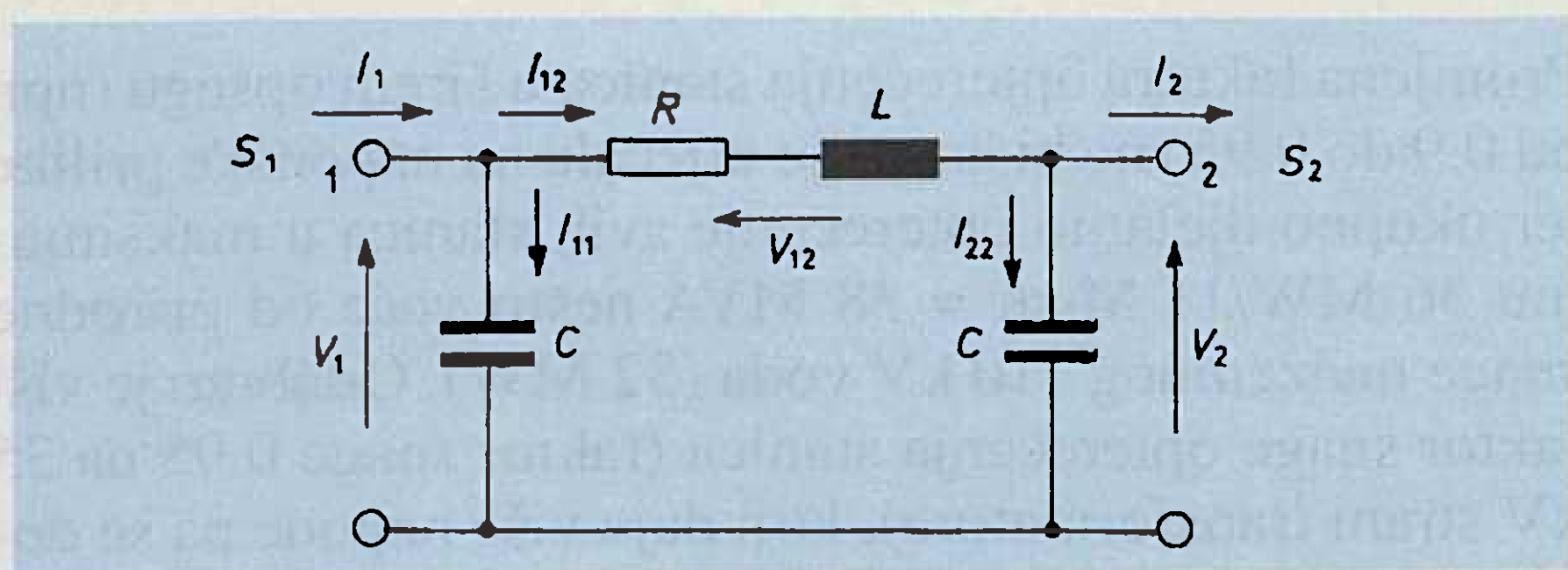
Razmotrimo pojavu povećanja napona za slučaj gubitka veze Dugi Rat–Zakućac prema slici 6, za nadzemnu dionicu voda Ston–Orebić na modelu voda prema Π -shemi. Prilike na početku voda su sljedeće:

$$U_1 = 123.174 \text{ kV} / - 2.922^\circ$$

$$S_1 = 29.2125 - j39.7179 \text{ Mva}$$



Slika 5. Stanje prijenosne mreže Dalmacije u minimumu potrošnje pri ispadu vodova Dugi Rat–Nerežišće



Slika 6. Nadomjesna Π-shema voda

na kraju voda:

$$U_2 = 128.276 \text{ kV} / -5.903^\circ$$

$$S_2 = 28.2895 - j40.6310 \text{ Mva}$$

Parametri tipskog 110 kV voda 240/40 mm² Al/Če su:

jedinični po km:

$$R_1 = 0.120 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X_1 = 0.406 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$B_1 = 2.81 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$$

$$d = 49.81 \text{ km}$$

ukupni:

$$R = 5.98 \text{ } \Omega$$

$$X = 20.22 \text{ } \Omega$$

$$B = 139.96 \text{ } \mu\text{S}$$

$$Z = 21.09 / 73.53^\circ \text{ } \Omega$$

$$Y = 139.96 / 90^\circ \text{ } \mu\text{S}$$

Za četveropol na nadomjesnoj shemi voda prema slici 6 vrijede sljedeći izrazi za odnose snage napona i struja:

$$S_1 = 3 V_1 \cdot I_1^*$$

$$V_1 = U_1 / \sqrt{3} = 71114.54 / -2.922^\circ \text{ V} = 71022 - j3625 \text{ V}$$

$$I_1 = S_1 / \sqrt{3} U_1 = 231.1 / 50.74^\circ \text{ A} = 146.24 + j178.95 \text{ A}$$

$$I_{11} = V_1 \cdot Y / 2 = 71114.54 / -2.922^\circ \cdot 139.96 \times 10^{-6} / 2 / 90^\circ =$$

$$I_{11} = 4.98 / 87.08^\circ \text{ A}$$

$$I_{12} = I_1 - I_{11} = 231.1 / 50.74^\circ - 4.98 / 87.08^\circ =$$

$$I_{12} = 227.2 / 50.00^\circ \text{ A}$$

$$V_{12} = Z \cdot I_{12} = 21.09 / 73.53^\circ \cdot 227.2 / 50.00^\circ =$$

$$V_{12} = 4789.06 / 123.53^\circ \text{ V}$$

$$V_2 = V_1 - V_{12} = 71022.08 - j3625.16 - (-2645.61 + j3991.98) \text{ V}$$

$$V_2 = 73667.69 - j7617.14 \text{ V} = 74060.44 / -5.903^\circ \text{ V}$$

$$I_{22} = V_2 \cdot Y / 2 = 74060.44 / -5.903^\circ \cdot 139.96 \times 10^{-6} / 2 / 90^\circ =$$

$$I_{22} = 0.533 + j5.155 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{22} = 145.98 + j173.97 - 0.53 - j5.16 =$$

$$I_2 = 145.45 + j168.82 \text{ A}$$

$$U_2 = \sqrt{3} V_2 = 128276 / -5.903^\circ \text{ V} = 127596 - j13192 \text{ V}$$

Vidimo dakle da je linijski napon na kraju kapacitivno opterećene dionice voda Ston-Orebić viši od napona na početku voda za iznos:

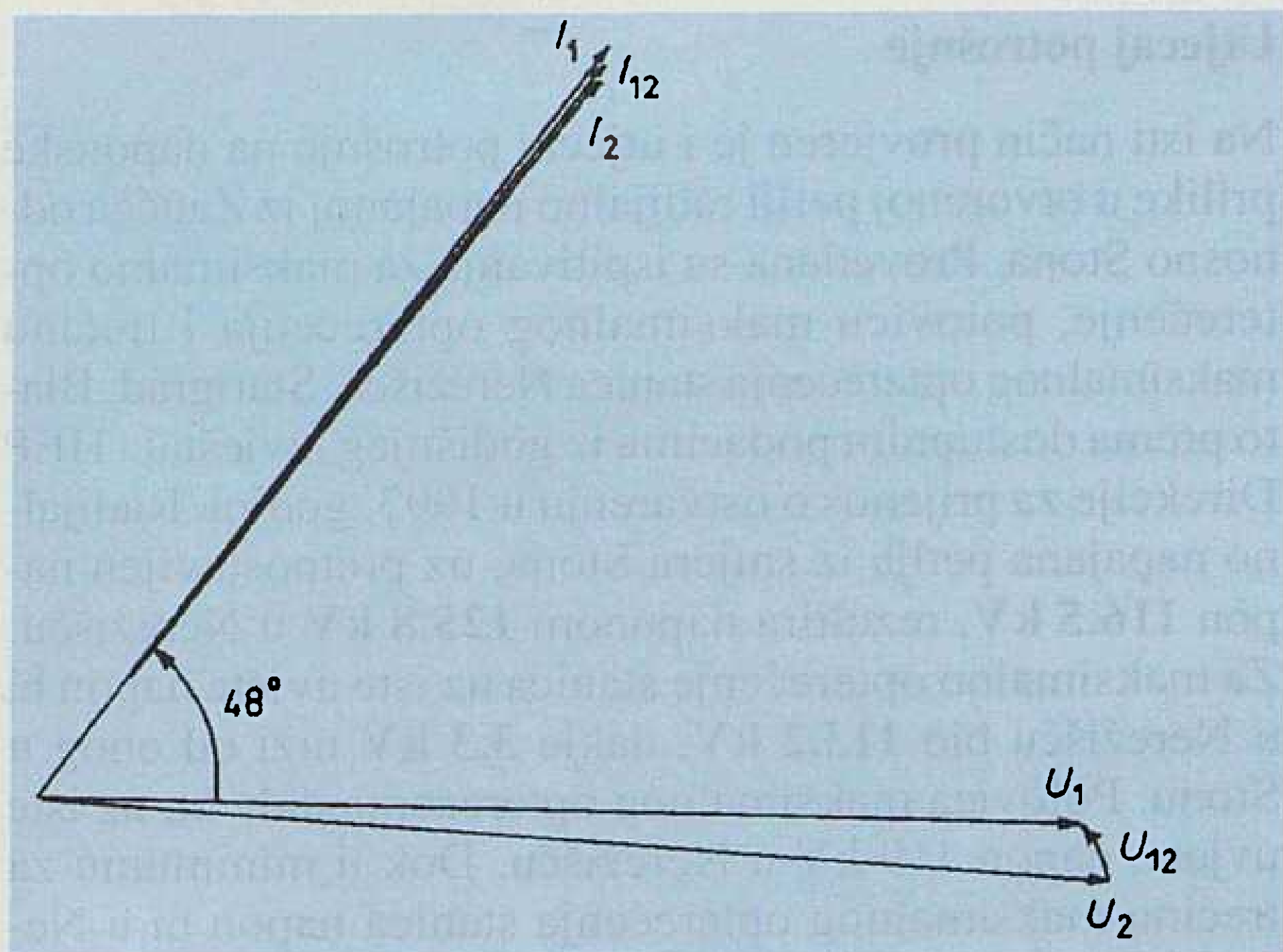
$$U_{12} = U_1 - U_2 = 123013 - j6279 - 127596 + j13192 =$$

$$U_{12} = 4583 + j6913 \text{ V}$$

$$U_{12} = 8294 / 123.53^\circ \text{ V}$$

Prikažemo li struje i napone vektorskim dijagramom, dobivamo odnose prikazane na slici 7. Struje I_1 i I_2 na vektorskom dijagramu razlikuju se za iznos kapacitivnih struja I_{11} i I_{12} , koje nisu prikazane radi preglednosti.

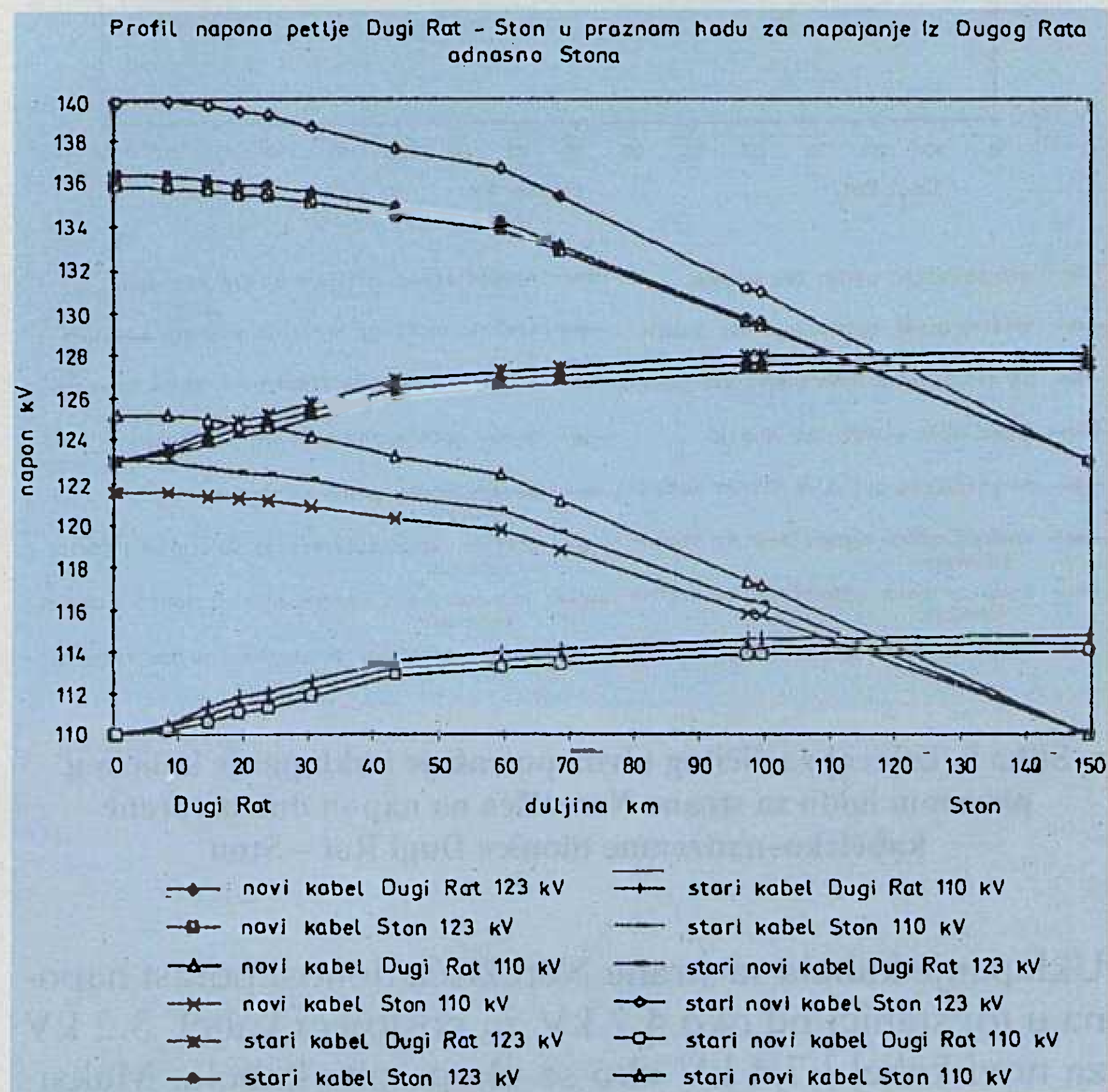
Teorijski su razmotrene i najnepovoljnije naponske prilike koje bi se mogle pojaviti ako bi se napon iz Stona želio prosljediti do stanice Dugi Rat novim kablom bez opterećenja stanica na navedenoj dionici. Povišenje napona u konkretnom slučaju doseglo bi **12.9 kV** za maksimalni dopušten pogonski napon u Stonu (123 kV), napon u Dugom Ratu bio bi **135.9 kV** ili **10%** veći od maksimalno trajno dopuštenog napona opreme. Sličan slučaj, ali nešto povoljniji glede na-



Slika 7. Vektorski dijagram kapacitivno opterećene dionice voda Ston - KK Orebić pri ispadu veze Zakućac - Dugi Rat za stanje u minimumu opterećenja prema slici 5.

ponskih prilika može se pojaviti ako se napon želi prosljediti iz Dugog Rata prema Stonu. U tom slučaju naponske prilike su nešto povoljnije jer najduže dionice nadzemnog voda nisu zaključene kapacitivnim opterećenjem, već su u praznom hodu. Povišenje napona u tom slučaju je uz maksimalno trajno dopušten pogonski napon u Dugom Ratu (123 kV) **4.7 kV**, što daje napon od **127.7 kV** u Stonu, (sl. 8).

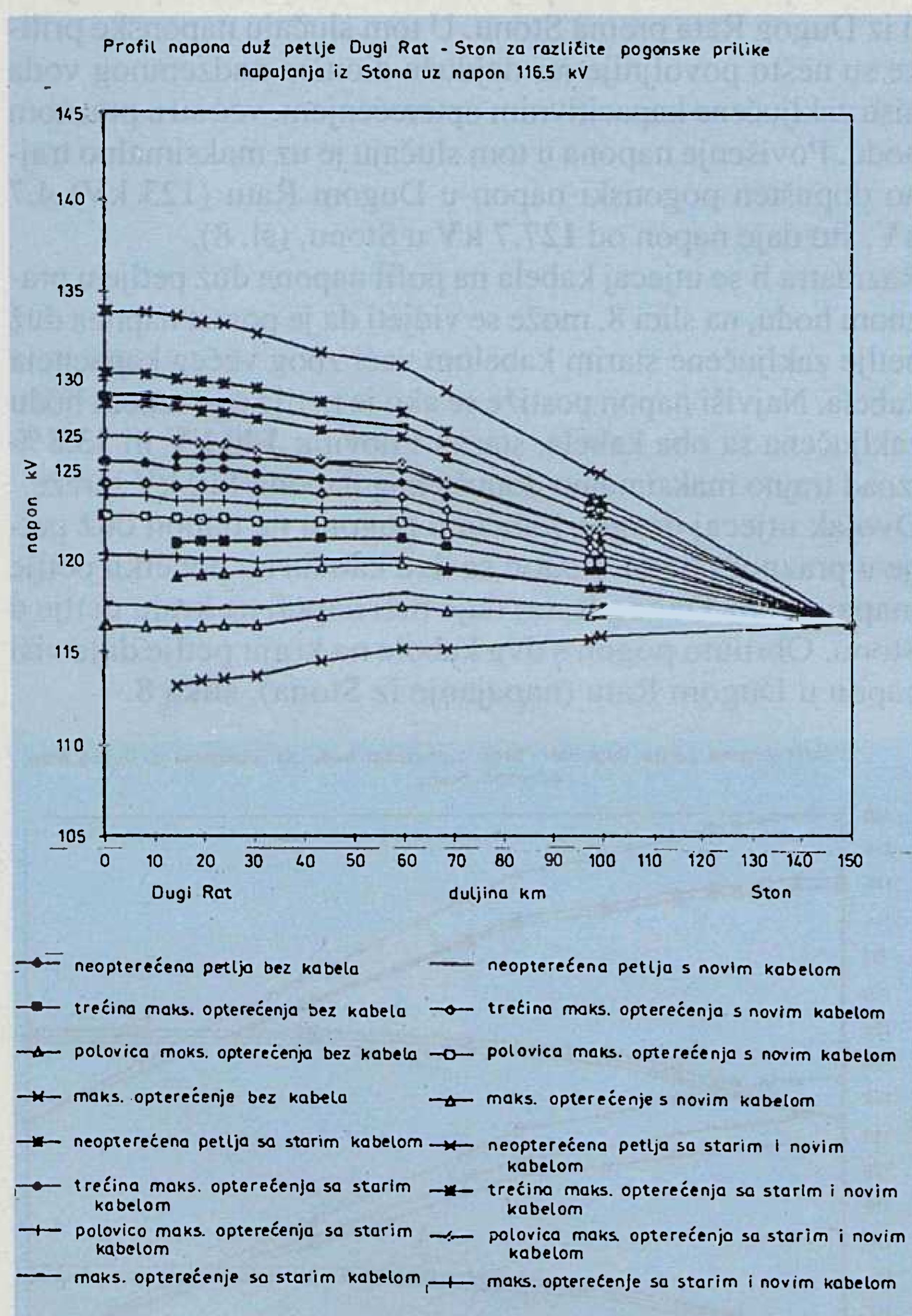
Razmatra li se utjecaj kabela na profil napona duž petlje u praznom hodu, na slici 8. može se vidjeti da je porast napona duž petlje zaključene starim kablom veći zbog većeg kapaciteta kabela. Najviši napon postiže se ako je petlja u praznom hodu zaključena sa oba kabela, starim i novim: **140 kV** ili **13.8%** iznad trajno maksimalno dopuštenog napona 110 kV mreže. Dvojak utjecaj drugog kabela u pogonu na napon duž petlje u praznom hodu. Pogon sa dva kabela na početku petlje (napajanje iz Dugog Rata) daje niži napon na kraju petlje u Stonu. Obrnuto pogon sa dva kabela na kraju petlje daje viši napon u Dugom Ratu (napajanje iz Stona), slika 8.



Slika 8. Profil napona duž južnodalmatinske otočke petlje u praznom hodu za napajanje iz Dugog Rata odnosno Stona uz nazivni i maksimalno dopušten napon

Utjecaj potrošnje

Na isti način provjeren je i utjecaj potrošnje na naponske prilike u otvorenoj petlji radijalno napajanoj iz Zaučca odnosno Stona. Provedena su ispitivanja za maksimalno opterećenje, polovicu maksimalnog opterećenja i trećinu maksimalnog opterećenja stanica Nerežišća, Starigrad, Blato prema dostupnim podacima iz godišnjeg izvještaja HEP Direkcije za prijenos o ostvarenju u 1993. godini. Radijalno napajana petlja iz smjera Stona, uz pretpostavljen napon 116.5 kV, rezultira naponom 125.8 kV u Nerežišću. Za maksimalno opterećenje stanica uz iste uvjete napon bi u Nerežišću bio 113.2 kV, dakle 3.3 kV niži od onog u Stonu. Polovica maksimalnog opterećenja dala bi, uz iste uvjete, napon 119 kV u Nerežišću. Dok u minimumu za trećinu maksimalnog opterećenja stanica napon bi u Nerežišću iznosio 120.9 kV. Varijacije napona na kraju otvorene petlje bile bi 7.7 kV, ovisno o razini opterećenja. Promjena opterećenja od maksimalnog opterećenja petlje do praznog hoda daje promjenu napona od 12.6 kV (sl. 9).



Slika 9. Utjecaj različitog nivoa potrošnje i uklapanje kabela u praznom hodu sa strane Nerežišća na napon duž otvorene kablensko-nadzemne dionice Dugi Rat – Ston

Uklapanje kabela sa strane Nerežišća donosi porast napona u toj stanici od oko 4.2 kV za postojeći kabel, 3.2 kV za novi kabel i 7.4 kV ako se ukope oba kabela. Maksimalni napon na drugom kraju kabela u praznom hodu u Dugom Ratu u tom je slučaju 130.1 kV za postojeći kabel, 129.0 kV za novi kabel i 133.7 kV za oba kabela.

Promjena faktora opterećenja stanica u širem opsegu (npr. od 0.9 do 0.95) ne bi znatnije utjecala na naponske prilike jer ukupno djelatno opterećenje svih stanica u maksimumu 36 MW/11 Mvar = 38 MVA nešto veće od prirodne snage nadzemnog 110 kV voda (32 MW). Odabran je viši faktor snage opterećenja stanica (faktor snage 0.95 na 35 kV strani transformatora), koji daje više napone pa se dobivene vrijednosti mogu smatrati gornjom granicom.

5. ZAKLJUČAK

Analiziran je utjecaj različitih pogonskih prilika na profil napona duž kombinirane kablensko-nadzemne otopke petlje Zakučac–Dugi Rat–Nerežišće–Starigrad–Blato–Ston. Rezultati pokazuju da u stanju maksimalnih opterećenja mreže napon ostaje unutar standardom dopuštenih granica 99 kV – 123 kV, bez obzira na angažiranje HE Dubrovnik, raspoloživost transformacije u Mostaru i moguće ispade veza između pojedinih čvorova južne otopke petlje. Ukoliko HE Dubrovnik nije angažirana a 110 kV veze prema Mostaru nisu raspoložive mreža granično zadovoljava ako su oba kraka 110 kV mreže Zakučac–Ston i HE Kraljevac–Ston u pogonu. Najniži napon u Komolcu tada je 96 kV. Rezultati analize stanja minimalnog opterećenja prijenosne mreže ukazuju na niz stanja u kojima se može očekivati pojava povišenih napona u mreži. Sva ta stanja vezana su za otvaranje južne otopke veze i napajanje iz Stona. U tim se stanjima na kraju nadzemnih vodova kapacitivno opterećenih zbog malog opterećenja mreže i utjecaja kabela pojavljuju visoki naponi. Najviši napon na analiziranom modelu mreže je 132.2 kV u Dugom Ratu pri gubitku obje veze Dugi Rat–Zakučac i napajanju Dugog Rata preko južne otopke petlje iz Stona. Zatim 130.0 kV u Nerežišću pri gubitku obje kablenske veze Nerežišće–Dugi Rat i konačno 127.8 kV u Starigradu pri gubitku veze Starigrad–Nerežišće.

Iskustva iz pogona i provedene analize pokazuju da bi se kombinirana kablensko-nadzemna petlja u doba minimalnih opterećenja mreže trebala držati zatvorenom. Ako je potrebno otvoriti petlju, povoljnije je s obzirom na naponske prilike radijalno napajanje iz Dugog Rata jer je tada opasnost od porasta napona na krajevima kapacitivno opterećenih nadzemnih vodova manja. Osim toga, u pogonu bi se moralo pripaziti da pojedine dionice ne ostaju u praznom hodu jer podiže napon u čvoru iz kojeg se napajaju. Možemo zaključiti da napon u čvorovima na potezu Dugi Rat–Ston ovisi o raznim utjecajnim faktorima: konfiguraciji prijenosne mreže (**petlja otvorena ili zatvorena**), dnevnim i sezonskim varijacijama opterećenje (**minimum ili maksimum opterećenja**), angažiranju elektrana prije svega HE Dubrovnik, prijenosnim vezama prema Mostaru i nivou razmjene energije. U tom smislu posebnu pozornost treba obratiti na ispravno dimenzioniranje nadnaponske i prenaponske zaštite posrojenja.

Navedeni zaključci odnose se prije svega na južnodalmatinsku otopku petlju Zakučac–Ston, ali konstatacije vrijede općenito za sve serijski vezane dionice kablenskih-nadzemnih vodova. Navedeni utjecaji izraženiji su što je duljina kombiniranih kablensko nadzemnih vodova veća.

LITERATURA

- [1] G. JERBIĆ: "Kablenska veza kopno–otok Brač elektroenergetska analiza", Studija IE dd Zagreb lipanj 1995

- [2] Z. TONKOVIĆ: "Značenje grane Karlobag . . . Novalja za 'otočku petlju' Melina . . . Nin", Studija IE dd Zagreb listopad 1993
- [3] Z. TONKOVIĆ, D. NEVEČEREL: "Mreža 220–110 kV Dubrovnik", Studija, IE dd Zagreb lipanj 1991
- [4] Z. TONKOVIĆ: "Dugoročni razvoj prijenosne mreže na području južne Dalmacije", Studija IE dd Zagreb 1989
- [5] P. PAVLOVIĆ, A. DELONGA: "Zamjena užeta na dalekovodu 110 kV Ston–Komolac", Hrvatski komitet CIGRE R 22.08, Drugo savjetovanje, Primošten 1995

OPERATION OF COMBINED UNDERGROUND-OVERHEAD LINES

The paper presents the influence analysis of laying down another 110 kV cable on the route Dugi Rat–Nerežišće on the electric energy situation, especially its influence on voltage profile on the combined cable-overhead 110 kV ring of the south Dalmatian islands. More attention is paid to the analysis of possible influence of different operation states on the voltage situation than to the network construction planning and to the right choice of the cable section. However, some characteristic cases of supply during peak load were checked and related to this the control of current loads of cables and lines.

DER BETRIEB NACHEINANDER GEKOPPELTEN KABEL- UND FREILEITUNGEN

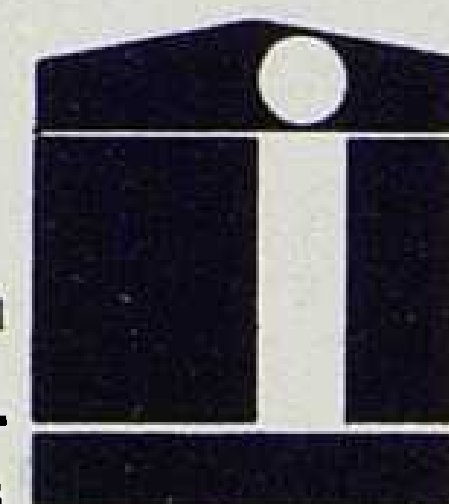
Untersucht wird der Einfluss der in Süddalmatien an der Strecke Binnenland (Dugi Rat) – Insel Brač (Nerežišće) geplanten Dazuverlegung eines 110 kV-Kabels auf die Stromversorgungsumstände, insbesondere auf die Spannungsverteilung längs des Kabel-Freileitung-kombinierten Maschenteiles im Netz dortiger Inseln. Mehr als dem Entwurf des Netzaufbaues und der richtigen Auswahl von Kabelquerschnitten, wurde Aufmerksamkeit der Untersuchung möglicher Einflüsse von Betriebszuständen auf den Spannungsverlauf, gewidmet. Es sind jedoch auch einige charakteristische Fälle der Einspeisung bei Spitzenlast und der damit verbundenen Überwachung von Strombelastungen der Kabel- und Freileitungen überprüft worden.

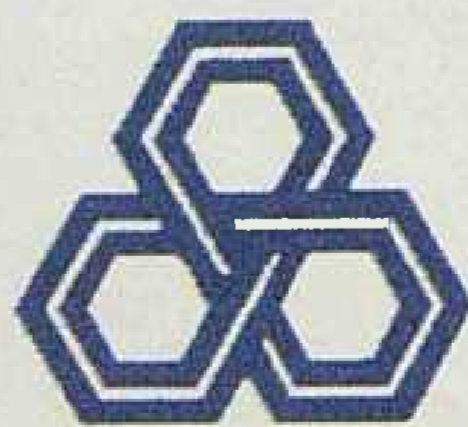
Naslov pisca:

Goran Jerbić, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.,
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996 – 02 – 15

industrogradnja d.d.





SLAVONSKA BANKA d.d. OSIJEK

Snaga Slavonije - Bogatstvo tradicije...

PROJEKT DOGRADNJE PLINSKIH TURBINA ISPRED PARNIH KOTLOVA K8 I K9 U EL-TO ZAGREB

Dr. Dubravko Matanić — Nevenko Hladki, Zagreb

UDK 621.165:621.18

STRUČNI ČLANAK

Za potrebe Hrvatske elektroprivrede Ekonerg, Institut za energetiku i zaštitu okoliša izradio je tehnički strojarski projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb. U članku je polanko opisano novo postrojenje, njegov rad i tehnički problemi koji su se pojavljivali tijekom proračuna i izrade projekta, kao i način na koji su prevladani.

Ključne riječi: kombi-postrojenje, poboljšanje rada EL-TO, plinska turbina, parni kotao, kotao utilizator, dogradnja, rekonstrukcija, režimi rada.

1. UVOD

Radi boljeg iskorištenja energije goriva te proizvodnje električne energije s visokim stupnjem djelovanja, Hrvatska elektroprivreda je željela ispitati mogućnost dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb, te povezivanja plinskih turbina i postojeće parne turbine 30 MW u kogeneracijski-kombi blok. Postojeći parni kotlovi K8 i K9 imali bi istu svrhu kao i kotlovi utilizatori s dodatnim loženjem, tj. ispušni dimni plinovi iz plinskih turbina uvodili bi se u parne kotlove koji se koriste slobodnim kisikom iz dimnih plinova za izgaranje goriva potrebnog za postizanje potrebne produkcije. Konačni cilj dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb je povećanje stupnja djelovanja postojećeg bloka 30 MW uz istodobno povećavanje električne snage bloka za maksimalno moguću snagu plinskih turbina. Ovaj projekt izradio je Ekonerg, Institut za energetiku i zaštitu okoliša [1].

2. ODABIR KONCEPCIJE KOMBI POSTROJENJA

Osnovni zahtjevi za rad kombi-postrojenja rezultat su zadanih polaznih uvjeta što ih je definirala Hrvatska elektroprivreda:

- plinske turbine (u daljnjem tekstu PT) koje se ugrađuju kao gorivo koriste se samo prirodnim plinom
- PT se izvode bez by-passnog ispušnog kanala za start postrojenja i rad mimo parnog kotla (u daljnjem tekstu PK); prema tome, moguć je samo rad s PK,
- postići što veću iskoristivost (stupanj djelovanja) cjelokupnog postrojenja te težiti istovremeno i što većoj snazi PT
- PK moraju i kod rada u režimu sa svježim zrakom bez

- PT (u daljnjem tekstu FL-pogon) i pri radu u tandemu sa PT (u daljnjem tekstu GT pogon) ostvariti puni kapacitet (100 t/h, 520 °C i 112 bar) pare
- osnovni režim rada kombi-bloka je rad na punoj snazi obje PT i parne turbine na punoj snazi (30 MW)
- iza PK, tj. na parnoturbinskom postrojenju nema nikakvih zahvata, rekonstrukcija i promjena.

S druge strane, koncepcija kombi postrojenja proizašla je iz sagledavanja i rješavanja određenih problema koji su se javili tijekom proračuna, kao npr. visoka temperatura dimnih plinova na ispuhu iz PT, posljedica čega su velike dilatacije i veliki presjeci kanala za dimni plin iz PT, veliki volumen dimnih plinova na ulazu u gorače što pak ima za posljedicu promjenu postojećih gorača većima, te proširenje ušća gorača na prednjem ekranu kotla (rekonstrukcija ili zamjena postojećih ekrana). Upravo stoga je odabrana koncepcija postrojenja u kojoj se dimni plinovi, odmah iza plinske turbine, hlade na cca 195 °C u kotlu utilizatoru, čije su ogrjevne površine ukomponirane u ogrjevne površine parnog kotla, te zajedno čine cjelinu. Radi relativno velikog pada tlaka dimnog plina kroz ogrjevne površine utilizatora ventilator za dimni plin postavljen je odmah iza utilizatora, tako da održava protutlak na ispuhu iz plinske turbine 0.0 Pa, čime smo ujedno dobili na snazi plinske turbine.

Na osnovi podataka o električnoj snazi, te temperaturi i količini dimnih plinova na ispuhu iz plinske turbine, izrađeni su termodinamički proračuni parnog kotla za dvije plinske turbine snage 6 i 13 MWe, te su usvojene osnovne tehnološke sheme kombi-postrojenja [1]. Električna snaga plinske turbine, a time i njezina veličina, limitirana je količinom dimnog plina na ispuhu, tj. limitirana je propusnošću pojedinih površina parnog kotla, jer je količina dim-

Tablica 1. Osnovni podaci o plinskoj turbini

Naziv	Temp. okoline °C	Snaga na generatoru kW	Količina ispušnih plinova kg/s	Temp. ispušnih plinova °C	Energija unešena gorivom kW	Stupanj djelovanja %	Sadržaj O ₂ u dim. plin. % volum.
PT 13 MW	-10	14963	49.6	467	41478	36.07	14.3
PT 13 MW	15	12696	43.9	492	36440	34.84	14.2

nog plina ograničena zbog prevelikih brzina strujanja u pojedinim dijelovima parnog kotla. Zato su za proračune odabrane aeroderivativne plinske turbine koje imaju veći stupanj djelovanja i manju količinu dimnih plinova na ispuhu od plinskih turbina heavy duty izvedbe za istu električnu snagu.

Termodinamički proračuni parnog kotla pokazali su da je plinska turbina od 13 MWe ujedno i najveća plinska turbina koju je moguće dograditi ispred parnog kotla. Plinske turbine veće snage neodgovarajuće su zbog prevelikog volumena dimnih plinova na ispuhu, koje u tom slučaju nije moguće u cijelosti provesti kroz ogrjevne površine parnog kotla.

Podaci u tablici 1. vrijede za prirodni plin kao gorivo, s ogrjevnom vrijednosti $H_d=44.194$ kJ/kg, na nadmorskoj visini od 200 m, te uz gubitke na usisu plinske turbine 981 Pa (100 mm stupca H₂O), a na izlazu 1962 Pa (200 mm stupca H₂O), uz relativnu vlažnost zraka od 60%.

3. TEHNIČKI OPIS POSTROJENJA

Postojeći blok 30 MW u EL-TO Zagreb sastoji se od 2 parna kotla (internih oznaka K8 i K9) produkcije pare 100 t/h, 520 °C i 112 bar svaki i protutlačne parne turbine snage 30 MW. Ovaj blok dogradnjom plinskih turbina (PT) ispred parnih kotlova (PK) postaje kombi-blok, koji se sastoji od:

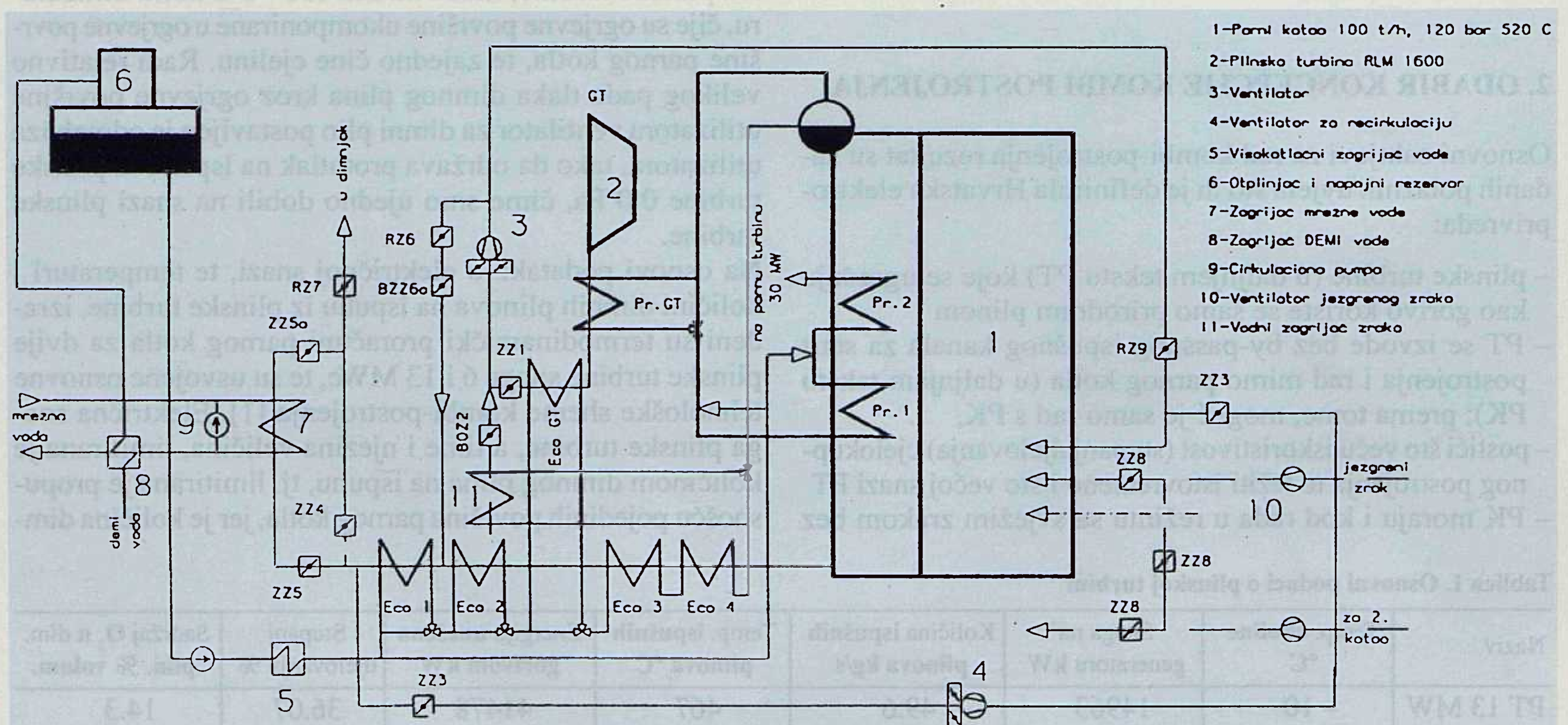
- 2 plinske turbine svaka nominalne električne snage 13 MW
- 2 kotla utilizatora ukomponirana u sustav voda para rekonstruiranih parnih kotlova
- 2 rekonstruirana parna kotla
- jedne parne turbine nominalne električne snage 30 MW.

Dogradnja PT ispred PK (pri tome ovo "ispred" treba shvatiti po smjeru strujanja dimnog plina s ispuha PT), zahtijeva i znatne zahvate na ogrjevnim površinama PK kako bi se mogli zadovoljiti postavljeni zahtjevi. Za potrebe opisa

postrojenja i njegova rada dana je na slici 1. osnovna shema ovakvog postrojenja koji obuhvaća osnovne radne medije: zrak, dimne plinove, vodu, paru i to za jedan tandem PT+PK. Plinska turbina i parni kotao predstavljaju tandem s obzirom na to da je pogon svake od PT moguć samo s pripadajućim joj parnim kotlom.

Da bi se kombi postrojenje realiziralo u skladu sa shemom, potrebno je izgraditi pojedine nove komponente, međusobno ih vezati s potrebnim sustavima (voda, para, zrak, dimni plinovi, električne veze, upravljanje i regulacija itd.), uraditi određene rekonstrukcije na postojećim postrojenjima, a neki od elemenata postaju i suvišni. U nastavku daje se pregled osnovnih potrebnih novih komponenti sustava i rekonstruktivnih zahvata za jedan tandem PT+PK:

1. Postavljanje PT-agregata nominalne snage 13 MW ispred parnog kotla (slika 1, poz. 2).
2. Postavljanje ispušnog kanala dimnih plinova iz PT do novog ventilatora s potrebnim zaklopkama, kompenzatorima, osloncima i zavješanjima, te izolacijom.
3. Ugradnja u ispušni kanal dimnih plinova iz PT pregrijača pare (PrGT) i spajanje sa sustavom pregrijača PK, sa svom potrebnom armaturom i zavješanjima, te izolacijom.
4. Ugradnja u ispušni kanal dimnih plinova iz PT ekonomajzerskog paketa (EcoGT) i spajanje sa sustavom ekonomajzera u PK s potrebnom armaturom, zavješanjima i izolacijom.
5. Postavljanje novog glavnog ventilatora za zrak i dimne plinove iz PT, centrifugalnog tipa s mogućnošću rada s 2 brzine vrtnje (sl. 1, poz. 3). Postojeći ventilator svježeg zraka demontira se i ne koristi se.
6. Postavljanje i izrada usisnog kanala svježeg zraka, te povezivanje s postojećim usisnim kanalom svježeg zraka i ugradnja zagrijača zraka vrelom vodom.
7. Izrada i postavljanje novog dimo-zračnog kanala od ventilatora do grananja na gorače, s mjerenjem protoka u venturi kanalima.
8. Rekonstrukcija gorača za rad s dimnim plinovima iz



Slika 1. Osnovna shema tandema PT + PK

- PT odnosno sa svježim zrakom. Opseg rekonstrukcije na goračima obuhvaća zračnu kutiju, ušće gorača, uvođenje jezgrenog zraka, produljenje raspršivača i dr.
9. Postavljanje sustava jezgrenog zraka; centrifugalni ventilator (sl. 1, poz. 10); kanali za jezgreni zrak. Svaki tandem ima jedan ventilator jezgrenog zraka, ali su kanali spojeni, te sa zaklopkama odvojeni tako da se može njihov rad kombinirati.
 10. Izrada i postavljanje bypassa dimnih kanala od tlačne strane glavnog ventilatora do dimovodnog kanala između Eco 1 i Eco 2 s kompenzatorima, zaklopkama, zavješanjima, izolacijom i zaklopkama.
 11. Izrada i postavljanje sustava recirkulacije dimnih plinova od ispušnog kanala iz kotla do gorača s ventilatorom recirkulacije (sl. 1, poz. 4), dimnim kanalima, kompenzatorima, zavješanjima i izolacijom.
 12. Kompletna zamjena dimnog trakta PK od izlaza iz ekonomajzera PK do dimnjaka. Prema idejnoj shemi Eco 2 je na postojećem postrojenju posljednji paket ekonomajzera, dok se rekonstrukcijom novi Eco 1 ugrađuje. Ovako rekonstruirani dimovodni trakt omogućuje: priljučak na bypassni kanal, ugradnju dodatnog ekonomajzerskog paketa (Eco 1), priključak kanala recirkulacije, kanal za direktno odvođenje dimnih plinova u dimnjak, kanal za bypassno odvođenje dimnih plinova u dimnjak, ugradnja zagrijača mrežne vode u bypassni dimovodni kanal, rekonstrukcija priključka na dimnjak radi povećanja presjeka kanala.
 13. U ovako koncipiran dimni trakt potrebno je ugraditi i sve potrebne zaklopke raznih izvedba i funkcija.
 14. Rekonstrukcija prednje cijevne stijene kotla radi proširenja ušća gorača.
 15. Smanjenje pregrijača 1 za cca 30% prema termodinamičkom proračunu.
 16. Dogradnja još jednog zagrijača vode (Eco 1) radi snižavanja temperature dimnih plinova na izlazu iz kotla i povećanja stupnja djelovanja kotla.
 17. Ugradnja još jednog hladnjaka pare ubrizgavanjem, i to iza pregrijača pare (PrGT) smještenom u ispušnom kanalu plinske turbine, tj. u koltu utilizatoru.
 18. Ugradnja zagrijača mrežne vode (sl. 1, poz. 7) u bypassni dimovodni kanal za rad kod loženja kotla prirodnim plinom radi dodatnog hlađenja dimnih plinova.
 19. Ugradnja zagrijača DEMI vode (sl. 1, poz. 8), kod ljetnog režima rada.
 20. Ugradnja novog zagrijača zraka (sl. 1, poz. 11) vrelom vodom.
 21. Ugradnja recirkulacije mrežne vode na ulazu u zagrijač mrežne vode radi regulacije izlazne temperature dimnih plinova iz kotla u ljetnom režimu rada (sl. 3).
 22. Povezivanje novih ogrjevnih površina (PrGT, EcoGT, Eco 1) u kotlovski sustav cjevovodima sa svom potrebnom zapornom i regulacijskom armaturom.
 23. Ugradnja u vodove T-loživog ulja i prirodnog plina brzozatvarajuće armature s bypassom za minimalni protok.
 24. Ugradnja 2 rotirajuća ispuhivača čađi u dimovodni kanal između ECO2 i ECO1.
 25. Izrada i postavljanje potrebne elektroopreme.
 26. Izrada i postavljanje potrebne opreme mjerenja, regulacije i upravljanja.

Zahvati na kotlovskom postrojenju, a koji proizlaze iz prihvaćene koncepcije kombi-bloka, rezultat su detaljnih termodinamičkih, [2,3,4], aerodinamičkih i hidrodinamičkih

[5] proračuna postrojenja koje je bilo nužno provesti, jer su tek ovi detaljni proračuni, koji su potrebni za balansiranje isparivačkih, pregrijačkih i konvektivnih površina parnog kotla, mogli dokazati ispravnost prihvaćene koncepcije [1]. S druge strane, koncepcija kombi-postrojenja proizašla je i iz sagledavanja i rješavanja određenih problema koji su se javljali tijekom proračuna, a neki od njih su:

Problemi parnog kotla

Zbog velike količine dimnih plinova s ispuha iz PT, niske temperature (195 °C), koji se uvode u ložište parnog kotla, dolazi do znatnog pothlađenja ložišta, tako da je količina topline koja se predaje radijacijom jako smanjena, dok je povećana količina topline koja se predaje konvekcijom. Zbog toga je nedovoljno odavanje topline vreloj vodi u ložištu, čime nije omogućeno isparenje dovoljne količine vode u radijacijskom dijelu kotla. Dodatna toplina za isparavanje predaje se konvekcijom u ekonomajzerskim površinama, što znači da u ekonomajzeru dolazi do predisparenja napojne vode. Ukupno predisparenje u ekonomajzeru iznosi ≈12%, što je još u potpunosti zadovoljavajuće. Nadalje, zbog velikog volumena, te povećanja stvarne brzine strujanja dimnog plina kroz pregrijačke površine, a time i povećanja prijelaza topline konvekcijom, potrebno je smanjiti pregrijač pare 1 izbacivanjem određenog broja redova cijevi. Zbog brzine dimnog plina u konvektivnom pregrijaču pare 1, potrebno je jedan dio dimnih plinova ≈20-25% provesti mimo ložišta i pregrijača, izravno u ekonomajzerski dio parnog kotla.

Problemi zbog temperature i volumena dimnih plinova na ispuhu iz plinske turbine

Zbog relativno visoke temperature dimnih plinova na ispuhu iz plinske turbine (≈470 °C), što znači i velikih volumena dimnog plina, potrebno je dimne plinove ohladiti. Dimni plinovi hlade se u kotlu utilizatoru koji se sastoji od pregrijača pare (PrGT) i ekonomajzera (ECOGT) spojenih s tlačnim sustavom PK. Ideja da se dimni plin iz PT bez hlađenja ubacuje u PK odbačena je zbog sljedećih razloga: problem toplinske dilatacije dimovodnih kanala koji su u ovom slučaju jako dugački, problem prevelikih brzina i strujanja dimnog plina u ušću gorača, što znači da bi bili potrebni novi gorači, za razliku od ovog rješenja u kojemu je potrebna relativno mala rekonstrukcija postojećih gorača.

Problem ventilatora za dimni plin

Za normalan rad parnog kotla potreban je ventilator koji će transportirati dimne plinove kroz parni kotao. Umjesto odsisnog ventilatora odabran je tlačni ventilator dimnog plina odmah iza kotla utilizatora, koji svladava sve otpore kroz kotao utilizator, dimovodne kanale, gorače i kroz parni kotao sve do ulaza u dimnjak. Time je omogućen rad plinske turbine s protutlakom na ispuhu od 0.0 Pa, čime je plinskoj turbini omogućen rad na većoj snazi uz isti utrošak goriva. U slučaju odabira odsisnog ventilatora, pad tlaka na ispuhu plinske turbine bio bi velik (≈3800 Pa), jer bi plinska turbina morala pokriti sve padove tlaka od ispuha do ulaza u ložište parnog kotla te bi radila s osjetno manjom snagom.

Problem snižavanja opterećenja parnog kotla pri radu plinske turbine 100% snagom

U ovom slučaju izuzetno je veliko pothlađenje ložišta parnog kotla, tako da je potrebno velik dio dimnih plinova

≈50% provesti mimo ložišta i pregrijača direktno u ekonomajzerski dio parnog kotla. Limitirajući faktor za sniženje produkcije parnog kotla upravo je nemogućnost predaje topline za isparenje vode. Nedovoljno odavanje topline za isparavanje vode u radijacijskom dijelu kotla dopunjava se predajom topline u ekonomajzerskim površinama, što znači da u ekonomajzeru dolazi do predisparenja napojne vode. Proračunima je pokazano da minimalna produkcija PK iznosi 60 t/h, te je u tom slučaju ukupno predisparenje u ekonomajzeru ≈18%, što je na gornjoj granici mogućnosti. Minimalne produkcije parnog kotla uz odgovarajuću snagu plinske turbine dane su u tablici 2.

Tablica 2. Produkcija parnog kotla u ovisnosti o snazi plinske turbine

		maks	min	maks	min	maks	min
Snaga parnog kotla	%	100	60	100	50	100	40
Snaga plinske turbine	%	100		75		50	

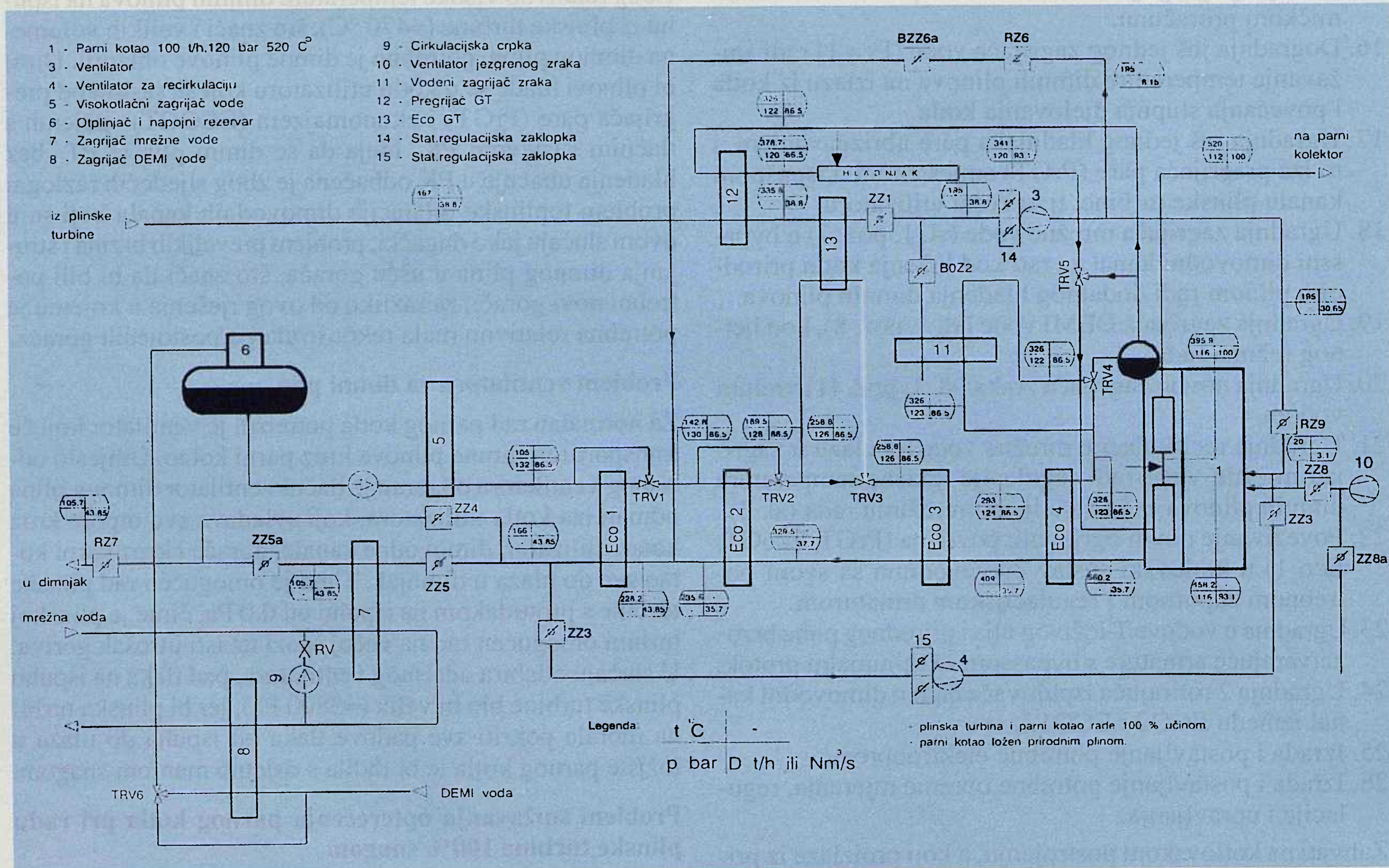
Problem fizičkog smještaja nove opreme na lokaciji

Zbog nedovoljno velikog prostora za smještaj plinskih turbina, kotlova utilizatora i novih ventilatora, uz prostorna ograničenja uvjetovana razmještajem postojećih objekata, kao i sagledavanja budućeg razvoja na lokaciji, bilo je potrebno plinske turbine smjestiti na kotu +8.6 m, što je i kota spoja s jednom od galerija parnih kotlova. Ostala oprema i kanali smješteni su na koti +0.0, dok su kotlovi utilizatori smješteni vertikalno od ispuha iz PT do glavnog ventilatora koji je smješten na koti +0.0.

Svi proračuni postrojenja rađeni su na osnovi konkretnih podataka o PT. Bez daljnega da i drugi PT-agregati sličnih parametara mogu biti baza za ovakvo kombi-postrojenje [6]. Kako bi se omogućila što veća međusobna prilagodljivost postrojenja postojećeg PK, kotla utilizatora i turbine u projektu su predviđena rješenja koja to omogućavaju, a to su: mogućnost regulacije bypassne količine dimnih plinova iz PT, te reguliranje bypassa oko Eco 1, Eco 2, EcoGT, zagrijača zraka, kao i oko pregrijača pare u kotlu utilizatoru (PrGT). Kod većih odstupanja od danih parametara PT, potrebno je provesti kompletne nove proračune za dimenzioniranje komponenti i rekonstrukciju PK.

4. OPIS RADA KOMBI-POSTROJENJA

Budući da se kombi-blok sastoji od 2 tandem PT+PK, moguć je rad kombi-bloka pored režima GT (rad s plinskom turbinom) i FL (rad parnog kotla sa svježim zrakom, bez plinske turbine), također i u režimu GT-FL, tj. u režimu u kojem jedan tandem radi u režimu GT, a drugi tandem nije u radu, već je u radu samo kotao u režimu FL. Snižavanje snage kombi-bloka radi se izuzetno, i to ovisno o pogonskim uvjetima. Snižavanje je moguće provesti na PT, zatim na PK, ali jasno i istovremeno. Svaki tandem PT-PK može neovisno od drugom kotlu ili tandemu imati različito opterećenje uz uvjet da su parametri pare iz oba bloka identični. Tehnološka shema tandem PT+PK s naznačenim osnovnim veličinama tokova (temperatura, tlak i količina) dana je na slici 2. za osnovi režim rada,



Slika 2. Tehnološka shema tandem PT+PK

izgaranje prirodnog plina u parnom kotlu, plinska turbina i parni kotao rade punom snagom.

4.1. Rad u režimu GT – zajednički rad plinske turbine i parnog kotla

Rad u ovom režimu podrazumijeva rad PT na punoj snazi uz korištenje prirodnog plina kao goriva. U ovom režimu brzootvarajuća zaklopka BOZ2 (Sl. 1) je zatvorena, a zaporna zaklopka ZZ1 otvorena, tako da glavni ventilator transportira dimne plinove iz PT u PK. Odmah na izlazu iz PT dimni plinovi hlade se u kotlu utilizatoru koji se sastoji od pregrijača (PrGT) i ekonomajzera (EcoGT). Tako ohlađeni dimni plinovi temperature $\approx 195^\circ\text{C}$ transportiraju se do gorača u količini od 75 do 80% ukupnih ispušnih dimnih plinova PT, a ostatak se zaobilaznim putem ubacuje u ekonomajzerski kanal PK ispred Eco 1. Količina dimnih plinova koju se propušta u zaobilazni vod regulira se zaklopkom RZ6. Ispred Eco 1 dimni plinovi iz PK i dimni plinovi koji su mimoišli PK se miješaju i hlade se u Eco 1 do izlazne temperature u dimnjak.

Glavni ventilator je po dobavi dimenzioniran za rad na 195°C , ali konstruktivno može izdržati i rad s dimnim plinovima temperature i do 300°C . Ventilator je dimenzioniran za svladavanje otpora od izlazne prirubnice PT do ulaza dimnog plina u dimnjak, tako da je moguće održavati tlak na ispuhu iz turbine 0.0 Pa. Ventilator je dvonamjenski (dvobrzinski), tj. u GT pogonu transportira dimne plinove, dok u FL pogonu transportira zrak. Kod rada u GT pogonu, kada su veći volumeni i otpori, ventilator radi na većem broju okretaja (1 490 okr./min.), dok u FL pogonu radi na manjem broju okretaja (745 okr./min.).

Količina kisika u dimnim plinovima s dodatnom količinom kisika iz jezgrenog zraka zadovoljava potrebnu količinu kisika za izgaranje goriva koje se ubacuje u kotao. Produkti izgaranja koji nastaju u ložištu prostrujavaju kotao čija konfiguracija i izvedba praktički ostaju nepromijenjeni, samo što se pregrijač pare 1, koji je smješten u drugom prolazu PK, smanjuje za $\approx 30\%$

Nakon izlaska iz drugog prolaza, dimni plinovi ulaze u vodoravni dimnovodni kanal u kojem su smješteni ekonomajzeri – zagrijači vode (ECO 1–4). Uz postojeća tri dodaje se još jedan kako bi se povećao stupanj djelovanja PK snižavanjem temperature dimnog plina na izlazu iz PK. Nakon izlaska iz Eco 1, dimni plinovi struje izravno u dimnjak ako se u PK loži T-ulje za loženje. Zaklopkom RZ7 regulira se podtlak ispred ulaza u dimnjak kako bi se smanjio utjecaj na aerodinamiku kotla kod startanja i niskih opterećenja.

Ako se u PK loži prirodni plin, tada se dimni plinovi dodatno hlade u zagrijaču mrežne vode. Zagrijač mrežne vode u zimskom režimu rada bloka predaje toplinu u sustav toplinskog grijanja, a u ljetnom režimu predaje se toplina DEMI vodi preko ugrađenog izmjenjivača mrežna voda – DEMI voda, kako se ne bi utjecalo na rad spojnog procesa, tj. na rad parne turbine u ljetnom režimu rada.

Radni medij voda – para prije ulaza u PK, nakon otplinjača prolazi kroz VT-zagrijač u kojem se zagrijava na oko 135°C . U VT zagrijaču, zagrijava se napojna voda pomoću pare oduzete iz parne turbine. Tu temperatura napojne vode može se i sniziti, kod rada s prirodnim plinom može

se održavati na 105°C uz potpuno zaobilazanje VT zagrijača. Napojna voda na ulazu u kotao redom prostrujava Eco 1 i Eco 2 zatim odlazi u EcoGT, te se vraća u Eco 3 i Eco 4 i odlazi u bubanj. Nakon Eco 4 napojna voda prolazi kroz zagrijač zraka (sl. 1, poz. 11), ali pošto nema nikakvog strujanja zraka (BOZ2 je zatvorena), ne dolazi do izmjene topline, tako da napojna voda iste temperature kao na izlazu iz Eco 4 odlazi u bubanj PK. To prostrujavanje zagrijača zraka s napojnom vodom potrebno je za slučaj naglog ispada PT. Ventilator u takvom slučaju počinje transportirati zrak koji je zagrijan napojnom vodom, čime smo postigli da ventilator stalno radi na konstantnoj temperaturi. Time smo izbjegli eventualne havarije zbog naglog pothlađivanja ventilatora u trenutku ispada PT. Ovim rasporedom zaklopki i njihovom funkcijom omogućen je stalni rad PK. Čak i u slučaju da PT naglo ispadne iz pogona, PK ostaje u pogonu bez ikakvih smetnji.

Para najprije iz bubnja odlazi u pregrijač pare u kotlu utilizatoru PrGT, nakon toga se hladi ubrizgavanjem napojne vode u hladnjaku pare 1, te se opet vraća u cijevni sustav kotla, i to u pregrijač pare 1, pa u hladnjak pare 2, te konačno u pregrijač pare 2. Kod punog opterećenja PT, kotao može sniziti opterećenje do 60%, pri čemu se tropu tim regulacijskim ventilima u bypassu Eco 1 i Eco 2 regulira ulazna temperatura napojne vode u EcoGT, jer je izuzetno važno da EcoGT u svim režimima rada preuzima uvijek istu količinu topline, kako ne bi porasla temperatura dimnih plinova prije glavnog ventilatora. Kad PT radi punom snagom, a PK smanjuje opterećenje, PrGT i EcoGT preuzimaju uvijek istu toplinu, što znači da je temperatura dimnih plinova na ulazu u glavni ventilator u svim režimima PT i PK konstantna.

Veći volumen dimnih plinova koji u režimu GT treba kroz gorače ubaciti u kotao, u odosu na FL pogon, zahtijeva ili rekonstrukciju gorača ili zamjenu postojećih novima bitno većih dimenzija. Provedeni proračuni pokazali su da je moguće i rekonstrukcijom gorača zadovoljiti zahtjeve koji se javljaju u GT režimu rada. Pri tome rekonstrukcijom treba osigurati kvalitetan rad gorača u uvjetima kako GT-pogona, tako i FL-pogona, pri čemu kod FL-pogona treba računati i s recirkulacijom hladnih dimnih plinova, uzevši nakon ECO 1, u režimima sniženog opterećenja kotla. Rekonstrukcijom gorača potrebno je zadovoljiti zahtjeve i pogonske uvjete i s obzirom na to da je rad postrojenja u GT i FL režimu bitno različit. Pri tome je potrebno:

- ostvariti kvalitetno izgaranje u kotlu potrebnih količina T-ulja i/ili prirodnog plina u GT-režimu, tj. u režimu rada s ispušnim plinovima iz PT kao nositeljima kisika za izgaranje
- ostvariti kvalitetno izgaranje potrebnih količina T-ulja i/ili prirodnog plina u FL režimu, tj. sa svježim zrakom s temperaturom zraka oko 20°C .
- kod rada u režimu FL i sniženog opterećenja kotla, treba osigurati kvalitetno izgaranje sa smjesom svježeg zraka i recirkuliranih dimnih plinova radi održavanja nivoa pregrijanja pare.

Svi ti zahtjevi, kao i dodatni zahtjevi u pogledu prijelaznih režima rada kod prijelaza s FL-režima na GT-režim, te kod ispada PT i ostanka postrojenja u radu u FL-režimu, zadovoljavaju se predloženom rekonstrukcijom gorača. Istovremeno je poželjno da zahvati budu minimalni, a i da

se ne pojavljuje potreba zamjene čitavog gorača i zračnih kutija. Tako izvedena rekonstrukcija nije bitno promijenila konfiguraciju postojećih gorača, uključivši i zračne kutije, tako da cijeli segment kanala od regulacijskih zaklopki količine zraka do gorača ostaje nepromijenjen, tj. nije podložan rekonstrukciji.

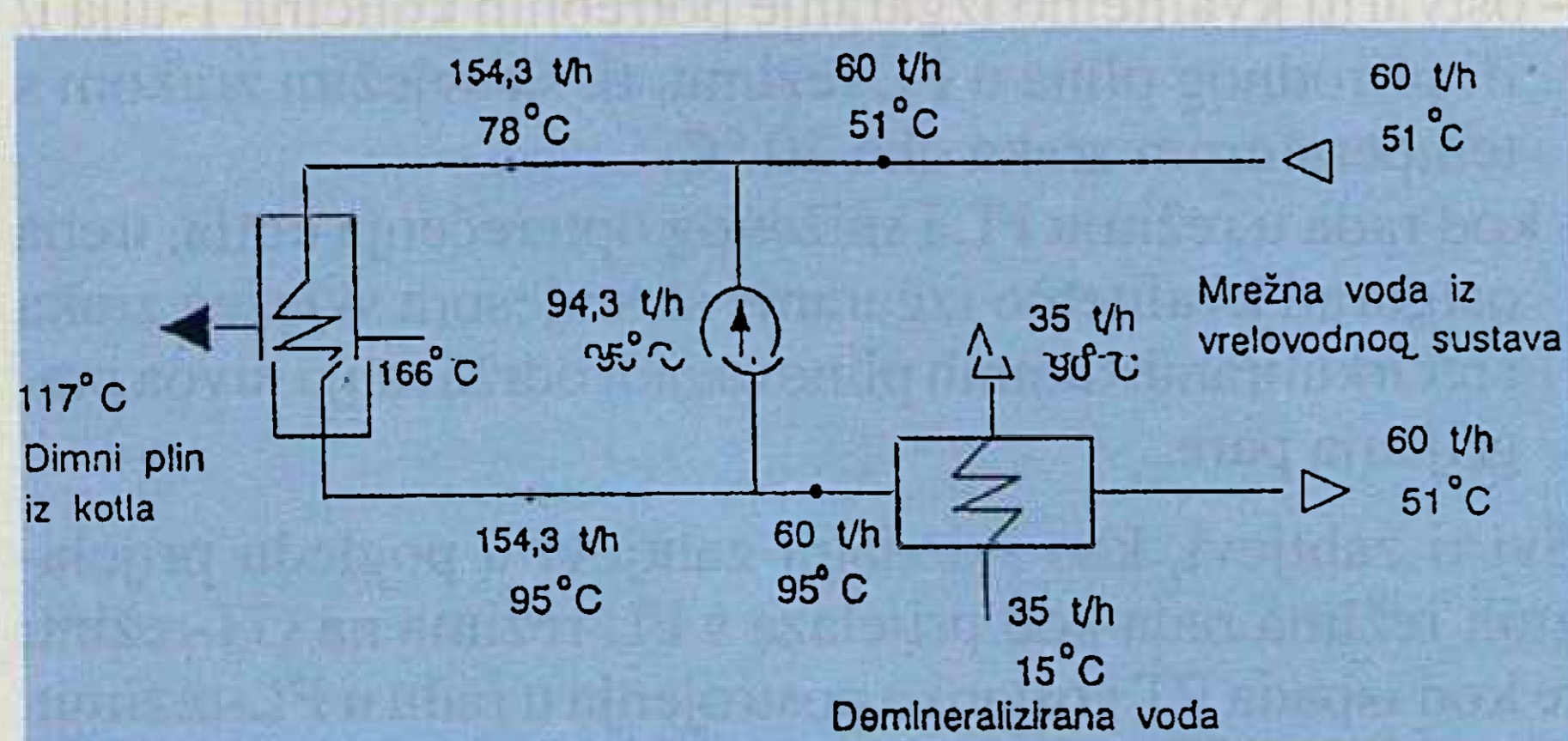
4.2. Rad u režimu FL – plinska turbina ne radi, parni kotao radi sa svježim zrakom

Rad u režimu FL, tj. sa svježim zrakom, jest rad bez PT, pa su u tom slučaju i PrGT i EcoGT izvan pogona. Glavni ventilator tada radi na manjem broju okretaja te usisava zrak iz okoline i kotlovnice pri čemu je BOZ2 otvorena, a ZZ1 zatvorena. Zaobilazni kanal također je isključen jer su regulacijska zaklopka RZ6 i brzozatvarajuća zaklopka BZZ6a zatvorene. Gorači rade sa zrakom čija se količina regulira na dosadašnji način, tj. regulacijskim zaklopkama RZ9 koje su uključene u regulaciju odnosa gorivo-zrak. Manipuliranje dimnim zaklopkama nakon izlaza iz PK (ZZ4, ZZ5 i ZZ5a) u ovom je režimu isto kao i kod GT režima i ovisi o vrsti goriva koja izgara u PK.

U režimu FL gorači rade sa zrakom temp. 20 °C. Zagrijač zraka (sl. 1, poz. 11), koji je dimenzioniran da može potrebnu količinu zraka zagrijavati na 195 °C, ima primarnu funkciju da osigura ventilator od naglog hlađenja kod ispada PT ili prijelaza s GT na FL-režim, odnosno da kod startanja PT osigura predgrijavanje ventilatora na radnu temperaturu prije ulaza u GT-režim. Troputi regulacijski ventil iza zagrijača zraka regulira temperaturu zraka ispred ventilatora.

4.3. Rad zagrijača mrežne vode u zimskom i ljetnom režimu rada

U zimskom režimu rada EL-TO, kada postoji velika potreba za vrelom vodom (grijanje i sanitarna voda), moguće je dodatno ohladiti dimne plinove koji iz PK izlaze s temperaturom od ≈ 165 °C ako se u PK loži prirodni plin. Izlazni dimni plinovi iz PK hlade se na 105 °C u zagrijaču mrežne vode, gdje griju mrežnu vodu koja se iz vrelodnog sustava grada Zagreba vraća s prosječnom temperaturom 53 °C i zagrijava se na polaznu temperaturu u vrelodni sustav od prosječnih 90 °C. Ukupno moguća toplina za izmjenu iznosi 3 700 kW za svaki PK (7 400 kW za oba PK), čime štedimo 7.4 MW proizvedene topline na vrelodnim kotlovima, što ujedno podiže ukupan stupanj djelovanja cjelokupnog EL-TO.



Slika 3. Zagrijavanje demineralizirane vode u ljetnom režimu rada

U ljetnom režimu rada kada ne postoji velika potreba za vrelom vodom, u vrelodnom sustavu grada Zagreba nije moguće predati toplinu vreloj vodi. Toplina oduzeta dimnim plinovima na izlazu iz PK predaje se demineraliziranoj vodi koja se zagrijava s temperature 15 °C na temperaturu 90 °C. Ukupna količina demineralizirane vode koju je moguće zagrijati iznosi 2 x 35 t/h (70 t/h ukupno), dok ukupno moguća izmijenjena toplina iznosi 2 x 3 000 kW (6 000 kW za oba kotla). Na slici 3. prikazan je način rada zagrijavanja demineralizirane vode u ljetnom režimu.

5. USPOREDBA POSTOJEĆEG I KOMBI-BLOKA

Usporedba električnog stupnja djelovanja, ne uzimajući u obzir proizvodnju korisne toplinske energije, koja je u oba slučaja jednaka, između kombi-bloka i postojećeg bloka dana je u tablici 3. Jednako tako, kod rada kombi-bloka, u obzir nije uzeta korisno predata toplina vrelodnom sustavu (7.4 MW u zimskom režimu rada ili 6 MW u ljetnom režimu rada), čime bi ukupan stupanj djelovanja EL-TO bio još povoljniji nego na postojećem postrojenju.

Tablica 3. Usporedba kombi i postojećeg bloka

		Kombi-blok 56 MW	Postojeći blok 30 MW
Produkcija pare	t/h	2 x 100	2 x 100
Potrošnja goriva:			
- 2 x PT13	kW Nm ³ /s	74286 2.1876	- -
- 2 x PK	kW Nm ³ /s	134555.2 3.9624	171021 4.6585
Ukupno	kW Nm ³ /s	208841.2 6.15	171021 4.6585
Donja ogrjevna moć goriva	kJ/Nm ³	33958	33958
Ukupna električna snaga bloka	kW	56000	30000
Električni stupanj djelovanja bloka	%	26.81	17.54

6. ZAKLJUČAK

Za sve režime rada provedeni su termodinamički, hidrodinamički i aerodinamički proračuni parnog kotla. Ujedno je uređena projektna dokumentacija koja je razriješila probleme smještaja sve nove opreme. Nadalje, provedene su ekonomsko-financijske analize ovog projekta [7] koje su pokazale da interna stopa rentabilnosti iznosi 16%, uz vrlo povoljne energetske pokazatelje. Iskorištenje energije goriva jest $\approx 90\%$, a ostvaruje se i visok angažman od ≈ 6 530 sati maksimalne snage plinskih turbina godišnje. S druge strane, investicijski, dogradnja je relativno skupa, zbog čega su i ekonomsko-financijski pokazatelji nešto lošiji nego što se očekivalo, tako da ekonomska vrijednost ovog projekta uveliko ovisi o broju sati rada plinskih turbina godišnje, tj. o količini proizvedene električne energije na plinskim turbinama.

Izradom ovog projekta dokazala se opravdanost i mogućnost dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb, čime bi bilo moguće ostvariti kogeneracijsku proizvodnju električne i toplinske energije. Ujedno je snaga postrojenja podignuta na 56 MW, uz proizvodnju električne energije s visokim stupnjem djelovanja (protutlačna električna energija).

LITERATURA

- [1] D. MATANIĆ, N. HLADKI, "Tehnički strojarski projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO, Zagreb", Ekonerg, 1995.
- [2] FDBR - Handbuch, Wärme und Strömungstechnik, Essen, 1972.
- [3] Toplinski proračun kotlovskih agregata – Normativna metoda, CKTI, Moskva, 1973.
- [4] Finned tubing, GEA SPIRO GILLS, Pulborough, England, 1972.
- [5] L. KREUH, "Generatori pare", Zagreb, 1978.
- [6] B. STANIŠA, "Mogućnost rekonstrukcije parnih turbinskih postrojenja u kombinirana plinsko-parna turbinska postrojenja," Zbornik tehničkog fakulteta Rijeka, 13 (1993) 301–311.
- [7] D. MATANIĆ, N. HLADKI, Z SELANEC, Tehnički strojarski projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb", ekonomsko financijska analiza, Ekonerg, 1995.

PROJECT OF GAS TURBINE ANNEX IN FRONT OF K8 AND K9 STEAM BOILERS IN EL-TO ZAGREB DISTRICT HEATING PLANT

For the needs of the Croatian national electricity, EKONERG – Energy Research and Environment Protection Institute developed a technical mechanical project of gas turbine annex in front of K8 and K9 steam boilers in EL-TO Zagreb district heating plant. The paper presents a detailed description of the new facility, its operation and technical problems, that arose during calculation and project evaluation, as well as how those problems were solved.

ENTWURF VOM ANBAU DER VORSCHALTGASTURBINEN ZU DEN DAMPFKESSELN K8 UND K9 IM DAMPKRAFTWERK "EL-TO" IN ZAGREB

Für die kroatische Elektrizitätswirtschaft ist seitens des Institutes für Energetik und Umweltschutz "EKONERG" ein maschinentechnischer Entwurf vom Anbau der Vorschaltgasturbinen zu den Dampfkesseln K8 und K9 im Dampfkraftwerk "EL-TO" in Zagreb ausgearbeitet worden. Beschrieben im Artikel werden: die neue Anlage, ihre Betriebsweise, technische Fragen welche im Zuge der Berechnung und Planung aufgetaucht sind und die Art deren Überwindung.

Naslov pisaca:

Dr. Dubravko Matanić, dipl. ing.
Nevenko Hladki, dipl. inž.
Ekonerg – Institut za energetiku i zaštitu okoliša, d.d.
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996 – 02 – 15

industrogradnja d.d.



UTJECAJ SUHE ZONE NA ZnO ODVODNIKU PRENAPONA U UVJETIMA ONEČIŠĆENJA

Stjepan Banić, Zagreb

UDK 621.316.93
PREGLEDNI ČLANAK

Izdržljivost metalooksidnih odvodnika prenapona u uvjetima onečišćene okoline definirana je konstrukcijom kućišta odvodnika. Mogućnost nastanka unutrašnjih parcijalnih prorada, izazvanih jakim radijalnim gradijentom električnog polja, najviše ovisi o konstrukciji kućišta odvodnika.

Ključne riječi: metalooksidni odvodnik, kućište, onečišćenje, suha zona, termička nestabilnost.

UVOD

U radu se analizira rad metalooksidnih odvodnika prenapona u uvjetima onečišćenja. Električna veza između onečišćenog kućišta i rezistora, ostvarena preko unutarnjih kapaciteta, dovodi do porasta topline rezistora i termičke nestabilnosti. Razlika u raspodjeli napona na rezistoru i na površini kućišta dovodi do jakih radijalnih naprezanja, čija posljedica može biti ubrzano starenje ili kvar odvodnika prenapona.

1. ODVODNIK PRENAPONA SA JEDNODJELNIM KUĆIŠTEM

U uvjetima onečišćenja nastaju odstupanja linearne raspodjele napona na vanjskom dijelu kućišta odvodnika kada se na kućištu formira suha zona. Nelinearna raspodjela napona dovodi do stanja u kojemu je stanovit broj rezistora podvrgnut povećanom radnom naponu.

Performanse metalooksidnih odvodnika prenapona u uvjetima zagađene atmosfere određena su sljedećim parametrima:

– izdržljivost kućišta na radijalna naponska naprezanja

- izdržljivost aktivnog dijela - varistora na povećane struje odvoda
- otpornost prema unutrašnjim parcijalnom pražnjenju u zračnom prostoru zbog jakih radijalnih električnih naprezanja.

1.1. Suha zona na kućištu odvodnika oko sredine

Suha zona na kućištu odvodnika može nastati na bilo kojem mjestu. Pretpostavimo da je nastala na kućištu prema slici 1. U uvjetima onečišćenja 3 ili 4. zone omjer specifične površinske otpornosti suhoga dijela prema vlažnom dijelu je velik. U istom omjeru je i pad napona na suhom dijelu prema vlažnome dijelu. Proizlazi da je gotovo čitav napon odvodnika opteretio suhu zonu. S formiranom suhom zonom struja odvoda na kućištu je izuzetno mala.

Pri ovakvom režimu rada linije električnog polja imaju oblik kao na slici 1. od točke A do točke B po unutarnjoj putanji raspodjele. Pad napona u porcelanu U_1 u zraku U_2 i varistorima U_3 imaju vrijednosti ovisne o njihovim dielektričnim konstantama ϵ_r . Točke A i B možemo promatrati kao dvije elektrode između kojih su porculan, dušik i MO-blokovi kao dielektrik.

Dielektrični pomak $D = \epsilon \cdot K$ približno je isti za sva tri materijala duž označene linije električnog polja zbog komponente napona ΔU .

Jednadžbe ravnotežnog stanja za napona ΔU između točaka A i B možemo napisati:

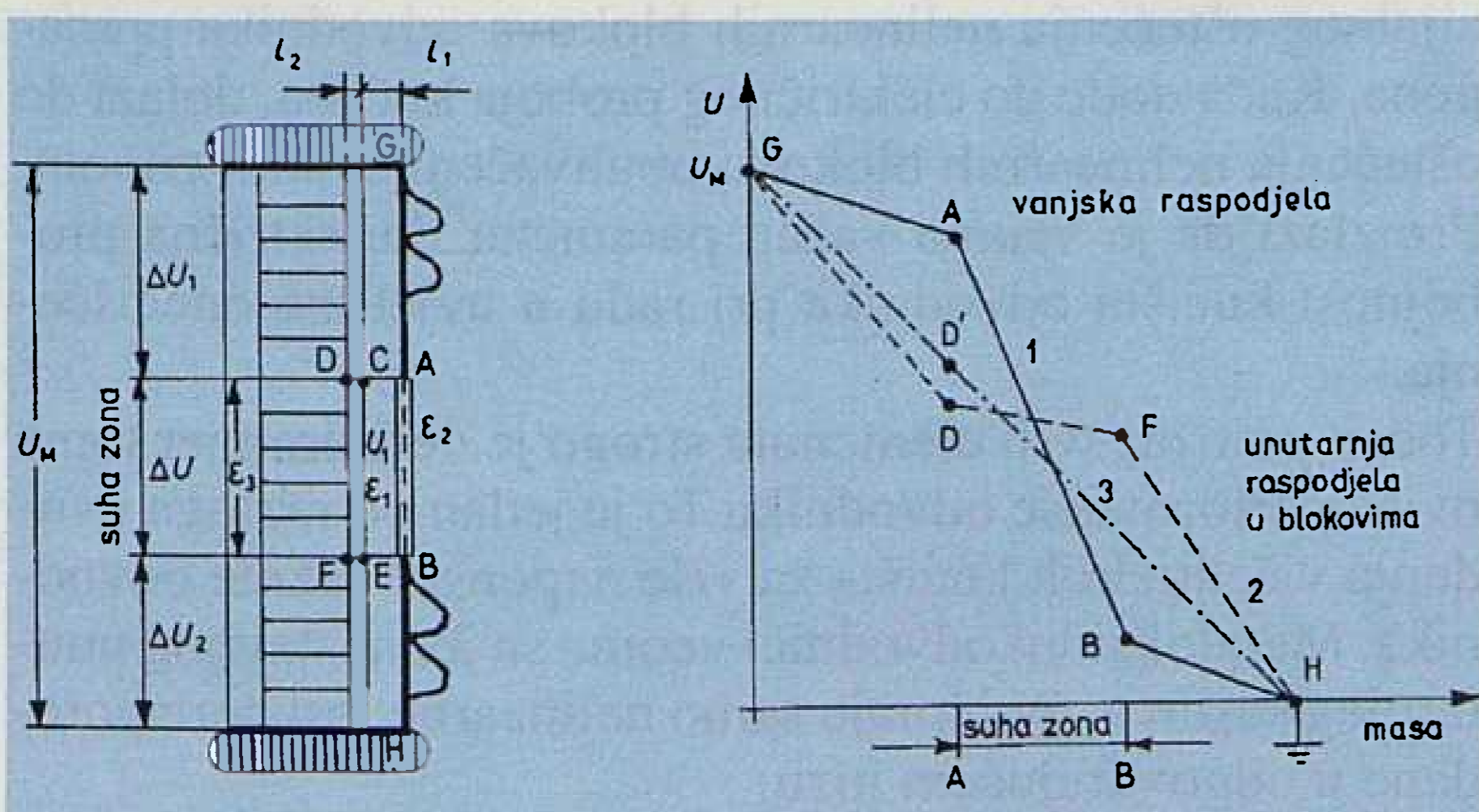
$$\Delta U = 2 \int \overline{K_1} d\bar{l} + 2 \int \overline{K_2} d\bar{l} + \int \overline{K_3} d\bar{l} \quad (1)$$

$$\Delta U = 2K_1 l_1 + 2K_2 l_2 + K_3 l_3 \quad (2)$$

$$\Delta U = 2 \frac{D_1}{\epsilon_1} l_1 + 2 \frac{D_2}{\epsilon_2} l_2 + \frac{D_3}{\epsilon_3} l_3 \quad (3)$$

Kako je $D_1 = D_2 = D_3 = D$ dobivamo:

$$\Delta U = D \left(2 \frac{l_1}{\epsilon_1} + 2 \frac{l_2}{\epsilon_2} + \frac{l_3}{\epsilon_3} \right) \quad (4)$$



$\epsilon_1 = 5$
 $\epsilon_2 = 1$
 $\epsilon_3 = 500 \div 1200$

$l_1 = 3 \text{ cm}$
 $l_2 = 1 \text{ cm}$
 $l_3 = 50 \text{ cm}$

Slika 1.

Slika 2.

$$\Delta U = D \frac{2 \cdot 1_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 + 2 \cdot 1_2 \varepsilon_1 \varepsilon_3 + 1_3 \varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3} \quad (5)$$

$$\Delta U = D \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3}{2 \cdot 1_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 + 2 \cdot 1_2 \varepsilon_1 \varepsilon_3 + 1_3 \varepsilon_1 \varepsilon_2} \quad (6)$$

Pretpostavimo da je analizirani odvodnik priključen na napon u 110 kV mreži. Maksimalni fazni napon iznosi 71 kV. Pretpostavimo da je suhu zonu opteretio napon $\Delta U=50$ kV. Za usvojene vrijednosti eielektrični pomak iznosi:

$$D = 50 \frac{5 \cdot 1 \cdot 500 \cdot 10^3}{(2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 500 + 2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 500 + 50 \cdot 5 \cdot 1) \cdot 10^{-2}} = 15.15 \cdot 10^5 \frac{Q}{m^2} \quad (7)$$

Pad napona u porculanu U1 iznosi:

$$U_1 = 1_1 \cdot \frac{D}{\varepsilon_1} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{15.15 \cdot 10^5}{5} = 9.05 \text{ kW} \quad (8)$$

Pad napona u zračnom prostoru U2 iznosi:

$$U_2 = 1_2 \cdot \frac{D}{\varepsilon_2} = 1 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{15.15 \cdot 10^5}{5} = 15.15 \text{ kW} \quad (9)$$

Pad napona u nelinearnim blokovima U3 iznosi:

$$U_3 = 1_3 \cdot \frac{D}{\varepsilon_3} = 50 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{15 \cdot 10^5}{500} = 1.5 \text{ kW} \quad (10)$$

Proizlazi da je napon U3 koji opterećuje nelinearne blokove veoma mali na blokovima duljine 50 cm. S obzirom na veliku dielektričnu konstantu nelinearnih blokova $\varepsilon_r=500 \div 1200$ iz jednadžbe (3), vidimo da duljina suhe zone ne utječe dominantno na vrijednosti napona U3. Pri svim dužinama suhe zone najveći je pad napona u porculanu i u zračnom prstenu.

Taj pristup pokazuje da nelinearni blokovi koji su obuhvaćeni suhom zonom nemaju direktno veća naponska naprezanja zbog koncentriranja velikog napona na suhu zonu. Iz slike 1. vidimo da su nelinearni blokovi iznad i ispod suhe zone opterećeni naponski sa $\Delta U_1=U_1+U_2+U_{AG}$ i $\Delta U_2=U_1+U_2+U_{BH}$.

$$\text{Kako je } U_{AG} \approx U_{BH} = \frac{U_{mf} - \Delta U}{2} = \frac{75-50}{2} = 10,5 \text{ kV,}$$

proizlazi da je $\Delta U_1 \approx U_2$ u svim položajima suhe zone

$$\Delta U_1=U_1+U_2+U_{AG}=9,05+15,15+10,5=34,7 \text{ kV}$$

Za 4. stupanj onečišćenja $\Delta U_1=\Delta U_2$ može dostići polovicu priključnog napona odvodnika bez obzira na mjesto i duljinu suhe zone!

Ako je vrijednost napona ΔU_1 i ΔU_2 veća od napona koji otpada na ove nelinearne blokove bez suhe zone, ovi nelinearni elementi bit će opterećeni naponom znatno većim od trajnog napona U_c , i većima od napona U_{ref} odvodnika.

Proizlazi da u naponskom pogledu suha zona na kućištu odvodnika opterećuje nelinearne blokove iznad i ispod suhe zone, a naponski rasterećuje nelinearne blokove prema suhoj zoni.

U ovom trenutku propusni su varistori ispod i iznad suhe zone jer napon na njima može premašiti referentni napon U_{ref} blokova, ali energetski ne dolazi do toplinskog pobjega na njima zbog ograničenog dielektričnog pomaka kroz porculan kućišta odvodnika. Čini se da nikada parcijalno ne može doći do toplinskog pobjega blokova sve dok kućište ne probije u električnom pogledu. Nema energije za toplinski pobjeg!

Proces izložen ovdje djeluje na nelinearne blokove tako da im umanju ekvivalentni otpor priključen na napon mreže U između točaka G i H.

Zbog toga se povećava struja kroz cijeli odvodnik i kroz sve nelinearne blokove podjednako. Taj zaključak vrijedi sve dok porculan električno ne probije. Kako je probojna čvrstoća porculana oko 30 kV/cm, a debljina kućišta oko 2,5 – 3 cm, suha zona oko sredine odvodnika ne bi trebala ugroziti kućište za odvodnike do 110 kV naponskog nivoa. Za suhu zonu na početku kućišta nastaje dvostruko veće naprezanje kućišta, što ga može ugroziti.

Očito da se može dogoditi bezbroj kombinacija koje utječu na iznesene ocjene i vrijednosti.

Provedena analiza pokazuje da je nužno postavljati odvodnike veće energetske moći za uvjete povećanog onečišćenja, mogućih koncentracije i povišenih temperatura ambijenta. Odvodnici nazivnih napona od $U_n=84-138$ kV smještaju se u isto kućište.

Naponska slika u odvodniku izloženom onečišćenju bit će gotovo ista za sve nazivne napone odvodnika. Međutim, odvodnici s energetsom moći odvođenja od 8 kJ/kV U_m imaju gotovo 50% manju gustoću struje u usporedbi s odvodnicima od 5,7 kJ/kV U_n pa su otporniji za rad u analiziranim uvjetima.

Kada u zračnom prostoru u odvodniku nastupi parcijalni luk, naponska raspodjela je nešto drukčija, ali ne bitno od iznesene analize, i tada se još više opterećuje kućište.

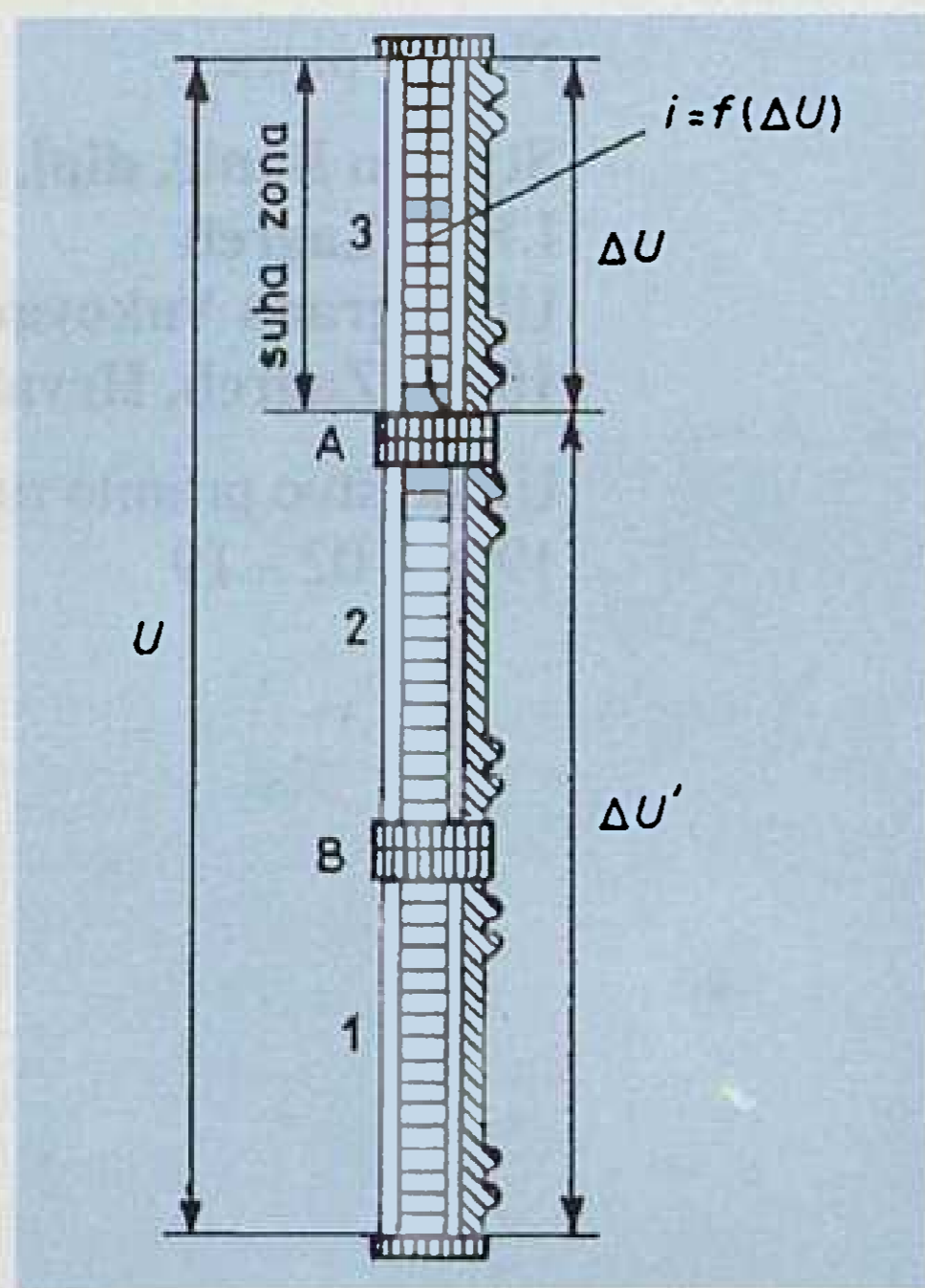
2. ODVODNIK PRENAPONA S VIŠEDIJELNIM KUĆIŠTEM

Analiza raspodjele napona na jednodijelnom kućištu odvodnika prenapona pokazala je da dolazi do vanjske i unutarnje neravnomjerne raspodjele potencijala. Međutim, ta raspodjela napona može ugroziti sve varistore u odvodniku. Sve do trenutka probijanja kućišta odvodnika nemamo parcijalnog oštećenja nelinearnih blokova odvodnika prenapona. Kada dođe do električnog proboja kućišta, dolazi do oštećenja nelinearnih blokova obuhvaćeni suhom zonom. Proizlazi da je veoma važan parametar dielektrična probojnost kućišta odvodnika pri radu u uvjetima onečišćenja.

Točan položaj svih elemenata strogo je definiran jer tome ovise performanse odvodnika. To je jedan od razloga uvođenja višedijelnih kućišta za više naponske razine odvodnika. Metaloksidni odvodnici veoma su jednostavnog unutarnjeg sustava. Oni imaju samo nelinearne resistore poređane u odgovarajućem nizu.

Tako jednostavne konstrukcije mogle bi promijeniti i zahtjeve za izradu višedijelnih kućišta odvodnika prenapona. Razmotrimo vanjsku i unutarnju raspodjelu napona na višedijelnom kućištu odvodnika prenapona prikazanom na slici 3.

U uvjetima onečišćenja 4. zone, kada je vodljivost nasla-



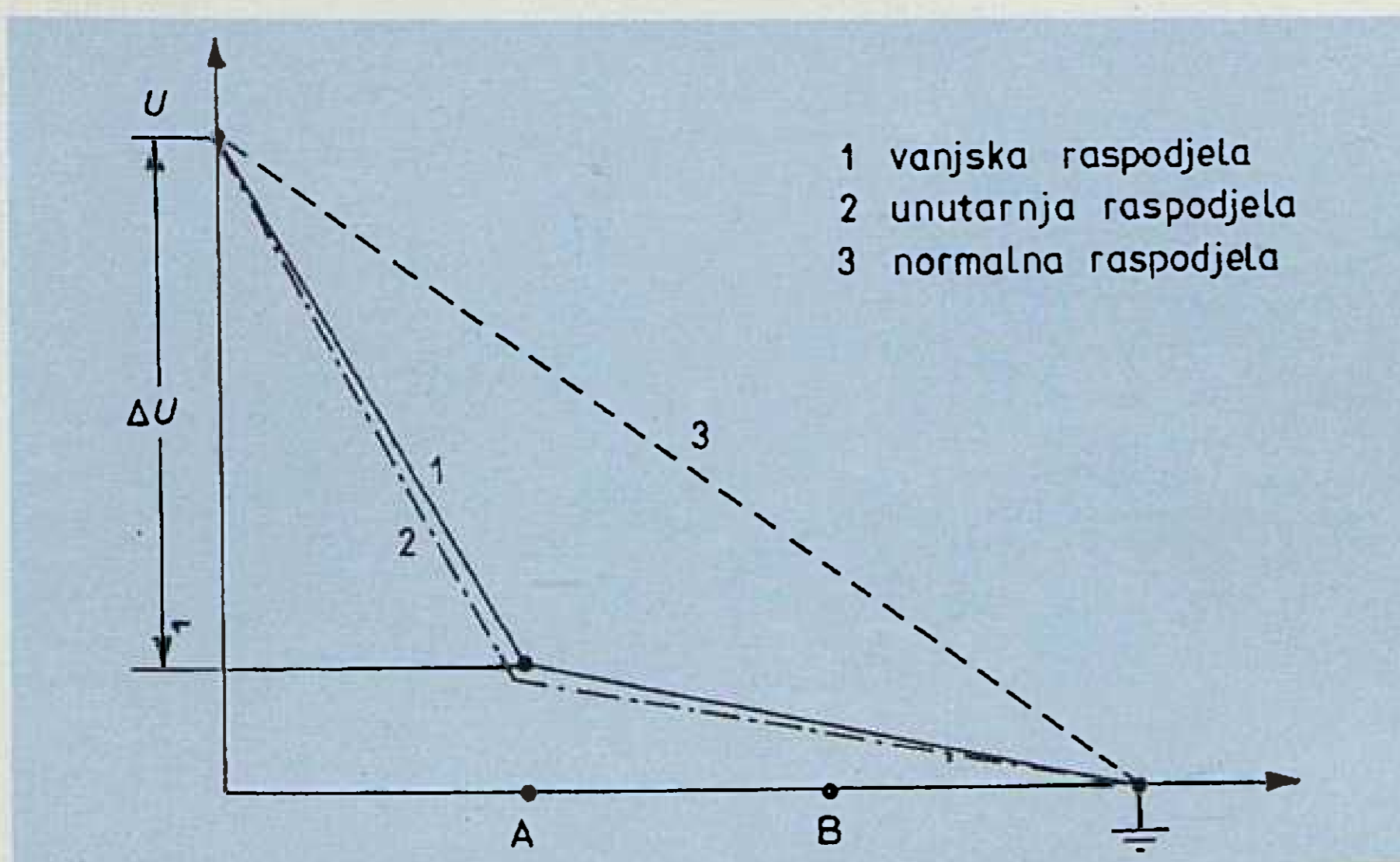
Slika 3.

ge veća od 36 μs ili veće od 160 kg/m³ mjereno metodom slane magle, suha zona na odvodniku prenapona uvjetovat će neravnomjernu raspodjelu potencijala duž izolacije odvodnika. Suha zona formirana na bilo kojem višedijelnom elementu opteretit će naponski samo taj dio, a rastećit će ostale dijelove kućišta odvodnika. Neka se suha zona napravila na gornjem elementu odvodnika prema slici 3.

Omjer napona na suhoj zoni ΔU prema naponu vlažnog dijela isti je kao i omjer otpornosti suhoga dijela naslage prema mokrom dijelu naslage.

Kako je $R_{SZ} \gg R_{MZ}$, bit će i $\Delta U \gg \Delta U'$.

Kako je kućište višedijelno, očito je da će unutarnja raspodjela napona biti ista kao i vanjska raspodjela napona. Sada nemamo izolacijskoga dijela kućišta i zračnog prostora da preuzmu najveći dio narinutog napona.



Slika 4.

Nelinearni varistori gornjega dijela bit će izloženi cijelom naponu ΔU , koji može iznositi znatno iznad U_{ref} odvodnika. Međutim, struja kroz taj dio odvodnika neće proteći prema U-I karakteristici odvodnika za napon ΔU . Struja je ograničena mogućnošću provođenja mokrog dijela naslage onečišćenja. Ustanovljeno je da ta struja iznosi do 100 mA. Iznad te vrijednosti nastaje električni luk zbog ionizacije okolnog zraka. Kako referentni napon odvodnika iznosi manje od 5 mA očito je da je odvodnik veoma ugrožen u režimu rada sa suhom zonom.

Odvodnik prenapona mora izdržati referentnu struju najmanje 10 sekunda. Iznad te vrijednosti vremena dolazi do toplinskog pobjega u odvodniku i stradanju nelinearnih varistora. Ako suha zona ne obuhvaća cijeli dio kućišta jednoga dijela odvodnika, opet dolazi do povećanog napona na tom dijelu odvodnika, do povećane struje kroz taj dio odvodnika te opasnosti od stradanja.

Ovdje vrijedi primijetiti da nastankom parcijalnog luka preko suhe zone nastupa naponsko preopterećenje donjih dva dijelova odvodnika. To nastaje zato što je pad napona kroz parcijalni luk malen i on djeluje na premošćenje gornjega dijela odvodnika. Ako bi se parcijalni luk dulje održavao, moglo bi se ugroziti nelinearni varistor u donja dva dijela odvodnika. Slična naponska slika događa se pri formiranju suhe zone na bilo kojem dijelu višedijelnog odvodnika.

3. ZAKLJUČAK

U uvjetima višeg stupnja onečišćenja, 3. i 4. zona prema IEC 815, suhe zone na kućištu odvodnika prenapona nepovoljno djeluju na ispravan rad odvodnika i mogu dovesti do toplinskog pobjega nelinearnih elemenata odvodnika prenapona. Ako naponska naprezanja kućišta, izazvano nastalom suhom zonom, ne dovede do električnog proboja kućišta, neće nastati oštećenje jednoga dijela nelinearnih elemenata. Suha zona na jednodijelnom odvodniku doprinosi umanjenu ekvivalentnog otpora kroz cijeli odvodnik te uvećanju struje kroz cijeli odvodnik.

Što je suha zona duža, to se naponski više opterećuju nelinearni elementi koji nisu obuhvaćeni suhom zonom.

Proizlazi da je najvažnija mjera održavati kućište odvodnika u čistom stanju po cijenu interventnog isključenja zbog čišćenja kućišta.

Odvodnici prenapona s višedijelnim kućištem neotporni su za rad u zagađenim uvjetima. Potrebno je inzistirati kod proizvođača da izrađuje metal-oksidne odvodnike iz jednodijelnim kućištima za sve naponske razine.

Debljina zida kućišta ne treba biti manja od 30 mm.

Ova analiza pokazuje da su odvodnici prenapona veće energetske moći odvođenja otporniji na izložene pojave. Odvodnici prenapona s jednim stupnjem većim nazivnim naponom, a manjom energetske moći odvođenja, manje su otporni za rad u uvjetima onečišćenja. Mnogo više utječu duljina suhe zone od razlike u visini blokova u oba odvodnika.

LITERATURA

[1] Dr. TOMO BOSANAC: "Teoretska elektrotehnika"

THE INFLUENCE OF THE DRY ZONE ON ZnO LIGHTNING ARRESTER IN THE CASE OF POLLUTION

The operation of the metal-oxide lightning arrester in the case of insulation pollution is analysed. It is shown that the possibility of partial internal work, caused by strong radial gradient of the electric field, depends mostly on the construction of the arrester housing.

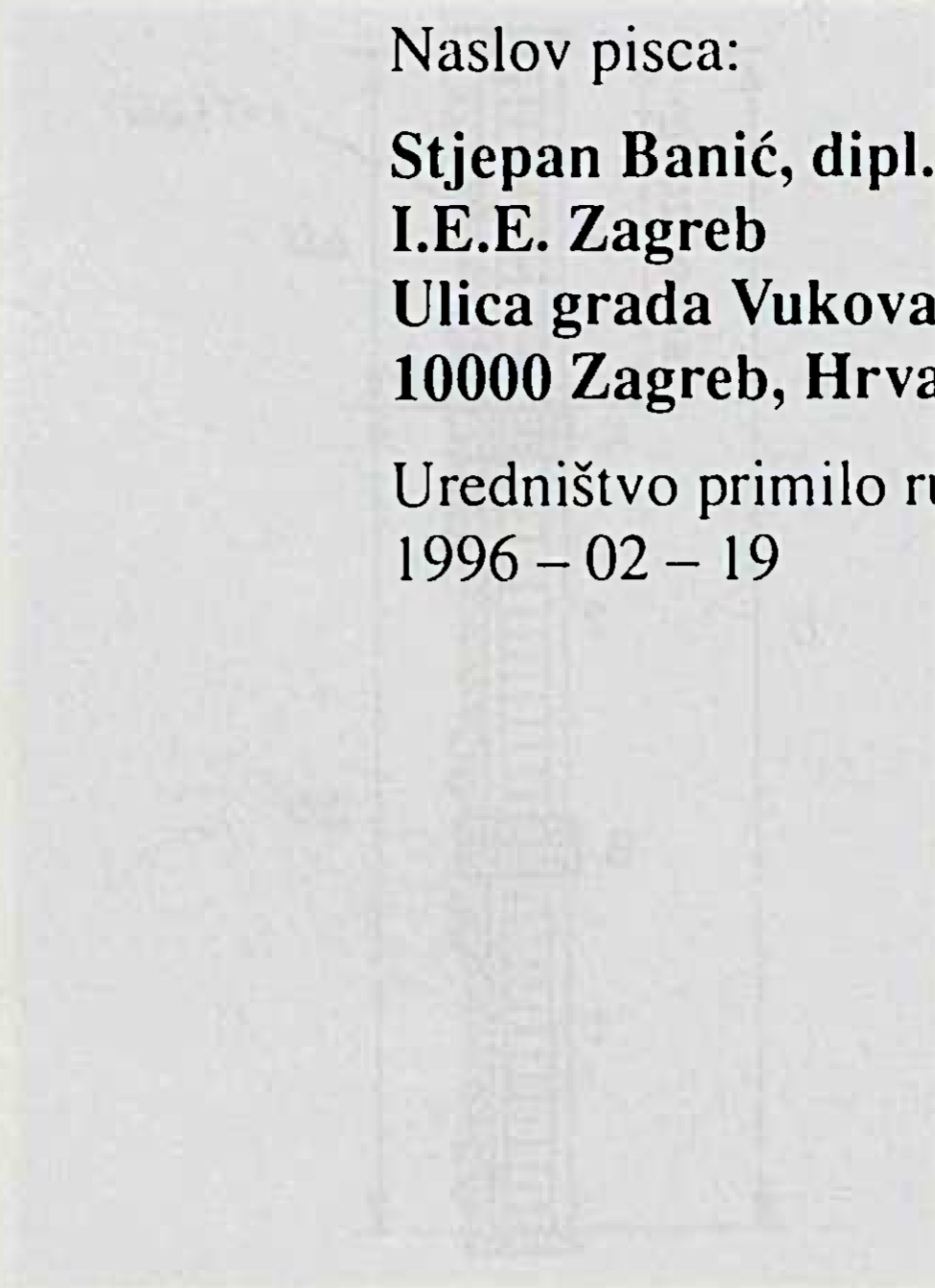
EINFLUSS DES TROCKENEN GÜRTELS AM VERSCHMUTZTEN GEHÄUSE VON ZnO ÜBERSPANNUNGSABLEITERN

Untersucht wird das Verhalten von Metalloxyd-Spannungsableitern unter den Bedingungen verschmutzter Isolation. Es wurde auf die, meistens von den Aufbau des Ableitergehäuses abhängige, Möglichkeit des internen Teilansprechens von Ableitern hingedeutet, welche Teilansprechen häufigst durch den hohen Gradient der elektrischen Feldstärke ausgelöst werden.

Naslov pisca:

Stjepan Banić, dipl. ing. I.E.E. Zagreb Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis: 1996 – 02 – 19



Slika 1

3. ZAKLJUČAK

U uvjetima višeg stupnja onečišćenja, 3.1.4. zona prema IEC 815, suhe zone na kućištu odvodnika prenapona ne-povojne dijelju na ispravna rad odvodnika i mogu dove-... (text is mirrored and partially illegible)

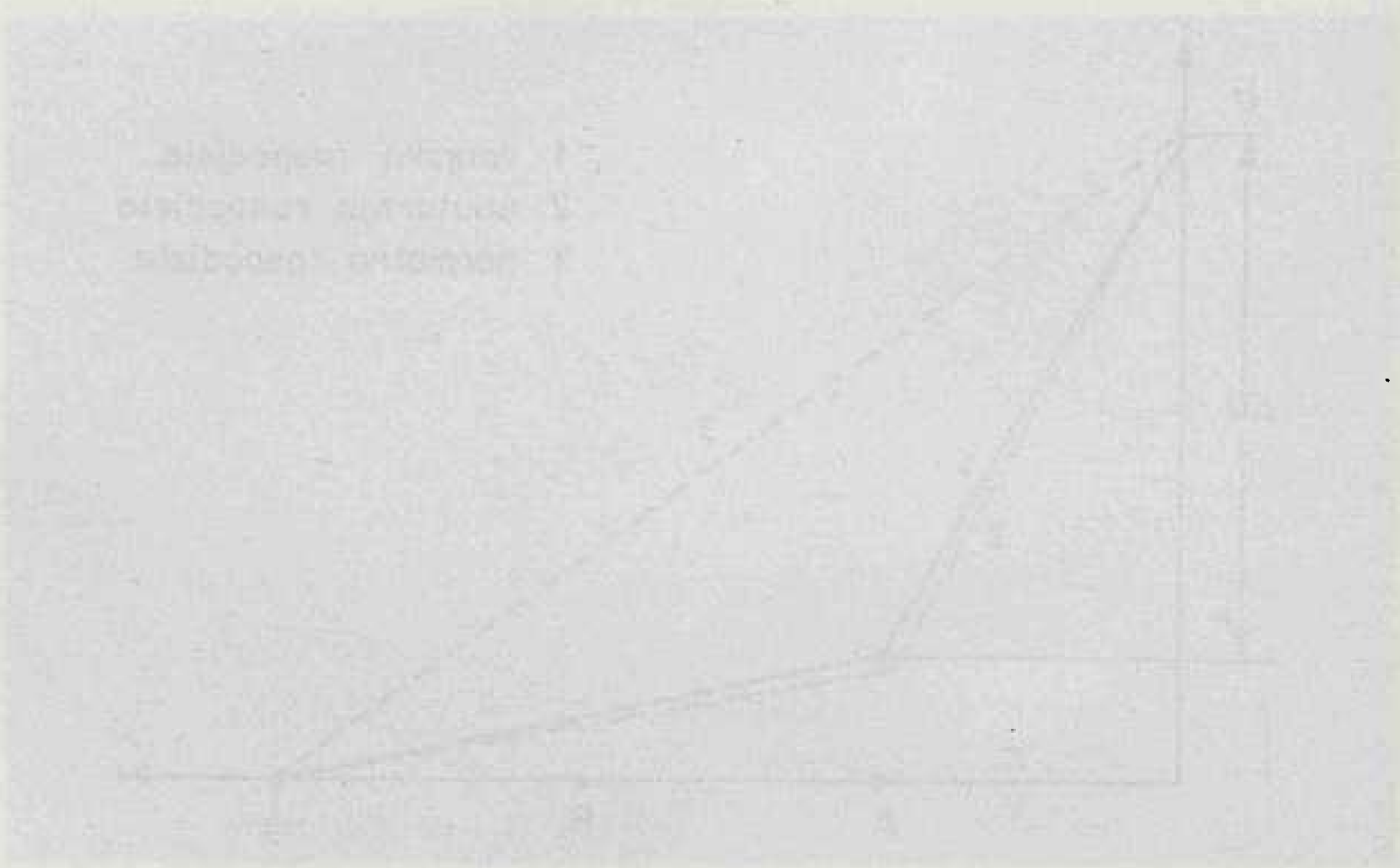
Obvodnici prenapona s višedijelnim kućištem neoptimalni su za rad u zagađenim uvjetima. Početno je izvršeno ispitivanje... (text is mirrored and partially illegible)

LITERATURA

[1] DR. TOMO BOŠANAC, "Teorijska elektrotehnika"

... (text is mirrored and partially illegible)

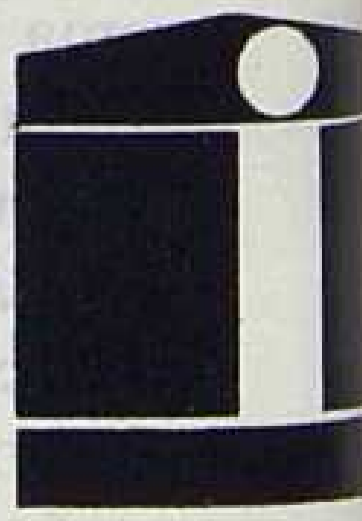
... (text is mirrored and partially illegible)



Slika 4

... (text is mirrored and partially illegible)

industrogradnja d.d.



OSNOVNI STATISTIČKI POKAZATELJI ZA RAZDOBLJE I–XII. 1995.

Između statističkih podataka objavljenih u Mjesečnom statističkom izvješću 1/1996. Državnog zavoda za statistiku izabrani su najvažniji podaci za elektroprivrednu djelatnost, za 1995. godinu. Tako su obuhvaćeni indeksi fizičkog obujma proizvodnje, podaci o proizvodnji električne energije, broju zaposlenih u elektroprivredi, te podaci o bruto i neto-plaći po zaposlenom.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje skupni su indeksi proizvoda prema usvojenoj nomenklaturi. Ponderacijski koeficijenti društveni su proizvod za jediničnu proizvodnju određenog proizvoda i korigiraju se svake godine na razini grane u skladu s preporukom statističkog ureda UN.¹

Znak "Φ" ispred brojčane vrijednosti označava godišnji prosjek. Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za elektroprivrednu djelatnost prikazani su u tablici 1.

U tablici 2. prikazana je ukupna proizvodnja električne energije, te količine električne energije proizvedene u hidroelektranama i termoelektranama. Podaci se odnose na 1992, 1993, 1994. i 1995. godinu. U 1995. godini obuhvaćeno je razdoblje od VIII. do XII. Podaci o radnicima prema tablici 3. iskazani su kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvještajem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Godišnji prosjek broja zaposlenih izračunat je kao aritmetička sredina dvaju polugodišnjih stanja. Podaci

o zaposlenima koji se odnose na mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvještaja.

Podaci o prosječnim neto-plaćama po zaposlenom u elektroprivredi prikazani su u tablici 4. U zaposlene se ubrajaju svi zaposleni bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme. Pod prosječnim neto-plaćama po zaposlenom razumijevaju se primanja zaposlenih po osnovi redovnog radnog odnosa. Osim isplata za stvarno izvršeni rad, obuhvaćene su i ostale isplate koje ulaze u neto-plaće, tj. naknada za godišnji odmor, državne blagdane i neradne dane utvrđene zakonom, bolovanja do 42 dana, odsustvo za stručno obrazovanje, obnašanje vojne obveze, te naknade za topli obrok.

Bruto-plaća po zaposlenom u elektroprivredi prikazana je u tablici 5. Bruto-plaća obuhvaća sve vrste neto isplata, tj. plaće iz radnog odnosa u koje su uključena i zakonom propisana obvezna izdvajanja, a to su doprinosi (stopa 23,85%), porezi i prirezi.

EUROPSKA ENERGETSKA POVELJA²

Europska energetska povelja politička je deklaracija namjera. Pravni okvir za suradnju europskih zemalja u području energetike stvara se sklapanjem ugovora. Aktivnosti za potpisivanje ugovora odvijale su se prema predviđenom planu, te su europske zemlje članice potpisale ugovore. Međutim, Kanada i SAD još

Tablica 1.

Indeks fizičkog obujma proizvodnje	1992.	1993.	I–XII. 1994.	I–XII. 1996.	1994/Φ1994.		1995/Φ1994.					
	Φ1994.	Φ1994.	I–XII. 1993.	I–XII. 1994.	XI.	XII.	I.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
	101,6	108,3	92,4	104,9	94,0	112,0	129,6	95,6	95,6	93,1	110,8	127,0

Tablica 2.

Proizvodnja električne energije		1993.	1994.	I–XII.		1994.		1995.				
				1994.	1995.	XI.	XII.	I.	IX.	X.	XI.	XII.
ukupno	MWh	9 436 920	8 716 727	8 716 727	9 145 654	682 284	814 037	941 576	694 331	676 144	805 191	922 815
hidroenergija	MWh	4 483 851	5 425 994	5 425 994	5 614 448	456 788	421 980	558 348	440 688	433 843	428 150	546 669
termoenergija	MWh	4 953 069	3 290 733	3 290 733	3 531 206	225 496	392 057	383 228	253 643	242 301	377 041	376 146

Tablica 3.

Broj zaposlenih (u tisućama)	Prosjek		1994.			1995.							
	1993.	1994.	X.	XI.	XII.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
	16,3	16,0	16,0	16,0	16,0	16,1	16,1	16,3	16,2	16,2	16,2	16,3	16,3

Tablica 4.

Neto-plaća po zaposlenom (u kunama)	Prosjek		Prosjek I–XI.		1994.			1995.				
	1993.	1994.	1994.	1995.	IX.	X.	XI.	VIII.	IX.	X.	XI.	
	568	1 350	1 282	2 014	1 272	1 442	1 388	1 969	1 952	1 920	2 669	

Tablica 5.

Bruto-plaća i indeksi bruto-plaće po zaposlenom	Prosječne bruto-plaće po zaposlenom u kunama					Indeksi bruto-plaće po zaposlenom		
	VIII. 1995.	IX. 1995.	X. 1995.	XI. 1995.	I–XI. 1995.	IX. 1995.	X. 1995.	XI. 1995.
						VIII. 1995.	IX. 1995.	X. 1995.
	3 079	3 048	2 993	4 409	3 163	99,0	98,2	147,3

¹ Vidi: Energija, god. 44(1995), br. 5–6, str. 303–304.

² Vidi: Energija, god. 44 (1995), br. 2, str. 106.

nisu potpisale ugovor, što stvara probleme, jer bi te zemlje trebale imati status promatrača i bez njihova sudjelovanja teško se može prići izradi druge faze ugovora.

SBK

NABAVA BLOK-TRANSFORMATORA 10,5/115 kV, 16 MW ZA PTE JERTOVEC

Budući da je od ulaska u pogon PTE Jertovec prošlo već gotovo 40 godina, životni vijek neke opreme tada ugrađene je pri kraju i potrebno je ugraditi novu. Tako se priprema zamjena blok-transformatora 10,5/115 kV, 16 MW. U veljači ove godine raspisano je javno nadmetanje za izradu i isporuku blok-transformatora. Rok za predaju ponuda je 20 dana, nakon čega će se obaviti izbor najpovoljnijeg ponuđača s obzirom na uvjete i načine obračuna i plaćanja, rokove s gantogramom, reference u inozemstvu i u HEP-u, dokumente o bonitetu, jamstvo na kvalitetu opreme i radova, ovlaštenja i certifikate ISO i domaće, te druge uvjete koje nudi ponuđač.

SBK

TE SISAK – PRIKUPLJANJE PONUDA ZA IZRADU GLAVNOG I IZVEDBENOG PROJEKTA ZA POVEĆANJE REZERVOARSKOG PROSTORA

Nastavlja se priprema dokumentacije za buduću rekonstrukciju rezervoarskog prostora teškog loživog ulja u TE Sisak, kojom bi se taj prostor povećao. Dosada je izrađeno idejno rješenje, te tender za nabavu i isporuku materijala i opreme za montažu spremnika od 60 000 m³ i spremnika od 40 000 m³, pretakališta, željezničkih cisterna i prateće instalacije. Sada je raspisano javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za izradu glavnog i izvedbenog projekta građevinskog i strojarskog dijela, elektroinstalacije, zaštite od požara i vatrodjave te zaštite na radu

SBK

TE RIJEKA – PRIKUPLJANJE PONUDA ZA IZRADU GLAVNOG I IZVEDBENOG PROJEKTA ZA POVEĆANJE REZERVOARSKOG PROSTORA

Temeljem idejnog rješenja i tendera za nabavu i isporuku materijala te izradu i montažu spremnika 60 000 m³ u TE Rijeka raspisano je također javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za izradu glavnog i izvedbenog projekta povećanja rezervoarskog prostora teškog loživog ulja s dopremom i otpremom na lokaciji termoelektrane. Izrada projektne dokumentacije obuhvaća građevinski i strojarski dio te elektro dio, te zaštitu od požara s vatrodjavom i zaštitu na radu. Projektna dokumentacija radi se za rezervoar s crpnom stanicom, slop-posudom, uljnim separatorom, dogrijačkom stanicom rezervoara i povratom kondenzata.

SBK

INTERVENTNI DALMATINSKI OBJEKTI

Plinska energana u Dujmovači instalirana je kao privremeno rješenje iz Vladina interventnog programa za Dalmaciju u vrijeme velikih redukcija. Isto je tako s dvadesetjednim dizelskim agregatom u splitskom brodogradilištu te u objektima u Zadru i Šibeniku. Ukupna snaga tih privremenih elektrana iznosi oko 90 megavata, odnosno godišnje oko pola milijuna megavatsati. Kako više nisu u ranijoj funkciji, pokušava se nešto učiniti s ovim interventnim objektima. Istražuju se potencijalne lokacije za njihovo preseljenje, ali i razmatraju mogućnosti njihove prodaje. Zato elaboriranje traje duže kako bi se donijela prava odluka. Što

se tiče preseljenja energane iz Dujmovače na lokaciju u Zagreb, to ne bi bilo nimalo jeftino, jer se procjenjuje na svotu od 100 000 DEM.

SBK

HRVATSKA SEKCIJA MEĐUNARODNOG UDRUŽENJA ZA SUNČEVU ENERGIJU – ISES CROATIA

Međunarodna udruga za sunčevu energiju (International Solar Energy Society – ISES), utemeljena 1954. godine sa sjedištem u Freiburgu, ima tridesetak nacionalnih sekcija s više od 4 000 članova. Hrvatska sekcija tog udruženja utemeljena je 1992. godine i ima oko 35 članova.

U okviru svojih djelatnosti ISES organizira svake dvije godine znanstveno-stručni svjetski kongres. Na prošlogodišnjem kongresu bio je prikazan i jedini referat iz Hrvatske "Renewable Energy Tehnology and Biomatic Architecture in Croatia – a Useful Experience" autora Ljubomira Mišćevića. Za tu priliku također je pripremljena publikacija "Obnovljiva energija u Hrvatskoj" (Renewable Energy in Croatia), koju je objavilo Ministarstvo gospodarstva.

SBK

SAVJETOVANJE O ENERGETSKIM INSTALACIJAMA U OBNOVI

Ministarstvo gospodarstva i Savez elektrotehničkih inženjera organiziraju ove godine savjetovanje o problematici energetskih instalacija u obnovi nakon ratnih razaranja. Obuhvaćene su: elektroenergetske instalacije, plinske instalacije, instalacije za tekuća i kruta goriva, instalacije grijanja, obnovljivi izvori, te opskrba vodom i odvodnja.

Provedba obnove i izgradnje treba biti što racionalnija, a uložena sredstva što učinkovitija. Pri tome treba svakako voditi brigu o makroplaniranju i mikroplaniranju, o strategiji razvoja zemlje, o izboru energenata, te o uvođenju suvremenih rješenja i tehnologije, opreme i materijala.

SBK

ISTRAŽIVANJA MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA VJETRA

Za potrebe Hrvatske elektroprivrede znanstveno-stručna ekipa s Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu radi studiju o mogućnosti proizvodnje električne energije iz energije vjetra na jadranskim otocima i u priobalju Hrvatske. Za te potrebe razvili su ekspertni sustav CRO-EOL za istraživanje potencijalnih mogućnosti korištenja energije vjetra.

Zadatak je da se iz danih vjetropotencijala te geografskih, urbanih i drugih podataka izaberu optimalne lokacije za postavljanje vjetroturbinskih generatora, te da se iz ponude postojećih vjetrogeneratora izaberu optimalne jedinice za pojedine lokacije. Nakon toga slijedi proračun konačne cijene koštanja pretvorbe energije vjetra u električnu energiju. Uzevši u obzir svjetska iskustva, vjetroelektrane nikako ne mogu raditi kao bazne elektrane. Prema dosad prikupljenim podacima jadranski otoci i obala najvjetrovitija su područja na prostoru naše zemlje.

Od sjevernojadranskih otoka do krajnjeg juga zemlje provedena su višegodišnja istraživanja i mjerenja na 19 lokacija, tako da se raspolaze podacima o srednjoj godišnjoj prirodnoj i raspoloživoj energiji i srednjoj gustoći snage vjetra. Znatan broj lokacija je povoljan s prosječnim potencijalom od 100 do 300 W/m² na visini 10 metara, a na većim visinama je i više. Najzanimljivije lokacije su na nekim otocima gdje postoje dobri preduvjeti za korištenje vjetroenergije uz prosječnu brzinu vjetra od 5 do 6 metara u sekundi na 10 do 20 metara iznad tla. Odgovor o mogućnosti korištenja energije vjetra za proizvodnju električne energije dobit će se nakon završenog istraživanja.

Bilo je već i prije pokušaja da se nešto konkretno učini. Tako je prva vjetroelektrana u našoj zemlji snage 22 kW proizvedena u tvornici Uljanik u Puli i montirana 1988. godine.

SBK

REVITALIZACIJA HE ZAKUČAC

Nastavljaju se radovi na revitalizaciji HE Zakučac. U okviru tih aktivnosti provodi se javno nadmetanje za dogradnju transformacije 110/35 kV za kućnu potrošnju, nabavu optičkog kabela HE Zakučac–Omiš, te zamjenu uređaja sustava istosmjernog napona u strojarnici. Kako se radi o najprioritetnijim radovima javno nadmetanje je objavljeno u Narodnim novinama krajem veljače i početkom ožujka, a rok za dostavu ponuda je polovicom ožujka.

U okviru dogradnje transformacije 110/35 kV prikupljaju se ponude za izradu, isporuku, transport, montažu, ispitivanje i puštanje u pogon opreme rasklopnog postrojenja 35 kV. Dogradnja je neophodna radi osiguranja pogonske spremnosti elektrane. Time se ujedno rješava i rezervno napajanje grada Omiša.

Za poboljšanje telekomunikacijskih veza HE Zakučac–HEP Split predviđen je optički kabel do Omiša. Ponude se prikupljaju za izradu, isporuku, transport i montažu opreme i ustupanje radova. U strojarnici i komandnoj zgradi planira se zamjena postojećih ispravljača 220 i 48 V, zamjena postojećih baterija 220 V i 48 V, te zamjena razvodnih ormara. Ponude se prikupljaju za izradu, isporuku, transport i montažu opreme i ustupanje radova sustava istosmjernog napona 220 V i 48 V.

SBK

HE MILJACKA – POBOLJŠANJE TELEKOMUNIKACIJSKIH VEZA SA HPT

HE Miljacka je jedna od oslobođenih elektrana. Nakon temeljitog pregleda izvršeni su neophodni popravci, te je 11. kolovoza 1995. godine ponovno stavljena u pogon. Za normalno funkcioniranje sustava hidroelektrane telekomunikacijske veze ne zadovoljavaju, pa je potrebno izvesti njihovo poboljšanje. Postojeća telekomunikacijska veza HE Miljacka–HPT ostvarena je jednim žičanim vodom. Kako je ovaj vod često van funkcije, neophodno je izgraditi odgovarajući sustav veza, pogotovo sada kada je uprava pogona formirana u krugu hidroelektrane. Prijedlog rješenja je izrađen, te objavljeno javno nadmetanje krajem veljače. Ponude se prikupljaju za izradu, isporuku, transport i montažu opreme i ustupanje radova za optički kabelski prijenosni sustav HE Miljacka–HPT (ATC) Oklaj sa rokom do polovice ožujka.

SBK

PRIPREMA IZGRADNJE CENTRA SUSTAVA DALJINSKOG VOĐENJA DC "ELEKTRA" SLAVONSKI BROD

Nastavlja se priprema izgradnje centra sustava daljinskog vođenja DC "Elektra" Slavonski Brod. Krajem veljače u Narodnim novinama je na temelju idejnog rješenja raspisano javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za izgradnju centra. Time je obuhvaćeno projektiranje sustava daljinskog vođenja SDV DC Slavonski Brod, isporuka i montaža opreme, te puštanje u pogon. Zatim slijede radovi i dokumentacija za povezivanje tri postoje-

će transformatorske stanice TS 35/10 kV u sustav daljinskog vođenja. Ponuda obuhvaća i izradu kompletne dokumentacije, školovanje kadrova, te održavanje i servis.

SBK

400 kV DALEKOVOD ŽERJAVINEC–MAĐARSKA GRANICA–HEVIZ

Hrvatska elektroprivreda intenzivno priprema izgradnju 400 kV dalekovoda od Žerjavince do mađarske granice. Tako je krajem siječnja u Budimpešti potpisan sporazum pod imenom "Memorandum of Interest" između mađarske i hrvatske elektroprivrede, koji zapravo predstavlja zajedničku odluku o građenju. Na temelju ovog memoranduma potpisat će se ugovori kojima će se definirati svi potrebni uvjeti za izgradnju i eksploataciju ovog dalekovoda.

Prema Memorandumu definirano je opremanje 400 kV rasklopišta u krajnjim točkama. Ovaj dalekovod će povezivati trafostanice TS 400/120 kV Heviz u Mađarskoj i TS 400/(220)110 kV u Žerjavincu u Hrvatskoj. Veza će omogućiti prijenos električne energije pod normalnim okolnostima, ali i u slučaju havarije, kada je potrebna ispomoć. Preko nje će se vršiti razmjena električne energije između obiju zemalja, tranzitni prijenos električne energije za potrebe jedne od supotpisnica iz trećih zemalja, te tranzitni prijenos električne energije za potrebe trećih zemalja. Što se tiče karakteristika dalekovoda, na mađarskoj dionici će se ugraditi vodiči 2xAl/Č 500/65 mm² po fazi, a na hrvatskoj dionici 2xAl/Č 490/65 mm² po fazi. Vod će se opremiti sa dozemnim užetom i to: na mađarskoj strani 2 užeta presjeka Al/Č 95/55 mm², na hrvatskoj strani sa jednim dozemnim užetom sa ugrađenim staklenim vlaknima za telefonske potrebe i za potrebe prijenosa impulsa zaštite na cijeloj dužini, te lokalne potrebe elektroprivreda obiju zemalja. Nazivni napon je 380(400) kV, maksimalni pogonski napon 420 kV, udarni podnosivi prenapon 1425–1550 kV vršno, struja kratkog spoja 40 kA efektivno, nazivna struja sabirnice 3150–3500 A, a nazivna struja odvoda 2000 A. Za idealno pogonsko stanje prirodna snaga prijenosa ovog voda blizu je 530 MW po sustavu (trojci).

SBK

REVITALIZACIJA TE RIJEKA

U listopadu prošle, 1995. godine završen je kapitalni remont TE Rijeka, instalirane snage 320 MW, 303 MW na pragu. Remont je obavljen u razdoblju od dva i pol mjeseca. Veliki zahvati su obavljeni na kotlovskom postrojenju, turboagregatu, zamjeni AKU baterija, te sustavu regulacije i mjerenja.

Zahvati na kotlovskom postrojenju obuhvatili su: rekonstrukciju međupregrijača II i pregrijača II glavnog kotla, zamjenu međupregrijača I, te zamjenu VT separatora glavnog kotla.

Izvršen je kapitalni remont turboagregata, rekonstrukcija sustava vođenja turboagregata, te ugradnja sustava nadzora i dijagnostike turboagregata. Zamijenjen je i rekonstruiran unutarnji dio rasplinjača napojne vode, te učinjeni zahvati na sustavu vođenja na postrojenju za trajno pročišćavanje kondenzata.

AKU baterije postojećeg sustava istosmjernog napajanja 220 V stare su oko 20 godina, te dolazi u pitanje njihova pouzdanost u havarijskom režimu. Zato je bilo potrebno izvršiti zamjenu.

SBK

GRANSKE NORME HEP

Hrvatska elektroprivreda nastavlja rad na izradi vlastitih normi.
U proteklom razdoblju donesene su slijedeće granske norme:

Naziv	Bilten broj	Datum	Stranica
Pravilnik o zaštiti na radu u javnom poduzeću HEP	Bilten HEP 4/91	1.08.91	6
Pravilnik o spriječavanju neovlaštene potrošnje električne energije	Bilten HEP 4/91	1.08.91	3
Izmjene i dopune Pravilnika o zaštiti na radu u HEP	Bilten HEP 11/95	6.11.95	2
Pravilnik o zaštiti na radu u HEP (pročišćeni tekst)	Bilten HEP 11/95	6.11.95	7
Prilog 1 Pravilnika o zaštiti na radu. Osobna zaštitna sredstva	Bilten HEP 11/95	6.11.95	2
Pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektroenergetskim postrojenjima: Prilog 4. Pravilnika o zaštiti na radu HEP-a	Bilten HEP 12/92	31.08.92	38
Upute za izradu granskih normi u Direkciji za distribuciju HEP-a	Bilten HEP 15/92	13.11.92	7
Tehnički uvjeti za TS 10(20)/0,4 kV, 1x630 kVA – kabela izvedba	Bilten HEP 16/92	13.11.92	32
Tipizacija betonskih stupova okrugle izvedbe za 20(10) kV vodove s preporukom za projektiranje i primjenu	Bilten HEP 16/92	13.11.92	45
Tipizacija čelično-rešetkastih stupova za 20(10) kV vodove	Bilten HEP 16/92	13.11.92	13
Tehnički uvjeti za izvedbu priključaka u višekatnim stambenim objektima	Bilten HEP 18/92	13.11.92	24
Tipizacija čelično-rešetkastih stupova za 35 kV vodove	Bilten HEP 21/93	15.03.93	30
Tehnički uvjeti za izbor i polaganje elektroenergetskih kabela nazivnog napona do 35 kV	Bilten HEP 22/93	25.03.93	88
Opće upute za izvođenje radova pod naponom	Bilten HEP 21/93	20.04.93	29
Pravilnik o zdravstvenim i psihičkim uvjetima djelatnika za rad pod naponom	Bilten HEP 21/93	20.04.93	3
Tehnički uvjeti za mjernu opremu na obračunskom mjernom mjestu na niskom i srednjem naponu	Bilten HEP 30/93	20.07.93	4
Tehnički uvjeti za ograničavala strujnog opterećenja	Bilten HEP 30/93	20.07.93	2
Tehnički uvjeti za mjernu opremu na obračunskom mjernom mjestu u prijenosnoj mreži	Bilten HEP 30/93	20.07.93	3
Tehnički uvjeti i upute za izgradnju niskonaponske mreže sa samonosivim kabelskim snopom	Bilten HEP 31/93	10.08.93	80
Tehnički uvjeti za izvođenje kućnih priključaka individualnih objekata	Bilten HEP 32/93	10.08.93	42
Upute za izbor i ugradnju ograničavala strujnog opterećenja (limitatora)	Bilten HEP 33/93	10.08.93	12
Prilog 5. Pravilnika o zaštiti na radu HEP: Evidencije, isprave i nadzor iz zaštite na radu	Bilten HEP 35/93	12.11.93	23
Prilog 3. Pravilnika o zaštiti na radu HEP: Nabava, održavanje i ispitivanje oruđa za rad i zaštitne opreme	Bilten HEP 37/93	31.12.93	7
Generalni plan razvoja mreže veza Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 38/94	27.06.94	140
Pravila i mjere sigurnosti pri radu na elektroenergetskim postrojenjima distribucije električne energije – Prilog 4. Pravilnika o zaštiti na radu HEP-a	Bilten HEP 41/94	20.10.94	3
Pravilnik o zaštiti od požara u Hrvatskoj elektroprivredi	Bilten HEP 42/94	22.10.94	2
Pravilnik o izmjeni Pravilnika o radnim odnosima, disciplinskoj i odgovornosti djelatnika Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 43/95	25.01.95	
Pravilnik o organizaciji Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 45/95	15.03.95	3
Pravilnik o radnim odnosima, disciplinskoj i odgovornosti djelatnika Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 28/93	20.05.93	
Tipizacija betonskih stupova niskonaponske mreže	Bilten HEP 46/95	15.04.95	1
Preporučena opterećenja drvenih stupova za vodove srednjeg napona	Bilten HEP 47/95	16.04.95	1
Tehnički uvjeti za izradu i impregnaciju drvenih stupova za nadzemne elektroenergetske vodove	Bilten HEP 48/95	18.04.95	1
Tehnički uvjeti za mjernu opremu na obračunskom mjernom mjestu na niskom i srednjem naponu (brojila i tarifni uređaji – izmjene i dopune)	Bilten HEP 49/95	14.07.95	8
Statut Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 50/95	18.08.95	12
Pravilnik o izmjeni Pravilnika o organizaciji Hrvatske elektroprivrede	Bilten HEP 51/95	6.11.95	3
Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o sistematizaciji radnih mjesta u Hrvatskoj elektroprivredi	Bilten HEP 51/95	6.11.95.	1
Odluka o obliku, sadržaju i korištenju znaka, memoranduma i pečata i čuvanju pečata Hrvatske elektroprivrede – dioničkog društva	Bilten HEP 51/95	6.11.95	3
Odluka o iznosu naknada, nagrada, pomoći i otpremnine na teret troškova poslovanja Hrvatske elektroprivrede d.d.	Bilten HEP 51/95	6.11.95	3
Prilog 8. Pravilnika o zaštiti na radu HEP-a – Pružanje prve pomoći i medicinske pomoći radnicima na radu u distribuciji električne energije	Bilten HEP 51/95	6.11.95	5

POSTIGNUTA VISOKA ČISTOĆA RIJEKE RAJNE¹

Švicarska udruga "Association Saumon-Rhin", koja od 1993. godine koordinira svoj program "Losos 2000", u Elzasu je zabilježila u srpnju 1995. svoj prvi veliki uspjeh. Četrdeset km sjeverno od Strassburga uhvaćen je losos težak 2,5 kg. Time je dobiven siguran dokaz, prvi od 1957, da se losos vratio u područje Rajne, 700 km udaljeno od ušća u more. Uhvaćena je riba ubačena u Rajnu 1993. kao jedinka lakša od jednog grama, kad se obavljalo poribljavanje. Mladi je losos otplivao u more, a nakon nekih godina dana opet se vratio u rijeku na mjesto gdje je ulovljen.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 11/12

Mrk

POTROŠAK ENERGENATA U ŠVICARSKOJ

Švicarska je tijekom godine 1994. potrošila energenata energetske vrijednosti 781 590 TJ (teradžula), od čega je 85% morala uvesti. Na domaću hidroenergiju otpada 13%, a na drvo 2%. Uvezeno je kako slijedi: 62% otpada na derivate nafte, 11% na plin, 9% na uran, 1% ugljen i 2% ostalo.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 11/12

Mrk

MEĐUNARODNA ORGANIZACIJA ZA RJEŠAVANJE PROBLEMA VODA

U Italiji, u mjestu Valenzano – Bari, sastao se skup od 16 znanstvenika, predstavnika razvojnih organizacija, Svjetske banke itd., koji su priredili osnivanje međunarodne organizacije "World Water Council" (WWC). Nova će udruga početi s radom već ove, 1996. godine i obuhvatiti sve važne svjetske institucije, organizacije, koje se bave globalnim ili međuregionalnim vodnim problemima.

Zadatak WWC bit će poboljšanje informiranja svjetske javnosti, savjetovanje mjerodavnih institucija (u vladama i UN), razvoj strategije rješavanja multinacionalnih sporova oko voda, te provođenje programa i projekata.

Predviđa se da će tajništvo ove nove svjetske organizacije biti u Montrealu u Kanadi.

Wasser, Energie, Luft, god. 87 (1995), br. 11/12

Mrk

TERMOELEKTRANA S VISOKOM KORISNOSTI²

U Engleskoj je stavljena u pogon plinsko-parna termoelektrana Rye House, koju je izgradila tvrtka Siemens. Elektrana ima instaliranu snagu od 700 MW, a sastoji se od tri plinska turbobloka i jednog parnog turbobloka. Ukupna korisnost ove elektrane vrlo je visoka i iznosi 51%. Američki stručni časopis "Power Engineering International" dodijelio je posebnu nagradu dobavljaču elektrane zbog tehničkih inovacija u projektiranju i izvedbi, kao i zbog pouzdanog pogona. Izgradnja je trajala 30 mjeseci, 2,5 mjeseca manje od ugovorenog roka.

ETZ, god. 116 (1995), br. 17

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA ČINI MALI DIO POTROŠENE ENERGIJE

U svjetskoj potrošnji energije obnovljiva energija čini tek mali dio. Udio obnovljive energije u različitim je zemljama različit, što se vidi iz sljedećeg pregleda:

Island	63%	Kanada	17%	Španjolska	3.1%
Norveška	51%	Švicarska	17%	Japan	2.6%
Švedska	27%	Danska	6.9%	Njemačka	1.2%
Austrija	24%	SAD	6.4%	Belgija	0.7%
Finska	19%	Italija	4.9%	Nizozemska	0.6%
Turska	19%	Francuska	4.2%	Velika Britanija	0.6%

Iz pregleda se vidi da najveći udio obnovljive energije imaju zemlje bogate hidroenergijom, jer ostale vrste obnovljive energije svuda čine neznatan dio.

ETZ, god. 116 (1995), br. 17

Mrk

NJEMAČKI POGLED NA ZVANJA U BUDUĆNOSTI

Predviđa se da će se do godine 2010. u zapadnom dijelu Njemačke otvoriti oko 1,4 milijuna novih radnih mjesta, no to neće smanjiti broj nezaposlenih. Za radna će se mjesta tražiti u prvome redu visokokvalificirani djelatnici. Godine 1991. Njemačkoj 41% uposlenih nije imalo neko zvanje. Predviđa se da će se taj postotak u 2000. godini smanjiti barem za trećinu. Nova će se radna mjesta ponajviše otvoriti u istraživačkim i razvojnim organizacijama, menadžmentu, informatici i komunikacijama. Znatno će se smanjiti broj radnih mjesta u proizvodnji, trgovini i administraciji. Dobra se budućnost vidi u zvanjima koja se izravno ili posredno bave pitanjem kvalitete i ekologije. Na primjer, bit će korisno da se inženjeri i tehničari dodatno izobrazu za zaštitu okoliša i menadžment.

ETZ, god. 116 (1995), br. 17

Mrk

NADOKNADA ŠTETE NASTALE U NJEMAČKOJ ZBOG ČERNOBILSKE KATASTROFE

Prema izjavi njemačkog ministra za okoliš, zaštitu prirode i sigurnost reaktora, katastrofa u Černobilu stajala je Njemačku ukupno 452 milijuna DEM. Glavni je dio ove svote utrošen na odštete u poljoprivredi. Za troškove nastale kontaminacijom u mljekarstvu Vlada je stavila na raspolaganje 66,7 milijuna DEM.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 25

Mrk

ELEKTROMERCEDES USPJEŠNO IZVRŠIO SVOJ PROBNI PUT

Pokusna vožnja elektromobilom tvrtke Mercedes započela je u siječnju 1992. Vozilo "Mercedes E klase", opremljeno visokoenerskim baterijama "Zebra" ispitivan je u najrazličitijim prilikama vožnje: u gradskoj i brdskoj vožnji, na brzim autocestama i općenito rečeno u svim prilikama modernog autoprometa. Ukupno je dnevno pređeno oko 80 km, a baterije su dva puta dnevno pražnjene do 90%. Na prijeđenih 100 000 km izvedeno je 1 100 ciklusa punjenja i pražnjenja. Baterije su jedva pokazale neko starenje. Kapacitet, u usporedbi s novim baterijama, pao je samo za 8%. Zbog dobrih rezultata test je nastavljen, pa je prijeđeno

¹ Vidi: *Energija*, god. 39 (1990), br. 6: Za čistu Rajnu 20 milijardi DEM.

² Vidi: *Energija*, god. 44 (1995), br. 1: Kombinirana plinska TE u Velikoj Britaniji.

120 000 km uz 1 200 ciklusa nabijanja baterija. Ispitivana je trajnost baterije neredovitim punjenjem i pražnjenjem. Razvijaju se i drugi tipovi vozila, tehnika motora i baterija. Na primjer, zamijenjen je istosmjerni elektromotor novorazvijenim trofaznim asinkronim motorom manje težine, ali veće učinkovitosti.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 25

Mrk

NAJBROJNIJI TIP REAKTORA JE LAKOVODNI NUKLEARNI REAKTOR

Od 432 obuhvaćena nuklearna reaktora u svijetu, ukupne snage 362 GW, 78,5% otpada na lakovodne reaktore, a 85% po snazi lakovodni reaktori s vodom pod tlakom (PWR) čine 57,2%, a s ključalom vodom (BWR) 21,3%. Od ostalih tipova najbrojniji su plinsko-grafitni reaktori 8,1% ali su manje snage (3,8%) i reaktori s prirodnim uranom kanadskog tipa 7,4% (po snazi 5,1%)

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 9

Mrk

NAPREDAK U ZAŠTITI OKOLIŠA U ČEŠKOJ

Pet godina brige o zaštiti okoliša u Češkoj Republici dalo je dobre rezultate. Emisija letećeg pepela i sumpornog dioksida reducirana je za 20% do 30%. Ispuštanje sumpornog dioksida smanjilo se od 2,26 milijuna tona u 1990. na 1,7 milijuna tona u 1994. godini.

Stručnjaci računaju da će se do godine 2000. emisija smanjiti samo na 0,6 milijuna tona. Leteći pepeo opteretio je 1990. godine atmosferu količinom od 1,17 milijuna tona, dok su u 1994. mjerenja pokazala samo 0,77 milijuna tona. Do kraja stoljeća ta bi se količina trebala smanjiti na 0,48 milijuna tona.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 9

Mrk

FOTOVOLTAIČKE ČELIJE NA ZAŠTITNOM ZVUČNOM ZIDU

U Saarbrückenu (Njemačka), na dijelu autoceste podignut je zaštitni zid protiv buke. Na duljini od 500 m na zid su montirane fotovoltaičke ćelije koje proizvedenu električnu energiju šalju u javnu gradsku mrežu.

Projekt je financijski potpomoglo Savezno ministarstvo obrazovanja i istraživanja i Zemaljsko ministarstvo za okoliš. Takvom montažom snizuju se investicijski troškovi i cijena proizvedenog kWh za 30%. Troškovi ovog projekta iznosili su 950 000 DEM, uz dodatak od 250 000 DEM za razvoj, istraživanje i znanstveno praćenje.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 10

Mrk

SMANJENJE DUŠIČNIH OKSIDA U SAD-u

Prema dokumentu Clean Air Act, američke termoelektre i industrija namjeravaju do 2004. prosječno godišnje investirati, 800 milijuna USD u uređaje za sprečavanje emisije štetnih dušičnih oksida. Računa se da će najveći dio ugovora za provođenje ove akcije, u visini 1,8 milijardi USD, biti sklopljen u 1998. godini.

Glavni dio te svote otpada na termoelektre ložene ugljenom, a manji na industriju. Prva će na red za poboljšanje doći ložišta s nižom emisijom dušičnih oksida.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 9

Mrk

UDIO BIOMASE U AUSTRIJSKOJ ENERGETICI

Udio biomase u energetske potrošnji Austrije iznosi 12%. To je najveći postotak udjela od sviju zemalja Europske unije. Glavni dio ove biomase čini gorivo drvo i drveni otpaci.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 10

Mrk

LABORATORIJSKI SUNČANI SIMULATOR

U Kölnu (Njemačka) izgrađen je sunčani simulator, prvi takav uređaj u Njemačkoj. Umjetno sunce zrači standardnu sunčanu svjetlost na površinu od 4 m². Uređaj će služiti za istraživanja i razvoj fotovoltaičkih modula većih površina, a omogućuje i testiranja i certificiraciju solarnih ćelija.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 10

Mrk

BORBA PROTIV ULJNE MRLJE NA MORU

Znanstvenici britanskih sveučilišta York i Loughborough pronašli su nov način uništavanja uljne mrlje na moru. U pjenu se umiješaju bakterije i hranjiva tvar te se time biološkim putem uništi uljna mrlja. Pjena, koja je slična onoj što se upotrebljava za gašenje požara, kao i spomenuti dodaci bakterija povoljni su i glede troškova. Dosadašnji slični pokušaji nisu bili uspješni.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 10

Mrk

UMJESTO KROVNIH CRJEPOVA – SOLARNI MODULI

U Freiburgu (Njemačka) na jednoj novogradnji krov nije pokriven uobičajenim crjepovima, već solarnim modulima nazvanim solarni crijep. Crjepovi za pokrivanje krova više nisu potrebni jer montirani solarni moduli potpuno preuzimaju tu ulogu. Time se smanjuju troškovi materijala i montaže, a arhitekti su pozdravili takvo rješenje. Novo je rješenje jeftinije i estetski povoljnije. Umjesto više manjih usmjerivača cijelo postrojenje radi na jedan veliki usmjerivač, što je povoljno s obzirom na cijenu, smještaj i održavanje.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 11

Mrk

HIDROPOTENCIJAL NJEMAČKE

U zapadnom, starom dijelu Njemačke već je iskorišteno 70% vodnih snaga s mogućnošću proizvodnje od 18 000 GWh godišnje. Naprotiv, u 5 novopriključenih zemalja iskorištenje iznosi samo 14%. Prema provedenim istraživanjima još se ekonomski i ekološki može iskoristiti 1 114 GWh godišnje, a iskorišteno je tek 160,8 GWh. Najviše mogućnosti pruža Saska i Tiringija. Ovdje zbog ekoloških razloga nije obuhvaćena rijeka Elba.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 12

Mrk

KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE

Potkraj 1994. godine u svijetu je bilo ukupno instalirano 8 207 MW u termoelektranama koje koriste toplinu iz unutrašnjosti Zemlje. Prema podacima koji su izneseni na kongresu o geotermalnoj energiji, održanom 1995. u Firenci, u izravno korištenje geotermalne energije investirano je u razdoblju od 1985. do 1994. godine oko milijardu dolara. Toplinske crpke vezane za geotermalne izvore znatno se upotrebljavaju u Švicarskoj i SAD-u, a mnogo se koriste i u industrijskom sektoru u Novom Zelandu i također u SAD-u. Zapreka za još šire korištenje takve obnovljive energije jesu niska cijena nafte i plina, no ipak interes raste, osobito u području Azije. Ipak, glavna se pažnja u svijetu pridaje korištenju geotermalne energije za proizvodnju električne energije. Na spomenutom kongresu izneseno je mnogo primjera iz različitih zemalja gdje se već i sada znatan dio električne energije dobiva iz geotermalnih termoelektrana, a planovi za budućnost vrlo su opsežni. Na primjer, Australija je svoju prvu takvu elektranu od 150 MW stavila u pogon 1990, a Kostarika pak snagu današnje termoelektrane od 60 MW povećava na 170 MW. Takvih primjera ima više. Posebno treba istaknuti Italiju koja se prva u svijetu počela koristiti geotermalnom energijom u elektranama. Do 1995. godine talijansko elektroprivredno poduzeće ENEL imalo je u takvim elektranama instalirano 665 MW, koje su svojom proizvodnjom pokrivale 1,6% talijanske potrošnje. Od 1985. godine utrošeno je 260 milijuna dolara za istraživanje i razvoj takvih postrojenja. ENEL ima danas bogata iskustva u iskorištavanju geotermalne energije, pa na tom polju djeluje širom svijeta, a upravo sada mnogo radi u Kini.

Japan se u sklopu svoga ekološkog programa "New Sunshine" nije samo uklopio u svjetski trend zaštite okoliša već nastoji podići i kapacitet odgovarajuće domaće industrije. Za geotermiju to znači da će se na sektoru elektrana do kraja 1996. izgraditi 529 MW, a do godine 2010. 2 800 MW. Tome treba dodati nove tehnike bušenja, metode istraživanja i razvoj odgovarajućih tipova elektrana.

Island je vrlo bogat geotermalnom energijom, ali je za proizvodnju električne energije iskorišteno samo 50 MW. Glavni dio potrebne električne energije dolazi iz hidroelektrana. Za izravnu upotrebu, grijanje prostorija, poljoprivredu i industriju troši se toplinska snaga od 1 443 MW.

Zemlje bivšeg istočnog bloka vrlo su bogate geotermalnim izvorima, ali nedostaje kapital za iskorištenje.

U Europi je EU u sklopu svoga programa "THERMI", koji je završio 1994. godine, financijski pomogla u različitim zemljama

123 projekta sa 61,7 milijuna ECU-a. U programu "JOULE THERMI II", koji teče od 1995. godine, predviđeno je za geotermičke projekte 25 milijuna ECU-a, podijeljenih na 4 godine.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 10

Mrk

PROŠIRENJE SUSTAVA UCPTTE

S razvojem političkih prilika nakon Drugoga svjetskog rata Njemačka je podijeljena na zapadni i istočni dio, pa je u prosincu 1954. razdvojen i njemački elektroenergetski sustav na dva potpuno odvojena dijela. Zapadna se Njemačka 1951. uključila u sustav UCPTTE, a Istočna 1962. u sustav SEV-a. Zapadni je Berlin oko 40 godina bio potpuno izoliran od obaju sustava. Tek u prosincu 1994. priključen je vodom 380 kV na VEAG, tj. na mrežu bivše DDR. Izgradnjom triju veznih dalekovoda i izgradnjom modernih uređaja za regulaciju frekvencije, VEAG-ova mreža isključena je od svojih istočnih susjeda i priključena u rujnu 1995. na njemačku mrežu, a time i na sustav UCPTTE. U međuvremenu u izgradnji je i četvrti vod koji će smanjiti rizik kvarova čime će mreža VEAG dovoljno stabilno biti integrirana u UCPTTE.

Kad su u zemljama grupe CENTREL, tj. u Poljskoj, Češkoj, Slovačkoj i Mađarskoj, modernizirani uređaji za regulaciju frekvencije, proveden je 14 dana probni pogon, a zatim je u listopadu 1995. mreža ove grupe zemalja priključena na sustav UCPTTE. Pet dalekovodnih veza opet je povežalo VEAG s istočnim susjedima.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 12

Mrk

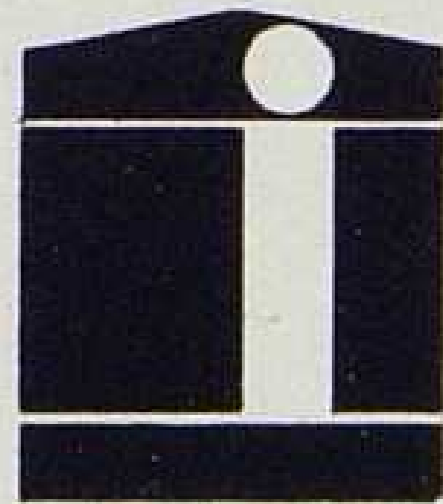
PORAST POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U BELGIJI

U Belgiji je godine 1994. ukupni potrošak električne energije porastao za 4,5%, a u godini prije samo 1,2%. Porast nije bio podjednak u svim sektorima potrošnje. Industrijska potrošnja na visokom naponu porasla je za 6,2%, a opća potrošnja na niskom naponu 1,2%. U ukupnoj proizvodnji nuklearne su elektrane imale udio od 55,8%, klasične termoelektrane 42,5%, a hidroelektrane 1,7%.

RGE, god. 1995, br. 4

Mrk

industrogradnja d.d.



Novi proizvodi RIZ-Odašiljača

Kompjutorizirana brojila potrošnje električne energije

Nova elektronička brojila RIZ-Odašiljača imaju brojne prednosti u odnosu na postojeća mehanička – od mogućnosti daljinskog očitavanja i programiranja do mjerenja četiri tarife, a kada se uzmu u obzir svi troškovi očitavanja potrošnje po cijeni su podjednaka ili čak povoljnija od starih mehaničkih brojila.

Zagrebačka tvrtka RIZ-Odašiljači prošle je godine uspješno završila rad na razvoju nekoliko modela novog digitalnog elektroničkog brojila za mjerenje potrošnje električne energije strujnog područja do 60 A, prvenstveno namijenjenih kućanstvima, ali i manjim industrijskim pogonima. Ta jednofazna i trofazna četverotarifna brojila su ustvari mali kompjutori tako da su po mogućnostima rada znatno ispred postojećih mehaničkih brojila.

Bio je to povod da generalnog direktora RIZ-Odašiljača dipl. ing. Darka Cvjetka upitamo zašto se ta tvrtka, koja dosad nije izrađivala brojila, hrabro odlučila prvo razviti, a kasnije i proizvoditi nova brojila, kakve su njihove mogućnosti i prednosti u odnosu na mehanička brojila koja se sada koriste u Hrvatskoj, te kada će se prva hrvatska elektronička brojila pojaviti na domaćem i svjetskom tržištu.

Prva hrvatska brojila

Vjerujemo da smo prepoznali pravi trenutak na svjetskom tržištu brojila za takav posao – kaže prvi čovjek te ugledne hrvatske tvrtke. Naime, proizvodnju brojila u svijetu su do tada dobro "pokrivale" brojne poznate tvrtke ali one su bile specijalizirane za proizvodnju mehaničkih brojila. Međutim, u posljednje vrijeme su elektronički dijelovi po cijeni i kvaliteti dostigli, a prema mogućnostima i prestigili mehaničke. Dotadašnji najveći proizvođači brojila su imali dosta poteškoća u pokušajima da se brzo preorijentiraju i prilagode novonastalim okolnostima. Management RIZ-Odašiljača je, zahvaljujući dobrom poznavanju principa svjetskog tržišta (nije ni čudo kad se zna da se na svjetskom tržištu odašiljača dobro snalaze već 34 godine), to na vrijeme uočio i odlučio iskoristiti ukazanu priliku te čvrsto kroz odškrinuta vrata zakoračiti na taj dio svjetskog tržišta, do-

daje generalni direktor RIZ-Odašiljača. Pritom im je bila važna, ali ne i najvažnija, činjenica da u Hrvatskoj tada nije postojao proizvođač brojila.

Zato su RIZ-Odašiljači prije dvije godine okupili grupu stručnjaka iz Zagreba koja je u relativno kratkom roku razvila obitelj novih elektroničkih brojila od jednofaznih do trofaznih, te dodatne uređaje – uklopni sat i mrežni tonfrekventni uređaj. Trofazno brojilo su prije nekoliko mjeseci atestirali kod Državnog mjeriteljskog zavoda a u ožujku ove godine bi trebala početi serijska proizvodnja tog sofisticiranog proizvoda, čija je teoretska pouzdanost, prema njihovim analizama, 52 godine.

U međuvremenu je dovršen i razvoj jednofaznog četverotarifnog brojila s mogućnostima kakve ima i trofazno i započet postupak njegovog atestiranja.

Kako je upravo počela serijska proizvodnja trofaznih elektroničkih brojila, ona će se uskoro pojaviti u prodavaonicama, ali u RIZ-Odašiljačima očekuju da će im glavni kupac biti elektrodistribucija koja pretežito nabavlja i brine o brojilima u stambenim zgradama. Ali se računa i sa individualnim kupcima koji će svoj interes naći u smanjenju računa za električnu energiju.

Brojne prednosti u odnosu na mehanička brojila

Naime, suvremena elektronička brojila imaju brojne prednosti u odnosu na klasična mehanička. Jedna od osnovnih je da se sve funkcije jednog mjernog mjesta integriraju u samo brojilo. Primjerice, ne treba mu, kao kod mehaničkih brojila, dodatni uređaj za prebacivanje tarife po kojoj se obračunava potrošnja električne energije. Zbog toga se smanjuje ukupna cijena jednog mjernog mjesta, koje se do sada sastojalo od brojila i posebnog uređaja (MTW ili uklopni sat).

Također je velika prednost novih kompjutorskih brojila u odnosu na postojeća jer postoji mogućnost daljinskog očitavanja utrošene električne energije, te reprogramiranja nekih parametara brojila. Jer elektrodistribucija neće morati slati inkasatore u kuću ili stan, potrošačima, koji će imati takva brojila, budući će cijeli sadržaj memorije brojila moći očitati pri-

slanjanjem uređaja za očitavanje brojila – tzv. čitača na magnetsku priključnicu montiranu izvan kuće ili stana. Na jednu magnetsku priključnicu za očitavanje može biti priključeno maksimalno 100 brojila. U bu-

dućnosti će se takva brojila moći priključiti i na središnji sustav za očitavanje, što će omogućiti očitavanje svih brojila iz jednog centra i tako dodatno smanjiti troškove elektrodistributerskih poduzeća.



PIZ
INSTRUMENTARNA

TAR 4

44335994 kWh

1000 imp/kWh

TROFAZNO 4-TARIFNO BROJLO

Otklopni sat izlaza
 MTI (n = 0000) Hz
 Signal limitiranja
 Dvinsko upravljanje

Tip: EBT95-10/60

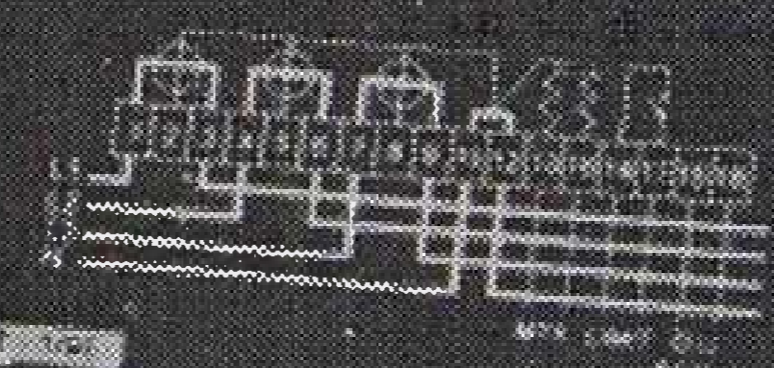
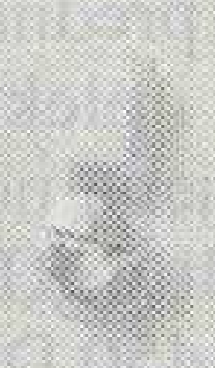
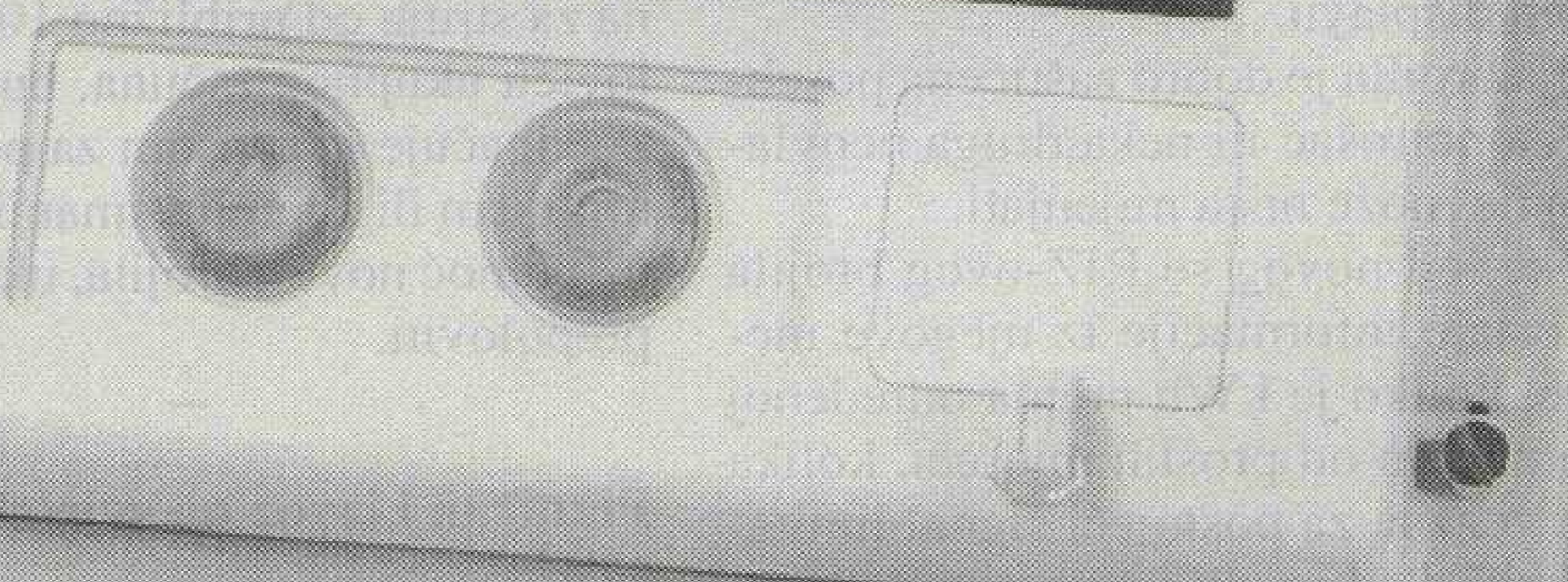
3x230/400V
Im = 15 min

10 - 60 A
CL 2

Ser. br. A800017

50Hz
1995

MADE IN CROATIA

Uz to, nova brojila omogućavaju daljinsko prebacivanje tarifa slanjem tonskog signala iz distribucijskog centra kroz mrežu do uređaja za primanje tonfrekventnih komandi, sada ugrađenog u brojilo, a ne kao prije dodatni uređaj, koji tada mijenja tarifu. Tako se mogu poslati i dodatni signali kao na primjer završetak jednog obračunskog razdoblja, primjerice kod promjene cijene električne energije ili godišnjih obračuna. U distribucijskim područjima koja nemaju mogućnost daljinskog prebacivanja tarifa, one se mogu prebacivati pomoću uklopnog sata, također integriranog u novo brojilo.

Sljedeća velika prednost u odnosu na stara mehanička brojila je da ona razlikuju maksimalno dvije tarife za obračun električne energije, dok nova kompjutorizirana mogu mjeriti četiri tarife. Tako će Hrvatska elektroprivreda, ako se odluči kao što je najavljeno, uvesti nove tarife puno lakše nego dosad stimulirati potrošače da troše električnu energiju u vrijeme kad je potrošnja manja, primjerice noću. Time će HEP osigurati ravnomjerniju potrošnju tijekom dana, što je važno za smanjivanje proizvodnih troškova. Istodobno, potrošači će znatno smanjiti račune, jer će električnu energiju više trošiti kada je jeftinija. Posebno korisna novost je da nova brojila u svojoj memoriji pamte potrošnju u posljednjih 18 mjeseci u svim tarifama, o čemu se podaci jednostavno mogu dobiti na njegovom displayu.

Naravno, memorija brojila je dobro zaštićena posebnim kodom tako da potrošač ili neka druga neovlaštena osoba u njoj ne može ništa mijenjati.

Pomoću dvije tipke, od novog se RIZ-ovog brojila mogu zatražiti i ostale informacije iz njegove memorije. Primjerice, koliko je kWh prema određenoj tarifi potrošeno u nekom od prošlih mjeseci, kolika je granična snaga vezana za postojeći signal limitatora u pojedinoj tarifi, kad se uključuje određena tarifa itd. Tako se može i precizno utvrditi kolika se snaga troši trenutno preko brojila, što se kod starih mehaničkih brojila može samo neprecizno procjenjivati na temelju brzine okretanja elektromagnetskog diska ili poznavanjem snaga pojedinih trošila.

Mogućnosti štednje električne energije

Ta mogućnost će biti posebno korisna za potrošače koji se odluče uz brojilo nabaviti sklopnik koji, upravljajući signalom iz brojila, ograničava maksimalnu snagu trošila istodobno uključenih na mrežu, utječući tako na znatno smanjivanje računa za potrošenu električnu energiju. Novo brojilo, čim snaga uključenih trošila prijeđe određenu granicu, zvučnim signalom upozorava potrošača. Ili, u slučaju da je ugrađeno ograničavalo, brojilo samo isključuje potrošača s mreže, nakon što prođe razdoblje (ovisno o veličini prekoračenja) u kojem potrošač mora reagirati iskapčanjem trošila.

Dopuštena granica maksimalne potrošnje može se

odrediti i programirati (i na brojilu i daljinski) posebno za svaku od četiri tarife, što znači da se može i mijenjati dok je to nezamislivo kod postojećih mehaničkih brojila. To je u interesu i elektrodistributera kao učinkovit način poticanja potrošača da električnu energiju, motivirani nižom cijenom, više troše u vrijeme kad je njena ukupna potrošnja najmanja i obratno.

Novo brojilo s ugrađenim ograničavalom omogućava elektrodistributeru da potrošaču, na njegov zahtjev ili u slučaju potrebe, odredi granicu za dopuštenu snagu. Tako elektrodistributer može potrošaču koji neredovito plaća svoje račune – ručnim čitačem – bez ulaska u stan, dakle bez uvijek neugodnog odspajanja kablova ili vađenja osigurača, u brojilo upisati takvo ograničenje, to jest, vrlo nisko ograničiti snagu električnih uređaja koje potrošač može istodobno koristiti (primjerice samo na rasvjetu). Tako ga može spriječiti da i dalje pravi veliki račun, te ga tako učinkovito motivirati na redovito plaćanje potrošene električne energije.

Osim već spomenutih prednosti novog brojila, potrošačima koji električnu energiju koriste za grijanje posebno će se svidjeti mogućnost da uz pomoć novog brojila i uvođenja treće tarife znatno smanje svoje sigurno velike račune. Jer poznato je da se u vrijeme treće tarife ne mjeri snaga, koja kod godišnjih računa za struju od približno 1000 maraka čini skoro polovicu ukupnog računa, budući se tzv. paušal skoro izjednačuje s iznosom za potrošenu energiju. Eliminiranjem ili znatnim smanjivanjem tog dijela računa uz pomoć novog brojila, ukupni iznos može se skoro prepoloviti.

Planiran i izvoz na svjetsko tržište

Razumljivo je da, unatoč svih prednosti u odnosu na postojeća mehanička brojila, i elektrodistributere i potrošače posebno zanima cijena novih elektroničkih brojila. Kako smo doznali u RIZ-Odašiljačima ona će se kretati između 300 i 450 DEM (u protuvrijednosti kune), zavisno o modelu brojila. To nije visoka cijena kad se uspoređuje ne samo sa cijenom starog mehaničkog brojila, nego sa cijenom potpunog mjernog mjesta i sa svim troškovima potrebnim za redovno očitavanje potrošnje koje ovakvo brojilo smanjuje. Tada je omjer čak u korist novog brojila – naglašavaju stručnjaci RIZ-Odašiljača.

U RIZ-u u prvoj godini redovne proizvodnje, planiraju izraditi približno 10 000 novih elektroničkih brojila svih modela, a za pet do šest godina namjeravaju godišnju proizvodnju povećati na 50 000 – 60 000 brojila. Kako Hrvatskoj sada godišnje treba 12 000 – 15 000 novih brojila nekome će se te brojke učiniti nerealne jer su puno veće od trenutnih potreba domaćeg tržišta. Da to nije točno vidljivo je iz podataka da se u hrvatskim kućanstvima ukupno koristi do 1,5 milijuna brojila, te još 200 000 u industriji, s tim

da im je rok trajanja 20 – 30 godina. Zbog toga se može očekivati da će idućih godina u našoj zemlji trebati najmanje 60 000 – 70 000 novih brojila godišnje, procjenjuju stručnjaci RIZ-Odašiljača.

Zato je razumljivo da su prvo razvili nova brojila za kućanstva i manje industrijske pogone, jer je to najveći segment tržišta. Nakon prvih modela planiraju razviti i ostale vrste tržištu potrebnih elektroničkih

brojila: od brojila jalove energije do brojila za velike industrijske pogone.

Budući je naša zemlja premalo tržište za proizvođačke planove i kapacitete, RIZ-Odašiljači planiraju nova brojila osim u Hrvatskoj prodavati i u inozemstvu. Kod toga prvenstveno računaju na zemlje proizvođače nafte, jer s njima već godinama dobro surađuju zahvaljujući izvozu odašiljača, u čemu su među najpoznatijim svjetskim proizvođačima.

UZ BROJILA I DODATNI UREĐAJI

Uz elektronička brojila novi program RIZ-Odašiljača obuhvaća i uređaje koji mogu biti ugrađeni u njih, ali se proizvode i kao zasebni uređaji. To su uklopni sat (za distribucijska područja koja nemaju opremu za daljinsko prebacivanje tarifa), mrežni tonfrekventni uređaj (za daljinsko prebacivanje tarifa, ali i brojne druge namjene), te ručni terminal za automatsko očitavanje brojila s mogućnošću daljinskog očitavanja grupe do 100 brojila s jednog mjesta. Dodatna prednost tog terminala je da, zahvaljujući memoriji, automatski upozorava kada se unese ili očita neočekivano velika ili mala potrošnja pa bi se njegovim korištenjem izbjegle česte pogreške kod očitavanja brojila.

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 3

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

SADRŽAJ

Čerina P.: Jadranski otoci 35 kV (Pregledni članak)	111
1. Uvod	111
2. Etapna izgradnja	112
3. Podmorski i kopneni kabeli	117
4. Izbor kabelskih trasa	124
5. Istraživački radovi	125
6. Transport i polaganje podmorskog kabela	127
7. Polaganje kopnenih kabelskih trasa	138
8. Uzemljenje i prenaponska zaštita	138
9. Transformatorske stanice	140
Literatura	144

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Vladimir Strojny, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Fotografije u tekstu i na omotnoj strani snimio
Petar Čerina

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišei – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodoci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

RIJEČ GENERALNOG DIREKTORA HEP-a



Nije prošlo mnogo vremena od kada je izašao posebni broj časopisa **Energija** br. 6/94. posvećen Otočnoj vezi, a mi se ponovno pojavljujemo s tematskim brojem posvećenim sličnom projektu: riječ je o projektu Jadranski otoci 35 kV. Ovaj projekt predstavlja prvu etapu izgradnje elektroenergetske mreže podmorskih kabela jadranskih otoka s kojom HEP sudjeluje u stvaranju preduvjeta za obnovu i razvoj svekolikog života na našim hrvatskim otocima. Naročito treba

spomenuti da se ovaj projekt uklapa u konačnu viziju elektroopskrbe jadranskih otoka i da je njime sprovedena tipizacija svih osnovnih elemenata tog specifičnog sustava.

Ovaj broj **Energije** će ostati kao trajni dokument jedne uspješne akcije Hrvatske elektroprivrede u okviru njezine funkcije u državi Hrvatskoj. Ujedno će biti i kao neka vrsta tehničkog priručnika svim onim specijalistima koji će se ubuduće baviti ovim poslom, ali i dokument povijesti Hrvatske elektroprivrede.

Damir Begović



ABB High Voltage Cables

ABB High Voltage Cables je vodeći svjetski proizvođač kabela i to: podmorskih kabela za visokonaponski istosmjerni prijenos (HVDC) kao i XLPE-izoliranih kabela za napone do 420 kV.

Nova tvornica kompanije posjeduje postrojenja za proizvodnju vrlo dugačkih podmorskih kabela, a smještena je u dubokim vodama luke u Karlskroni, na južnoj obali Švedske.

ABB High Voltage Cables ne prodaje samo svoje proizvode širom cijelog svijeta nego preuzima odgovornost za polaganje i montažne radove.



ABB High Voltage Cables razvija, proizvodi i prodaje:

* visokonaponske kabelove 36 - 500 kV

* podmorske i kopnene kabelove

* energetske kabelove 10-36 kV

* isporuke kompletnih projekata sa uključenim polaganjem i montažom niskonaponski energetske i upravljački kabele - izvan Nordijskih zemalja

Projekt hrvatske otočne veze - 94

Kupac: HRVATSKA ELEKTROPRIVREDA

Podzemni i podmorski kabele

* 25,2 km

* 110 kV, AC



Baltički kabele - 94

Podmorski kabele između Švedske i Njemačke

* 250 km

* 450 kV, DC

* 600 MW



ABB High Voltage Cables AB Telephone: +46 455 44400
Box 546 Telefax: +46 455 44455
S - 371 32 Karlskrona Telex: 43246 ABBHVC S
Sweden

ABB Predstavništvo za Hrvatsku
HR - 41000 ZAGREB, Trg. J.F. Kennedyja 7
Telefon: +385 01 235355
Telefax: +385 01 228836

RIJEČ AUTORA

U godinama rata HEP se upustio u ostvarenje vrlo važne zadaće – programa “Jadranski otoci 35 kV” kako bi se kvalitetno riješila opskrba električnom energijom većega broja naših naseljenih otoka.

Ovim će programom otočno pučanstvo, bar što se tiče električne energije, spremno dočekati novo tisućljeće.

Veličina investicije, izgradnja mnogih objekata u kratkom vremenu na prostorima pet distributivnih područja vrijedna je poštovanja.

U ovom opsežnom zahvatu radio je i još uvijek radi velik broj stručnjaka te više od pedeset domaćih i vanjskih tvrtki.

To je razumljivo ako se zna da je trebalo pripremiti mnoštvo podataka: obaviti istraživačke radove na moru i kopnu, ishoditi razne suglasnosti i lokacijske dozvole, izraditi projektnu dokumentaciju i izgraditi objekte.

Stariji stručnjaci u distribucijama dobro se sjećaju koliko su obično trajale pripreme i kolik je bio trud za uspostavu jedne podmorske veze.

Profesionalnost nadahnuta veličinom programa, posebno u dijelu polaganja kabela, došla je do izražaja.

Stotine kilometara kabelskih trasa položeno je u jadranskom podmorju i otočnim bespućima, ostavljajući djevičanske krajolike gotovo netaknutima.

Htio bih spomenuti sve koji su u tome sudjelovali, što je, dakako, nemoguće, ali, uz ispriku ostalima, neke jednostavno moram spomenuti.

To su u prvom redu monter HEP-a DP “Elektrodalmacija” – Split, koji su svih deset dana dok je trajalo polaganje podmorskih dionica bili smješteni u kontejnerima na malom trajektu “Nautika 64”. Svaki dan prije zore prenosili bi na obalu strojeve za povlačenje kabela, a navečer bi zadnji završavali posao, ali na drugoj strani kabela trase.

Marin Mrduljaš, naš proslavljeni jedriličar, upravljao je “flotilom” malih HEP-ovih brodica tako da je bio svuda i svakome pri ruci.

Pavo Dabrović, dipl. ing. i nekad poznati vaterpolist “Juga”, iako u podmorskim godinama, preronio je i fotografirao sve podmorske građevine ulaz – izlaz kabela u more, a njegova su izvješća bila od neprocjenjive koristi.

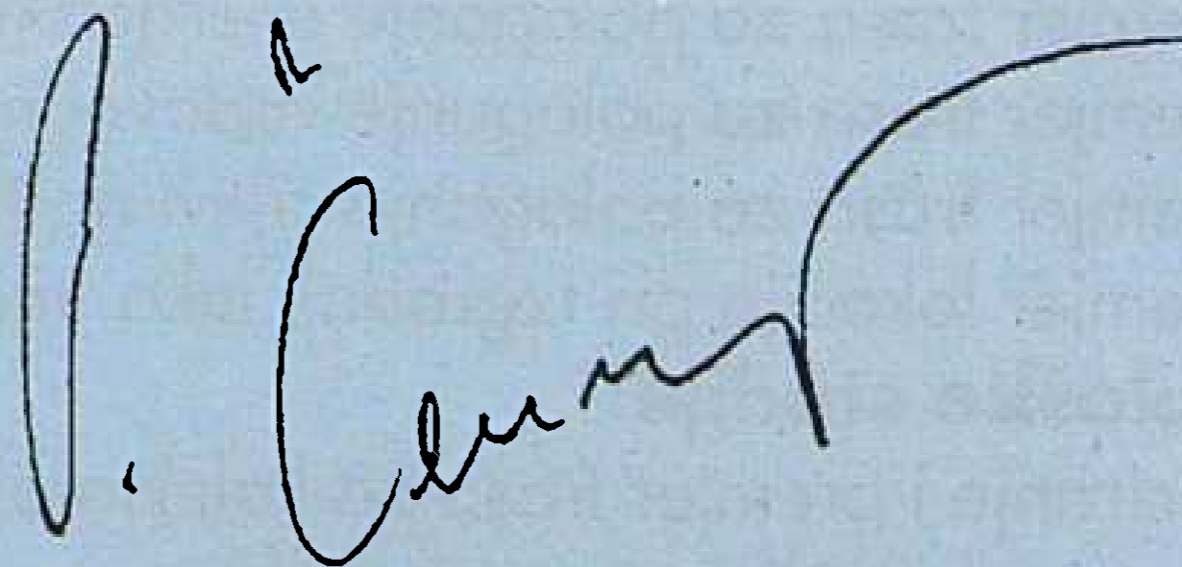
Trebalo se odlučiti za ovaj program, u ovo vrijeme i uz ovako teške financijske teškoće. Zato cijelom čelništvu HEP-a treba odati posebno priznanje.

Zalaganjem za izgradnju “Otočne veze 110 kV” 1994. i ovog programa glavni direktor HEP-a dipl. ing. Damir Begović još jednom je dokazao da voli naše more, obalu i otoke, čak i više od mnogih primoraca.

Mnogi od nas, koji smo imali sreću raditi u ovom programu i ploviti Jadranom, ponovno smo se uvjerali da je Jadran najbistrije i najmodrije more na svijetu, a njegovi otoci oaza jedva pojmljive ljepote.

Koja je mistična snaga navela neolitskog čovjeka da prije šest tisuća godina u Grapčevnoj špilji na o. Hvaru ukleše u kamen najstariji lik lađe u Europi? Valjda ona ista koja i nas upućuje da što brže i sveobuhvatnije rješavamo bolje sutra za naše jadranske dragulje.

Ovaj moj pregled radova posvećujem svim sudionicima, izražavajući im zahvalnost za uloženi trud i ljubav prema svojoj struci.



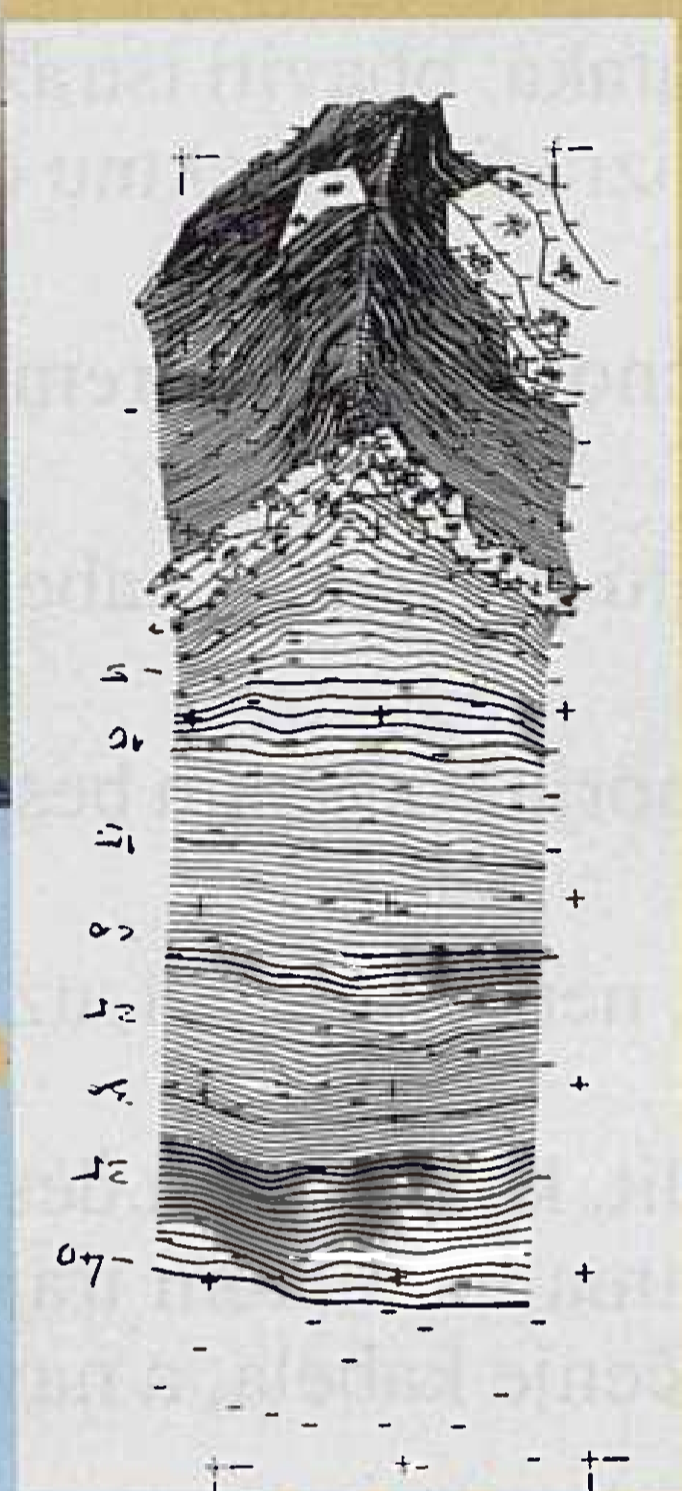
DRŽAVNI HIDROGRAFSKI INSTITUT

58000 Split, Zrinsko-Frankopanska 161, Hrvatska, Tel: +385 58 361 840, Fax: +385 58 47 045

HIDROGRAFSKO-GEOLOŠKO-OCEANOGRAFSKA IZMJERA

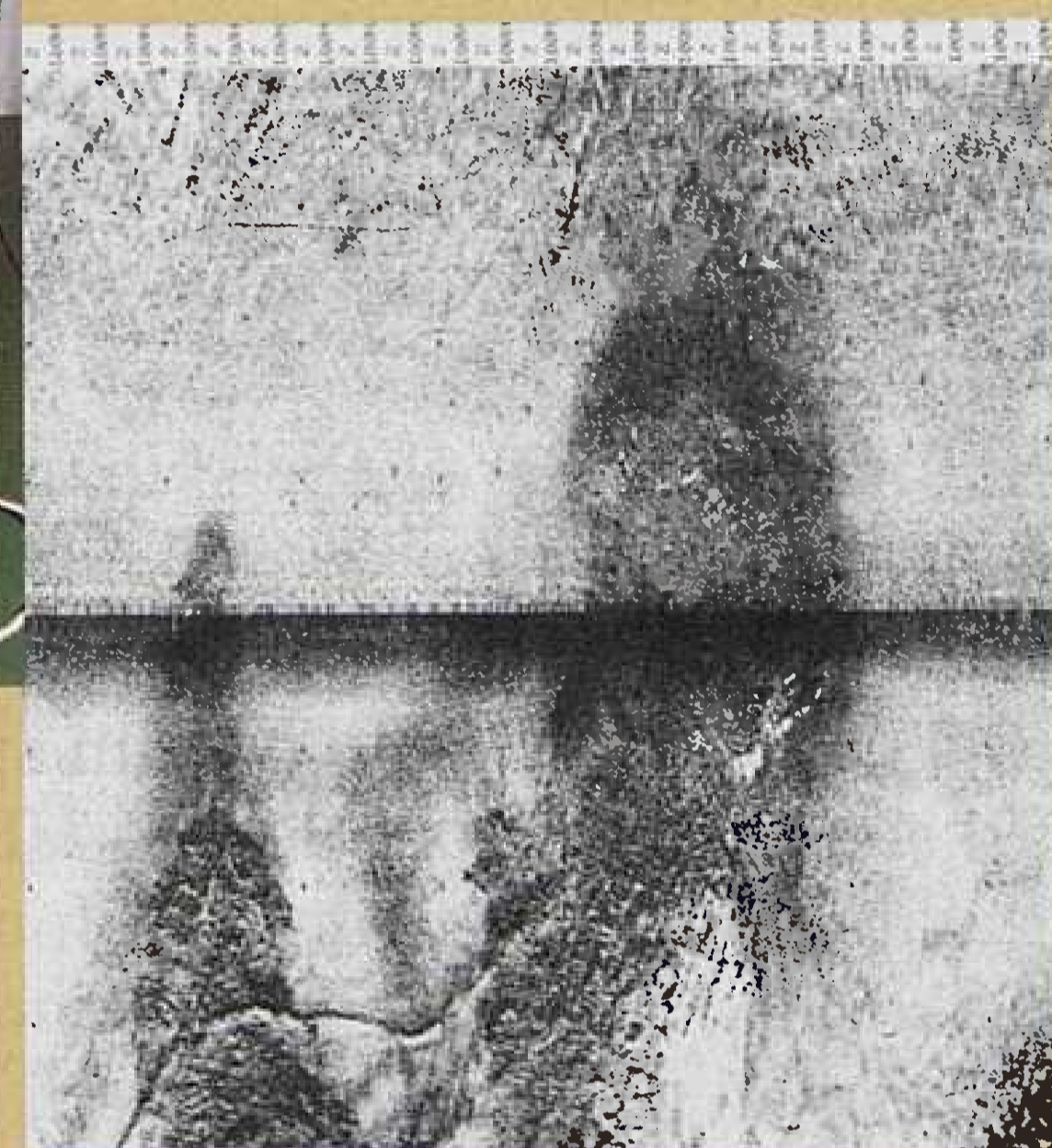
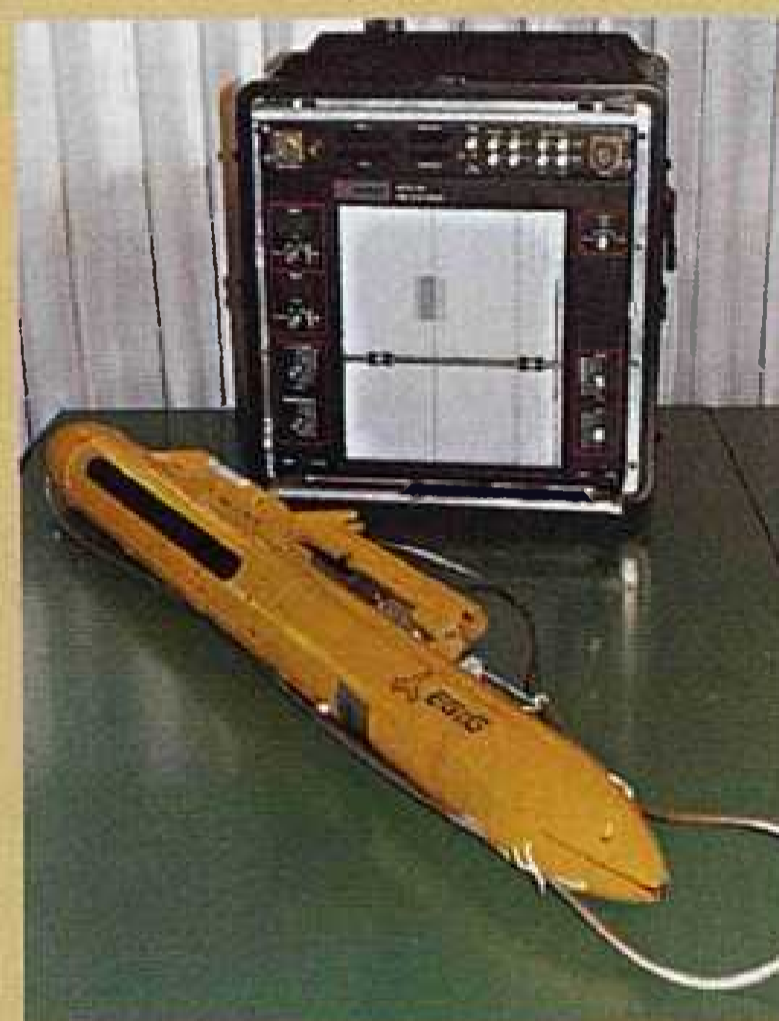
DUBINOMJER

Hidrografska izmjera
ishodišne točke



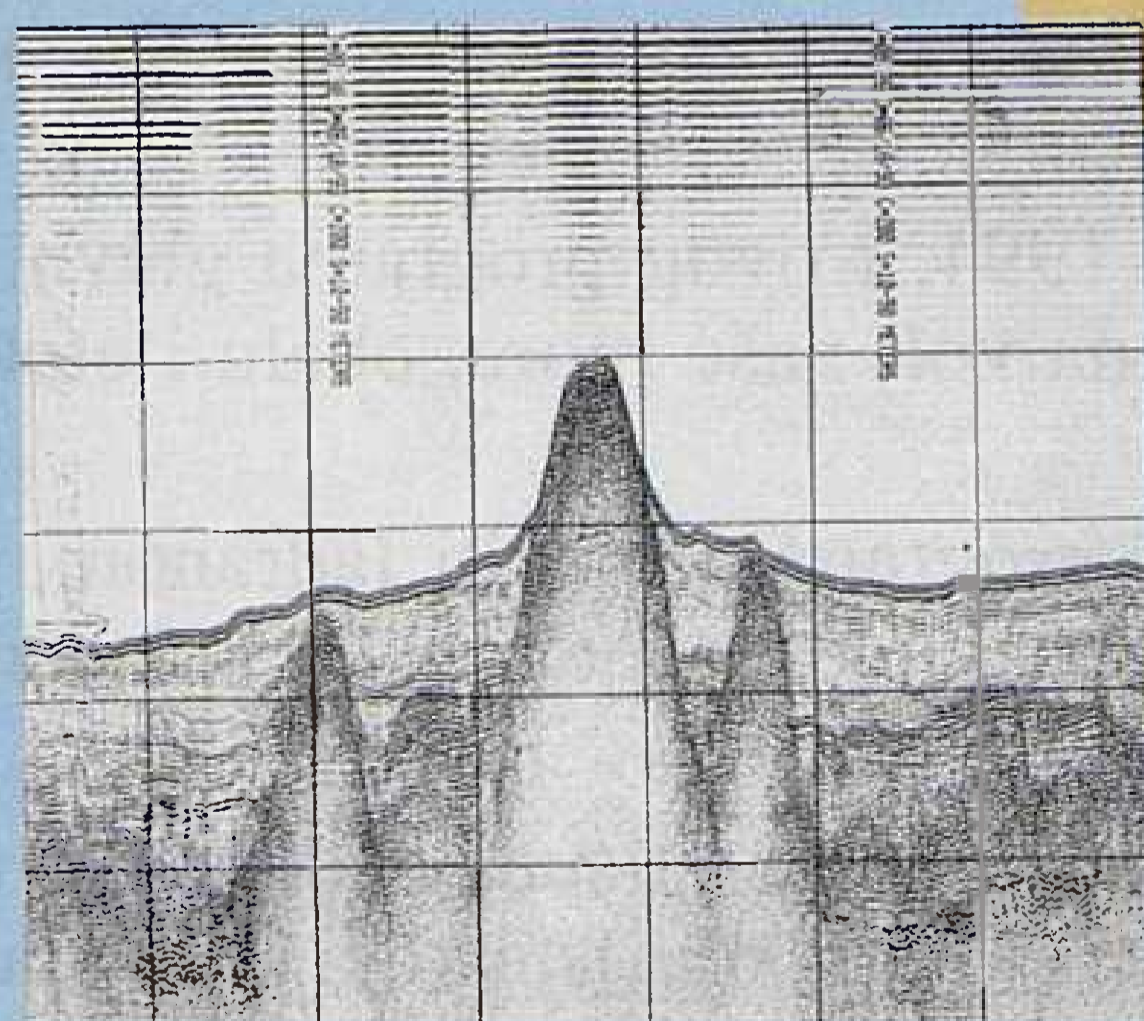
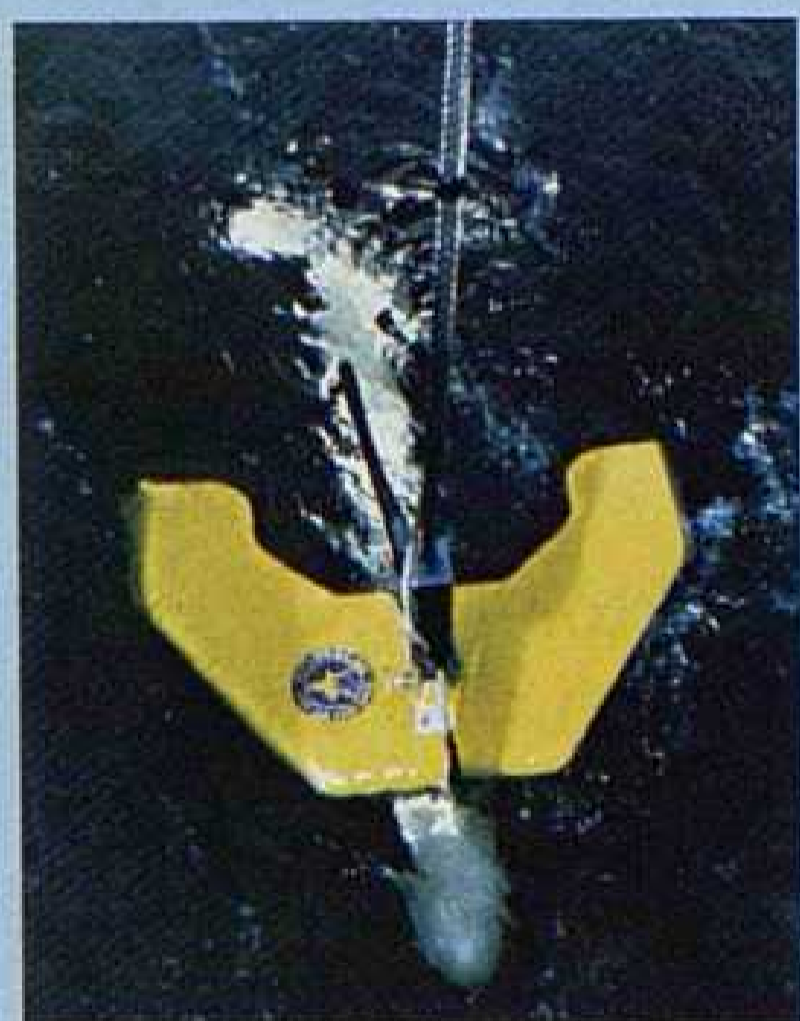
PANORAMSKI DUBINOMJER

Analogni zapis površine morskog dna



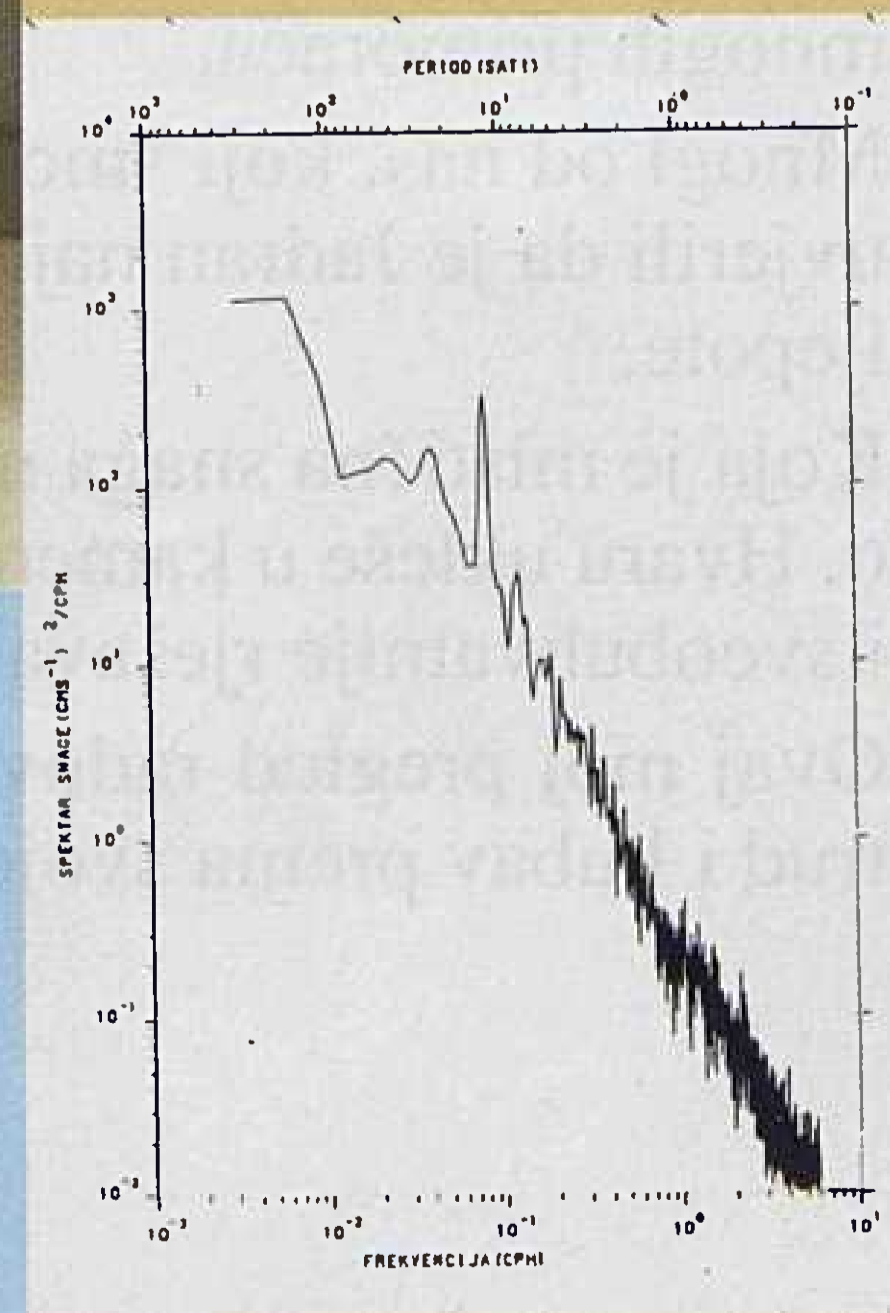
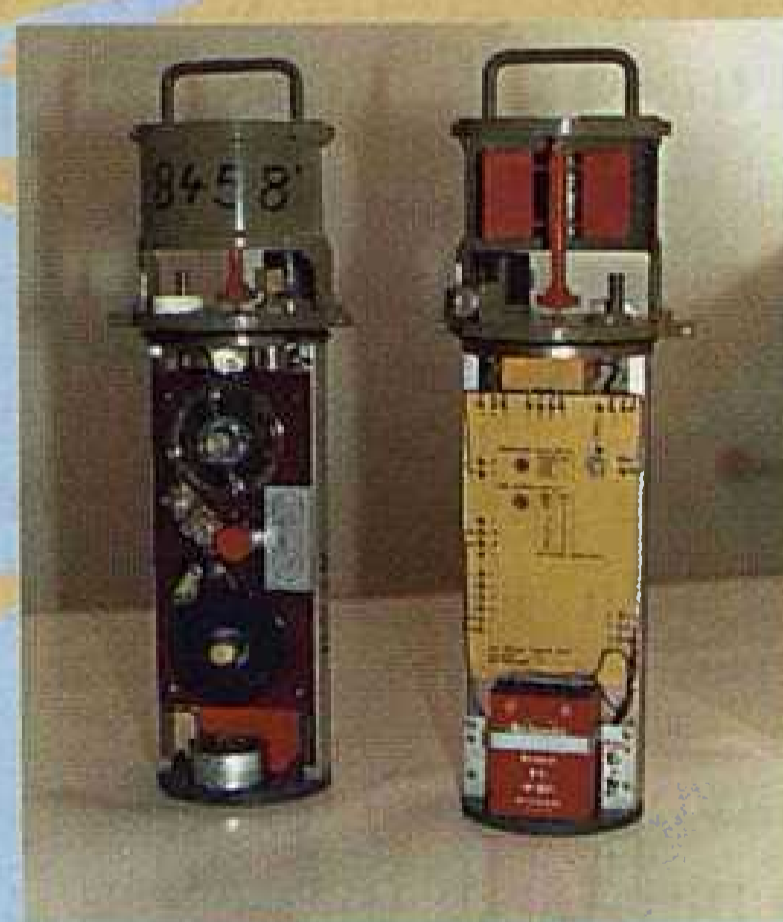
GEOLOŠKI DUBINOMJER

Analogni zapis izbijanja primarne
stijene na površinu morskog dna



ELEKTRONIČKI STRUJOMJER

Spektar snage struja mora



PRIMJENA HGO IZMJERE:

- **Hidrotehnički radovi u priobalju i podmorju**
 - Premjer trasa za polaganje energetskih i telekomunikacijskih kabela
 - Premjer trasa za polaganje vodovodnih cijevi
 - Premjer trasa za polaganje cijevi naftovoda i plinovoda
 - Premjer lokacija pri izgradnji luka, marina i pristana.
- **Ekološke studije**
 - Lociranje i premjer trasa za kolektore otpadnih voda
 - Premjer lokacija za marikulturu.

JADRANSKI OTOCI 35 kV

Petar Čerina, Split

UDK 621.315.2

PREGLEDNI ČLANAK

Realizacijom programa "Jadranski otoci 35 kV" kvalitetno će se popraviti opskrba električnom energijom niza jadranskih otoka od – Lošinja do Mljeta.

Za ostvaranje ovoga velikog programa bilo je potrebno položiti oko 100 km podmorskoga kabela (na dvanaest podmorskih dionica) i oko 3x74 km kopnenoga kabela, zatim izgraditi šest TS 35/10(20) kV i tri TS 10(20)/0,4 kV i rekonstruirati nekoliko postojećih transformatorskih stanica.

Dakako, to će se ostvariti u kratkom vremenu od jedne godine, kako bi se ova velika investicija što prije privela svrsi.

Objašnjena je i na zemljovidima prikazana prva etapa izgradnje.

Obrađena su tehnička obilježja i ispitivanja (rutinska i specijalna) za podmorske i kopnene kabele.

Potanko su opisane metode i upotrijebljeni uređaji istraživačkih radova na moru i kopnu.

Objašnjen je transport i polaganje kabela s detaljnim osvrtom na preciznu navigaciju korištenu na brodu polagaču.

Obrađene su transformatorske stanice s osvrtom na primijenjenu tipizaciju.

Sve je popraćeno odgovarajućim zemljovidima, crtežima i fotografijama.

Ključne riječi: podmorski i kopneni kabel, XLPE, proizvodnja, konstrukcija, istraživački radovi, kabela trasa, DGPS-sustav, transformatorske stanice, sklopni blokovi.

1. UVOD

Jadranski otoci naša su neprocijenjena vrijednost koja je svojim položajem i ekološki očuvanim prirodnim resursima posebna razvojna mogućnost, ali i područje za otkrića uvijek novih mogućnosti.

Elektrifikacija kao jedna od velikih tekovina s kraja prošlog stoljeća vrlo je rano primijenjena i na otocima. Još 1902. god. izgrađena je lokalna elektrana na Rabu. To je bilo znatno prije nego u nekim drugim područjima Hrvatske, što svjedoči o brzini razvoja jadranskih otoka toga vremena. Nažalost, početak ovog stoljeća bio je u znaku stagnacije naših otoka, čiji negativni trendovi još i danas traju.

U hrvatskom dijelu Jadrana 1 185 je otoka, od kojih je 66 nastanjeno, a 50 elektrificirano, što čini ukupno 310 elektrificiranih otočnih naselja.

Jadranski su otoci i u teritorijalnom i gospodarskom pogledu te brojem pučanstva značajan dio Hrvatske. Otoci sudjeluju: u pučanstvu s 2,5%, u teritoriju sa 6%, a u elektroenergetskom pogledu s 4%, a njihov priobalni dio sudjeluje u pučanstvu s 8%, u teritoriju s 14%, a u elektroenergetskom pogledu s 12%.

Kao što je vidljivo, otoci sudjeluju manje u demografskom, a znatno više u teritorijalnom dijelu Republike Hrvatske.

Razvoj i realizacija izgradnje elektroenergetske mreže jadranskih otoka Hrvatske odvijala se u sklopu regionalnih (matičnih) distribucija od prvoga Hrvatskoga električnog poduzeća 1945. godine.

Nagli razvoj elektrifikacije jadranskih otoka imao je i niz neizbježno loših posljedica:

- radijalnu strukturu opskrbe otoka, koja još nije riješena, a s tim u svezi osiguranje rezervnog napajanja (3/4 elektrificiranih otoka još se uvijek napajaju radijalno)
- dominaciju međusobno izdvojenih otočnih sustava, i to uglavnom napona 35 i 10 kV

- napajanje otočnih sustava električnom energijom, u cijelosti, iz kopnenih sustava.

Unatoč navedenom, na jadranskim otocima potrošnja električne energije ima pozitivne trendove i danas već iznosi oko 100 MW i oko pola milijarde kWh, čemu odgovara udio od oko 4% u sustavu Hrvatske elektroprivrede ili čak oko 10% cjelokupnoga obalnog dijela sustava HEP-a od Istre do Dubrovnika.

Još 1984. godine učinjen je prvi pokušaj integralnog planiranja razvoja i realizacije izgradnje elektroenergetskih mreža i podmorskih kabela jadranskih otoka. Za to je bila izrađena posebna studija "Osnovno rješenje temeljne perspektive električne mreže Jadranskih otoka . . ." u okviru Instituta za elektroprivredu – Zagreb. Stručnoj osnovi i operativnoj provedbi tako koncipiranoga integralnog razvoja elektroopskrbe jadranskih otoka stajala je nasuprot tadašnja organizacija elektroprivrede Hrvatske. Razvoj tehničkog sustava distribucije bio je u ovlasti lokalnih distribucija, a tek proizvodno prijenosna mreža napona 110 kV i više u ovlasti centralnih institucija na razini sustava Hrvatske.

U takvoj situaciji parcijalno planiranje i realizacija izgradnje mreže i polaganja pojedinih podmorskih kabela unutar nadležnih lokalnih distribucija bilo je praktički i jedino moguće. No iz toga su proizašli brojni nedostaci:

- Aktualnu strukturu podmorskih kabela jadranskih otoka Hrvatske danas čini veliki broj različitih tipova i presjeka podmorskih kabela svih napona od 0,4 do 110 kV, što usložnjava tzv. nužne pogonske rezerve kabela i opreme.
- Nije bilo moguće osigurati približno isti ili slični standard pouzdanosti opskrbe pojedinih jadranskih otoka te primjenu jedinstvene standardizacije i tipizacije kabela i ostalih pratećih objekata.
- Dosadašnji razvoj elektrifikacije jadranskih otoka obilježavaju različiti sustavi distribucijskih napona pa

su još uvijek aktualna dva sustava: 110 i 20 kV s izravnom transformacijom (područje Rijeka i Šibenik) i već klasični sustav distribucijskih napona 110, 35, 10 kV (ostalo područje Dalmacije) sa svim poznatim negativnim posljedicama.

Za osiguranje vitalnih općih društvenih interesa, kao što su skladan i uspješan društvenogospodarski razvoj i revitalizacija čak 66 nastanjenih jadranskih otoka Hrvatske i zajednički elektroprivredni posebno elektrodistribucijski ciljevi razvoja elektroenergetske mreže, podmorskih kabela, ali isto tako i osiguranje adekvatnog stupnja pouzdanosti elektroopskrbe čak 310 već elektrificiranih otočnih naselja uz primjenu standardizacije, tipizacije i moderne tehnologije, Hrvatska elektroprivreda, Direkcija za distribuciju, izradila je u travnju 1994. godine "Plan razvoja elektroenergetske mreže podmorskih kabela jadranskih otoka Hrvatske za razdoblje 1994–2000. (2050) godine".

Ovaj je plan praktički i prvi integralni plan razvoja elektroenergetske mreže i podmorskih kabela jadranskih otoka koji će se zasigurno i ostvariti, jer za to postoje sve organizacijske tehničko-tehnološke i financijske pretpostavke, što potvrđuje i realizacija prve etape.

Ciljevi prve etape razvoja od 1994. do 2000. godine imaju uglavnom interventni značaj, jer se temelje na:

- zamjeni oštećenih podmorskih kabela
- poboljšanju stupnjeva raspoloživosti, pouzdanosti i kakvoće opskrbe otoka
- izgradnji prijeko potrebnih objekata za povezivanje planiranih podmorskih kabela na kopnu, odnosno otočne tehničke sustave
- kompletiranju prije položenih podmorskih kabela 110 kV nužnom infrastrukturom za stavljanje u funkciju pod nazivnim naponom.

S tim u svezi bilo je bitno definirati konačnu koncepciju razvoja tehničkog sustava elektroopskrbe jadranskih otoka Hrvatske kao specifičnog i značajnog segmenta opće razvojne orijentacije i strategije HEP-a i države Hrvatske. Konkretno ostvarenje plana, koje ovisi o brojnim utjecajnim činiteljima, odredit će vrijeme koje je pred nama, a u kojem će trebati provesti odgovarajuće povremene aktualizacije i prilagodbe novim spoznajama i potrebama.

Za Uvod je korišten tekst autora Josipa Neveščanina, dipl. ing., iz "Plana razvoja elektroenergetske mreže podmorskih kabela jadranskih otoka Hrvatske za razdoblje 1994–2000. godine".

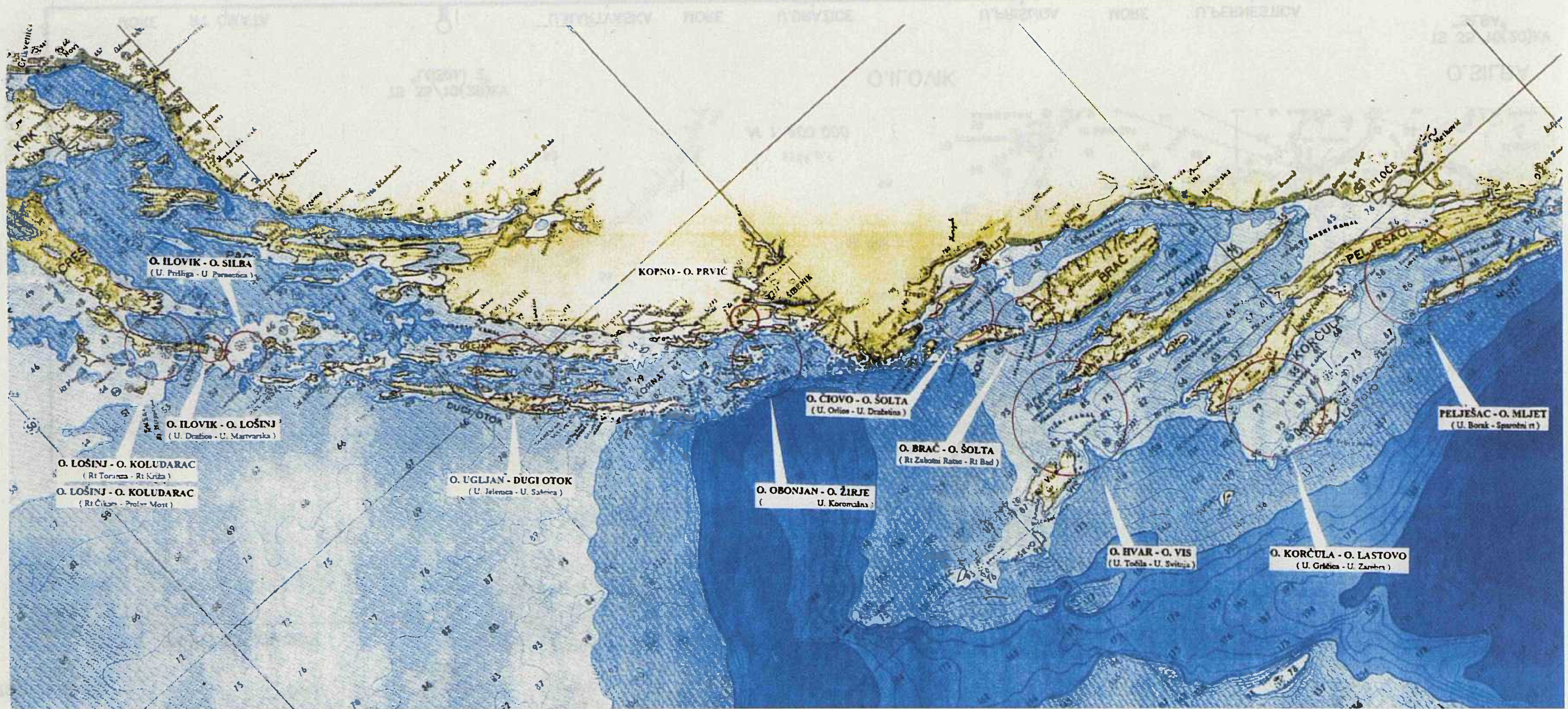
2. ETAPNA IZGRADNJA

Na temelju "Plana razvoja elektroenergetske mreže podmorskih kabela jadranskih otoka Hrvatske za razdoblje 1994–2000. (2050) godine" Hrvatska elektroprivreda prihvatila je izgradnju prve etape programa radnog naziva "Jadranski otoci 35 kV" od sjevernog do južnog dijela hrvatskoga Jadrana, od otoka Lošinja do Mljeta. Izgradnja je započela 1995., a završit će tijekom 1996. god. (sl. 1).

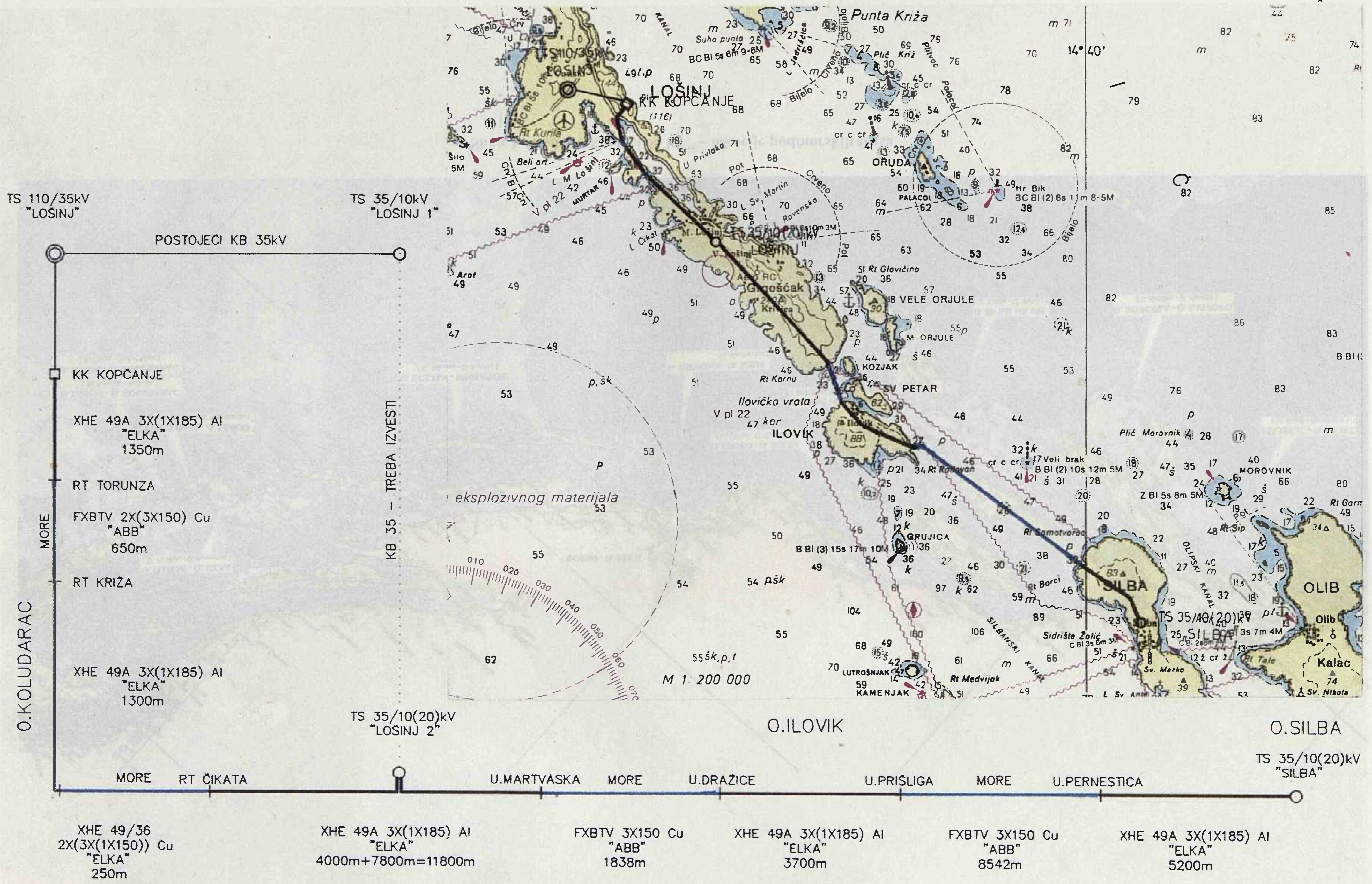
U prvoj etapi će se izgraditi koliko je potrebno da se kombinirana podmorsko-kopnena kabelska trasa pojedine otočne veze može što prije pustiti u pogon naponom 35 kV ili privremeno naponom 10 kV.

U prvoj etapi će se izgraditi:

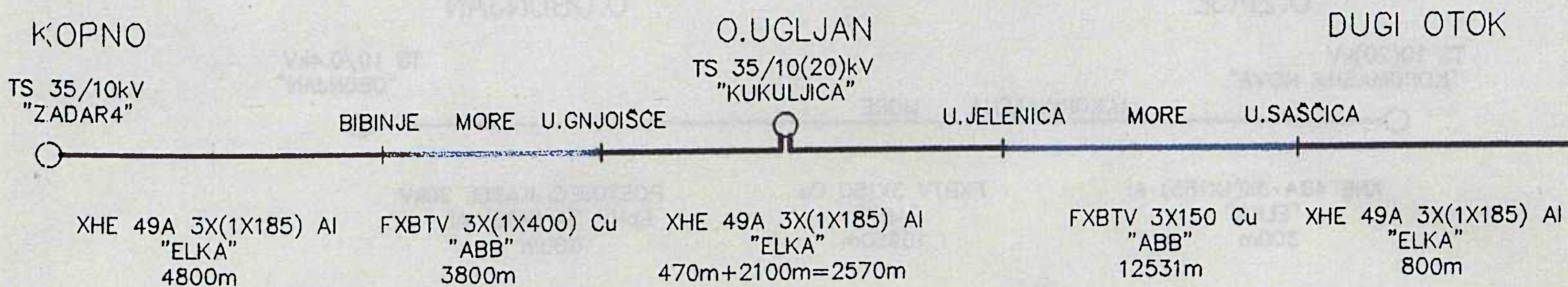
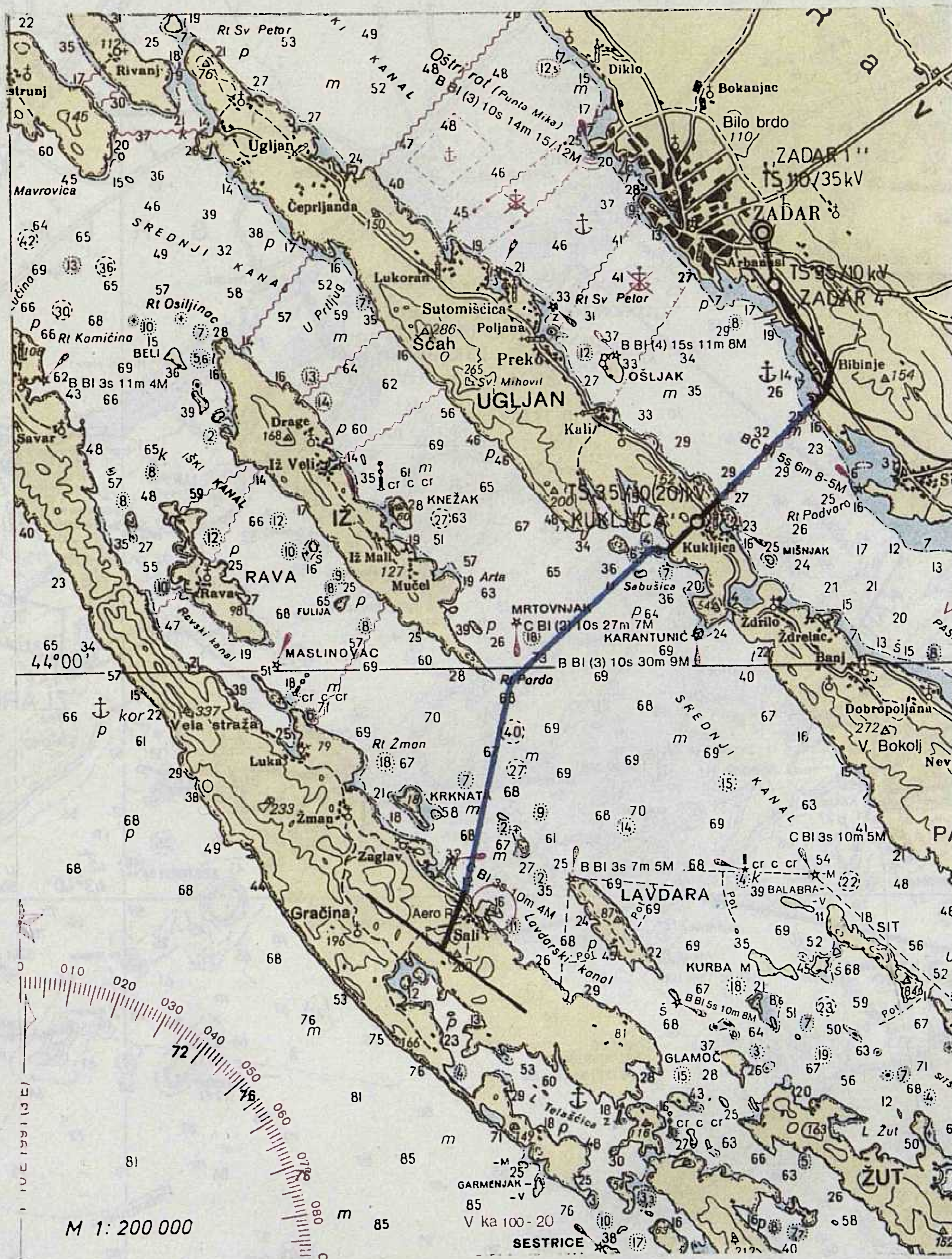
1. Veza 35 kV o. Lošinj–o. Silba (sl. 2), koja se sastoji od:
 - kopnene kabelske trase na o. Lošinju od KK "Kovčanja" do rta Torunza duljine 1 350 m
 - dvostruke podmorske kabelske veze o. Lošinj (rt Torunza)–o. Koludarac (rt Križa) duljine 2x650 m
 - kopnene kabelske trase na otoku Koludarac duljine 1300 m
 - dvostruke podmorske kabelske veze o. Koludarac–o. Lošinj (rt Čikata) duljine 2x250 m
 - kopnene kabelske trase po o. Lošinju od rta Čikata do TS 35/10(20) kV "Lošinj 2" i u. Martvarska duljine 4 000 m + 7 800 m = 11 800 m
 - TS 35/10(20) kV "Lošinj 2"
 - podmorske kabelske trase o. Lošinj (u. Martvarska)–o. Ilovik (u. Dražice) duljine 1 838 m
 - kopnene kabelske trase po o. Iloviku od u. Dražice do u. Prišliga duljine 3 700 m
 - podmorske kabelske trase po o. Iloviku (u. Prišliga)–o. Silba (u. Pernestica) duljine 8 542 m
 - kopnena kabelska trasa po o. Silbi od u. Pernestica do TS 35/10(20) kV "Silba" duljine 5 200 m i
 - TS 35/10(20) kV "Silba"
2. Veza 10(35) kV Zadar–o. Ugljan–Dugi otok (sl. 3) sastoji se od:
 - TS 35/10 kV "Zadar 4" – rekonstrukcija
 - kopnene kabelske trase TS "Zadar 4" – Bibinje duljine 4 800 m
 - podmorska kabelska trasa Bibinje–o. Ugljan (u. Gnjoišće) već je izgrađena 1994. god. u sklopu "Otočne veze 110 kV"
 - kopnene kabelske trase na o. Ugljanu od u. Gnjoišće do TS 35/10(20) kV "Kukljica" i u. Jelenica duljine 470 m + 2 100 m = 2 570 m
 - podmorske kabelske trase o. Ugljan (u. Jelenica)–Dugi otok (u. Sašćica) duljine 12 531 m
 - kopnene trase na Dugom otoku od u. Sašćice do veze na postojeći 10 kV zračni vod duljine 800 m
3. Veza 10(35) kV o. Obonjan–o. Žirje (sl. 4), sastoji se od:
 - podmorske kabelske veze o. Obonjan–o. Žirje (u. Koromašna) duljine 10 250 m
 - kopnene kabelske trase na o. Žirju od u. Koromašna do TS 10(20) kV "Koromašna nova" duljine 300 m
 - TS 10(20)/0.4 kV "Koromašna nova"
4. Veza 10(20) kV kopno (Srima)–o. Prvić (sl. 4), sastoji se od:
 - podmorske kabelske trase kopno (Srima)–o. Prvić (Perolin gat) duljine 1 450 m
 - kopnene trase na o. Prviću duljine 200 m
 - TS 10(20)/0.4 kV "Prvić šepurine"
5. Veza 35 kV Čiovo–o. Šolta–o. Brač (sl. 5), sastoji se od:
 - TS 35/10 kV "Brodogradilište" – rekonstrukcija
 - kopnene trase na Čiovu od TS 35/10 kV "Brodogradilište" do u. Orlice duljine 6 160 m



Slika 1. "Jadranski otoci 35 kV" – lokacije podmorskih trasa



Slika 2. Veza 35 kV o. Lošinj-o. Silba

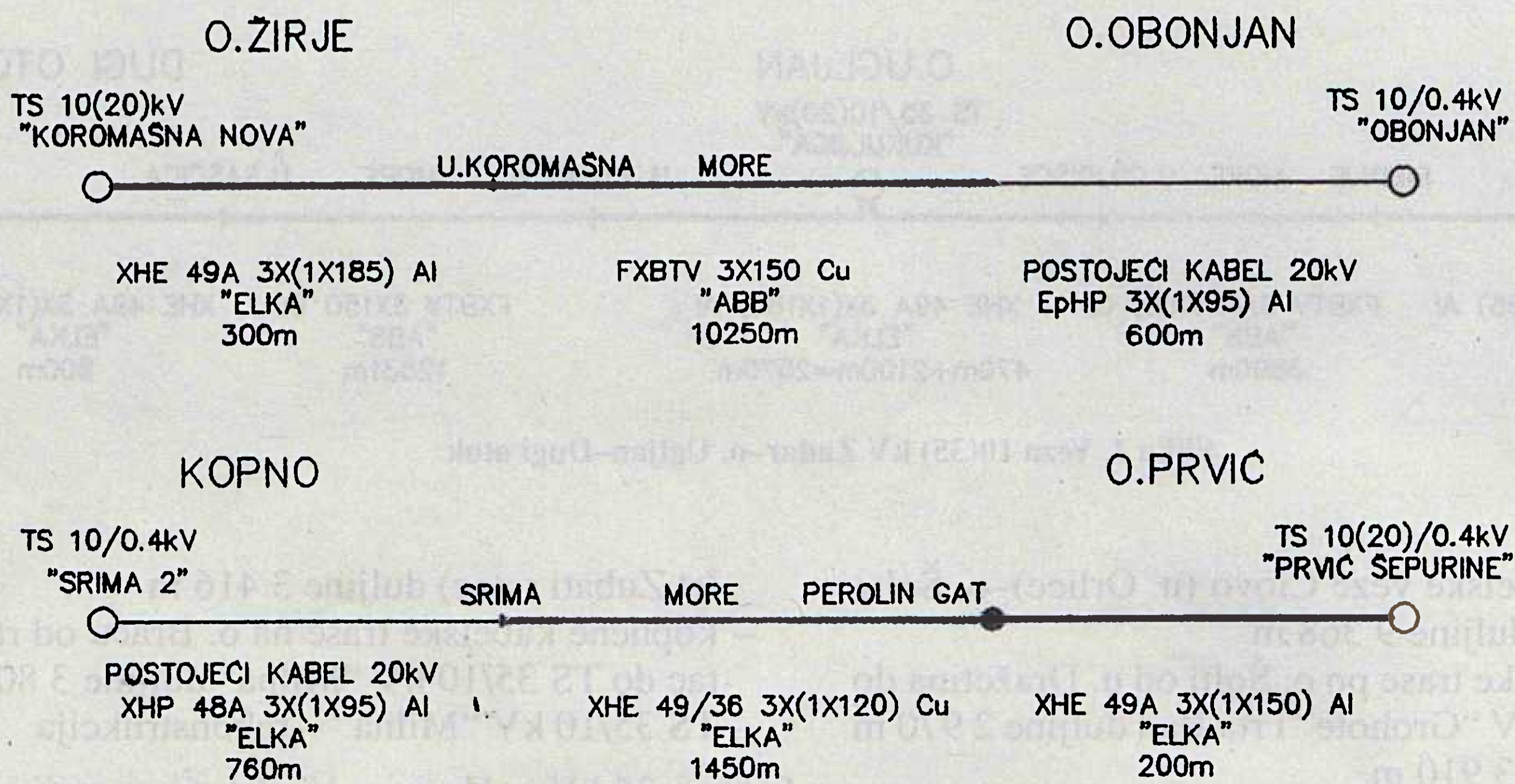
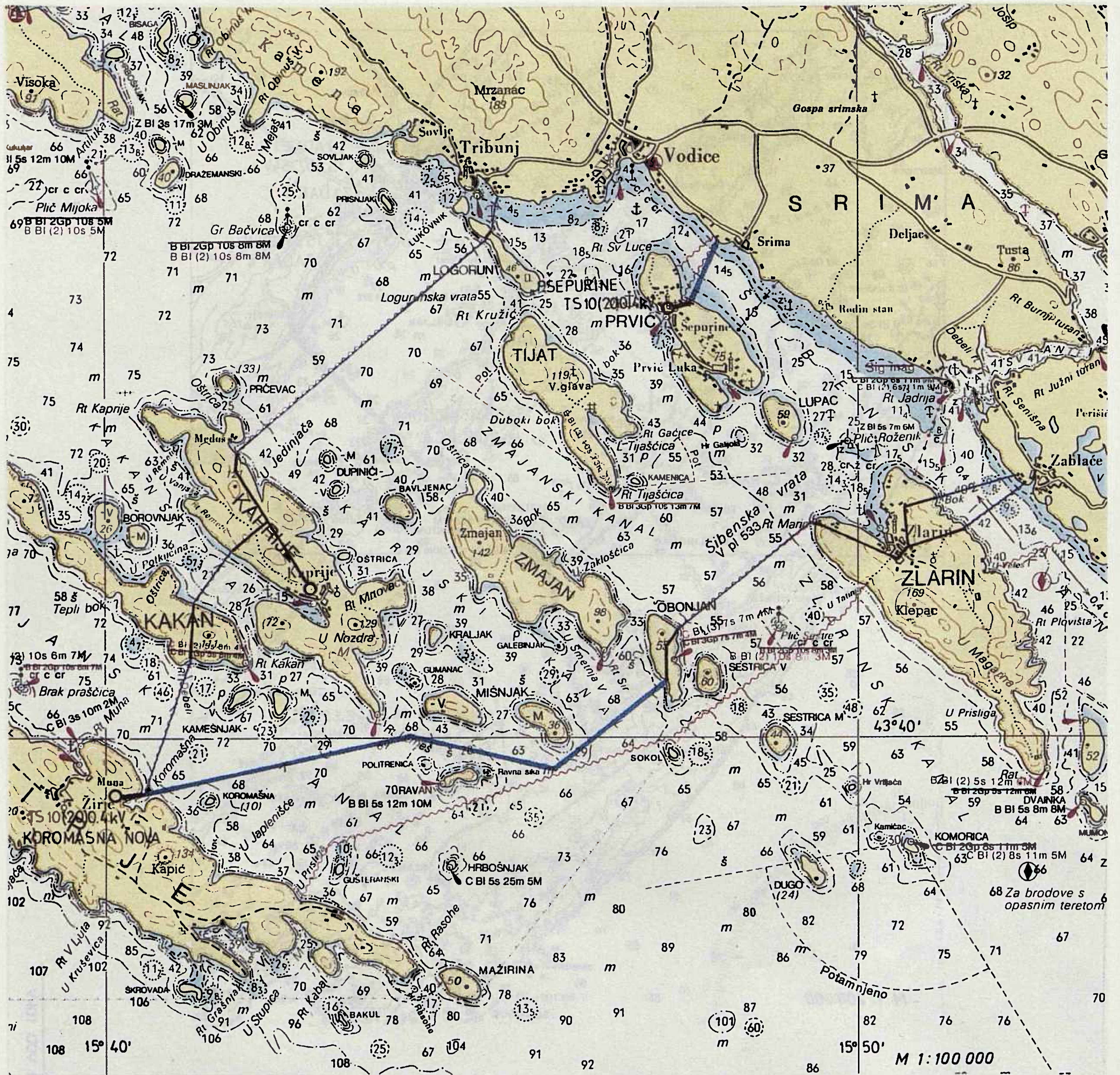


Slika 3. Veza 10(35) kV Zadar–o. Ugljan–Dugi otok

- podmorske kabliske veze Čiovo (u. Orlice)–o. Šolta (u. Dražetina) duljine 9 368 m
- kopnene kabliske trase po o. Šolti od u. Dražetina do TS 35/10(20) kV "Grohote" i rta Bad duljine 2 970 m + 10 940 m = 13 910 m
- TS 35/10(20) kV "Grohote"
- podmorske kabliske trase o. Šolta (rt Bad)–o. Brač

- (rt Zubati ratac) duljine 3 416 m
 - kopnene kabliske trase na o. Braču od rta Zubati ratac do TS 35/10 kV "Milna" duljine 3 800 m
 - TS 35/10 kV "Milna" – rekonstrukcija
6. Veza 35 kV o. Hvar–o. Vis (sl. 6), sastoji se od:
- KK 35 kV "Točila" (o. Hvar) – rekonstrukcija

POSTOJEĆI ZRAČNI VOD 10kV



Slika 4. Veza 10(35) kV o. Obonjan–o. Žirje i veza 10(20) kV kopno–o. Prvić

- podmorske kabelaške veze o. Hvar (u. Točila)– o. Vis (u. Svitnja) duljine 21 180 m
- kopnene kabelaške trase na o. Visu od u. Svitnja do TS 35/10(20) kV “Vis” duljine 2 400 m
- TS 35/10(20) kV “Vis”

7. Veza 10(35) kV o. Korčula–o. Lastovo (sl. 7), sastoji se od:

- TS 35/10 kV “Blato” – rekonstrukcija
- kopnene kabelaške trase na o. Korčuli od TS 35/10 kV “Blato” do u. Gršćica duljine 6 100 m
- podmorske kabelaške veze o. Korčula (u. Gršćica)–o. Lastovo (u. Zarebra) duljine 15 855 m
- kopnene kabelaške trase na o. Lastovu od u. Zarebra do TS 10(20)/0,4 kV “Predhodište” duljine 340 m
- TS 10(20)/0,4 kV “Predhodište”
- TS 35/10 kV “Korčula” – rekonstrukcija

8. Veza 10(35) kV Pelješac–o. Mljet (sl. 7), sastoji se od:

- kopnene kabelaške trase na Pelješcu od TS 35/10 kV “Pijavičino” do u. Borak duljine 5 220 m
- podmorske kabelaške trase Pelješac (u. Borak)–o. Mljet (Sparožni rt) duljine 15 522 m
- kopnene kabelaške trase na o. Mljetu (Sparožni rt) do TS 10/0,4 kV “Goli” duljine 375 m.

Izgradnja prve etape započeta je u travnju 1995. godine, a završetak je predviđen do ljeta 1996. godine.

Veza 10(35) kV o. Obonjan–o. Žirje puštena je u pogon već u ljeto 1995. god., veze 10(35) kV Pelješac–o. Mljet i o. Korčula–o. Lastovo u prosincu 1995. godine, a veza 10(20) kV kopno–o. Prvić u travnju 1996. godine.

Ukupna cijena prije navedenog programa prve etape iznosit će oko 54 milijuna DEM.

3. PODMORSKI I KOPNENI KABELI

3.1. Općenito

Stručna skupina HEP-a formirana za praćenje programa “Jadranski otoci 35 kV”, a poučena dosadašnjim lošim iskustvima, odlučila se za tipizaciju podmorskih kabela. Imajući na umu prijenosnu moć postojeće mreže i buduće potrebe distribucije, odlučila se za:

- podmorski kabel trožilni ili jednožilni nazivnog napona 35 kV presjeka 150 mm² Cu, s izolacijom od umreženog polietilena XLPE
- podmorski trožilni ili jednožilni kabel nazivnog napona 20 kV presjeka 120 mm² Cu, s izolacijom od umreženog polietilena XLPE,
- kopneni jednožilni kabel nazivnog napona 35 kV presjeka 1x185 mm² Al s ekranom 25 mm² Cu, te izolacijom od umreženog polietilena XLPE.

Prikupljene su ponude o isporuci od renomiranih tvrtki: ABB – Švedska, “Alcatel cable” – Njemačka, “Alcatel cable” – Francuska i “Elka” – Hrvatska.

Nakon analize tehničkih i gospodarskih uvjeta odlučeno je da se isporuka, transport i polaganje podmorskog kabela 35 kV ugovori s tvrtkom ABB – Švedska, a isporuka kopnenog kabela 35 kV i podmorskog 20 kV s tvrtkom “Elka” – Zagreb.

ABB je ugledna tvrtka s velikim referencama za podmorske i kopnene kabele do najviših napona.

Prikladnost ABB je ocijenjena i na osnovi njenog programa za osiguranje kvalitete. Naime, ABB ima vlastiti program osiguranja kvalitete baziran na standardu ISO 9001 QUALITY SYSTEMS, ključnom za osiguravanje kvalitete pri projektiranju, razvoju, proizvodnji, montaži i servisiranju opreme.

Posebno treba naglasiti da HEP ima dobro iskustvo s tvrtkom ABB, jer je ona isporučila, transportirala i položila sve podmorske i kopnene kabele 110 kV za projekt “Otočna veza 110 kV”.

3.2. Podmorski kabel proizvodnje ABB

Ugovor s tvrtkom ABB sklopio je HEP 30. rujna 1994. za isporuku, transport i montažu 100 000 m 35 kV podmorskoga kabela.

Rok dovršenja polaganja kabela u more, određen je za lipanj 1995. god., i to za devet podmorskih trasa:

1. o. Ilovik – o. Lošinj
2. o. Ilovik – o. Silba
3. o. Ugljan – Dugi otok
4. o. Obonjan – o. Žirje
5. Čiovo – o. Šolta
6. Pelješac – o. Mljet
7. o. Lastovo – o. Korčula
8. o. Hvar – o. Vis
9. o. Šolta – o. Brač

Ugovoreno je da se, sigurnosti radi, isporuči 100 000 m podmorskoga kabela u jednom komadu. Ovo olakšava polaganje niza podmorskih kabelaških trasa (od 1 do 9) ukupne projektirane duljine od 99 710 m. Dakako, to je zahtijevalo poseban brod za transport i polaganje. O tome i drugim tehničkim pitanjima HEP je s ABB uspješno surađivao.

Podmorski kabel je trožilni presjeka 3x150 mm² Cu s izolacijom od umreženog polietilena XLPE tip FX BTV.

Kabel se proizvodio kao jednožilni sa završnim olovnim plaštem u dionicama od 2 510 m do 2 530 m, namotan na svoj drveni bubanj i pripremljen za ispitivanje.

Izrađena je 121 dionica spojena u tri duljine, svaka po 100 385 m. Te tri duljine su međusobno povezane i preko njih je napravljena kompaktna čelična armatura (čelične žice) i vanjski plašt (sl. 8).

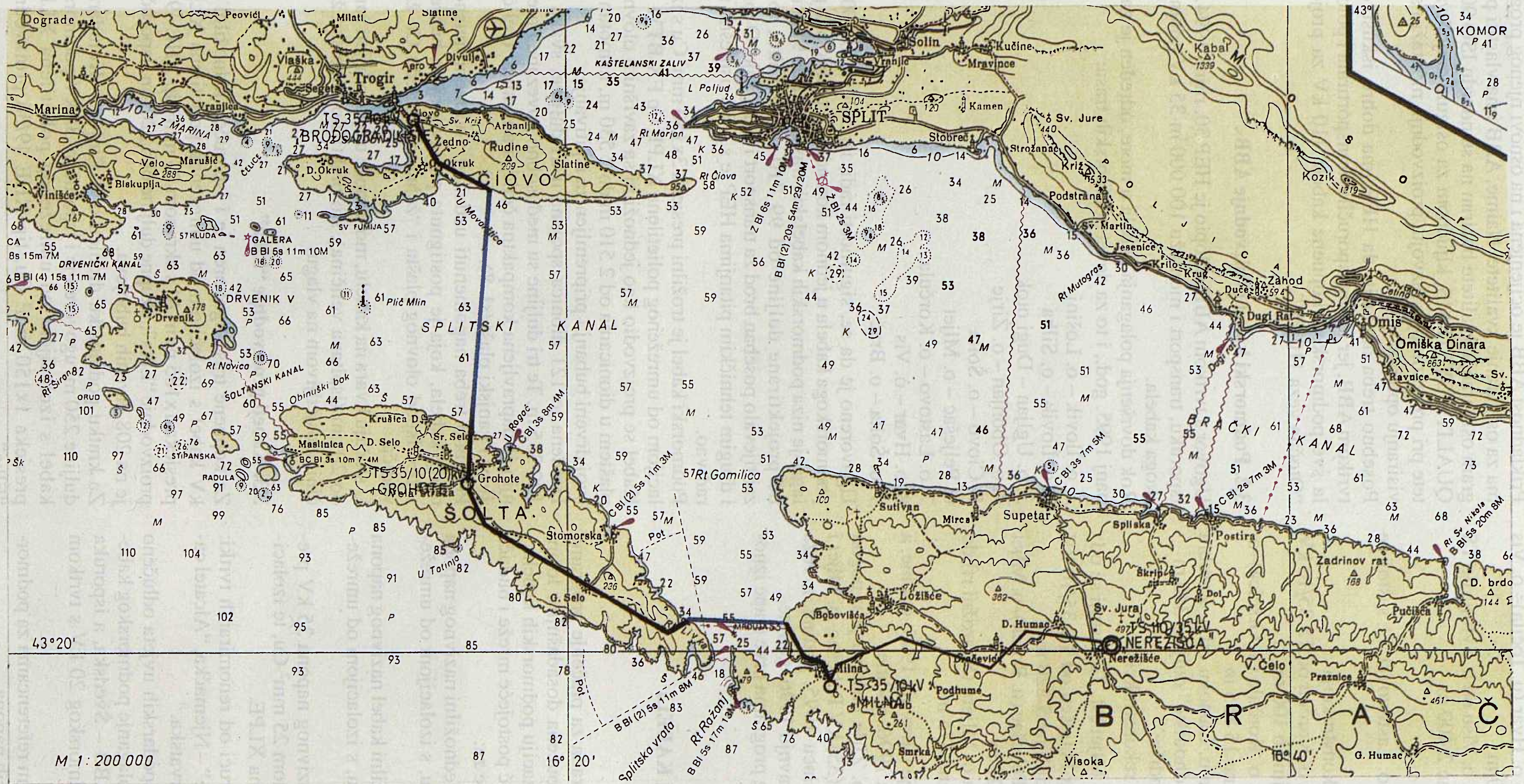
Posebno treba napomenuti uzdužnu vodonepropusnost ovog kabela, koja je postignuta postavljanjem bubreće vrpce ispod olovnog plašta i “želatine” između Cu žica vodiča.

U slučaju kvara na kabelu, more može u nj prodrijeti samo do 20 cm (ispitana veličina), što praktično kabelašku žilu čini neosjetljivom na vlagu.

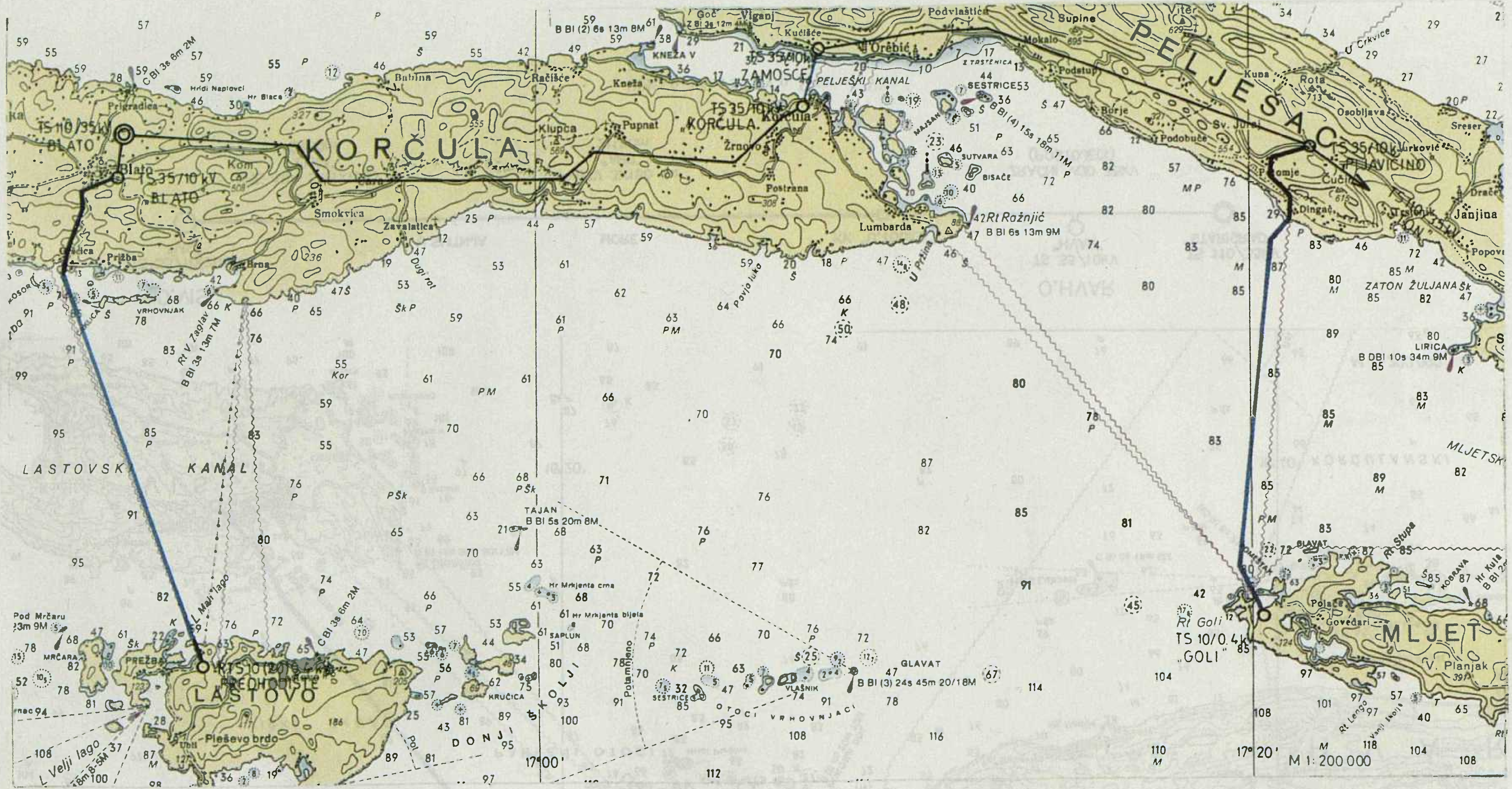
3.3. Kabeli proizvodnje “Elka”

Za kopnene trase ugovoren je i isporučen jednožilni 35 kV kabel s izolacijom od umreženog polietilena XLPE presjeka 1x185 mm² Al s ekranom 25 mm² tip XHE 49-A proizvodnje “Elka”, ukupne duljine oko 220 km. Isporučen je na 208 drvenih bubnjeva.

Za kratku podmorsku dionicu o. Lošinj – o. Koludarc, duljine 250 m, ugovoren je i isporučen 35 kV podmorski kabel s izolacijom od umreženog polietilena XLPE presjeka 1x150 mm² Cu, tip XHE 49/36 proizvodnje “Elka”.



Slika 5. Veza 35 kV Čiovo–o. Šolta–o. Brač



O.KORČULA

O.LASTOVO

PELJEŠAC

O.MLJET

TS 35/10kV

RTS 10(20)/0.4kV

TS 35/10kV

TS 10/0.4kV

"BLATO"

U.GRŠČICA

MORE

U.ZAREBRA

"PREDHODIŠTE"

"PIJAVČINO"

U.BORAK

MORE

SPAROJNI RT

"GOLI"

XHE 49A 3X(1X185) AI
"ELKA"
6100m

FXBTV 3X150 Cu
"ABB"
15855m

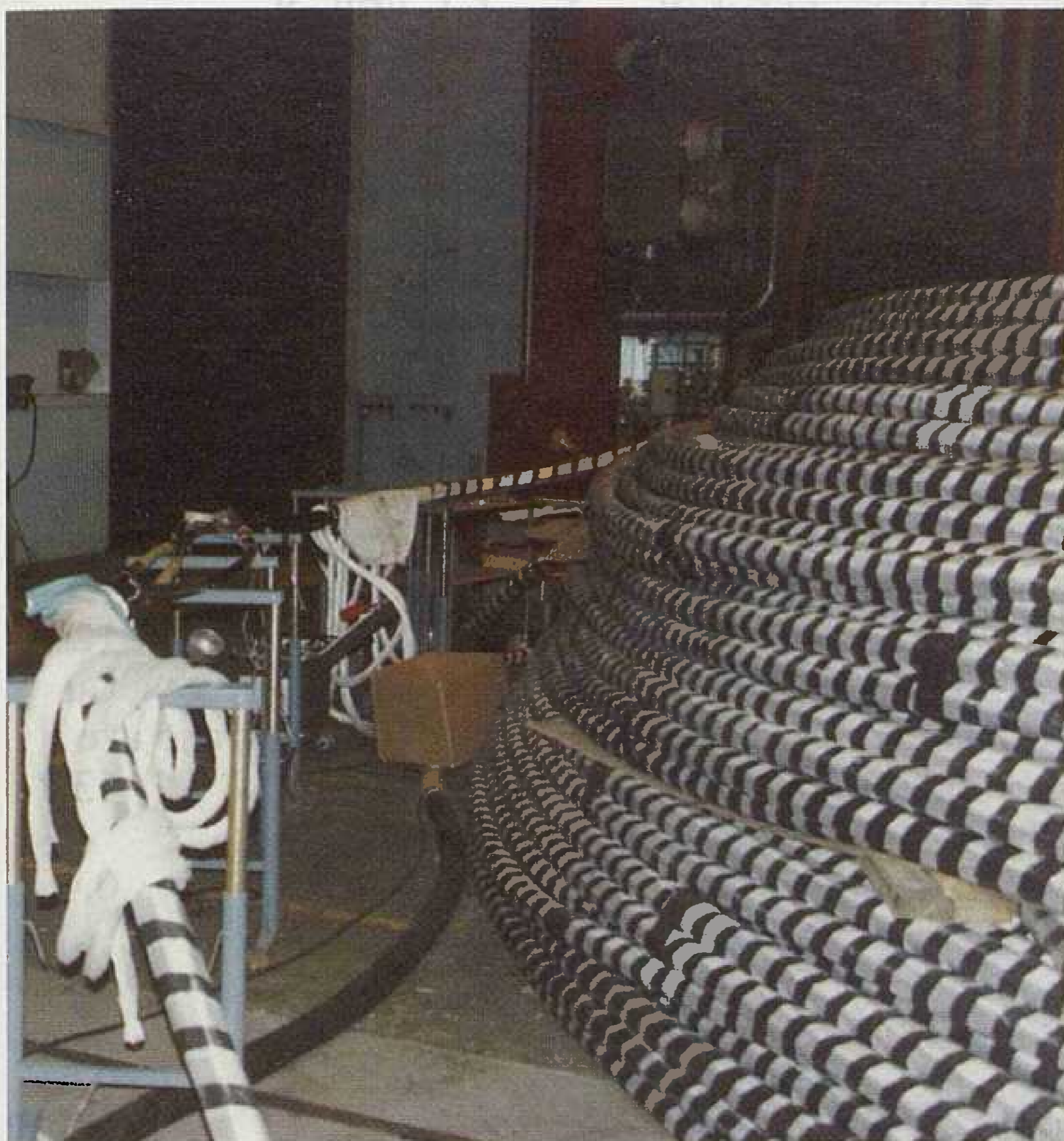
XHE 49A 3X(1X185) AI
"ELKA"
340m

XHE 49A 3X(1X185) AI
"ELKA"
5220m

FXBTV 3X150 Cu
"ABB"
15522m

XHE 49A 3X(1X185) AI
"ELKA"
375m

Slika 7. Veze 10(35) kV o. Korčula–o. Lastovo i Pelješac–o. Mljet



Slika 8. Spajanje podmorskog kabela u trozilnu duljinu od 100 km



Slika 9. Skladištenje podmorskog kabela u tvornici ABB-a

Za podmorsku dionicu kopno – o. Prvić, duljine oko 1 450 m. ugovoren je i isporučen 20 kV podmorski kabel s izolacijom od umreženog polietilena XLPE presjeka $1 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ s ekranom presjeka $16 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, tip XHE 49/36, također proizvodnje "Elka". Kabel je isporučen na tri drvena bubnja.

Posebno treba naglasiti uzdužnu vodonepropusnost ovih kabela. Bubreće vrpce ispod ekrana i bubreće vrpca iznad ekrana služe za sprečavanje uzdužnog prodiranja vode u prostor ekrana, čime se postiže, u slučaju pogreške na plaštu, lokalizacija vode na mjestu pogreške na pretežno 20 do 30 cm, što praktički čini kabelsku žilu neosjetljivom na vlagu.

3.4. Tehnički podaci za podmorski kabel ABB

Opći podaci

Nazivni napon U_0/U (kV) 21/35

Maksimalni pogonski napon (kV) 38
Podnosiv udarni napon 1,2/50 μs , kV) 170

Konstruktivni podaci

Tip kabela FX BTV $3 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Vodič od Cu žica između kojih je "želatina" sprečava prodor vlage
Nazivni promjer vodiča (mm) 14
Poluvodljivi plašt preko vodiča debljine (mm) 0,7
Izolacija umreženi polietilen XLPE debljine (mm) 8,00
Poluvodljivi plašt preko izolacija debljine (mm) 0,7
Bubreća vrpca koja sprečava uzdužni prodor vode iznad izolacije
Olovni plašt debljine (mm) 1,0
PE plašt iznad olova s ispunama između pojedinih žila, zatim nekoliko slojeva vrpce od najlon-akrila, polipropilena i bitumenske jute (sl. 10)
Metalna armatura od galvanizirane čelične žice promjera žice (mm) 5,0
Vanjski zaštitni oplet od polipropilena yam debljine (mm) 2,0
Vanjski promjer kabela (mm) 94
Težina (kg/m) 19
Minimalni polumjer savijanja kod montaže (m) 1,2
Maksimalna sila zatezanja vodiča (kN) 10,5

Električni podaci

Maksimalni otpor za istosmjernu struju pri 20 °C (Ω/km) 0,124
Otpor za izmjeničnu struju pri 90 °C (Ω/km) 0,159
Induktivitet (mH/km) 0,12
Kapacitet ($\mu\text{F}/\text{km}$) 0,18
Struja nabijanja po fazi (A/km) 1,5
Maksimalni faktor gubitaka pri 20 °C i 50 Hz 0,001
Maksimalna temperatura vodiča (°C)
– stalno opterećenje 90 °C
– u kratkom spoju 250 °C



Slika 10. Podmorski kabel tip FXBTV proizvodnje ABB

Struja kratkog spoja (kA)	
– 0,3 sek	39
– 1,0 sek	21,5
Nazivna struja prema IEC 287/82:	
– temperatura tla 20 °C	
– temperatura mora 26 °C	
– toplinski otpor tla 1,0 Km/W	
– ekran uzemljen na oba kraja	
– u zemlji (A)	415
– u zraku (A)	385
Gubici pri nazivnoj struji i naponu 35 kV	
– u vodiču (W/m)	27
– dielektrični (W/m)	0,005
– u metalnom plaštu i ekranu (W/m)	0,4

3.5. Kopneni kabel proizvodnje “Elka”

Opći podaci

Nazivni napon U_0/V (kV)	20/35
Maksimalni pogonski napon (kV)	38
Podnosiv udarni napon (1,2/50 μ s, kV)	170

Konstruktivni podaci

Tip kabela	XHE 49-A
Vodič	
– nazivni presjek (mm ²)	185
– materijal	aluminij
– konstrukcija	kompaktirano uže
– promjer (mm)	16,2
Poluvodljivi plašt preko vodiča debljine (mm)	0,4
Izolacija umreženi polietilen XLPE debljine (mm)	9,0
Poluvodljivi plašt preko izolacije debljine (mm)	0,4
Bubreća vrpca koja sprečava uzdužni prodor vode iznad izolacije debljina/širina (mm)	0,5/60
Ekran Cu žica presjeka (mm ²)	25
Bubreća vodonepropusna vrpca debljina/širina (mm)	0,4/60
Plašt crni PE debljine (mm)	2,6
Promjer kabela (mm)	47,3
Težina kabela (kg/m)	2,13
Dopušteni radijus savijanja pri polaganju (cm)	94

Električni podaci

Maksimalni otpor za istosmjernu struju pri 20 °C (Ω /km)	0,164
Maksimalni otpor za izmjeničnu struju pri 90 °C (Ω /km)	0,2107
Induktivitet po fazi, kabel u trolistu (mH/km)	0,41
Kapacitet po fazi, kabel u trolistu (μ F/km)	1,19
Kapacitivna struja (A/km)	1,19
Struja zemljospoja (A/km)	3,6
Struja kratkog spoja u trajanju 1 sek (kA)	17,4
Struja kratkog spoja ekrana (kA)	5,5
Nazivna struja (A) uz sljedeće uvjete:	385
– kabel položen u kanal u trolistu	
– dubina polaganja 0,7 m	
– faktor opterećenja 1	
– specifičan toplinski otpor tla 1 Km/W	
– temperatura tla 20 °C	
– trajno dopuštena temperatura vodiča 90 °C	
– dopuštena temp. vodiča u kratkom spoju 250 °C	
– dopuštena temp. ekrana u kratkom spoju 350 °C	

3.6. Podmorski kabeli proizvodnje “Elka”

Opći podaci

Tip	XHE 49/36, 1x150 Cu	XHE 49/36, 1x120 Cu
Nazivni napon u_0/u (kV)	20/35	12/20
Maksimalni pogonski napon (kV)	38	24
Podnosiv udarni napon (1,2/50 μ s, kV)	170	125
<i>Konstruktivni podaci</i>		
Vodič		
– nazivni presjek (mm ²)	150	120
– materijal	Cu	Cu
– konstrukcija	kompaktirano uže	
– promjer (mm)	14,5	13,2
Poluvodljivi plašt preko vodiča debljine (mm)	0,4	0,4
Izolacija umreženi polietilen XLPE debljine (mm)	9,0	5,5
Poluvodljivi plašt preko izolacije debljine (mm)	0,4	0,4
Bubreća vrpca koja sprečava uzdužni prodor vode iznad izolacije debljina/širina (mm)	0,5/60	0,5/60
Ekran Cu žica presjeka (mm ²)	25	16
Unutrašnji PE plašt debljine (mm)	2,6	2,2
Bubreća vodonepropusna vrpca debljina/širina (mm)	0,5/60	0,5/60
Metalna armatura AlMg žice debljine (mm)	3,4	3,0
Promjer kabela (mm)	72,1	59,5
Težina kabela (kg/m)	5,65	4,1
Dopušteni polumjer savijanja (cm)		
– pri skladištenju	120	100
– pri polaganju	60	50



Slika 11. Kopneni kabel tip XHE 49-A proizvodnje “Elka”



Slika 12. Podmorski kabel tip XHE 49/36 proizvodnje "Elka"

Dopuštena sila povlačenja kabela plašt s čarapisom (kN)	28,2	18,0
---	------	------

Električni podaci

Maksimalni otpor za istosmjernu struju pri 20 °C (Ω/km)	0,124	0,153
Maksimalni otpor za izmjeničnu struju pri 90 °C (Ω/km)	0,2643	0,191
Kapacitet ($\mu\text{F}/\text{km}$)	0,18	0,23
Induktivitet kabela u jednoj ravnini (mH/km)	0,65	0,66
Struja kratkog spoja u trajanju 1 sek (kA)	21,5	17,2
Nazivna struja kabel u moru (A) uz sljedeće uvjete:	430	460
– temperatura vodiča 90° C		
– kabeli položeni jedan do drugog u ravnini		
– temperatura mora 20° C za kabel 35 kV		
– temperatura mora 15° C za kabel 20 kV		
– dopuštena temp. vodiča u kratkom spoju 250 °C		
– dopuštena temp. ekrana u kratkom spoju 350 °C		

3.7. Ispitivanje kabela**3.7.1. Ispitivanje podmorskog kabela proizvodnje ABB**

Ispitivanja kabela provedena su u skladu sa standardima IEC 502.

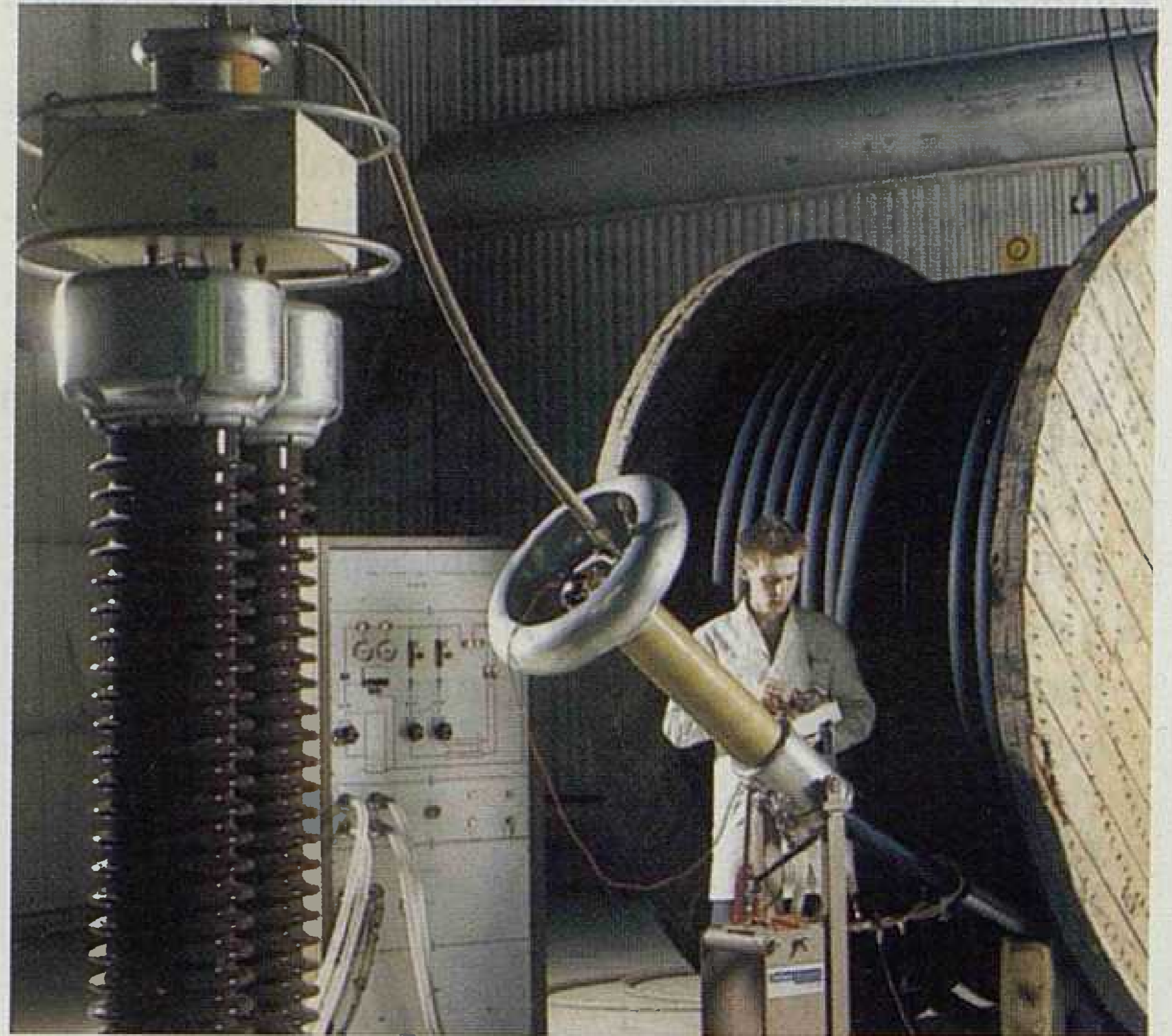
Izvedena su rutinska i specijalna ispitivanja na svim proizvedenim dužinama (121 bubanj) i nakon spajanja u cijelu duljinu 3x100 385 m.

Predstavnici HEP-a prisustvovali su ispitivanju na 34 dužine (bubnja) odabranih u sustavu slučajnih uzoraka i cijele duljine kabela.

Od tipskih ispitivanja izvedeno je ispitivanje uzdužne vodonepropusnosti (nije ugovorom bilo predviđeno) i dobio je zadovoljavajući rezultat.

Rutinska ispitivanja

– Parcijalna izbijanja



Slika 13. Ispitivanje kabela u VN laboratoriju ABB-a

Izmjenični napon postupno je podizan do 37 kV, održavan je na toj razini 10 sekunda i spušten na 32 kV. Parcijalna izbijanja bila su ispod 5 pC (ugovorena vrijednost ≤ 10 pC)

– Visokonaponsko ispitivanje

Kabel je stavljen pod napon 53 kV izmjenično u trajanju 5 minuta.

– Na ukupnoj duljini od 100 385 m kabela provedeno je visokonaponsko ispitivanje izmjeničnim naponom $3 \cdot U_0 = 63$ kV u trajanju 4 sata.

Specijalna ispitivanja	vrijednost	
	propisana	izmjerena
– Provjera vodiča najmanji broj žica	18	19
električni otpor vodiča na 20 °C (Ω/km)	0,124	0,122
– Debljina izolacije najmanja srednja (mm)	8,0	8,1
najmanja (mm)	7,1	8,0
– Debljina olovnog plašta (mm)	0,85	1,1
– Promjer olovnog plašta (mm)	35,6	36,4
– Promjer bez olovnog plašta (mm)	33,0	33,0
– Ispitivanje umreženja izolacije najveće istezanje pri opterećenju	175%	85%
najveće istezanje nakon hlađenja	15%	5%
– Mjerenje kapaciteta najveća vrijednost ($\mu\text{F}/\text{km}$)	0,19	0,19

Izvedena ispitivanja dala su zadovoljavajuće rezultate prema zahtjevima standarda IEC 502.

3.7.2. Ispitivanje kopnenog kabela proizvodnje "Elka"

Kopneni kabel 35 kV tip XHE 49-A presjeka $1 \times 185/16$ mm² proizveden je u 208 dionica, svaka namotana na drveni bubanj.

Rutinska i specijalna ispitivanja izvedena su na svakoj di-onici prema standardima IEC 502.

Predstavnici Investitora prisustvovali su ispitivanju 60 bubnjeva određenih u sustavu slučajnih uzoraka.

Dobiveni rezultati ispitivanja zadovoljili su zahtjeve postavljene u IEC 502 standardu.

Rutinska ispitivanja

- Parcijalna izbivanja izvedena su izmjeničnim naponom $1,5 \cdot U_0$. Izbivanja su bila manja od 5 pC.
- Visokonaponsko ispitivanje izvedeno je izmjeničnim naponom $2,5 \cdot U_0 = 50$ kV u trajanju 5 minuta.

Specijalna ispitivanja	vrijednost	
	propisana	izmjerena
– Provjera vodiča konstrukcija	36x2,69	36x2,69
– električni otpor vodiča na 20 °C (Ω /km)	0,164	0,160
– Provjera ekrana konstrukcija	37x0,9	37x0,9
– električni otpor ekrana na 20 °C (Ω /km)	0,725	0,71
– Kapacitet (μ F/km)	0,19	0,18
– Debljina izolacije najmanja (mm)	8,0	8,7
– srednja (mm)	9,0	9,2

– Debljina Pe plašta (mm)		
najmanja (mm)	1,88	2,50
srednja (mm)	2,6	2,8

Dobiveni rezultati ispitivanja zadovoljili su zahtjevima postavljenim u standardu IEC 502.

3.7.3. Ispitivanje podmorskih kabela proizvodnje "Elka"

Za potrebe programa "Jadranski otoci 35 kV" proizvedene su i položene male količine podmorskih kabela proizvodnje "Elka".

Podmorski jednožilni kabel 35 kV tip XHE 49/36 isporučen je u dvije duljine – dva bubnja, svaki s oko 1 000 m kabela, a podmorski jednožilni kabel 20 kV tip XHE 49/36 u tri duljine – tri bubnja, svaki po oko 1 500 m kabela.

Na svim duljinama izvedena su rutinska i specijalna ispitivanja koji zadovoljavaju zahtjevima postavljenim u IEC 502 standardu.

Rutinska ispitivanja

- Parcijalna izbivanja izvedena su izmjeničnim naponom $2 \cdot U_0$, a izbivanja su bila manja od 5 pC.
- Visokonaponsko ispitivanje izvedeno je izmjeničnim naponom $2,5 \cdot U_0$ u trajanju 5 minuta.

Specijalna ispitivanja

Tip kabela	XHE 49/36, 35 kV 1x150/25 mm ² Cu		XHE 49/36, 20 kV 1x120/16 mm ² Cu	
	vrijednost propisana / izmjerena		vrijednost propisana / izmjerena	
– Konstrukcija kabela vodič Cu	36/2,35	36/2,35	36/2,12	36/2,12
– metalna armatura AlMg	36/4,0	36/4,0	33/4,0	33/4,0
– Električni otpor vodiča pri 20 °C (Ω /km)	0,124	0,123	0,153	0,150
– Debljina izolacije najmanja (mm)	8,0	9,03	4,85	5,41
– srednja (mm)	9,0	9,36	5,5	5,81
– Debljina unutrašnjeg PE plašta najmanja (mm)	1,88	2,3	1,56	2,32
– srednja (mm)	2,6	2,68	2,2	2,58
– Debljina vanjskog PE plašta najmanja (mm)	2,52	3,12	2,2	2,92
– srednja (mm)	3,4	3,45	3,0	3,06

4. IZBOR KABELSKIH TRASA

Podmorske kabelske trase odabrane su na temelju studijskih obrada i tehnogospodarskih analiza.

Međutim, za podmorske kabelske trase Pelješac–o. Mljet i o. Korčula–o. Lastovo korištene su "stare" trase s kojih su prethodno izvađeni oštećeni podmorski kabeli.

Pri izboru ishodišnih točaka (ulaz – izlaz kabela iz mora) vodila se briga o sljedećim uvjetima:

- da su zaštićene od djelovanja morskih valova i vjetra
- da budu prikladne za spajanje na kopneni kabel
- da su što dalje od postojećih podmorskih instalacija (vodovodi, energetske i telekomunikacijski kabeli)

- da je što manja mogućnost sidrenja brodova
- da su duljine podmorskog i kopnenog dijela što kraće.

Dakako, nije bilo moguće udovoljiti svim tim zahtjevima, pa je odabir najpovoljnije podmorske kabelske trase i ishodišnih točaka na obali određen za svaku trasu tek nakon opsežnih istraživačkih radova na moru i kopnu.

Kopnene kabelske trase diktirane su ishodišnim točkama za podmorski kabel i lokacijama transformatorskih stanica na koje se kabel priključuje.

Međutim, potrebno je naglasiti da je ovo prvi put u našoj praksi da se za 35 kV energetske kopnene vodove ne primjenjuju zračni već kabelski vodovi. Taj odabir daje niz prednosti:

- nema kabelskih kućica, tj. prijelaza podmorskog kabela na zračni vod, pa su time izbjegnuti mnogi problemi koji su na prijelazima nastajali (pojava prenapona, loše uzemljenje, održavanje ...)
- izbjegnuta su vizualna ekološka zagađenja
- izbjegnute su skupe sječe šume ispod zračnog voda
- nema više stalnih održavanja (bojenje stupova ...).
- nema opasnosti od požara.

5. ISTRAŽIVAČKI RADOVI

5.1. Općenito

Za svaku kabelsku trasu izvedeni su detaljni istraživački radovi na moru i kopnu na temelju kojih je za svaku kabelsku trasu izrađen posebni elaborat.

Radove su izveli Državni hidrografski institut – Split i Geodetski zavod – Rijeka.

Opseg i kvaliteta istraživačkog rada definirani su strogim normama koje se primjenjuju u svijetu. Na temelju tako izvedenih istraživačkih radova proizvođač kabela ABB i polagač podmorskog kabela HAM-Vander Stoel dali su višegodišnje garancije, a osiguravajuća društva osigurali radove na moru i kopnu.

Na opseg i kvalitetu izvedenih istraživačkih radova proizvođač podmorskog kabela i polagač nisu imali primjedaba.

Rezultati istraživačkih radova omogućili su da se precizno utvrde podmorske kabelske trase i da budu osnovna podloga projektantima pri izradi tehničke dokumentacije.

Istraživački radovi su obuhvatili:

- geodetska mjerenja
- hidrografska mjerenja
- inženjerskogeološko kartiranje podmorja
- meteorološka istraživanja
- oceanografska istraživanja.

Instrumenti i prateća oprema bili su smješteni na istraživačkom brodu Državnoga hidrografskog instituta "Hidra".

5.2. Instrumenti i mjerenja

- DEPTH SOUNDER SIMRAD EA200 – je ultrazvučni dubinomjer projektiran za hidrografske radove. Ima dvostrukom frekvenciju rada (38 i 210 kHz), i mogućnost promjene zvučnog signala od 1 400 m/s do 1 599 m/s. Može mjeriti dubinu mora do 5 000 m.
- DIGITIZER STG 721 pretvara analogne podatke ultrazvučnog dubinomjera u digitalne.
- O.R.E. SUB-BOTTOM PROFILING SYSTEM jest ultrazvučni geološki dubinomjer niske frekvencije (1–7 kHz). Emitirani ultrazvučni signali imaju mogućnost prodiranja kroz sedimente u podmorju. To omogućuje geološko profiliranje, odnosno otkrivanje debljine rahlih sedimenta, te položaja stijenske mase u dubljim slojevima pomoću valova niže frekvencije (sl. 16). Transducer koji emitira ultrazvučne signale smješten je u tzv. ribi, koja se pomoću broskog vitla može spuštati ili podizati. Takav instrument ima mogućnost profiliranja kroz nevezane sedimente debljine od 10 do 60 metara. Pritom je mogućnost rezolucije dobivenih snimaka oko 1 m.
- SIDE-SCAN SONAR EG&G također je ultrazvučni uređaj koji kao izvore impulsa ima transducer smješten u

torpedu (sl. 15). On se pomoću broskog vitla održava što bliže morskom dnu. Za razliku od instrumenta tipa echo-sounder, širina zvučnog snopa je promjenljiva, a podešava se ovisno o reljefu dna. Pritom je rezolucija slike, zahvaljujući različitoj akustičkoj refleksiji, dovoljno jasna da se mogu vizualno razlikovati osnovni tipovi dna: mulj, grubi pijesak, blokovi ili izdanci osnovne stijene odnosno hridinasto dno. Također se mogu jasno uočiti potopljeni predmeti kao što su manja plovila, energetske kabele, sidra i slično.

- EG&G GEOMETRIC RECORDING PROTON MAGNETOMETER jest uređaj za brzo otkrivanje metalnih, pretežno čeličnih predmeta u podmorju, kao što su olupine, sidra, cjevovodi. Magnetni senzor povezan kablom povlači se iza broda.
- DGPS TRIMBLE 4000 RS&DS je diferencijalni GPS-uređaj za precizno pozicioniranje. Jedna stanica postavlja se na geodetski unaprijed određenu točku (trigonometar), a druga na plovilo. Pritom se radiovezom kontinuirano korigira smjer i duljina.
- HIDRIS je centralni kompjutorski sustav na koji se povezuju svi ostali opisani uređaji. Prije mjerenja se u taj sustav ugrađuju podaci o projektiranoj trasi, pa je bilo moguće pratiti navigaciju i bilježiti podatke dobivene mjerenjima.

Pri svim mjerenjima na moru javlja se osnovni problem: pozicioniranje plovila u odnosu na lokalnu geodetsku mrežu. To znači da je u svakom trenutku nužno znati poziciju mjerenja. Zato je korišten DGPS (Differential Global Positioning System) čija je točnost $\pm 1,0$ m.

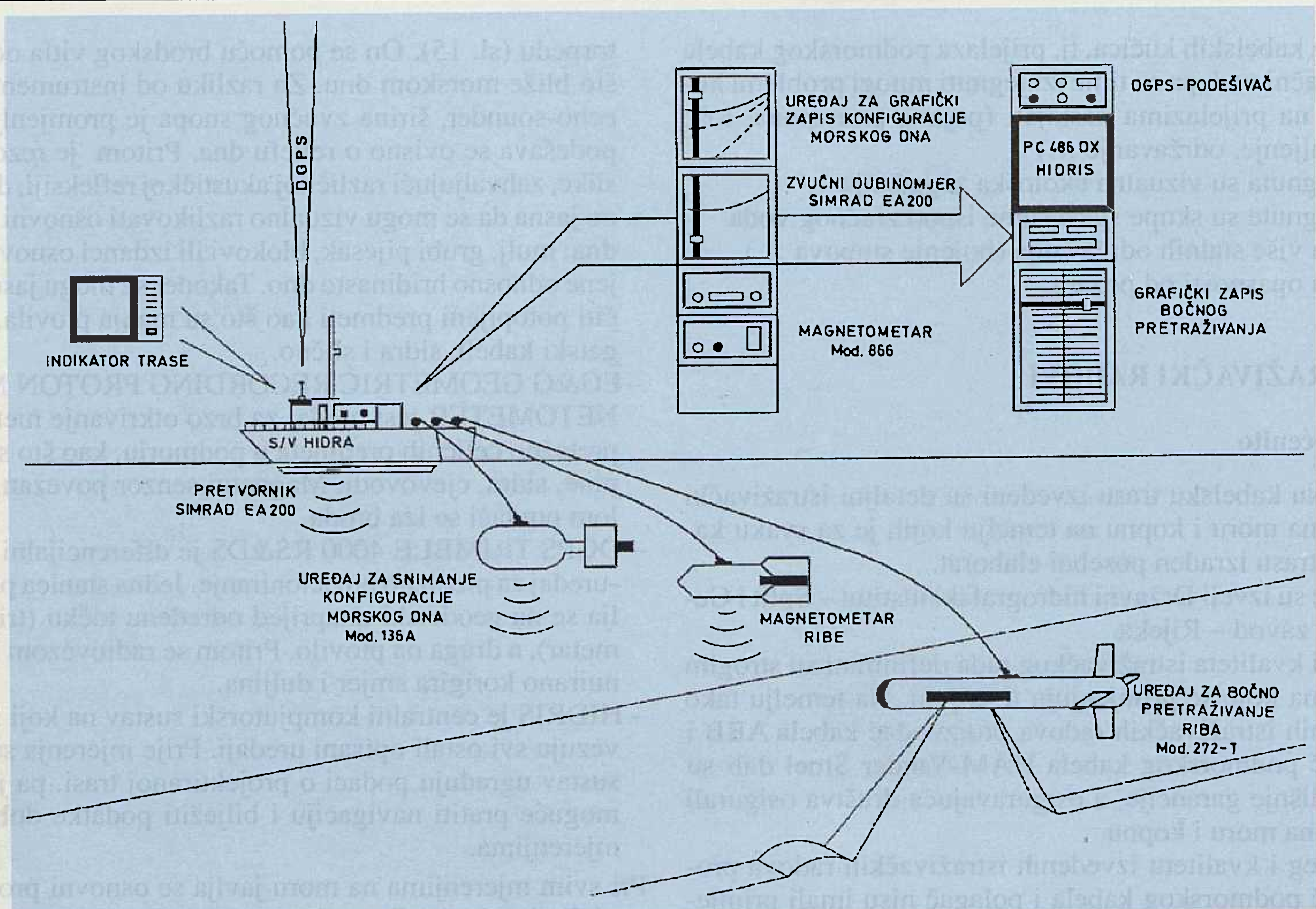
Hidrografska mjerenja obavljena su po unaprijed projektiranim podmorskim trasama. Navigacija i prikupljanje podataka za točnu navigaciju, kao i pohranjivanje snimljenih podataka, obavljalo se pomoću opisanoga kompjutorskog sustava koji je bio povezan sa sustavom pozicioniranja, tako da se u realnom vremenu kontinuirano dobiva točna pozicija broda duž podmorskih trasa. Kompjutorski obrađeni podaci šalju se na dva monitora, na kojima su u svakom trenutku vidljive koordinate broda, brzina, dubina mora i udaljenosti prijeđene trase. Jedan od monitora je na mjestu operacije snimanja, što je omogućilo stalnu kontrolu rada, dok je drugi u kormilarnici radi korektnog vođenja broda po unaprijed određenim podmorskim trasama.

Najprije je obavljeno istodobno mjerenje ultrazvučnim dubinomjerom visoke (depth sounder) i geološkim dubinomjerom (sub-bottom profiler) niske frekvencije po svim prethodno određenim podmorskim trasama.

Također su izmjerena tri kontrolna profila okomita na trasu. Na taj je način ustanovljena morfologija dna i geološka građa naslaga u podmorju.

Nakon toga je obavljeno snimanje podmorskih trasa pomoću side-scan sonara. Obavljena su i snimanja morskog dna magnetometrom radi otkrivanja mogućih metalnih predmeta na njemu.

Preko središnje kompjutorske jedinice, mjernim instrumentima navigacijski sustav šalje svaku sekundu marker (fix) slijedeći progresivnu numeričku logiku. Taj signal se pojavljuje na monitoru, kao i na svim perifernim instrumentima, pri čemu su koordinate markera poznate u sustavu navigacije. Kompjutorski sustav je također povezan sa štampačem i pisačem. Svi podaci su se pohranili na diske te radi kasnije kabinetske obrade.

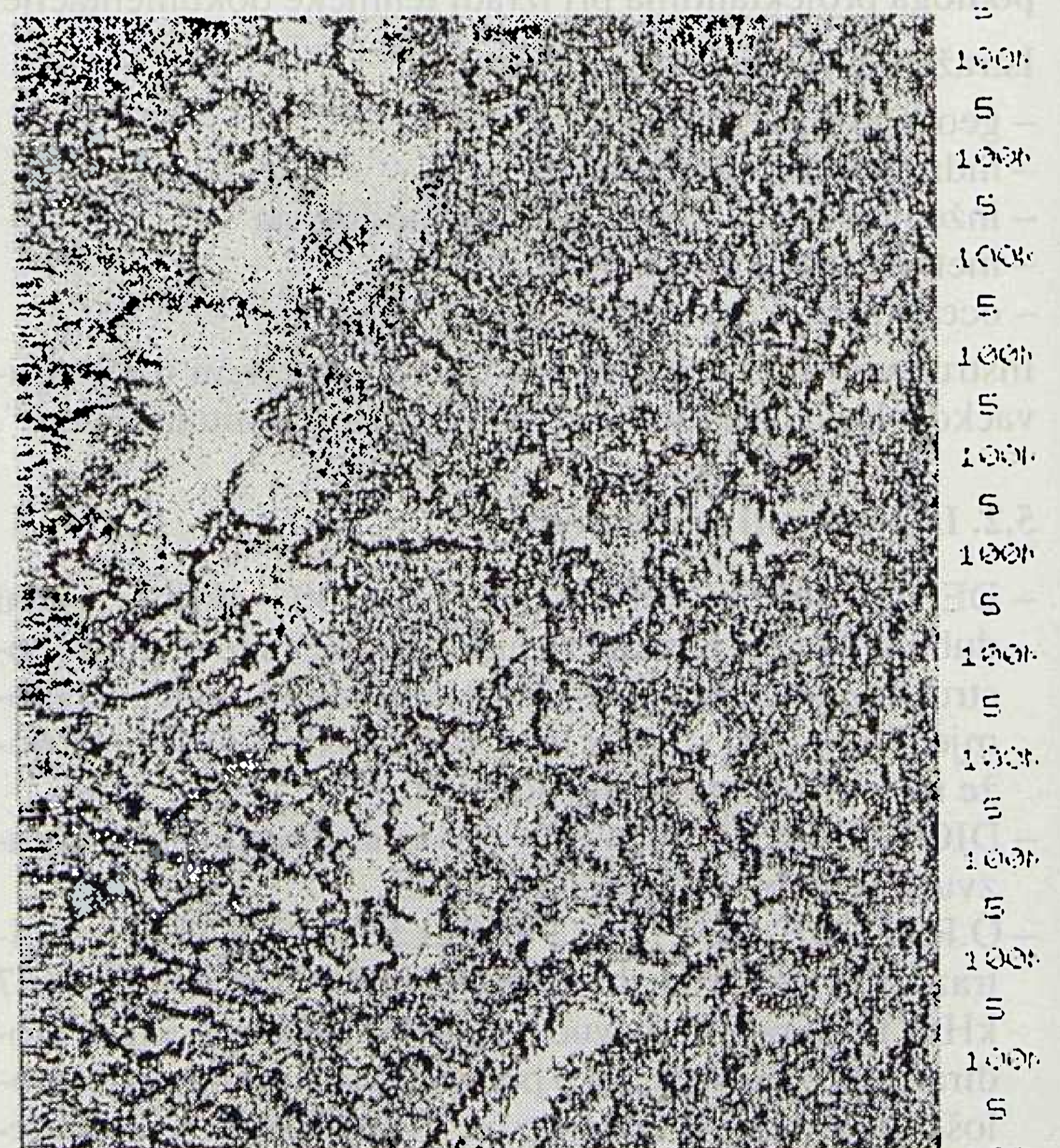


Slika 14. Konfiguracija sustava hidrografske izmjere



Slika 15. SIDE SCAN SONAR – pred uranjanje

Osim instrumentalnih mjerenja korišten je izravni vizualni pregled, odnosno inženjersko geološko kartiranje kopna i podmorja. Ta metoda rabila se u plićim dijelovima podmorja (do 10 m), gdje je snimanje side-scan sonarom nemoguće. Ta metoda je uobičajena u sklopu geotehničkih istraživanja kopna, ali se može uspješno koristiti i u podmorju. Izravnim vizualnim pregledom dobili su se osobito korisni podaci tamo gdje je dno golo ili je sloj pokrivača tanak, odnosno gdje su česti izdanci osnovne stijene. Uzorkovanje sedimenata morskog dna obavljano je gravitacijskom udarnom sondom HYDROWERKE duljine 1 metra. Na odabranoj poziciji uzorkovanja, sonda obješena na čeličnu sajlju spuštana je električnim vitlom do dubine



Slika 16. Primarne stijene na površini morskog dna (snimio SUB-BOTTOM PROFILER)

od 10 do 15 metara od dna, a zatim ispuštena slobodnim padom. Ovisno o vrsti dna, dobijeni su uzorci za različite dubine približno 1 metar. Na palubi broda obavljena je odmah približna klasifikacija uzoraka koji su označeni i pospremljeni za laboratorijsku obradu.

Klasifikacija geološkog sustava kopnenog dijela u ishodišnim točkama (ulaz/izlaz kabela u more) načinjena je metodom geološkog kartiranja.

Višekratna mjerenja vrijednosti temperature i slanosti, na osnovi kojih su se proračunavale srednje vrijednosti brzine zvuka za cijeli stupac mora od površine do dna, obavljena su multisondom SEABIRD 17.

Izračunane vrijednosti srednje brzine zvuka unijete su u procesor dubinomjera prije početka premjera podmorske trase, odnosno mjerenja dubina.

Za prikupljanje meteoroloških podataka korišten je komplet meteoroloških instrumenata za mjerenje:

- temperature zraka
- vlažnosti zraka
- tlaka zraka
- brzine i smjera vjetra.

Također je promatrana ukupna naoblaka, a procjenjivan je i stupanj razvijenosti stanja mora.

6. TRANSPORT I POLAGANJE PODMORSKOG KABELA

6.1. Općenito

Transport i polaganje podmorskog energetskog kabela 35 kV HEP je ugovorio s proizvođačem kabela ABB iz Švedske.

ABB nema objekt za transport i polaganje podmorskih kabela, pa je za to angažirala nizozemsku tvrtku HAM-Vander Stoel.

Ta je tvrtka za tu svrhu nabavila brod "Cable Carrier" koji je prethodno služio za posluživanje i opskrbu platforma na Sjevernom moru.

Brod je preuređen i opremljen u brodogradilištu u Rotterdamu (sl. 17).

Kabel je ukrcan na "Cable Carrier" u samoj tvornici ABB u Karlskroni (tvornica je na samoj obali).

Brod s kablom stigao je u Split 12. lipnja 1995. Polaganje prve dionice – trase o. Ilovik–o. Lošinj obavljeno je

14. lipnja 1995, a završilo je s posljednjom dionicom – trasom o. Šolta–o. Brač 23. lipnja 1995.

Ostatak kabela, oko 1 900 m, premotan je 24. lipnja u splitskoj Sjevernoj luci na baržu "Lumbarda" (sl. 30).

Dio toga podmorskoga kabela, oko 1 300 m, položen je između o. Lošinja i o. Koludarca.

Polaganje je obavljeno baržom "Lumbarda", koja je za tu svrhu bila opremljena HEP-ovom opremom za polaganje podmorskih kabela "Morkab".

Vrijedno je napomenuti i to da je brod "Cable Carrier" doteglio iz Švedske baržu natovarenu jednožilnim 110 kV podmorskim kablom za podmorsku kabelsku trasu Dugi rat–o. Brač.

6.2. Transport i polaganje dužih podmorskih trasa

6.2.1. Opis broda za transport i polaganje "Cable Carrier"

Brod "Cable Carrier" je prije rekonstrukcije služio kao obalni opskrbljivački brod. Posjeduje palubu s oko 700 m² prostora i izvanredne je maritimne sposobnosti. Dinamički pozicijski sustav GEC-GEM 80 i akustički navigacijski sustav – Simrad HPR 209 omogućuju da se brod "drži" na poziciji s točnošću ±1,0 m.

Osnovni tehnički podaci

– ukupna duljina	82 m
– širina	17,25 m
– gaz pri opterećenju	4,7 m
– otvorena paluba	48,7 m x 14,53 m = 707,61 m ²
– DWT	2 900 t
– korisna nosivost (teret)	2 200 t
– dva pogonska stroja svaki po	1 732 kW (dva vijka)
– pramčana dva vijka s dva pogonska stroja	435 kW (THRUSTERS/RUDDERS)

Navigacijska oprema

- Koden Type MD3731 Radar
- Kacal Decca BT 502/6 Radar plus Slave



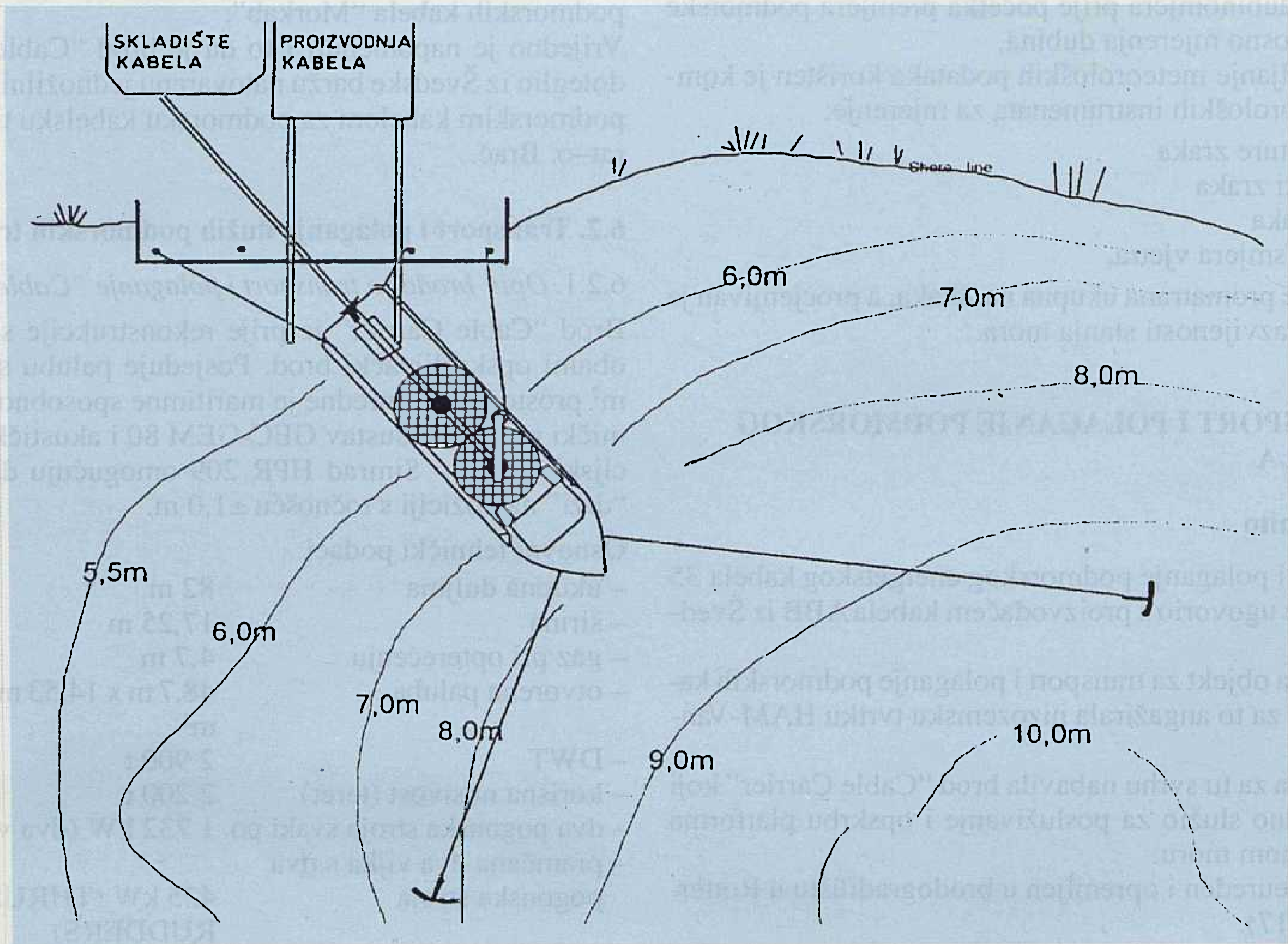
Slika 17. Brod "Cable Carrier" u rekonstrukciji

- Decca Arkas DP 550 Auto Pilot
- SG Brown SGB 1000 Gyro
- Magnavox MX 1102A satellite navigor
- Marconi Marine "Seachart 3" Echo Sounder
- JRC JAX-2-Weather Fax
- Chernikeef Aquaprobe MK4 Electromagnetic Log
- G.P.S. Navigator

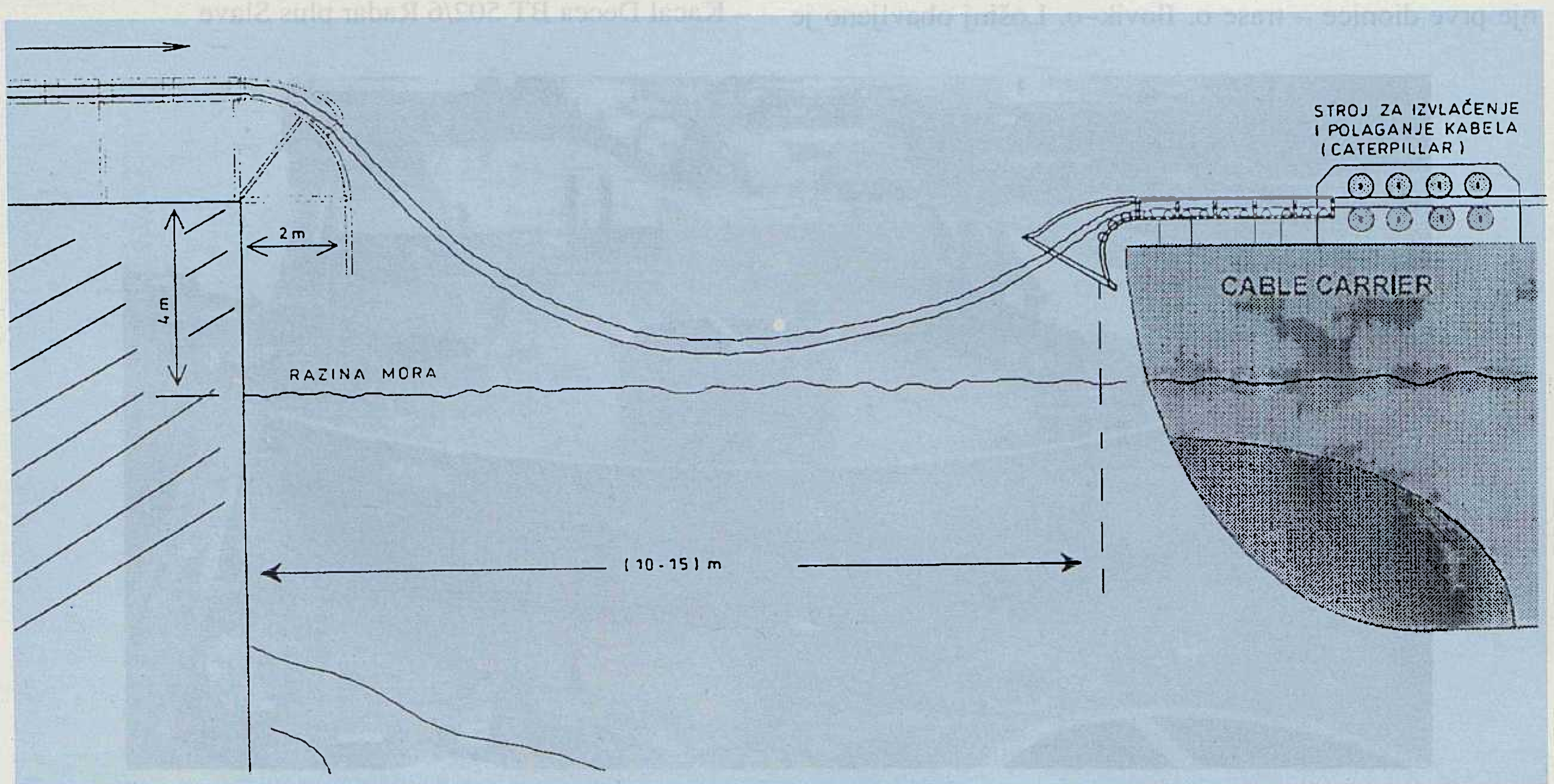
Mogu biti dodani i drugi navigacijski uređaji, a to je u našem primjeru bio vrlo precizni DGPS američke proizvodnje "Trimble" – serija 4000.

Komunikacijski uređaji

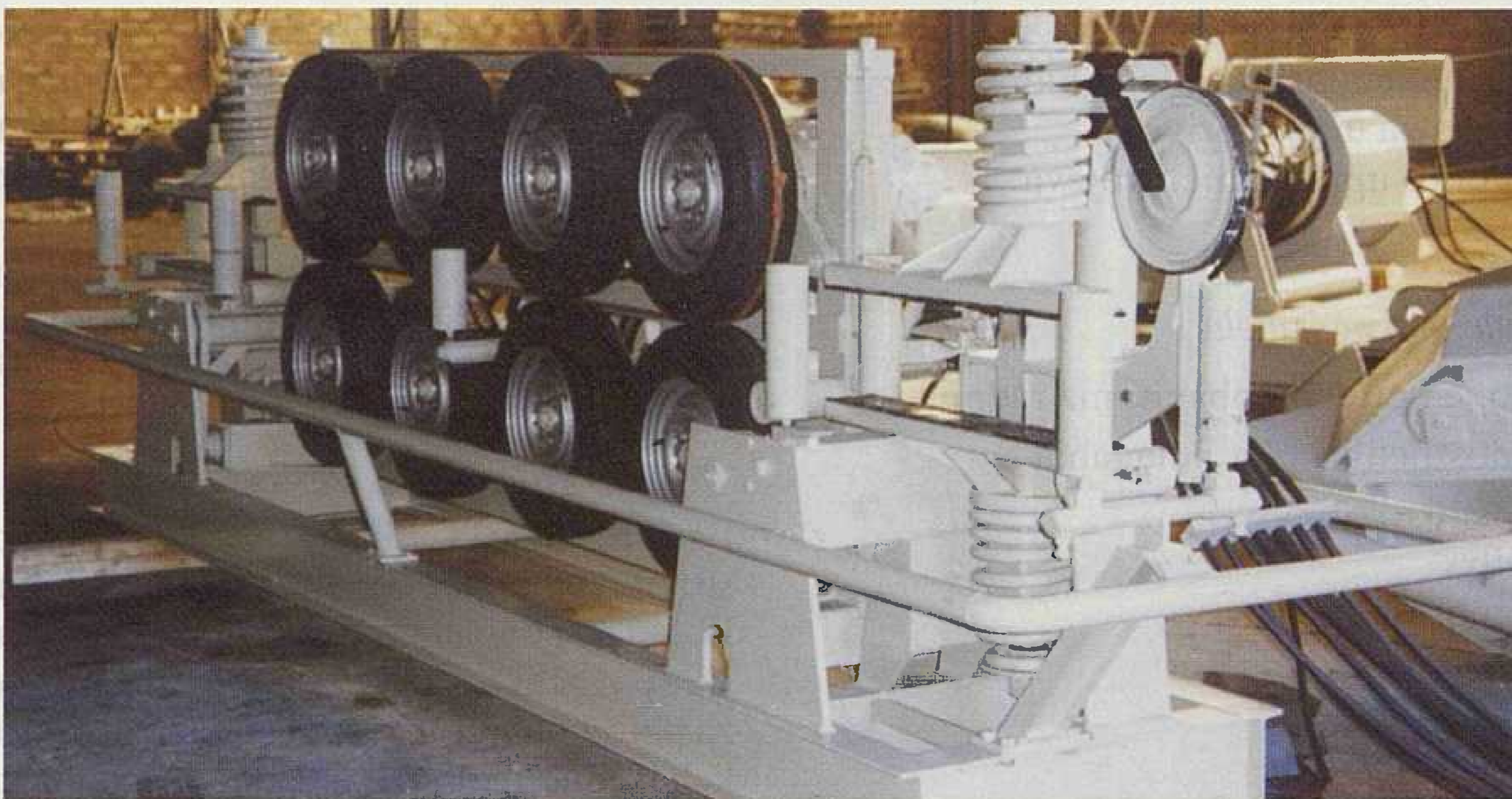
- Marconi Marine "Oceanray" satellite communication terminal



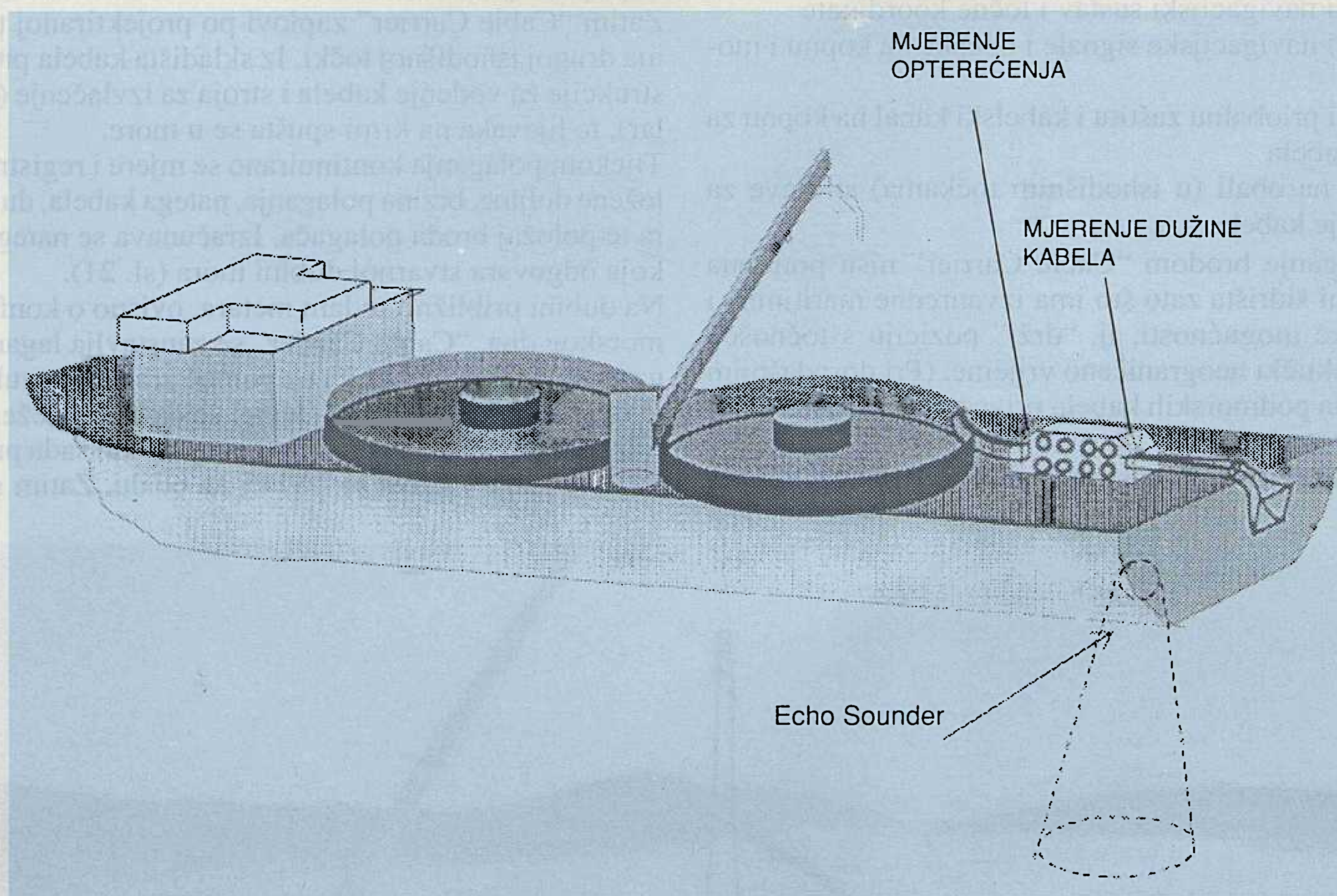
Slika 18. Utovar podmorskog kabela u tvornici ABB-a



Slika 19. Utovar kabela – detalj



Slika 20. Stroj za izvlačenje kabela tzv. caterpillar



Slika 21. Brod polagač "Cable Carrier"

- Telex
- Marconi Marine "Navtext 2" receiver
- Marconi Marine "Warden 4" receiver
- Skanti TRP6250S radiotelephone transceiver
- Kelvin Hughes "Houson 55" VHF radiotelephone
- Skanti TRP 2500 VHF radiotelephone
- Samsung SF1000 Fax. mach. alsko
- fitted for UK mobiletelephone
- Jotron Tron 30S EPRB
- 2 x ICOM IC-M12 VHF Transportables
- 1 x ICOM IC-M5 VHF Transportables

Brod je opremljen i ostalim uređajima i opremom, tako da je samostalan za dugotrajan rad na moru.

Ovaj brod je rekonstruiran, tj. na njegovu palubu su dograđena dva velika spremišta za kabel, u koje je stalo oko

100 km kabela ili 1 900 tona (sl. 17).

Na palubu je također montirana i oprema za polaganje podmorskog kabela proizvodnje nizozemske tvrtke "Vander Stoel".

HEP je nabavio od iste tvrtke i opremu za polaganje i popravak podmorskih kabela "Morkab".

Oprema za polaganje

– stroj za polaganje kabela, tzv. caterpillar (sl. 20), sljedećih osnovnih obilježja:

maksimalna sila potezanja	50 kN
minimalna sila potezanja približno	0 kN
brzina	0–15 m/min
hidraulički pogon	
mjerjenje duljine kabela i sile potezanja	
– dizel-motor snage 180 kW	

- 10-tonska vitla za manipulaciju kabelom
- kontejner za smještaj pogonskog dijela (hidraulike, akumulatora, spremnika za ulje i gorivo)
- kontejner za daljinsko upravljanje strojeva
- dizalice.

6.2.2. Polaganje podmorskog kabela

Prije polaganja bilo je potrebno obaviti niz radnji:

- odrediti točan redoslijed i smjer polaganja
 1. o. Ilovik–o. Lošinj
 2. o. Ilovik–o. Silba
 3. o. Ugljan–Dugi otok
 4. o. Obonjan–o. Žirje
 5. Čiovo–o. Šolta
 6. Pelješac–o. Mljet
 7. o. Lastovo–o. Korčula
 8. o. Hvar–o. Vis
 9. o. Šolta–o. Brač
- pripremiti navigacijski sustav i točne koordinate
- pripremiti navigacijske signale i oznake na kopnu i moru
- pripremiti priobalnu zaštitu i kabelski kanal na kopnu za prihvat kabela
- postaviti na obali (u ishodišnim točkama) strojeve za povlačenje kabela.

Za to polaganje brodom “Cable Carrier” nisu potrebna privezišta ni sidrišta zato što ima izvanredne maritimne i navigacijske mogućnosti, tj. “drži” poziciju s točnošću $\pm 1,0$ m praktički neograničeno vrijeme. (Pri dosadašnjim polaganjima podmorskih kabela privezišta i sidrišta su bila prijeko potrebna.)

To je omogućilo da se svaka dionica trase polagala

svakodnevno (devet trasa dionica u devet dana).

Brod polagač noću bi plovio s dionice na dionicu.

Da bi to mogli pratiti, djelatnici HEP-a DP “Elektrodalmacija” – Split koji su izvlačili kabel na obalu bili su smješteni na trajektu “Nautika 64” u posebno uređenim kontejnerima. Na tom brodu bila je i cijela oprema, strojevi za izvlačenje, dizalice, radionica i drugo (sl. 21). “Nautika 64” bi se preko noći premještala s položene trase-dionice na sljedeću dionicu.

Tijek polaganja

Brod polagač “Cable Carrier” približio bi se obali, tj. onoj strani odakle počinje polaganje do dubine oko 10 m.

Kabel se povlači na obalu plutajući na zračnim jastucima. Tu se zračni jastuci uklanjaju, a kabel se izvlači na obalu za potrebnu duljinu. Preostali zračni jastuci se uklanjaju, a kabel tone na dno i u žlijeb priobalne zaštite, a sve pod nadzorom lakih ranilaca.

Uz pomoć djelatnika HEP-a na obali kabel se polaže u za to pripremljen kabelski kanal.

Zatim “Cable Carrier” zaplovi po projektiranoj trasi prema drugoj ishodišnoj točki. Iz skladišta kabela preko konstrukcije za vođenje kabela i stroja za izvlačenje (caterpillar), te lijevaka na krmi spušta se u more.

Tijekom polaganja kontinuirano se mjere i registriraju položene duljine, brzina polaganja, natega kabela, dubina mora te položaj broda polagača. Izračunava se natega kabela koja odgovara stvarnoj dubini mora (sl. 21).

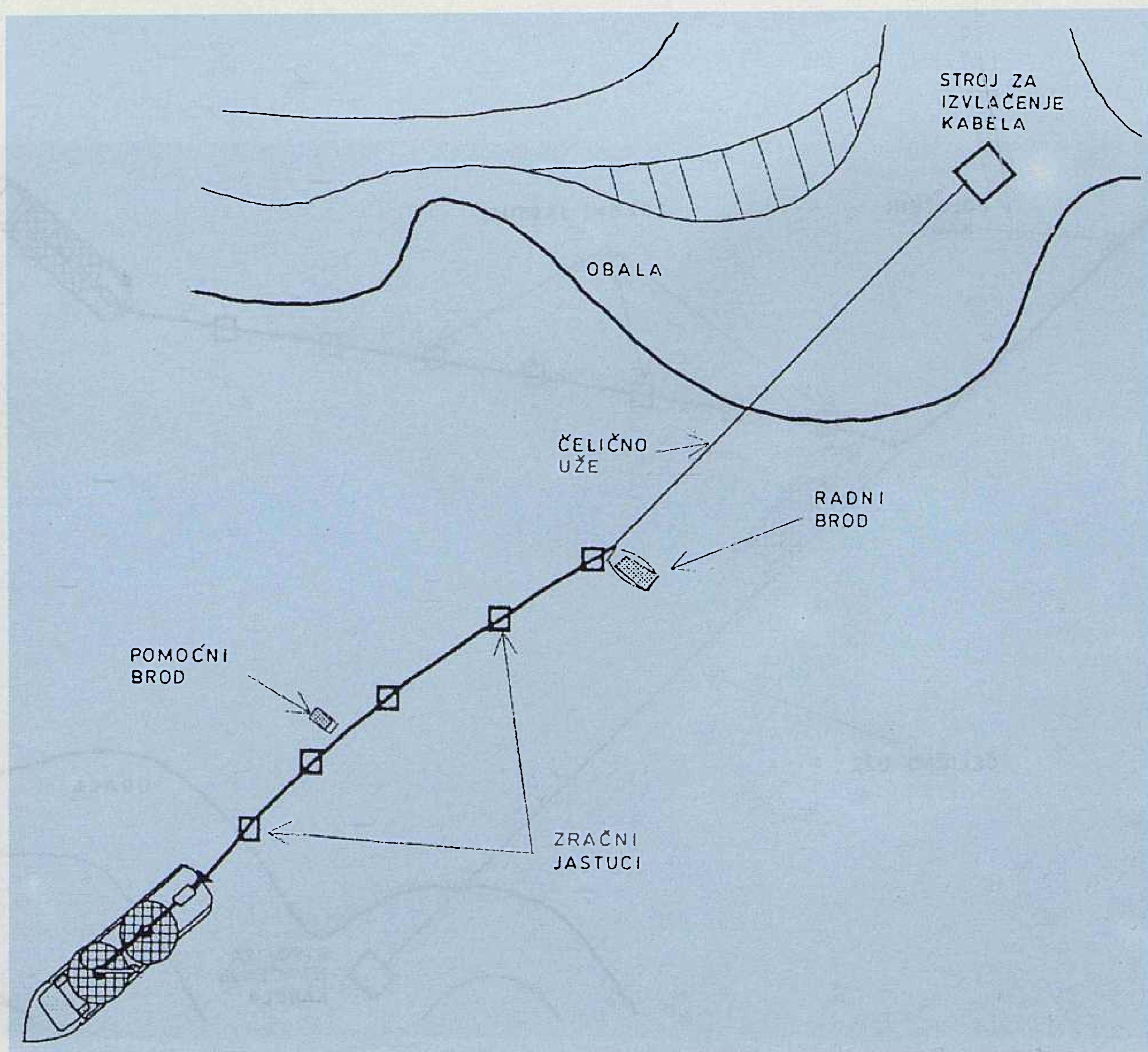
Na dubini približno sedam metara, ovisno o konfiguraciji morskog dna, “Cable Carrier” se zaustavlja lagano, plovi uz obalu, dok kabel pluta uz pomoć zračnih jastuka. Kada je određena točna duljina, kabel se na brodu reže, a radni brod tegli kabel na obalu. Strojevi na obali sada preuzimaju povlačenje i kabel se izvlači na obalu. Zatim se zračni



Slika 22. Brod “Cable Carrier” plovi prema prvoj dionici



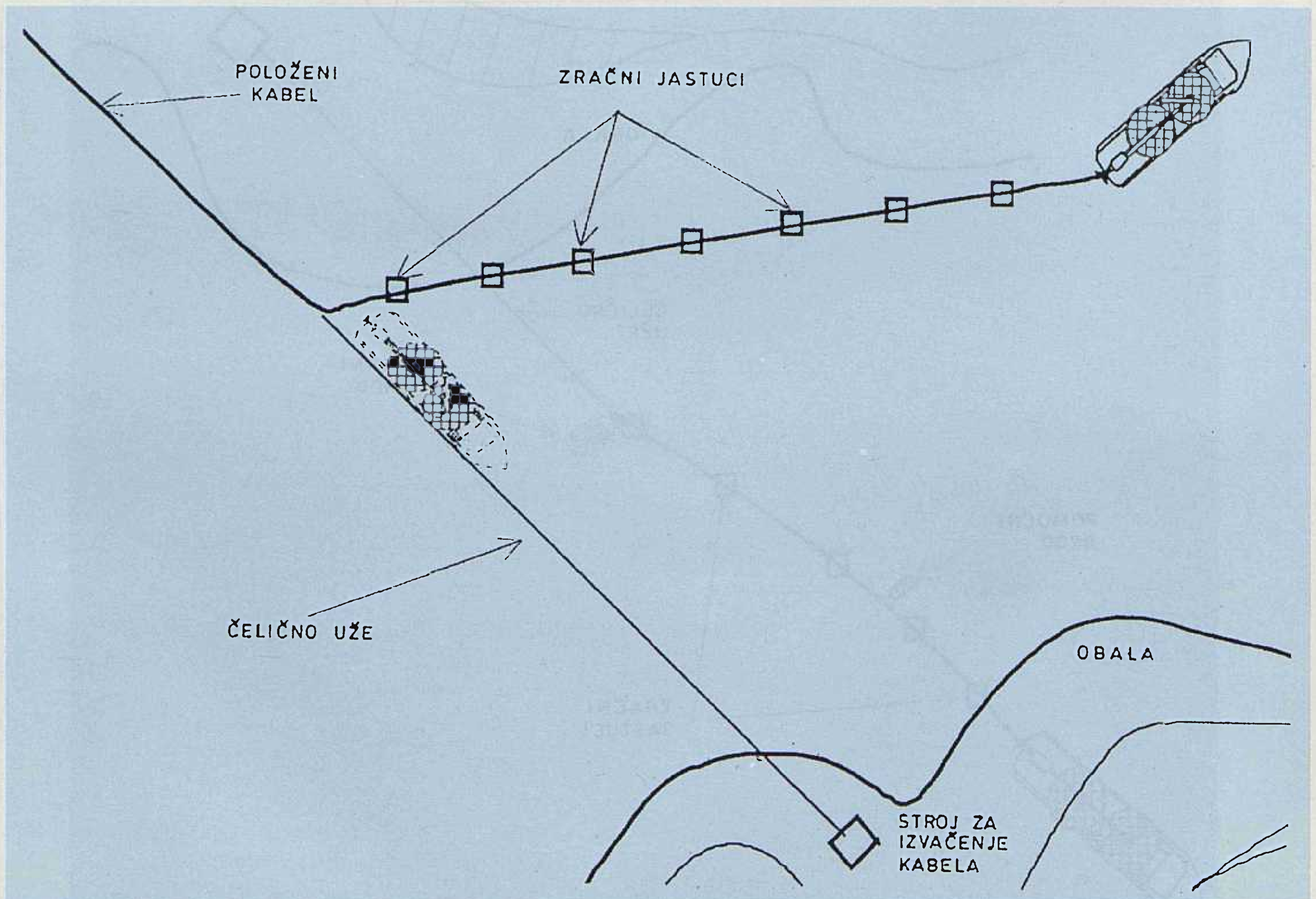
Slika 23. "Cable Carrier" u tijeku polaganja



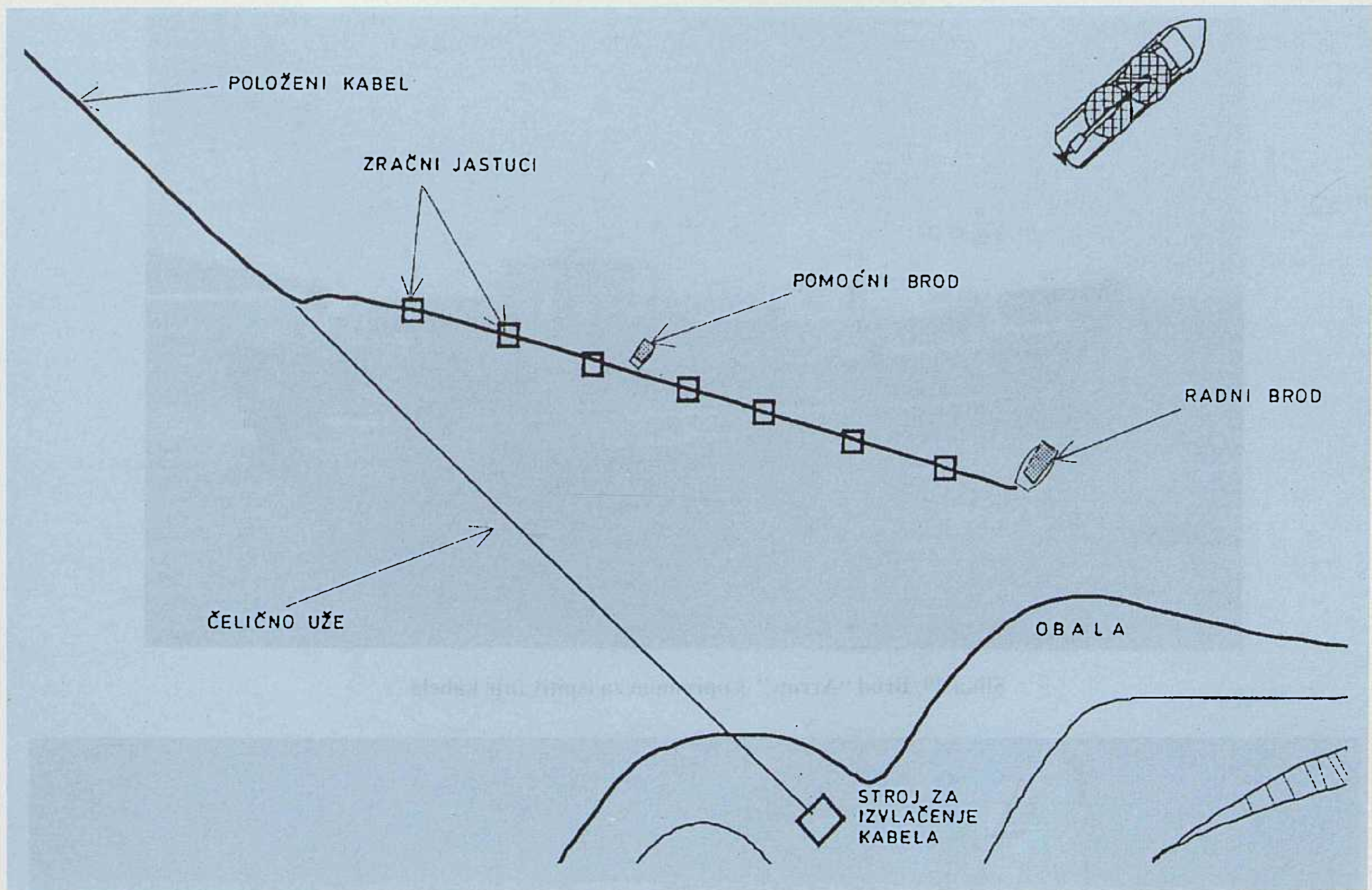
Slika 24. Početak polaganja



Slika 25. Kabel plovi prema obali



Slika 26. Završetak polaganja



Slika 27. "Cable Carrier" – završio s polaganjem



Slika 28. Trajekt "Nautika 64" – pretovar stroja za izvlačenje kabela

jastuci uklanjaju, a ronionci kontroliraju je li kabel ispravno položen u kanal priobalne zaštite (sl. 26. i 27). Izvlačenje kabela na obalu i polaganje u kabelski kanal izveli su djelatnici HEP-a DP "Elektrodalmacija" Split uz nadzor stručnjaka ABB-a. Brzina polaganja pri polaganju prve trase, dionice o. Ilovik–o. Lošinj, bila je vrlo malena. Međutim, to je bilo samo na toj dionici, a kad se komple-

tan sustav uhodao, brzina polaganja se povećala, tako da je dionica o. Hvar–o. Vis, duljine oko 21 km, položena za osam sati.

Odmah nakon polaganja svake podmorske trase-dionice provedeno je visokonaponsko ispitivanje. Ispitivali su djelatnici HEP-a DP "Elektrodalmacije" – Split.

Visokonaponsko ispitivanje izvedeno je prema IEC 502 istosmjernim naponom 80 kV u trajanju 15 minuta.



Slika 29. Brod "Arrow" s opremom za ispitivanje kabela



Slika 30. Barža "Lumbarda" – Sjeverna luka, Split

Da bi mogli pratiti brod polagač i svaki dan ispitati po jednu dionicu, djelatnici HEP-a s opremom bili su smješteni na posebnom trajektu "Arrow" (sl. 29).

Nakon polaganja zadnje trase, dionice o. Šolta–o. Brač, ostalo je na brodu polagaču "Cable Carrier" oko 1 900 m podmorskog kabela, koji je premotan na baržu "Lumbarda" u Sjevernoj luci u Splitu (sl. 30).

Barža "Lumbarda" opskrbljena je opremom za polaganje kabela "Morkab" istih značajka i proizvođaču kao i oprema na brodu polagaču "Cable Carrier".

Sila natezanja kabela za vrijeme polaganja

Pri polaganju podmorski kabel visi s lančanice na priobalnu zaštitu sa silom zatezanja

$$H = 2 \text{ do } 6 \text{ kN.}$$

Sila zatezanja računa se po relaciji

$$T = h \times W + H$$

gdje je:

h – dubina mora

W – jedinična težina kabela u moru.

Sila zatezanja ovisi o dubini mora i ona je u našem slučaju iznosila od 2 do 20 kN.

6.2.3. Metoda precizne navigacije upotrijebljena na brodu polagaču

Brod polagač "Cable Carrier" navođen je na projektirane trase uporabom satelitske DGPS-metode (sl. 31). Ta me-

toda dinamičkog pozicioniranja brodova na moru istisnula je sve dosadašnje metode pozicioniranja zbog svoje jednostavnosti i pouzdanosti.

GPS mjerenja položaja neke točke na Zemljinoj površini sastoji se u tome da se na tu točku postavi GPS-uređaj, te se pomoću njega istodobno mjere udaljenosti do GPS-satelita koji kruže u Zemljinoj orbiti. Da bi se matematički mogao odrediti položaj neke točke na površini Zemlje, potrebno je istodobno izmjeriti 4 udaljenosti do 4 različita GPS-satelita. Kako u Zemljinoj orbiti kruže stalno 24 GPS-satelita na visini oko 20 200 km, uvijek i na bilo kojem njenom dijelu mogu se mjeriti udaljenosti do više od 4 GPS-satelita, pa možemo odrediti i položaj mjerene točke (bilo gdje i u bilo koje doba).

Rezultati ovih mjerenja zadovoljili bi na nepomičnom stajalištu, što nije slučaj za brod polagač u pokretu. Da bi se postigla zadovoljavajuća točnost pri kretanju broda, upotrijebljena je diferencijalna GPS-metoda mjerenja.

U ovoj se metodi koriste dva GPS-uređaja koji simultano mjere udaljenosti do satelita, iznad horizonta. Jedan uređaj postavlja se na točku čije su koordinate poznate, a drugi na brod u pokretu. Oba uređaja međusobno su povezana radiovezom. Složeni kompjutorski programi stalno ispravljaju duljinu i smjer prema GPS-anteni na brodu, te vrše kontinuiranu korekciju položaja točke u pokretu. Teorijska položajna točnost ove metode iznosi do jedan metar ovisno o upotrijebljenoj opremi.

Budući da se projekt "Jadranski otoci 35 kV" proteže po

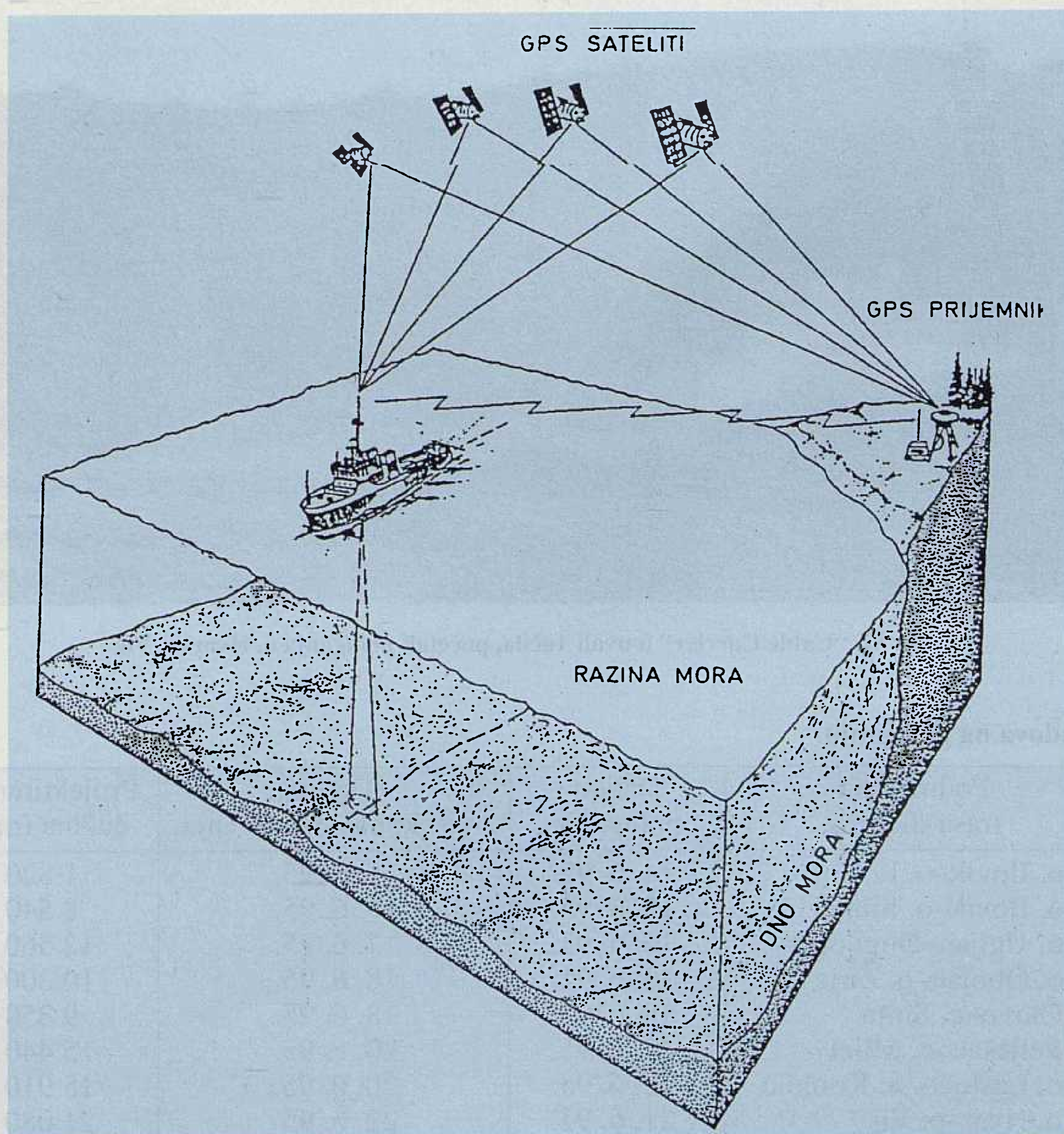
cijeloj našoj obali od otoka Lošinja do otoka Mljeta (sl. 1), geodetski stručnjaci tvrtke HAM-Vander Stoel odlučili su se koristiti fiksnim GPS-uređajem koji je u Rimu (Italija), a kodiranu radiovezu s tim uređajem dobiti putem telekomunikacijskog satelita IMARSAT ("Atlantic Ocean" – srednji azimut 220° – elevacija 31°). Na taj način je ostvarena korekcija kuta i duljine do satelitske antene na brodu na području cijelog projekta, uvijek s jedne poznate točke (Rim).

Pri ovakvom načinu mjerenja satelitska antena na brodu mora biti stalno usmjerena prema telekomunikacijskom satelitu, što se postiglo uporabom pokretne satelitske antene, koja je uz pomoć koračnog motora bila povezana s brodskim žirokompasom, te se prilikom polaganja podmorskog kabela uvijek korektno postavljala prema satelitu "Atlantic Ocean".

Ovim načinom pozicioniranja broda pri polaganju postigla se položajna točnost ± 3 m.

Navedenom metodom dobilo se niz koordinata položaja GPS-antene na brodu za vrijeme polaganja. Da bi se dobile koordinate položenoga kabela na morskom dnu, tvrtka HAM-Vander Stoel preračunala je položaj koordinata na brodu dodavajući konstante (dimenzije broda), te vrijednosti iz proračuna lančanice koju zauzima kabel pri polaganju (poznato: sila zatezanja kabela pri polaganju, težina kabela, dubina morskoga dna).

Koordinate položaja broda dobivene GPS-metodom, φ i λ , ili koordinatama y , x i z definiraju položaj točke na



Slika 31. Navođenje broda polagača satelitskom metodom DGPS

površini Zemlje u tzv. WGS 84 (Worlds Geodetic System 84). Ovaj je sustav najbliži stvarnom obliku Zemlje.

On se razlikuje svojim osnovnim parametrima od prije dogovorenih oblika Zemlje (npr. Besselov elipsoid 1841. ili Hayfordov elipsoid 1909). Kako su planovi i karte naše zemlje, kao i većine europskih zemalja, nastale matematičkim preslikavanjem sa Besselova elipsoida, sve dobivene GPS-koordinate moramo preračunavati u lokalne projekcije, koje se odnose na pojedine zemlje.

U našem slučaju preračunate su WGS 84 koordinate u Besselov elipsoid 1841, a zatim u Gauss-Krugerovu projekciju, koja je u službenoj uporabi u Hrvatskoj. Da bi se ta transformacija mogla precizno izvesti, potrebno je na područjima transformacije obaviti dodatna geodetska mjerenja GPS-metodom, a ta mjerenja se obavljaju na državnoj razini. Kako mi u vrijeme polaganja kabela nismo raspolagali podacima takvih mjerenja, morali smo u suradnji s geodetskim stručnjacima tvrtke HAM-Vander Stoel obaviti ista.

Mjerenja su provedena na području Bibinja, Šibenika, Splita i Dugog Rata. Iz istih mjerenja izračunato je sedam potrebnih parametara za transformaciju WGS 84 u Besselov elipsoid 1841.

Izračunati parametri bili su sljedeći:

$$Tx = -487,51 \text{ m (translacija u x smjeru)}$$

$$Ty = -141,85 \text{ m (translacija u y smjeru)}$$

$$Tz = -393,50 \text{ m (translacija u z smjeru)}$$

$$Rx = -1,024 \text{ (rotacija u sec. u x smjeru)}$$

$$Ry = -0,160 \text{ (rotacija u sec. u y smjeru)}$$

$$Rz = +16,344 \text{ (rotacija u sec. u z smjeru)}$$

$$S = -11 \text{ (PPM).}$$

6.2.4. Točnost polaganja

Da bi se osiguravala točnost za vrijeme polaganja prve trase podmorskoga kabela o. Ilovik-o. Lošinj, provjerene su koordinate pozicije krme "Cable Carrier"-a (mjesto gdje kabel napušta brod) uporabom totalne stanice postavljene na geodetsku točku na kopnu. Preračunati geodetski podaci odgovarali su podacima dobivenim GPS-metodom.

Kada se brod polagač "Cable Carrier" približavao obali, nastale su smetnje u komunikacijama između antene na brodu i satelita "Atlantic Ocean". Pri gubitku radioveza uvijek je bila spremna geodetska oprema (totalna stanica) koja bi se postavljala na poznatu geodetsku točku na terenu. Na taj bi se način klasičnom metodom određivale koordinate krme broda.

Neposredno nakon polaganja svake trase dionice pregledana je snimka položenoga kabela na dnu mora. Tako je, na primjer, uočena i odmah uklonjena veća petlja kabela u uvali Svitnja (o. Vis).

Iz pregledne tablice radova vidi se da je postignuta visoka točnost polaganja. Naručeno je kod ABB-a 100 000 m kabela, a isporučeno je 100 385 m, dok je položeno 99 808 m. (Projektom je bilo predviđeno 99 210 m.)

Nakon svih polaganja ostalo je oko 580 m, što je u pričuvi.



Slika 32. "Cable Carrier" u uvali Točila, početak polaganja o. Hvar-o. Vis

Pregledna tablica radova na polaganju

Redoslijed polaganja	Podmorska trasa-dionica	Datum polaganja	Datum visokonap. ispitivanja	Projektirana dužina (m)	Položeno kabela (m)
1.	o. Ilovik-o. Lošinj	14. 6. 95.	15. 6. 95.	1 820	1 838
2.	o. Ilovik-o. Silba	15. 6. 95.	16. 6. 95.	8 540	8 542
3.	o. Ugljan-Dugi otok	16. 6. 95.	17. 6. 95.	12 560	12 531
4.	o. Obojan-o. Žirje	17. 6. 95.	18. 6. 95.	10 300	10 248
5.	Čiovo-o. Šolta	18. 6. 95.	18. 6. 95.	9 350	9 368
6.	Pelješac-o. Mljet	19. 6. 95.	20. 6. 95.	15 440	15 522
7.	o. Lastovo-o. Korčula	20. 6. 95.	20. 6. 95.	15 910	15 855
8.	o. Hvar-o. Vis	21. 6. 95.	22. 6. 95.	21 080	21 180
9.	o. Šolta-o. Brač	23. 6. 95.	23. 6. 95.	3 420	3 416



Slika 33. Barža "Lumbarda" polaže podmorski kabel o. Lošinj–o. Koludarcac

Na podmorskoj trasi o. Hvar–o. Vis uočava se odstupanje od projektirane duljine prema položenoj za 100 m. Razlog tome je što se na kopno na o. Visu izvuklo 60 m više kabela nego što se projektom predvidjelo.

6.3. Polaganje kraćih podmorskih trasa

6.3.1. Općenito

Podmorske kableske trase, dionice o. Lošinj (rt Torunza)–o. Koludarcac (rt Križa) duljine oko 650 m, o. Lošinj (rt Čikata)–o. Koludarcac duljine 250 m i kopno–o. Prvić duljine 1 450 m položili su djelatnici HEP-a DP "Elektrodal-macija" – Split samostalno.

6.3.2. Podmorska trasa o. Lošinj–o. Koludarcac

Za polaganje dionice o. Lošinj (rt Torunza)–o. Koludarcac (rt Križa) korištena je barža "Lumbarda". Na barži je postavljeno skladište za kabel i montirana oprema za polaganje i popravak kabela "Morkab". Barža je bez vlastitog pogona, a plovila je pomoću dvaju remorkera (sl. 33).

Položena su dva trožilna podmorska kabela, proizvodnje ABB duljine 650 m i 640 m na međusobnoj udaljenosti od 15 m. Kabeli su postavljeni u zajedničku priobalnu zaštitu. Polaganje je obavljeno 8. srpnja 1995., a visokonaponsko ispitivanje 9. srpnja 1995.

Nakon ovog polaganja preostalo je oko 580 m podmorskoga kabela kao nužna pričuva.

Barža je navođena na projektiranu trasu klasičnim geodetskim metodama. Na pravcu trase polaganja izvršena je geodetska priprema, obilježavanje točaka ulaza kabela u more i smjera pravca polaganja. Postavljena su dva geodetska instrumenta (distomata): jedan na rtu Torunza, a drugi na rtu Križa.

Komunikacija barža–instrumenti na kopnu obavljena je radiovezom.

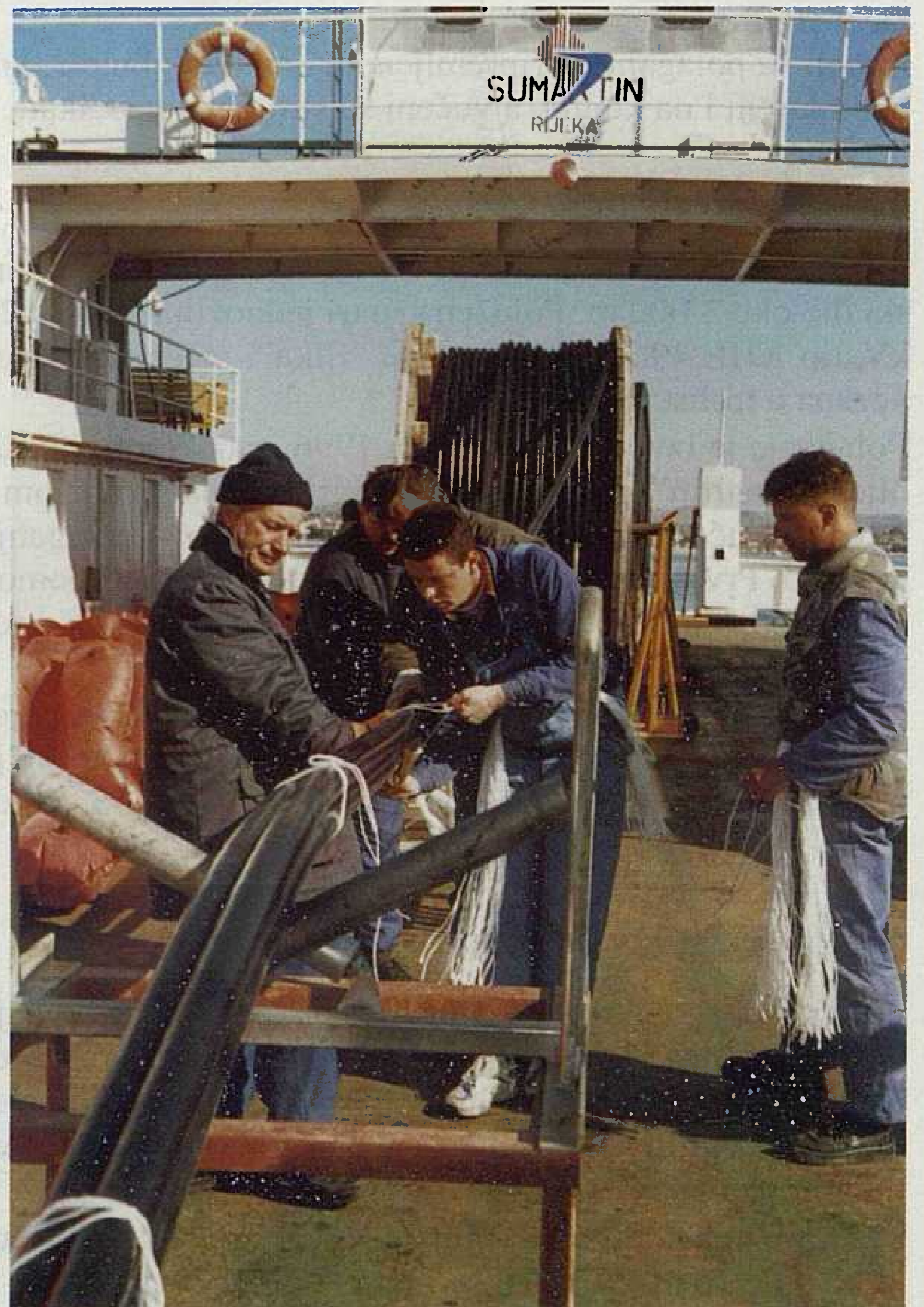
Pravac polaganja je bio od rta Torunze prema otoku Kolu-darcu.

Barža je držana na pravcu uz pomoć dvaju sidara. Sidrena čelična užad bila su dostatna da se barža na osnovi zapovijedi s kopna cijelom dužinom trase postavlja na pravac, a dva remorkera su joj "boksanjem" održavali krmu na pravcu.

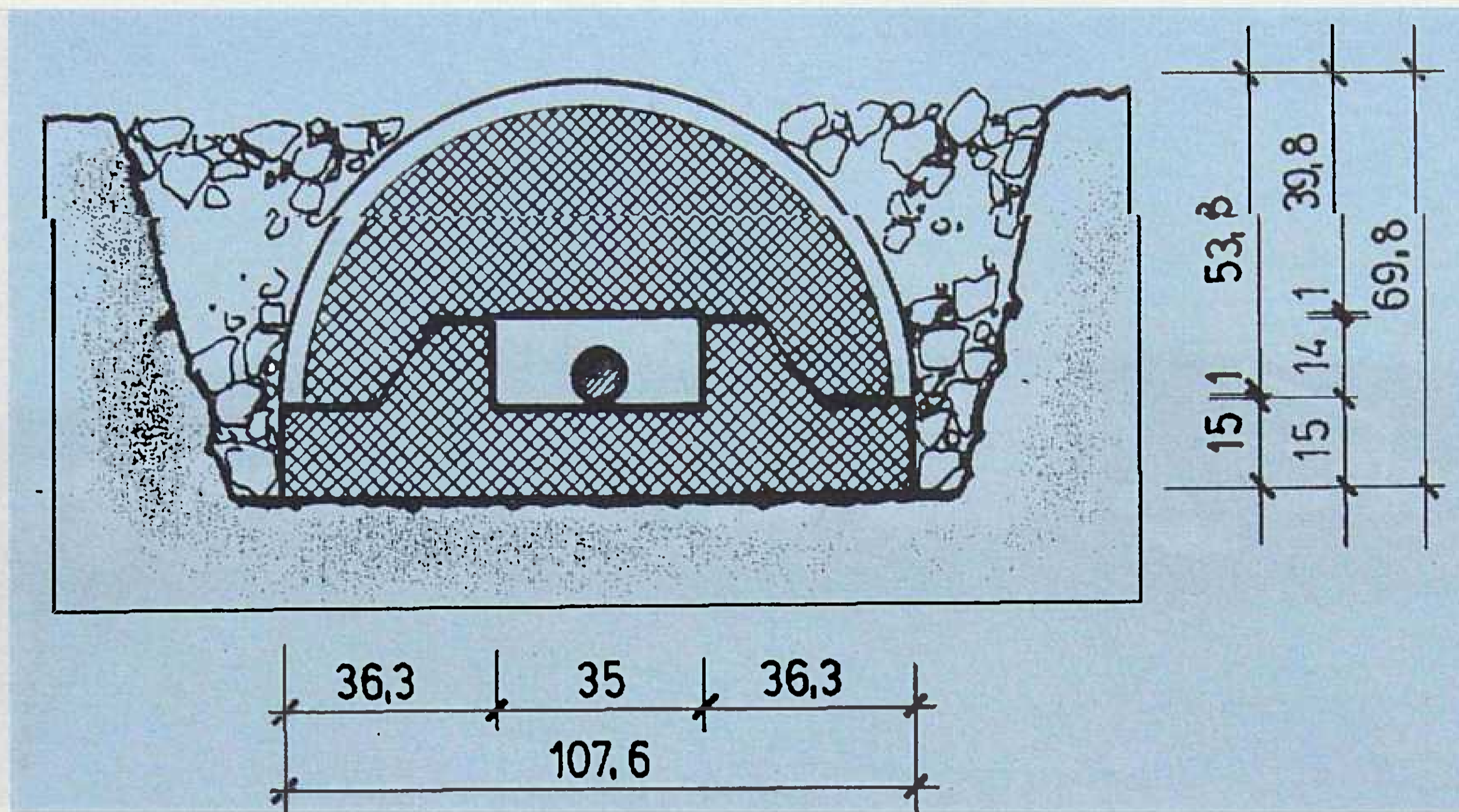
Taj način polaganja pokazao se dobrim, jer je kabel polagan sa točnošću ± 2 metra.

Uz podatke o pravcu, s kopna su dobiveni i podaci o duljini položenoga kabela.

Geodetski se položaj kabela na morskom dnu određivao izravnim mjerenjem plutača (plivajući signal) s poznatih geodetskih točaka na kopnu. Plutače su postavili ronici prateći kabel po morskom dnu i sidreći ih na njega. Položaj plutača (u Gauss-Krugerovom sustavu) određen je uporabom elektrooptičkoga daljinomjera (distomata), a



Slika 34. Polaganje podmorskog kabela kopno – o. Prvić



Slika 35. Priobalna zaštita

dubine do kabela na morskom dnu mjerene su čeličnom vrpcom.

Tim se načinom dobio niz koordinata položenoga kabela po morskom dnu.

6.3.3. Podmorska trasa o. Lošinj (rt Čikata)–o. Koludarc

Na ovoj podmorskoj kabelskoj trasi od samo 250 m kabeli su položeni 18. srpnja 1995. godine bez plovnih objekata, klasičnim načinom. Položene su dvije trase, svaka po tri jednožilna kabela 35 kV, tip XHE 49/36, proizvodnje "Elka" i HPT-cijevi.

Kabeli su polagani u pripremljenom kanalu dubine 1,0 m pod morem i na kopnu, a vučeni su strojem s rta Čikata.

6.3.4. Podmorska trasa kopno–o. Prvić

Kabelska trasa je duga oko 1 450 m, a od toga je podmorski dio oko 1 000 m. Položena su tri jednožilna kabela 20 kV, tip XHE 49/36, proizvodnje "Elka", međusobno povezana u trolist.

Polaganje je izvedeno 6. ožujka 1996. trajektom Jadrolinije "Sumartin", na kojem su bila tri bubnja s kabelom i odgovarajućom opremom za polaganje. Pravac polaganja je bio o. Prvić–kopno. Brod je plovio po trasi uz pomoć čeličnog užeta i "boksanjem" triju manjih "radnih" brodova.

Navođenje broda na projektiranu trasu i geodetsko određivanje položaja kabela izvedeno je na isti način kao što je opisano za polaganje podmorske trase o. Lošinj–o. Koludarc.

6.4. Priobalna zaštita kabela

Podmorski kabel uz samu obalu zaštićen je od djelovanja morskih valova i raznih mehaničkih oštećenja (sidrenje brodova) polaganjem u žlijeb donjih armirano-betonskih elemenata tzv. priobalne zaštite iznad kojih se postavljaju gornji armiranobetonski elementi.

Ta armiranobetonska konstrukcija izvodi se do dubine mora od 6 do 10 m, ovisno o jačini morskih valova.

Duljina svakoga armiranobetonskog elementa je 5,0 m, dok je težina donjega 25,31 kN, a gornjega 45,70 kN (sl. 35).

7. POLAGANJE KOPNENIH KABELSKIH TRASA

Kabel za kopnene kabelske trase je jednožilan tip XHE 49-A, presjeka 1x185 mm² Al s bakrenim ekranom, presjeka 25 mm², proizvodnje "Elka" – Zagreb.

Od Zagreba do mjesta polaganja kabel je prevožen na drvenim bubnjevima cestom.

Kabel je položen u pripremljeni kabelski kanal "žila" po "žila" po duljinama koje su diktirale duljine na bubnjevima.

Na pripremljeni donji dio "posteljice" od finog tucanika (granulacija "0") gusto su postavljeni koloturnici kako bi se smanjila sila povlačenja. Kabel je povlačen prema potrebi pomoću jednog stroja ili više. Nakon polaganja sve tri "žile" kabela povezane su u trolist.

Izvedba i dimenzije kabelskih kanala, način prolaza ispod prometnica, križanja s ostalim podzemnim instalacijama itd. izvedeno je prema uputama navedenima u Biltenu – Tehnički uvjeti za izbor i polaganje elektroenergetskih kabela 1 kV do 35 kV, HEP – Direkcija za distribuciju od 25. ožujka 1993. godine.

Sve kabelske spojnice su proizvodnje "Raychem", kabelski završeci za kabel proizvodnje "Elka" također su proizvodnje "Raychem", a za kabel proizvodnje ABB, kabelski završeci su proizvodnje ABB – "Kabeldon".

Visokonaponsko ispitivanje plašta kabela izvedeno je na svakoj dionici prije izrade spojnica istosmjernim 6 kV naponom u trajanju 5 minuta.

Nakon izrade svih spojnica i kabelskih završetaka, tj. prije puštanja u pogon svake kombinirano podmorsko-kopnene kabelske veze, obavljeno je visokonaponsko ispitivanje cijele kabelske trase prema IEC 502 istosmjernim 80 kV naponom u trajanju 15 minuta.

Sve montažne radove (polaganje kabela, izrada spojnica i kabelskih završetaka) i ispitivanje kabela izveli su djelatnici HEP-a.

8. UZEMLJENJE I PRENAPONSKA ZAŠTITA

Uzemljenje kombinirano podmorsko-kopnenih kabelskih trasa od početne do krajnje transformatorske stanice izvedeno je postavljanjem Cu-užeta iznad kabela u istom kanalu uzduž svih kabelskih dionica.



Slika 36. Polaganje kopnenog kabela na o. Lošinju

Na uzemljivačko Cu-uže spojeni su:

- uzemljenja transformatorskih stanica
- Cu-ekrani svih triju žila kabela s obje strane spojnica
- Cu-ekrani kopnenog kabela, olovni plaštev i čelična armatura na spojnica kopneni jednožilni kabel, podmorski kabel.

Time se postiglo zajedničko uzemljenje uzduž cijele kabelaške trase, koje omogućuje:

- Zaštitu kabela pri direktnom udaru groma.
Valja očekivati da će zbog visokoga specifičnog otpora okolnog tla koje je kamenito i poradi kopnene trase koja negdje prolazi i preko viših nadmorskih visina doći katkada do atmosferskih pražnjenja na kabel 35 kV. Da bismo donekle zaštitili kabel od neželjenih posljedica nastalih prenapona, Cu-uže iznad kabela prihvatit će kao gromobrnska hvataljka atmosfersko pražnjenje na sebe i sprovest će atmosferski naboj na okolno tlo. Atmosferski naboj će se od mjesta udara groma po Cu-užetu rasprostirati duž kabelaškog kanala u međusobno suprotnim smjerovima. Cu-užetu dali smo prednost pred FeZn-trakom zbog boljih karakteristika pri odvođenju (širenju) valova struje groma koji će izazvati valove visokih prenapona. Naime, val struje groma (pogotovo čelo vala) sadrži harmonike od nekoliko stotina kHz, što bi u FeZn-traci izazvalo izrazitu pojavu potiskivanja struje na površinu trake, a to bi bitno smanjilo njezin presjek, odnosno povećalo njezin djelatni otpor nekoliko stotina puta u odnosu prema otporu koji ta traka ima pri istosmjernoj struji. Cu-uže zbog veće električne vodljivosti bakra u odnosu prema željezu, imat će manji djelatni otpor pri istosmjernoj struji za oko 10 puta, a pri strujama visoke frekven-

cije neće u užetu doći do izrazitog efekta potiskivanja, kao što bi ga imali pri punom profilu. Sve to rezultira nižom impedancijom Cu-užeta prema FeZn-traci. Ovdje je riječ o odvođenju valova struje groma i prenapona, koji će primjenom Cu-užeta manje ugroziti izolaciju kabela.

- Zaštitu kabela kod indirektnog udara groma.
Pri indirektnom udaru groma proteći će po metalnim dijelovima kabela (vodiči i ekran) i po Cu-užetu valovi struja i prenapona u međusobno suprotnim smjerovima. Poželjno je da se ti valovi šire jednakom brzinom, kako bi među raznim metalnim dijelovima došlo do što manje razlike potencijala, odnosno da ne bi došlo do proboja izolacije među njima. U tom smislu bilo bi najbolje da metalni dijelovi budu od istog materijala (naš slučaj Al i Cu). To je daljnji razlog koji nas upućuje na uporabu Cu-užeta umjesto FeZn-trake.
Različiti potencijali između Cu-užeta i ekrana kabela izjednačit će se kod kabelaških spojnica jer su međusobno spojeni, što će štititi plašt kabela od električnog proboja.
- Zaštitu kabela pri jednopolnom kratkom spoju.
Struje kratkog spoja kroz metalne dijelove kabela relativno su male zbog toga što je incidentna mreža 35 kV uzemljena preko maloga omskog otpora koji struju kroz fazni vodič ograničava za najviše 300 A. Kroz pasivne metalne dijelove kabela (Cu-ekran i Cu-uže u kabelaškom kanalu) teći će samo dio ove struje određen redukcijskim faktorom kabela.

Na kraju treba naglasiti i to da je Cu-uže u odnosu prema FeZn-traci manje podložno koroziji.

9. TRANSFORMATORSKE STANICE

9.1. Općenito

U programu "Jadranski otoci 35 kV" potrebno je izgraditi ili rekonstruirati niz transformatorskih stanica kako bi se kombinirano podmorsko-kopnene kabelaške trase mogle što prije pustiti u pogon.

U tu svrhu će se u prvoj etapi izgraditi: na o. Lošinju TS 35/10(20) kV "Lošinj 2", na o. Silbi TS 35/10(20) kV "Silba", na o. Ugljanu TS 35/10(20) kV "Kukljica", na o. Šolti TS 35/10(20) kV "Grohote" i na o. Visu TS 35/10(20) kV "Vis", te rekonstruirati TS 35/10 kV "Korčula" (uklanjanje postojećih ćelija srednjeg napona, montaža novih sklopnih blokova 35 i 10 kV, te nova sekundarna oprema). Suočeni u HEP-u – Direkciji za distribuciju s potrebom brze i efikasne izgradnje, a koristeći se iskustvima iz tip-ske TS 110/X kV, odlučeno je da se sve transformatorske stanice maksimalno tipiziraju, konceptijski i u elektroopremi praktički sve, a građevinski koliko je to najviše moguće.

Na otocima Obonjanu, Žirju, Lastovu i Mljetu manje su 10 kV mreže, pa s tim u vezi i manje energetske potrebe. Zato nije potrebno u prvoj etapi graditi skuplje TS 35/10(20) kV, već su se izgradile jeftinije TS 10(20)/0,4 kV, što je omogućilo da se položene podmorske trase već koriste naponom 10 kV.

U tu svrhu su u prvoj etapi izgrađene na o. Žirju TS 10(20)/0,4 kV "Koromačna Nova", na o. Prviću TS 10(20)/0,4 kV "Prvić Šepurine" i na o. Lastovu TS 10(20)/0,4 kV "Predhodište".

Nakon detaljne tehničko-gospodarske analize HEP je odlučio da se isporuka sveukupne elektroopreme povjeri domaćem proizvođaču – "Končaru".

Dakako, sa zahtjevom primjene suvremenih tehničko-tehnoloških rješenja i respektirajući sve mane i prednosti iz tip-ske TS 110/X kV.

9.2. Transformatorske stanice 35/10(20) kV

Uključenje ovih postrojenja u mrežu 10 kV u ovoj fazi izgradnje obavlja se preko transformacije 35/10,5 – 21 kV,

sekundarno spojeno na napon 10,5 kV. U prvoj etapi su snage učinkovitih transformatora 4 MVA, osim u TS "Lošinj 2", gdje su odmah predviđeni učinkoviti transformatori snage 8 MVA.

Sva elektrooprema smještena je u zgradi osim učinkovitih transformatora.

Mali omski otpor smješten je alternativno u zgradi i izvan nje.

9.2.1. Postrojenja 35 i 10(20) kV

Postrojenja 35 kV sastoje se od jednostrukih izoliranih sabirnica i energetskih polja: dva transformatorska polja, dva ili tri dalekovodna polja i mjernih polja.

Postrojenje 10(20) kV sastoji se od jednostrukih sekcioniranih izoliranih sabirnica i energetskih polja: dva transformatorska polja, dva mjerna polja, spojnog polja, polja kućnog transformatora i odgovarajućega broja dalekovodnih polja (ovisno o 10 kV mreži).

Oba ova sredjonaponska postrojenja izvest će se sklopnim blokovima tip BIP 38, 24 i 12 kV proizvodnje "Končar" – Sklopna postrojenja, Sesevski Kraljevec.

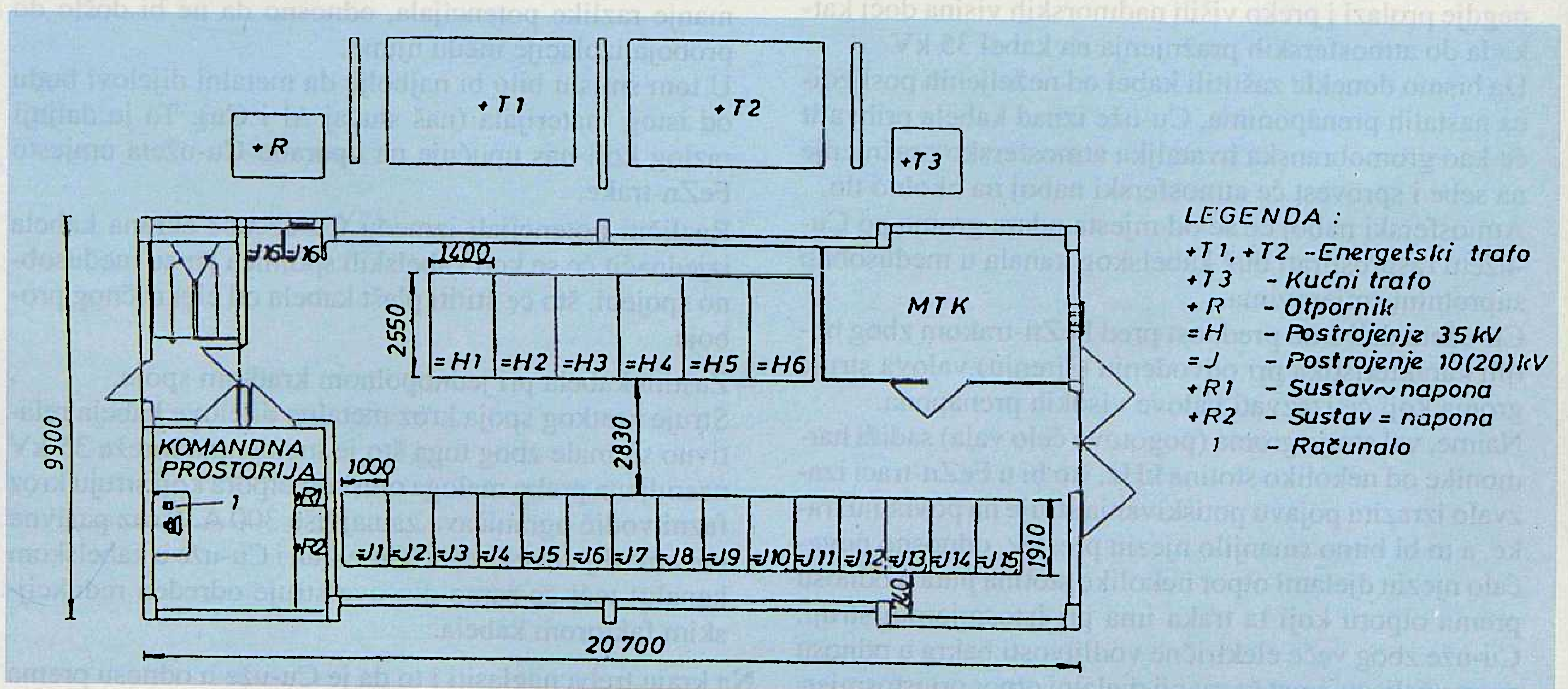
Sklopni blokovi izrađeni su u skladu s IEC 298 i 694.

Elementi kućišta izvedeni su od lima debljine do 3 mm i antikorozijski su zaštićeni elektrostatskim nanošenjem laka u prahu, boje RAL 7032.

Predstavnicima nizova funkcionalnih jedinki tipski su ispitani na svim naponskim razinama. Sklopni blokovi BIP12 i BIP38 posjeduju atest ispitne stanice KEMA (Nizozemska), a sklopni blok BIP24 posjeduje atest ispitne stanice IET (Končar).

Tehničke karakteristike sklopnih blokova:

– Nazivni napon (kV)	12	24	38
– Nazivna frekvencija (Hz)		50	
– Nazivna struja sabirnica (A)		1250	
– Nazivna struja odvoda (A)	1250	630	630
– Nazivna kratkotrajna podnosiva struja 1 sek (kA)		25	
– Nazivna podnosiva vršna vrijednost struje (kA)			63



Slika 37. Dispozicija TS 35/10(20) kV "Vis"

– Nazivni podnosivi jednominutni napon 50 Hz	28	50	70
– Nazivni podnosivi atmosferski udarni napon (kV)	75	125	170
– Stupanj zaštite		IP4X	
– Dimenzije: – širina (mm)	700	1 000	1 400
– dubina (mm)	1 550	1 950	2 550
– visina (mm)	2 360	2 040	2 040

Sklopni blokovi tipa BIP odlikuju se:

- povećanom kakvoćom i povećanom životnom dobi svih sastavnih dijelova
- izvlačivim vakuumskim prekidačem
- smanjenim dimenzijama
- povećanom podobnošću za pogon i održavanje
- većom pouzdanošću pogona
- povećanom sigurnošću osoblja pri pogonu i održavanju
- povećanom sigurnošću osoblja pri pojavi električnog luka kvara
- numeričkim sustavom upravljanja, zaštite, signalizacije i mjerenja
- regulacijom relativne vlažnosti prostora sklopnih blokova.



Slika 38. Sklopni blok BIP38

9.2.2. Sustav napajanja izmjeničnim naponima

Koncepcija napajanja izmjeničnim naponima 3x380/220 V su reducirana rješenja iz tipske TS 110/X kV.

Sastoji se od:

- polja 10(20) kV učinskog transformatora
- transformatorske jedinice primarno prespojive 10,5–21

kV, snage 50–160 kVA u suhoj ili uljnoj izvedbi (snaga se odabire prema potrošačima u TS)

- ormara razvoda dimenzioniranog na snagu 160 kVA, izvedbe KON-KOMPAKT s kompletnom opremom za polje transformatora i poljem potrošača, proizvodnje “Končar” – Električni uređaji, Split.

9.2.3. Sustav besprekidnog napajanja istosmjernim naponom 110 V

Sustav napajanja izrađen je na načelu nove koncepcije koja sadrži integraciju svih funkcija na jednom mjestu. Taj način omogućen je primjenom suvremene tehnologije akumulatorne baterije i modularne izvedbe impulsnih ispravljačkih jedinica, povezanih paralelno u spoju stalno pune baterije. Glavne značajke sustava su:

- centralni smještaj opreme u malom prostoru
- bolja preglednost i kontrola
- visoka mehanička zaštita
- visoka pouzdanost napajanja potrošača s više ispravljačkih jedinica
- brza i jednostavna montaža
- potpuno tvorničko kompletiranje.

Mehanička struktura sustava sastoji se od tri samostojeća ormara dozidne izvedbe proizvodnje “Končar”–INEM, tip YFS 110/40.

Ormar ispravljača sadrži:

- 4 ispravljačke impulsne jedinice 110 V = 10 A
- 1 mrežnu jedinicu za priključak s dviju strana
- 1 baterijsku jedinicu za priključak glavne i servisne baterije i podnaponsku zaštitu baterija
- 1 mikroprocesorsku jedinicu za nadzor i mjerenja sustava te daljinsku signalizaciju.

Ormar razvoda sadrži:

- 54 zaštitna prekidača
- 1 DC/DC pretvarač 110/12 V.

Ormar baterija sadrži:

- 18 monoblokova hermetički zatvorene baterije, kapaciteta 165 Ah, 6 V.

9.2.4. Sustav upravljanja, zaštite, signalizacije i mjerenja

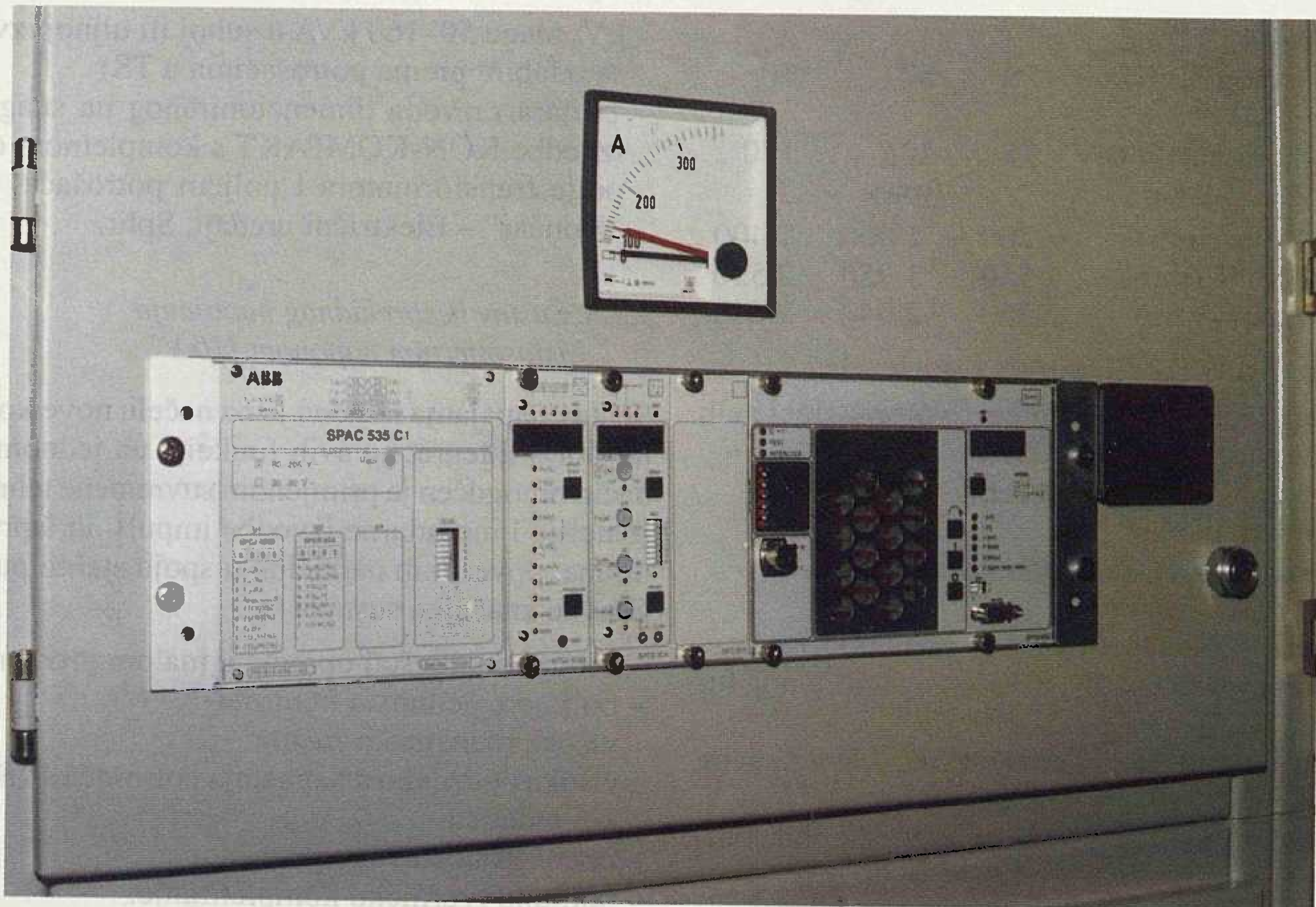
Numerički sustav

Na zahtjev HEP-a – Direkcije za distribuciju, “Končar”–INEM je s ABB-om dogovorio suradnju na realizaciji koordiniranog sustava zaštite i upravljanja.

U postrojenje se ugrađuju mikroprocesorski releji proizvodnje “ABB Stromberg” Finska, i to distribuirani po NN ormarima svakoga sklopnog bloka. Za svako karakteristično polje 35 ili 10(20) kV predviđeni su odgovarajući terminali koji su tipizirani za sve TS 35/10(20) kV.

Terminal dalekovodnih polja 35 i 10(20) kV tip SPAC 535C1 s funkcijama:

- trofazna nadstrujna zaštita
- trofazna kratkospojna zaštita
- zemljospojna zaštita
- usmjerena zemljospojna zaštita
- automatski ponovni uklop
- izbor upravljanja lokalno-daljinski



Slika 39. Terminal dalekovodnog polja

- upravljanje sklopnim aparatima
- signalizacija stanja sklopnih aparata
- mjerenje priključenih mjernih veličina.

Terminal 35 kV transformatorskog polja tip SPAC 310C1 i diferencijalni relej SPAD 346C s funkcijama:

- trofazna stabilizirana diferencijalna zaštita
- trofazna nadstrujna zaštita
- zemljospojna zaštita transformatora s mogućnošću četiri režima rada
- izbor upravljanja lokalno-daljinski
- upravljanje sklopnim aparatima
- signalizacija stanja sklopnih aparata
- mjerenje priključenih mjernih veličina
- prihvata prorada vlastitih zaštita transformatora (plinski zaštitni relej i kontakti termometar).

Terminal mjernih polja 35 kV tip SPAU 330C1 i polja 10(20) kV tip SPAU 330C1+SPCR8C27 s funkcijama:

- zemljospojna zaštita u dva stupnja
- podnaponska i nadnaponska zaštita
- mjerenje priključenih mjernih veličina
- registrator poremećaja (samo za polje 10(20) kV).

Terminal 10(20) kV transformatorskog polja tip SPAC 535C3 s funkcijama:

- trofazna nadstrujna zaštita
- trofazna kratkospojna zaštita
- zemljospojna zaštita
- automatski ponovni uklop
- izbor upravljanja lokalno-daljinski
- upravljanje sklopnim aparatima
- signalizacija stanja sklopnih aparata
- mjerenje priključenih mjernih veličina
- mjerenje radne i jalove snage modulom SPTM 6A3.

Terminal za zaštitu otpornika za uzemljenje tip SPAJ 321C4 s funkcijama:

- zemljospojna zaštita u dva stupnja
- modul mjerenja harmonika
- mjerenje priključenih mjernih veličina.

Terminal 10(20) kV spojnog polja tip SPAC 310C1 s funkcijama:

- izbor upravljanja lokalno-daljinski
- upravljanje sklopnim aparatima
- signalizacija stanja sklopnih aparata
- mjerenje priključenih mjernih veličina.

U polje kućnog transformatora smješta se uređaj alarmne signalizacije iz zajedničkih uređaja postrojenja tip SACO 16D1 s funkcijama:

- 16 digitalnih ulaza s njihovom optičkom signalizacijom
- mogućnost programiranja signala
- mogućnost dvostranog napajanja (AC/DC).

K o m u n i k a c i j a

Terminalima polja pridružen je optoelektrični pretvarač SPA-ZC1 koji omogućuje povezivanje terminala polja na optičku SPA sabirnicu. Upravljačko zaštitni terminali iz cijelog postrojenja spojeni su u tri optičke komunikacijske petlje, a preko jedinice za zvjezdasto povezivanje petlji tip SPA-ZC22A i na nadređeni centar (stanično računalo). Komunikacijska oprema nadzire tokove na nižoj (terminal) i višoj (stanično računalo) razini. Komunikacija obavlja konverziju komunikacijskih protokola (RS232 u RS485) i usklađivanje različitih formata poruka.

Za početno parametriranje terminala predviđen je 9-pin-ski (RS232 i RS485) priključak za PC na samom terminalu, dok se naknadna parametriranja mogu obavljati na više načina, i to:

- sa samog terminala – tipkama na prednjoj strani terminala

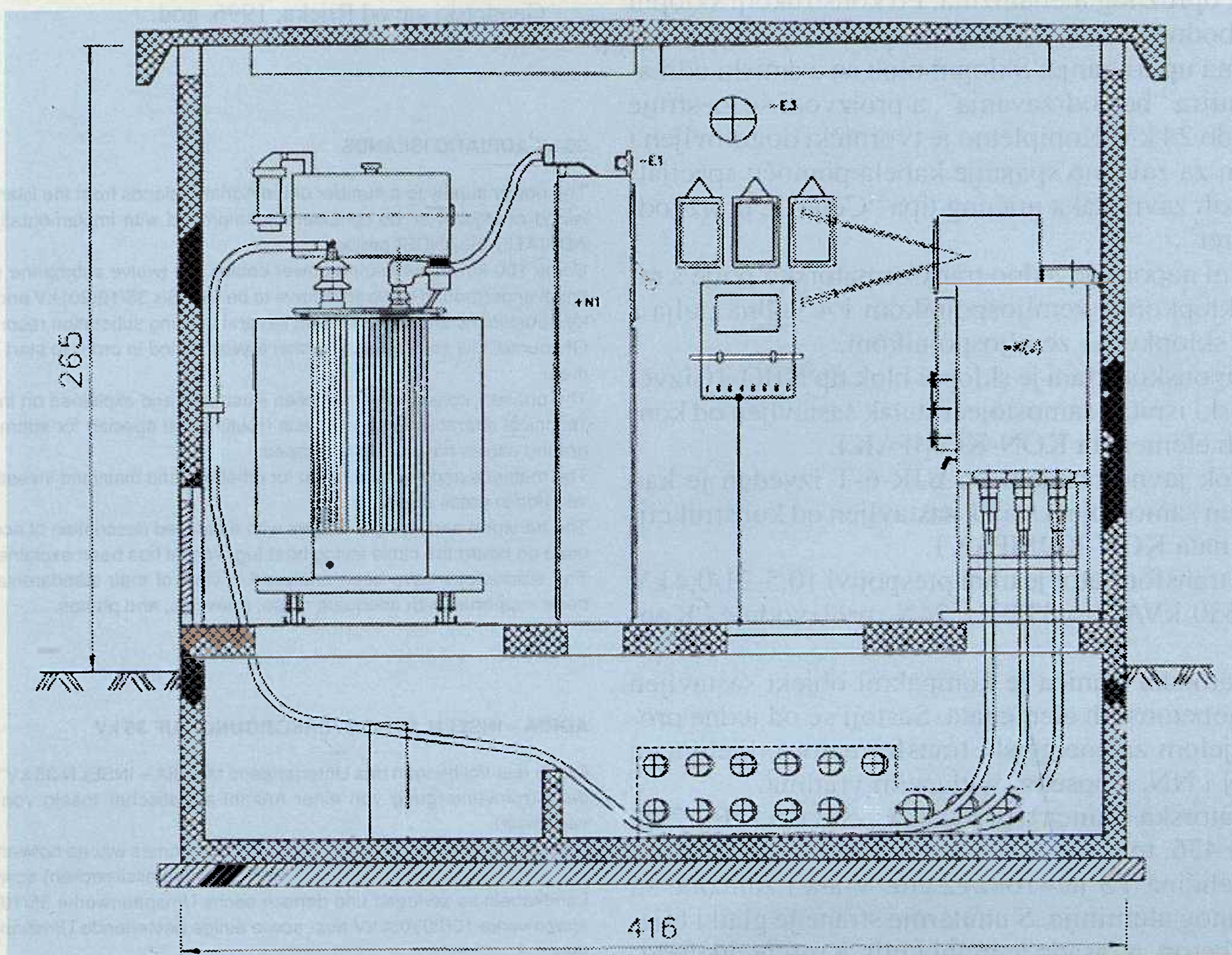
- staničnim računalom preko optičkih petlji
- modemom (daljinsko parametiranje).

Stanično računalo

Kao centralna jedinica upravljanja služi osobno računalo s implementiranim programskim SCADA sustavom PC PROZA R/F. Hardversku osnovu čini osobno računalo (PC486DX). Operater komunicira sa sustavom preko ta-

stature, miša i ekrana. Na računalo je priključen i pisač. Računalo je predviđeno za 24-satni rad i priključeno je na besprekidno napajanje.

Nadzor i upravljanje sustavom odvija se preko ekranskih prikaza: jednopolnih shema, tablica i listi. Važna funkcija SCADA računala jest i pohranjivanje kronološke liste događaja. Sustav omogućuje kreiranje i izdavanje izvještaja. Ugrađena preklopka lokalno-daljinski jasno razgraničuje nadležnosti za upravljanje u sustavu.



Slika 40. Uzdužni presjek TS 10(20)/0,4 kV



Slika 41. TS 10(20)/0,4 kV na o. Lastovu

9.3. Transformatorske stanice 10(20)/0,4 kV

Na otocima Žirju, Prviću i Lastovu isporučene su i u pogonu su kompaktne betonske TS tipa KTS 12(24)-630-S proizvodnje "Končar" – Sklopna postrojenja.

Na srednjem naponu ugrađen je distribucijski kompakti sklopni blok, tipa KAPEX-Končar, punjen plinom SF₆. Sklopni blok je posve oklopljen i zaštićen od dodira dijelova pod naponom. Isti blok koristi se za napon 12 i 24 kV. Kontakti rastavnih sklopki gibaju se u SF₆ plinu pomoću pouzdanog opružnog mehanizma. Po konstrukciji sklopni blok je slobodnostojeći, s lako pristupačnim priključcima i elementima upravljanja. Sklopni blok se u smislu održavanja deklarira "bez održavanja", a proizvodi se za struje od 630 A i do 24 kV. Kompletan je tvornički dogotovljen i pripremljen za završno spajanje kabela pomoću specijalnih kabelaških završetaka utičnog tipa "Conex", proizvodnje "Pfisterer".

Na srednjem naponu je jedno transformatorsko polje s rastavnom sklopkom i zemljospojnikom i 4 vodna polja s rastavnom sklopkom i zemljospojnikom.

Na niskonaponskoj strani je sklopni blok tip NBO-10 izveden kao tipski ispitan samostojeći stalak sastavljen od konstrukcijskih elemenata KON-KOMPAKT.

Sklopni blok javne rasvjete tip BJR-6-T izveden je kao tipski ispitan samostojeći stalak sastavljen od konstrukcijskih elemenata KON-KOMPAKT.

Energetski transformator je uljni prespojivi 10,5-21/0,4 kV snage do 630 kVA, tip 3TBNv 24X, proizvodnje "Končar".

Transformatorska stanica je kompakti objekt sastavljen od armiranobetonskih elemenata. Sastoji se od jedne prostorije s dijelom za energetski transformator i dijelom za opremu SN i NN, s posebnim ulaznim vratima.

Transformatorska stanica izgrađena je u skladu s IEC 298, 694, 76-1 i 436, te HRN N 012.01.

Tlocrtna veličina TS je 416x212 cm. Vrata i žaluzine su od eloksanog aluminijskog. S unutarnje strane je glatki bijelo obojeni beton, a fasada je prani kulir. Krov je od vodonepropusnog betona, premazan reflektirajućim premazom za hidroizolaciju.

Temelj transformatorske stanice je vodo nepropusna i uljno nepropusna armiranobetonska kada koja se izrađuje na mjestu primjene.

U načelu se predviđa doprema potpuno dogotovljene transformatorske stanice (bez učinskog transformatora).

Međutim, ako pristup teškog tereta i autodizalice nije moguć, kao što je to bilo na otocima Žirju, Prviću i Lastovu, betonska kućica dopremila se u elementima i montirala se na pripremljeni temelj na samom mjestu.

LITERATURA

- [1] "Plan razvoja elektro-energetske mreže podmorskih kabela jadranskih otoka Hrvatske za razdoblje 1994–2000. (2050) godine" – HEP, travanj 1994. godine
- [2] Elaborati istraživačkih radova na moru i kopnu, Državni hidrografski institut – Split, i Geodetski zavod Rijeka, 1994. i 1995. god.

- [3] Tehnička dokumentacija isporučitelja kabela, ABB – Švedska i Elka – Zagreb
- [4] Tehnička dokumentacija isporučitelja elektroopreme, "Končar" Zagreb
- [5] Glavni projekti podmorskih i kopnenih kabelaških trasa, HEP – DP Elektrodalmacija – Split i DP Elektroprimorje – Rijeka, 1994–1995. god.
- [6] Glavni projekti TS 35/10(20) kV: HEP – Projektni biro Split, HEP – DP Elektrodalmacija Split, "Ravel" d.o.o. projektiranje, nadzor i građenje, Zagreb, 1994–1995. god.
- [7] Elaborati izvedenog stanja – katastar vodova za podmorske trase, Geodetski zavod Rijeka, 1996. god.

35 kV ADRIATIC ISLANDS

The power supply to a number of the Adriatic islands from the island of Lošinj to the island of Mljet shall be considerably improved with implementation of the "35 kV ADRIATIC ISLANDS" project.

Some 100 km of submarine power cables (on twelve submarine routes) and 3x74 km of underground cable shall have to be laid. Six 35/10(20) kV and three 10(20)/0.4 kV substations shall be built, and several existing substation reconstructed.

Of course, this shall be done within a year period in order to start using this investment.

The phase 1 construction has been illustrated and explained on the map.

Technical characteristics and tests (routine and special) for submarine and underground cables have been developed.

The methods and the equipment for off-shore and mainland investigation works have been in detail analysed.

The transport and laying of cables with a detailed description of accurate navigation used on board the cable laying boat tug vessel has been explained.

The substations have been analysed in view of their standardization. All this has been supported with adequate maps, drawings, and photos.

ADRIA – INSELN, STROMVERSORGUNG AUF 35 kV

Durch das Vollbringen des Unterfangens "ADRIA – INSELN 35 kV" wird die Qualität der Stromversorgung von einer Anzahl adriatischer Inseln von Lošinj bis Mljet verbessert.

Zwecks Verwirklichung dieses großen Programmes war es notwendig etwa 100 km von Unterseekabeln (verteilt auf zwölf Unterseeestrecken) sowie nahe 3x74 km Landkabeln zu verlegen und danach sechs Umspannwerke 35/10(20) kV drei Umspannwerke 10(20)/0,4 kV aus- sowie einige bestehende Umspannwerke umzubauen.

Allerdings wird das binnen eines Jahres, also in kurzer Zeit, fertiggestellt werden müssen, damit diese große Kapitalanlage so bald wie möglich ihrem Zweck zugeführt wird.

Der I Abschnitt des Ausbaues wird erläutert und auf Land- bzw. Seekarten dargestellt.

Besprochen sind technische Merkmale sowie routinemässige und spezielle Prüfungen an den Untersee- und Binnenland- Teilabschnitten.

Ausführlich sind die Verfahren von Untersuchungsarbeiten auf See und Land, sowie die dabei verwendeten Geräte, beschrieben worden.

Ausgelegt ist die Verfrachtung und Verlegung von Kabeln mit dem ausführlichen Rückblick auf die am Verlegungsschiff verwendete genaue Schiffsführung.

Dargestellt sind die Umspannwerke mit Rückblick auf die angewendete Vereinheitlichung.

Alles ist mit den entsprechenden Land- und Seekarten, Zeichnungen und Abbildungen dargeboten.

Naslov pisca:

Petar Čerina, dipl. ing.
Karamanova 3, 21000 Split
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996 – 04 – 17

1. SKLOPNI BLOKOVİ NISKOG NAPONA

- 
- 1.1. Sa fiksnim aparatnim grupama
 - 1.2. Sa odvojenim aparatnim grupama
 - 1.3. Sa izvlačivim aparatnim grupama
 - 1.4. Blokovi za distribuciju
 - 1.5. Blokovi za kompenzaciju
 - 1.6. Upravljački ormari i pultevi
 - 1.7. Motorstarteri i ormari za opću upotrebu
 - 1.8. Sklopni blokovi NN, kutije, pultevi, upravljački stupovi
 - 1.9. Protueksplozijski zaštićeni uređaji niskog napona
 - 1.10. El. uređaji za koksare
 - 1.11. Upravljačke i krajnje sklopke i otkočni magneti
 - 1.12. Suhi transformatori (do 1 kV - 1500 kVA).

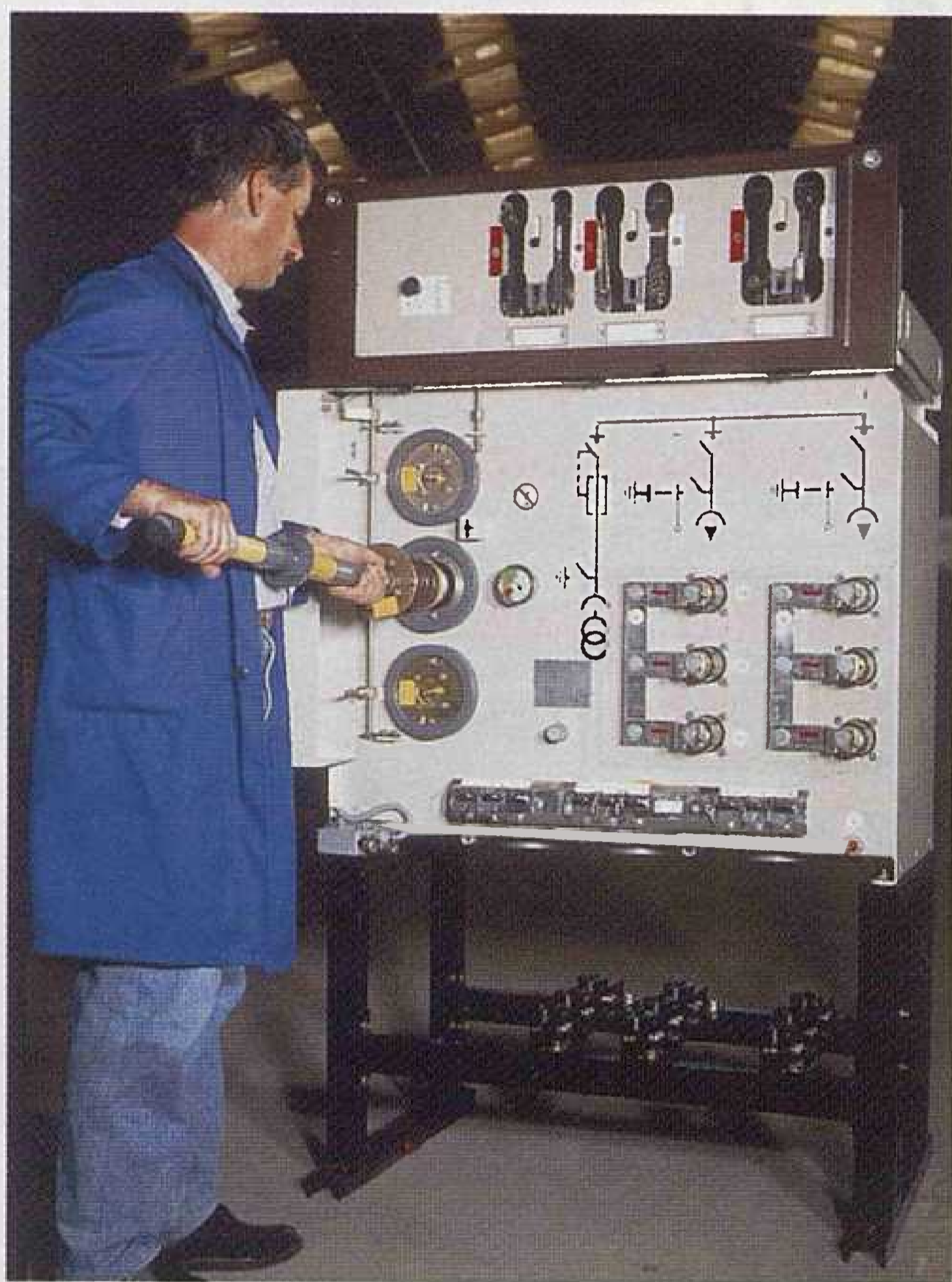
2. SKLOPNI BLOKOVİ SREDNJEG NAPONA DO 38 kV

- 
- 2.1. Sa fiksno ugrađenom opremom
 - L₁Zg 12 kV
 - L₁Zg 24 kV
 - L₁Zg 38 kV
 - L₁Dm 12 kV
 - L₁Dm 24 kV
 - L₁Dm 38 kV
 - 2.2. Sa izvlačivim malouljnim prekidačima
 - OR_{1p} 12 kV
 - OR_{1p} 24 kV
 - OR_{1p} 38 kV *
 - 2.3. Sa izvlačivim vakumskim sklopnicima
 - BIP_s - 7,2
 - BIP_s - 12 *
 - 2.4. Sa izvlačivim vakumskim prekidačima
 - BIP - 12
 - BIP - 24
 - BIP - 38 *
 - 2.5. Sklopni blokovi za distribucijske transformatorske stanice
 - SDB - 12, 24, T
 - SDB - 12, 24, V₂
 - SDB - 12, 24, SIRM
 - DB - 12, 24, T
 - DB - 12, 24, V₂

SKLOPNI BLOKOVI ZA DISTRIBUCIJU I INDUSTRIJU

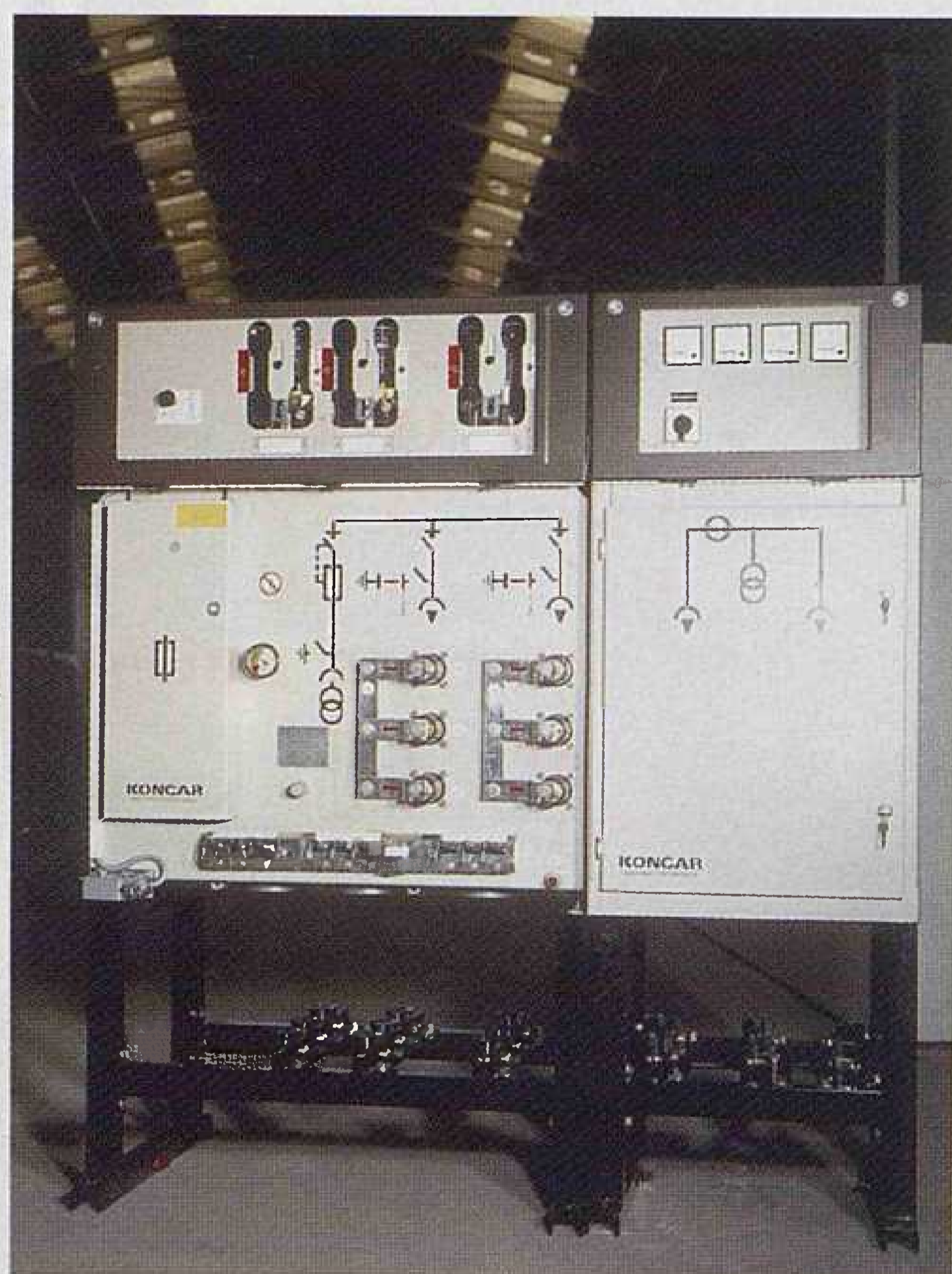
IZOLIRANI PLINOM SF6 tip KAPEX

24 kV - 630A/25 kA



* okosnica transformatorskih stanica tip KTS, MTS i VTS

* više od 700 polja u distribucijskoj mreži Hrvatske



* izvedba s mjernim poljem

* mogućnost realizacije različitih shema u industriji i distribuciji

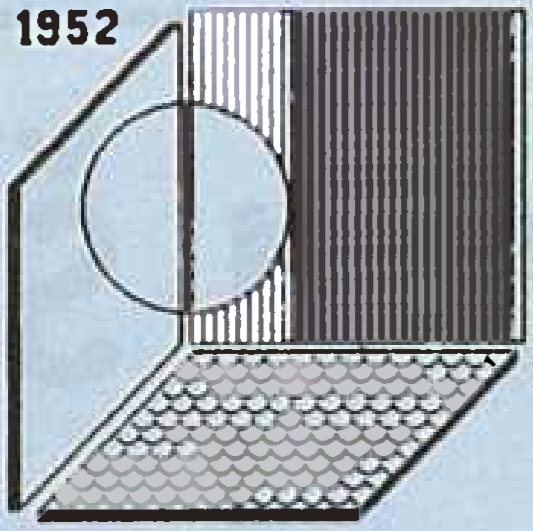
Visoka kakvoća izvedbe • bez održavanja !

KONČAR • SKLOPNA POSTROJENJA

10361 SESVETSKI KRALJEVEC, Industrijska 10

telefon 01/747 233, 747 366 - fax 01/746 764

1952



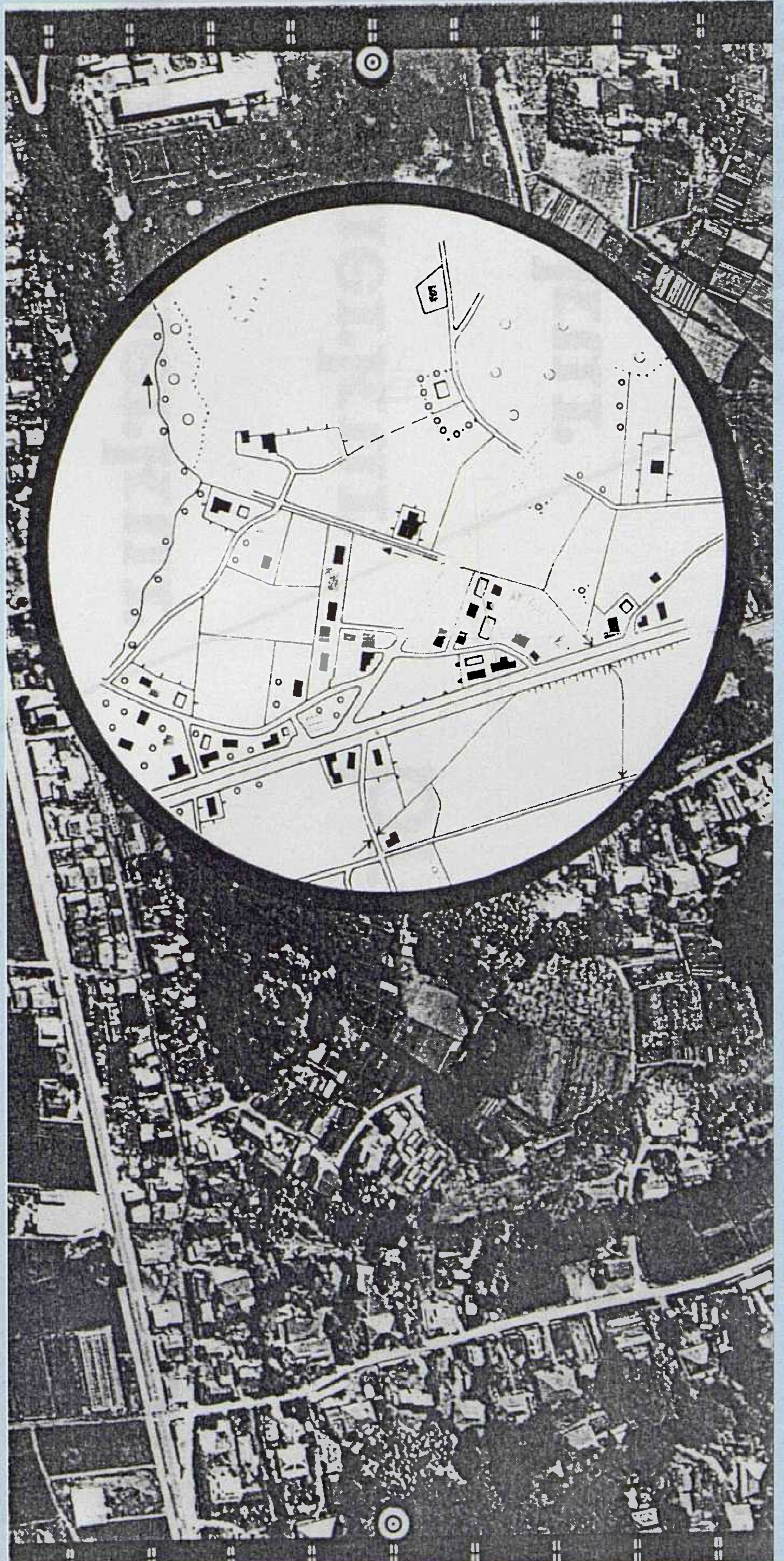
GEODETSKI ZAVOD RIJEKA d.d.

DR. FRANJE KRESNIKA 33
Žiro račun: 33800-601-614

TEL. (051) 512-344
FAX. (051) 513-610

IZVODI GEODETSKE RADOVE:

- osnovni geodetski radovi
- izrada Hrvatske državne karte
- katastarska izmjera zemljišta
- izvadci svih vrsta geodetskih planova klasičnom i fotogrametrijskom metodom
- radovi na izgradnji saobraćajnica i industrijskih objekata
- snimanje batimetrije morskog dna
- snimanje podzemnih i podvodnih instalacija
- digitalni modeli terena
- sofisticirana geodetska oprema za izvođenje svih vrsta geodet. radova, analitički stereokomparatori, totalne mjerne stanice, ehosonderi, programska i hardverska podrška, vlastiti vozni park
- zaposleno 65 djelatnika



vaš
partner

brodomerkur

brodomerkur

brodomerkur

brodomerkur

brodomerkur

brodomerkur

brodomerkur

more

spaja

oboje

brodomerkur

poslove

SUSTAVI ZA BESPREKIDNO NAPAJANJE

Napajanje izmjeničnim naponom (UPS)

On-line koncepcija u cjelokupnom rasponu snaga od 500 VA do 600 kVA:

- integrirani sustavi s ugrađenim hermetički zatvorenim akumulatorskim baterijama
- višestruka zaštita napajanog trošila:
 - od prekida u napajanju
 - od odstupanja napona od nazivne vrijednosti
 - od svih smetnji iz mreže
- automatsko periodičko testiranje baterija
- ugrađen kronološki registar događaja
- mogućnost redundantnog paralelnog rada
- daljinski nadzor i upravljanje preko računala
- daljinska dijagnostika stanja uređaja: TELESERVIS.

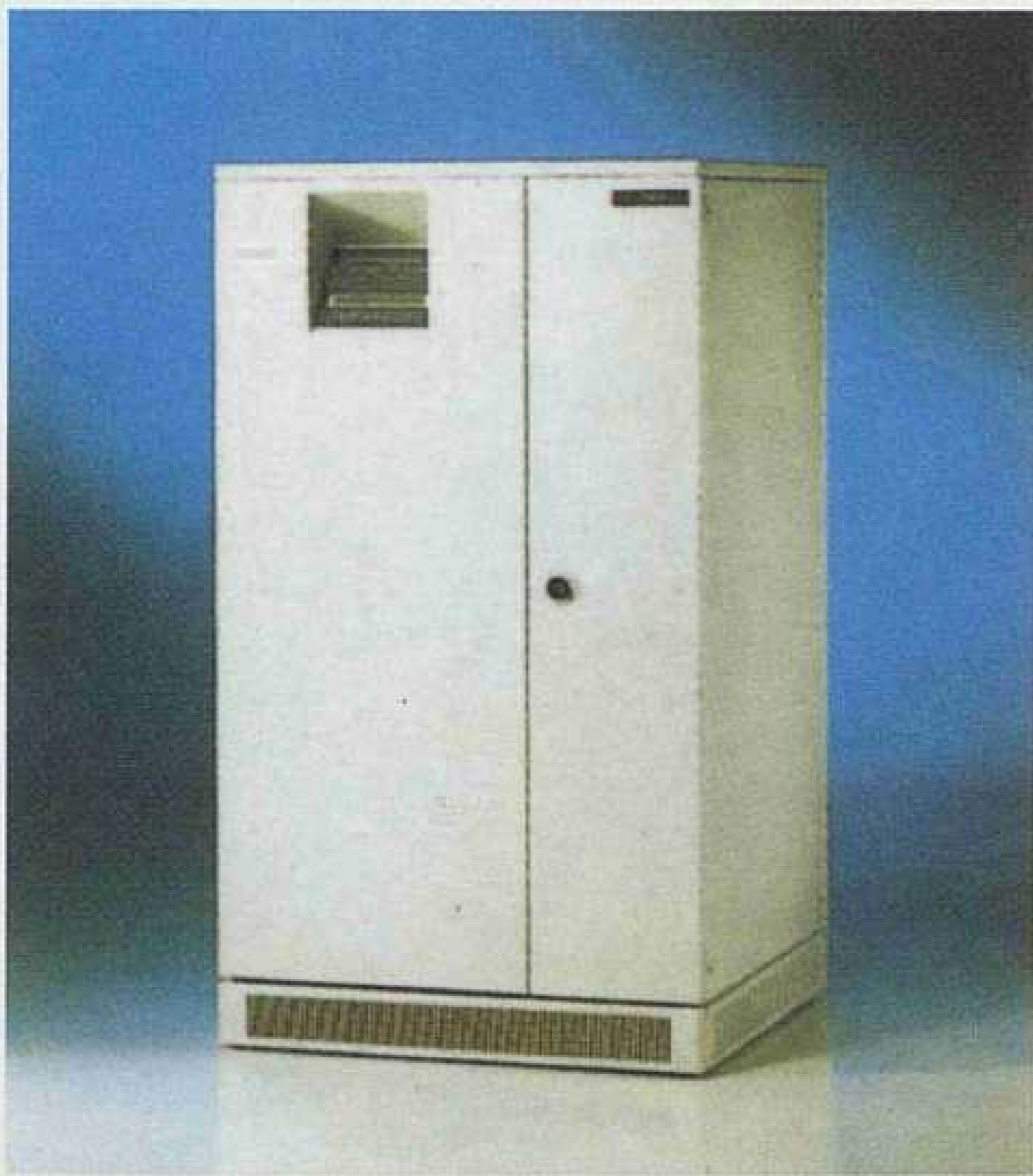
Reference: do danas instalirano opreme ukupne snage veće od 22000 kVA.

Napajanje istosmjernim naponom

Integrirani sustavi napajanja naponima 24, 48, 110 i 220 V:

- hermetički zatvorene akumulatorske baterije
- modularna konstrukcija
- redundantni paralelni rad ispravljača
- visoka pouzdanost i raspoloživost
- jednostavno povećanje nazivne izlazne struje
- mikroprocesorski nadzor i upravljanje
- visokofrekventni ispravljači
- sinusoidalna ulazna struja
- hlađenje: prirodno, zrakom
- široke mogućnosti prilagođenja konkretnim zahtjevima.

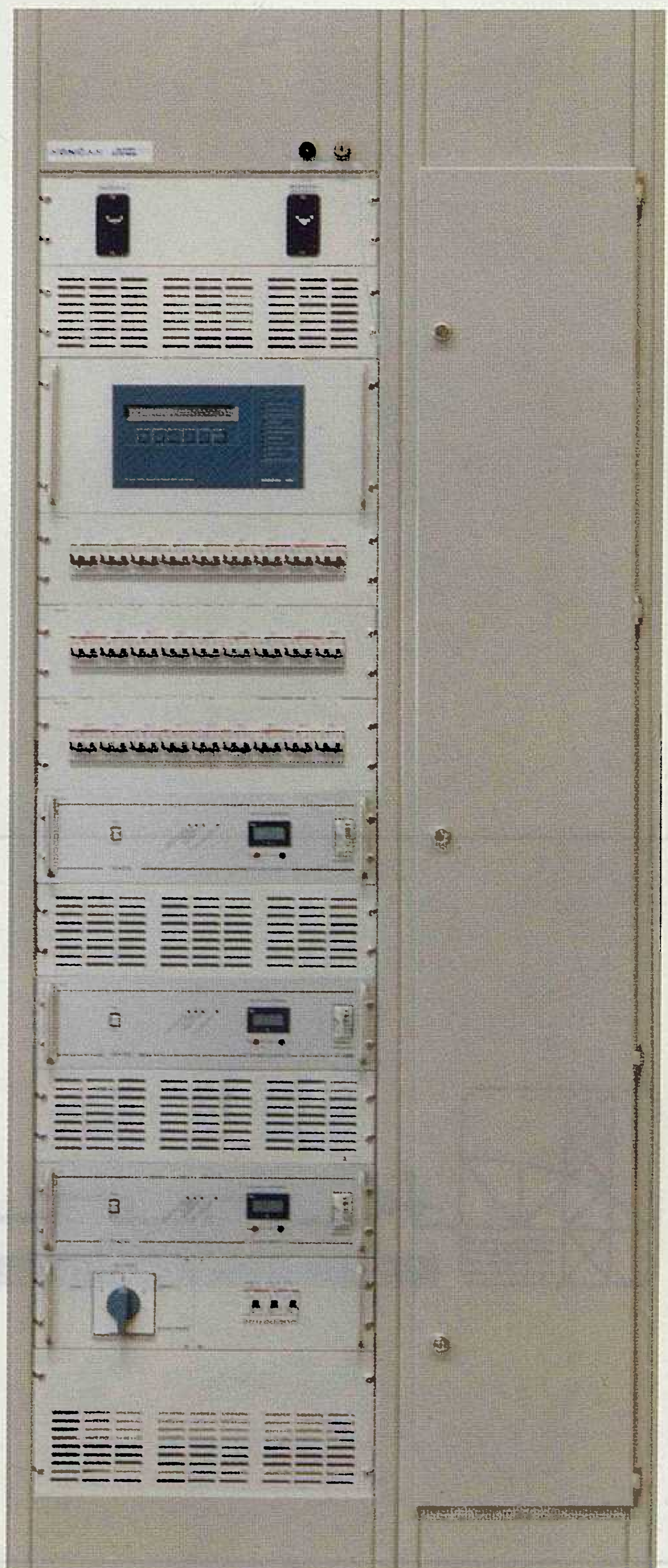
Reference: u posljednjih 10 godina instalirano opreme ukupne snage veće od 15000 kW



UPS tipa ST snage 60 kVA



UPS tipa SL snage 3 kVA



Sustav napajanja istosmjernim naponom 48 i 110 V

TANKERKOMERC



dd

HEAD OFFICE:

OBALA KNEZA TRPIMIRA 2

23000 ZADAR

HRVATSKA

Tel.: 023/311-222

023/441-897

Fax.: 023/437-470

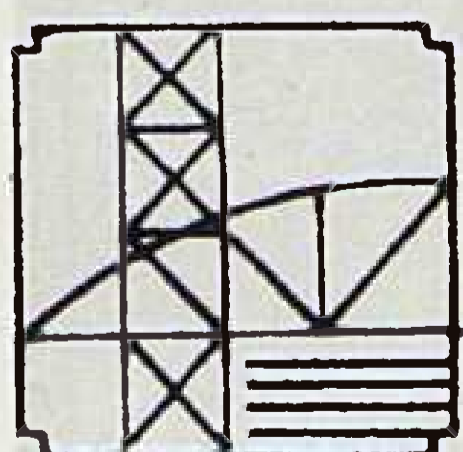
023/311-897

023/441-826

Telex: 27164

Telegrams: TANKERKOMERC

Trgovina na veliko i malo



Konstruktor d.d.

ZA GRADITELJSTVO - RIJEKA

Strossmayerova ul. 11

POŠT. PRETINAC 193

TEL.©: (051) 216-777

TELEFAX: (051) 217-388

(051) 217-934

ŽIRO RAČUN 33800-601-11438

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

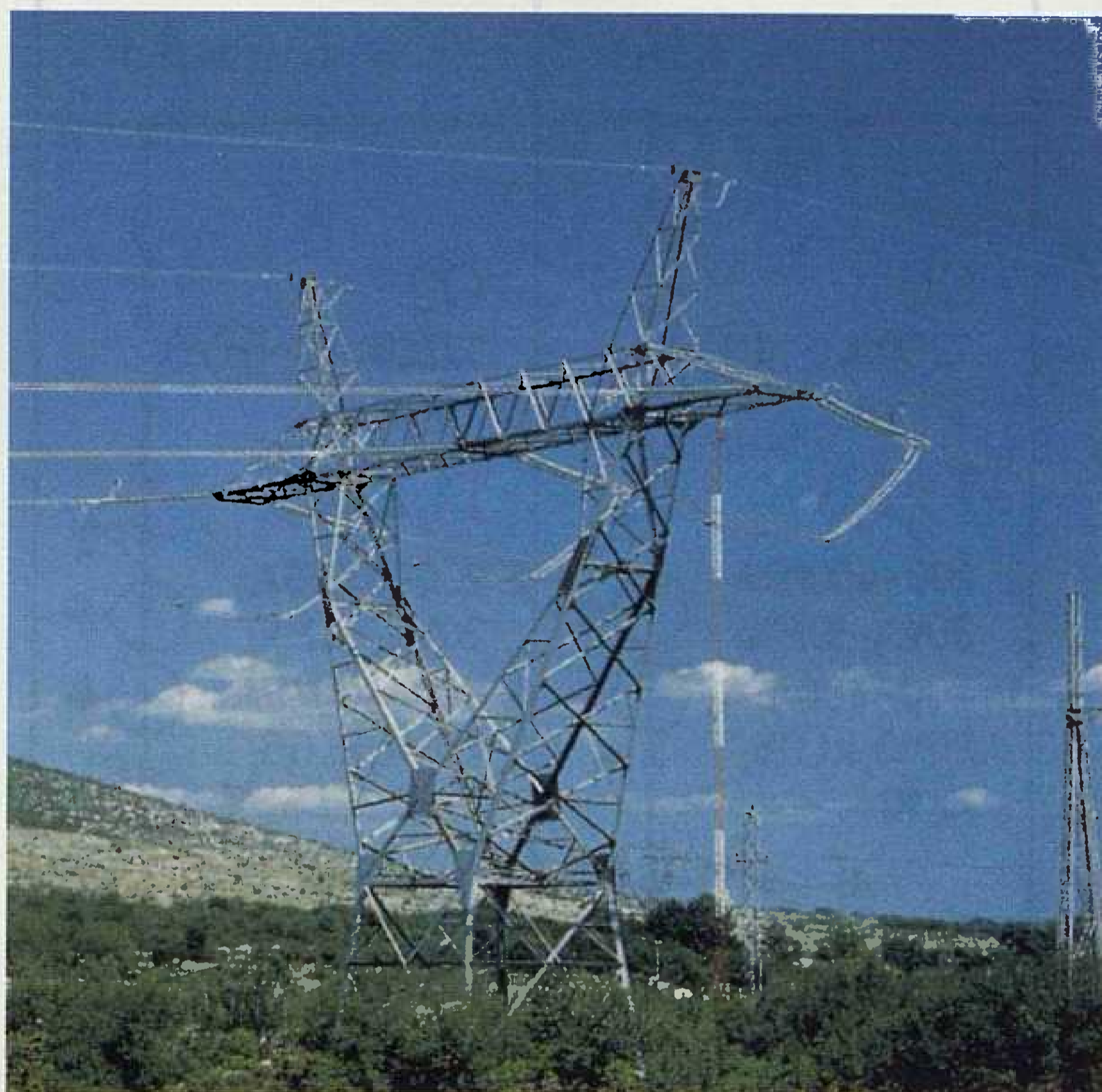
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i induksijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzini i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO – 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

*Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.*

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZO-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++385-1-530-606, 511-754



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

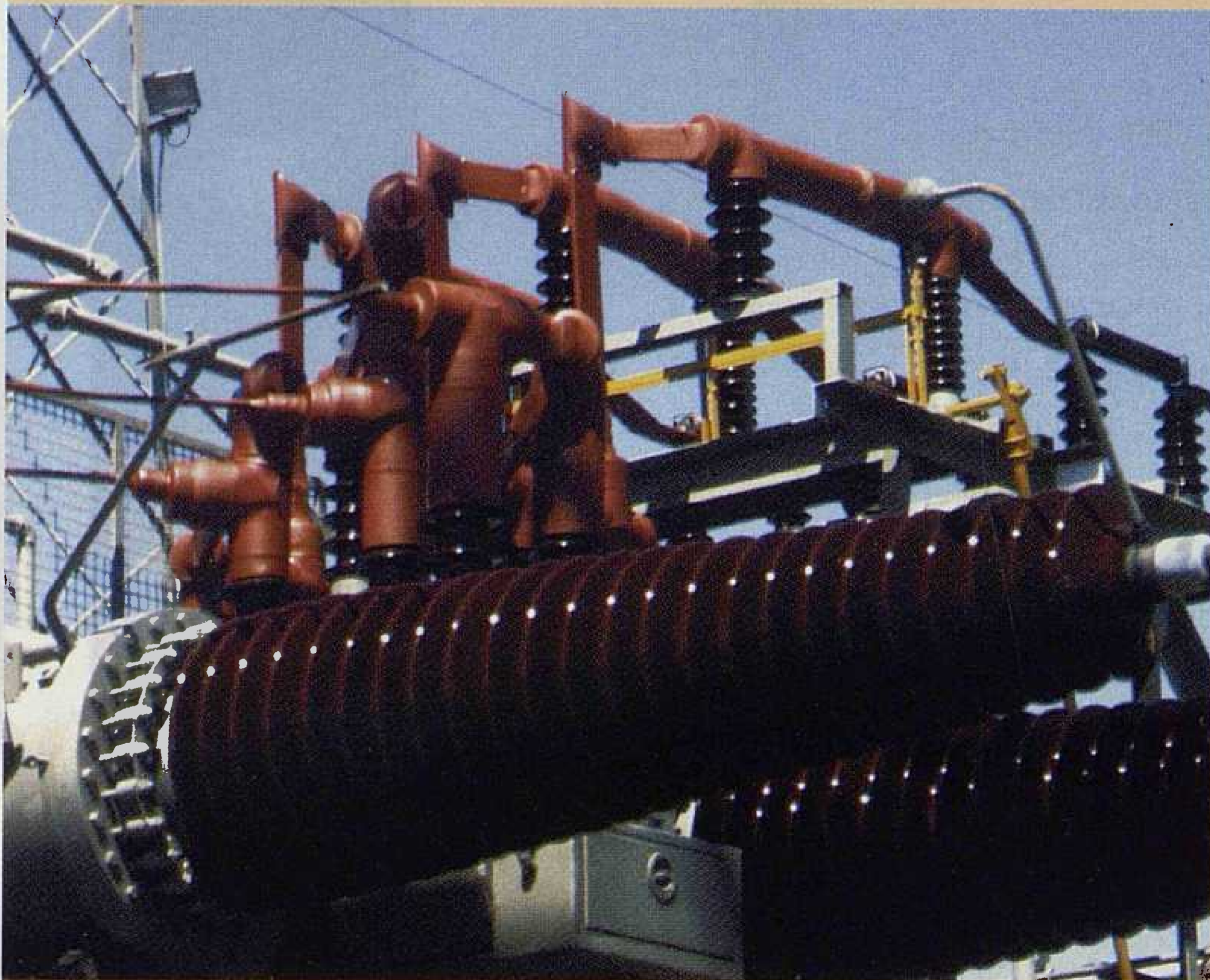
Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZO-002/91

IZOLACIJSKI SUSTAV

Osiguranje zaštite od preskoka

Naši izolacijski proizvodi nude lakoinstalirajuću zaštitu sabirnica za oboje: projektante i izvođače. Raychem proizvodi osiguravaju zaštitu od električnog luka kod slučajnog prespajanja sabirnica. Sustav je idealan za sabirnice na otvorenom ili zatvorenom, za veze unutar postrojenja za upravljanje, za transformatorske stanice i ostale električne aparate ili postrojenja. Pored toga, sustav nudi jednostavnu ugradnju u polju, zaštitu

Raychem posjeduje
Tehničku kompetenciju
Dugogodišnje iskustvo
Visoku pouzdanost proizvoda
Visoki stupanj podrške
Najbolji odnos cijene koštanja/profit
Visoku kvalitetu isporuke



od malih životinja, otporan je na puzne staze, UV zračenja i atmosferilije te pruža zaštitu od korozije.

Idealan je za popravke i održavanja te za korištenje od strane proizvođača električne opreme. Kompletni sustav je od umjetnih materijala, a razvijen je za rješavanje potreba izoliranja u različitim primjenama.

Raychem

Electrical Products Division
Raychem GmbH, 85521 Ottobrunn
Telefon (089) 60 89-0
Fax (089) 60 89-492

Raychem u Hrvatskoj:
EL-EN-TEL d.o.o., 10000 Zagreb
Telefon (01) 336-100, 336-071
Fax (01) 336-072



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



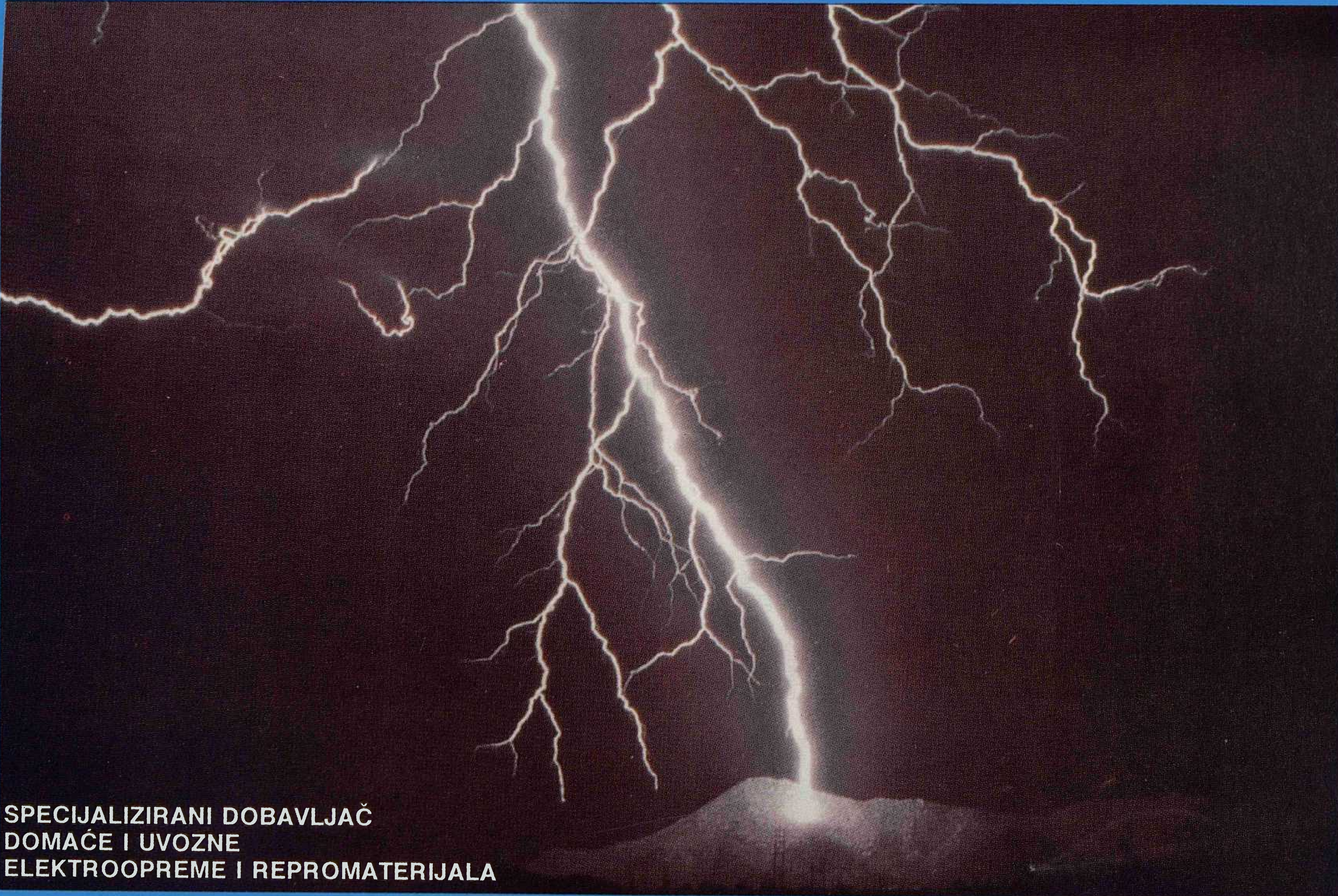
Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

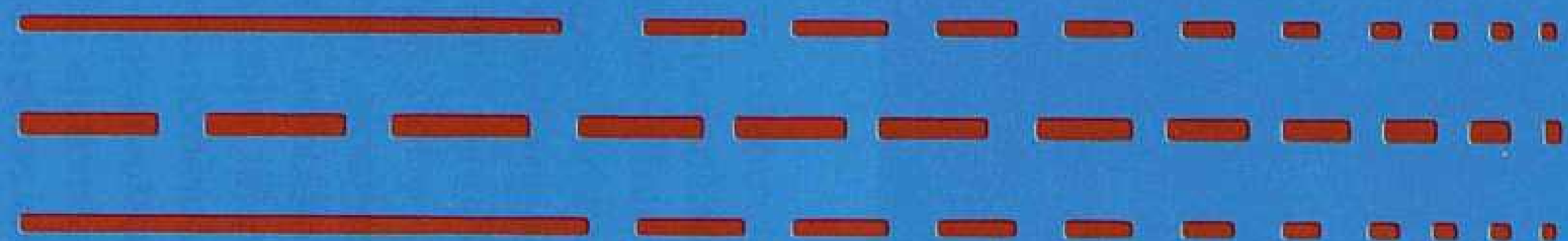
ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICA ELEKTRIČNIH KABELA



SPECIJALIZIRANI DOBAVLJAČ
DOMAĆE I UVOZNE
ELEKTROOPREME I REPROMATERIJALA

COTRA



PODUZEĆE ZA TRANSPORT,
VELETRGOVINU, UVOZ-IZVOZ I
POSREDOVANJE

42000 VARAŽDIN, A. STEPINCA 7,
☎ 042/51-023, 042/51-255, 042/51-010,
FAX: 042/51-424, 042/55-440,
MOBITEL: TEL. 099-411-407

DJELATNOST

Veleprodaja, maloprodaja,
inženjering, uvoz, izvoz,
konsignacije, zastupstva



DISTRIBUTIVNA MREŽA

- Sjedište i centralno skladište u Rijeci
- Predstavništva i skladišta u Zagrebu, Slatini i Zadru (ukupno 90 000 m²)
- 60 maloprodajnih jedinica
- Razvijena putničko-predstavnička mreža širom Hrvatske.
- 40 godina iskustva na domaćem i stranom tržištu



ASORTIMAN

- visokonaponska oprema (transformatori, izolatori, agregati)
- energetske kabli i pribor - instalacioni materijal
- rasvjeta (dekorativna, vanjska, industrijska, stupovi, žarulje)
- telefonija (kabeli, centrale, aparati, telefaksi i pribor)
- sklopna, mjerna i zaštitna tehnika - informatika, elektronika



- brodska oprema (kabeli, rasvjeta, instalacioni materijal)
- audio-video, bijela tehnika, mali kućanski aparati
- ugostiteljska i hotelska oprema - grijanje, klimatizacija
- vodoinstalacije (cijevi, pribor) sanitarije, keramika
- električni i ručni alat i pribor - cijevi, profili, vijčana roba

Asortiman obrađuje 10 specijaliziranih poslovnica, a naše dnevne zalihe premašuju 30 000 različitih jedinica proizvoda u prosječnoj vrijednosti većoj od 10 mil DEM..

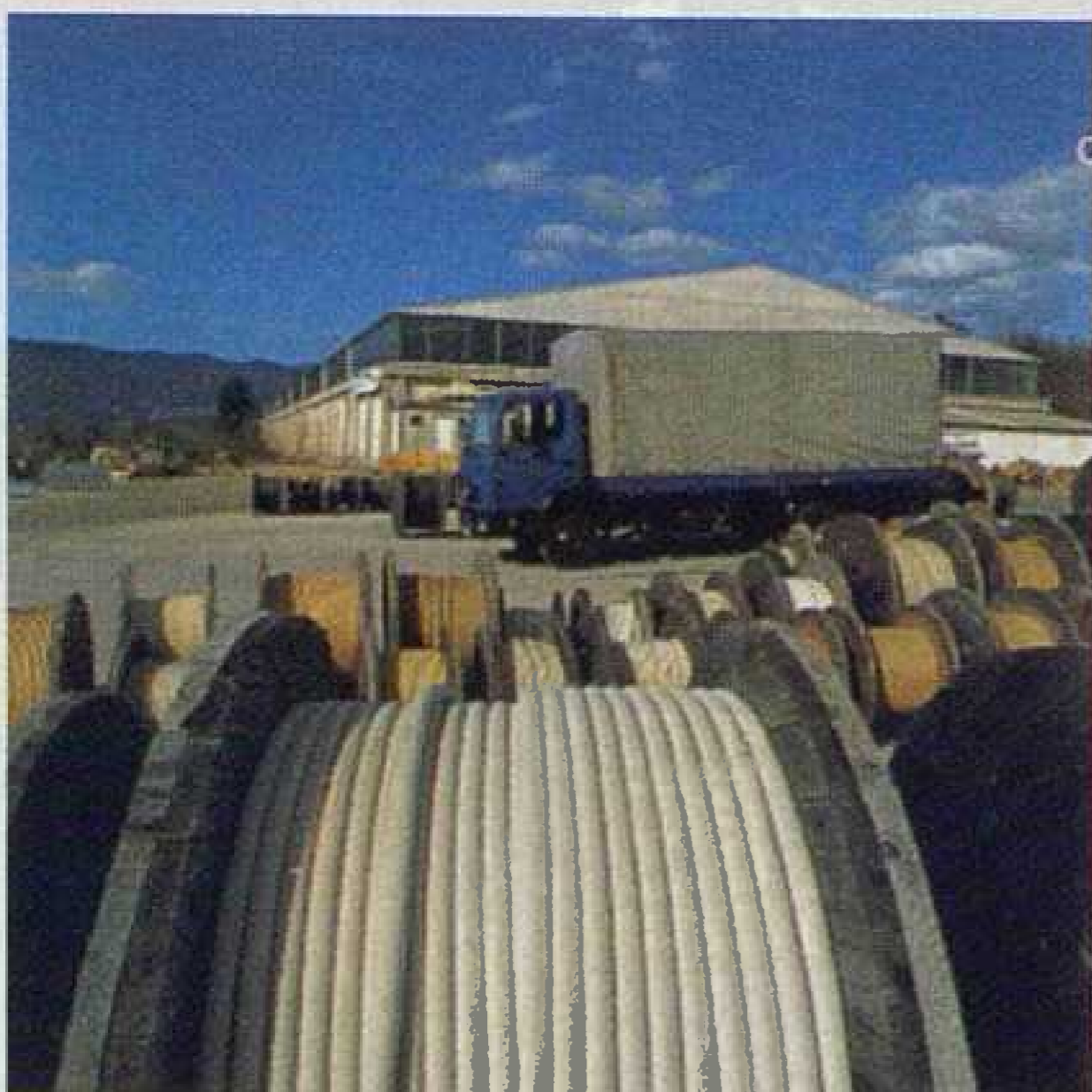


KONTAKT ADRESE

sjedište: RIJEKA
D. Tucovića 13
Tel.: 051337 777
Fax: 051 213 670, 212 699

PREDSTAVNIŠTVA ZAGREB

Remetinečka 13
Tel.: 01 520 484, 521 891 652 595
Fax: 01 528 872



SLATINA

V. Nazora 66
Tel.: 033 551 481, 551 263
Fax: 033 553 010

ZADAR

Murvička cesta b.b.
Tel.: 023 24 844
Fax: 023 24 440



ELEKTROMATERIJAL

VAŠ PRIKLJUČAK ZA BUDUĆNOST

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 4

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR – EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Vladimir Strojny, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1996 – 05 – 24

SADRŽAJ

Tonković Z.: Interkonekcija 380 kV Mađarske s Hrvatskom i Slovenijom (Prethodno priopćenje)	159
Hebel Z. – Huml-Dimitrijević M. – Mileusnić E. – Kalea M. – Nikolovski S.: Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede (Pregledni članak) .	173
Lukačević D.: Pogon kombiniranih kablensko-nadzemnih vodova (Prethodno priopćenje)	187
Toljan I.: Analiza cijena električne energije za industriju i domaćinstvo u svijetu i u Hrvatskoj (Stručni članak)	193
Levant I. – Lokner V.: Zbrinjavanje otpada i troškovi proizvodnje električne energije u nuklearnim i elektranama na fosilna goriva (Stručni članak)	199
Feretić D. – Tomšić Ž.: Mogućnost primjene biomasa u elektroenergetici Hrvatske (Pregledni članak)	205
Loš B.: Danski pristup izgradnji termoenergetskih objekata (Pregledni članak)	211
Vijesti iz elektroprivrede	215
Iz strane stručne literature	221

Fotografija na omotnoj strani
TE-TO, Zagreb

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišej – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenoj području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

INTERKONEKCIJA 380 kV MAĐARSKE S HRVATSKOM I SLOVENIJOM

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621.31:621.316

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U referatu se izlaže argumentacija interkonektivne 380 kV veze između Mađarske i Hrvatske i s njom spregnuta problematika, iznose osnovni tehnički rezultati studije izvedivosti i daju parametri interkonekcije.

Ključne riječi: interkonekcija 380 kV; prijenosna mreža Hrvatske; UCPTÉ; SUDEL.

1. UVOD

Ideja interkonektivnog DV 380 kV između Mađarske i zagrebačkog područja prvi put se pojavila u projektu prijenosa električne energije iz tadašnjeg SSSR-a u Italiju.

Radilo se o predugovoru zaključenom početkom 1989. između sovjetskog Ministarstva energetike i elektrifikacije (MINERGO SSSR-a) i talijanskog ENEL-a, o isporuci 12 – 14 TWh električne energije godišnje sa snagom do 2 000 MW u dvadesetgodišnjem razdoblju, počevši od 1995. po osnovi isporuke opreme (plinskih turbina) od konzorcija talijanske elektroindustrije MINERGU SSSR-a. Elektroprivreda tadašnje Jugoslavije još je uvjetovala taj tranzit pravom neposredne kupovine oko 15% tranzitirane električne energije na ime kompenzacije (tj. 300 MW) uz iste uvjete kao i ENEL.

Takva razmjena električne energije značila je tranzit preko elektroenergetskih sistema Mađarske i tadašnje Jugoslavije, s čime su se suglasili predstavnici tranziterskih elektroprivreda. Budući da su Mađarska i tadašnji SSSR s jedne strane te Jugoslavije i Italije s druge strane u sinkronom pogonu u interkonekcijama različitih karakteristika, prve u istočnoeuropskim Ujedinjenim elektroenergetskim sistemima SEV-a (OES SEV), a druge u zapadnoeuropskoj Zajednici za koordinaciju proizvodnje i prijenosa električne energije (UCPTE) predviđale su se ispravljačke stanice na granici mađarskog i nekadašnjeg jugoslavenskog sistema ili mađarskog sistema i onih OES-a (što bi značilo paralelni rad Mađarske s UCPTÉ-om).

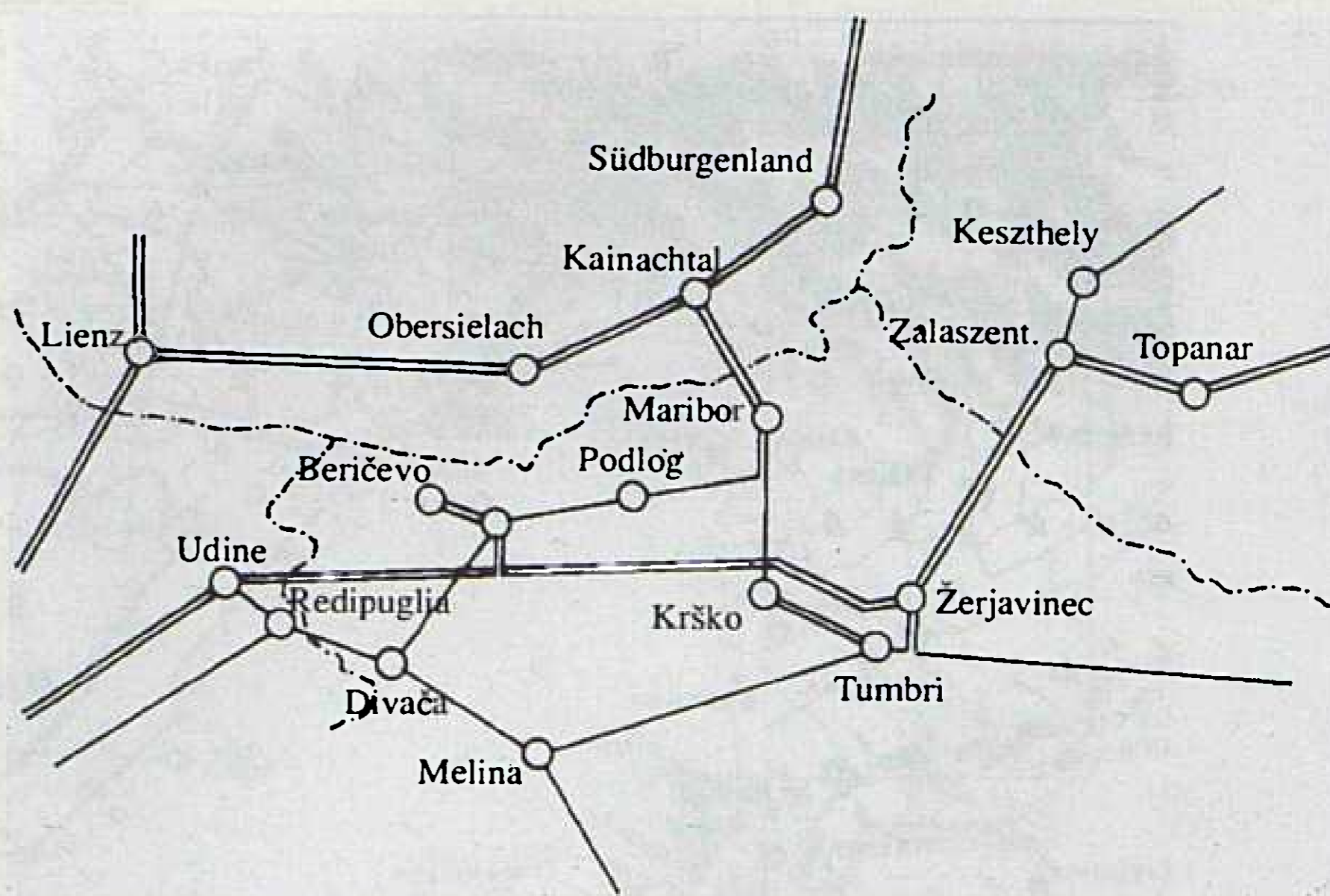
Za ocjenu potrebnih pojačavanja mreže koja bi zahtijevao predugovoreni tranzit i rezultirajuće cijene električne energije za ENEL, izrađena je tijekom studenog 1989. za dio nekadašnje jugoslavenske mreže studija izvedivosti u skraćenom obliku, i to za dvije varijante koje su rezultirale kao prihvatljive iz mađarskih ispitivanja [1]:

- varijanta (B) s izgradnjom ispravljačkih stanica (konvertorskih: $f_{OES} \Rightarrow f_{UCPTE}$; back-to-back) na granici mađarskog i ex-jugoslavenskog sistema, i
- varijanta (C) s izgradnjom ispravljačkih (konvertorskih) stanica na granici mađarskog sistema i onih OES-a (što bi značilo paralelni rad Mađarske s UCPTÉ-om). [2]

Postojala je i varijanta (A) s istosmjernim prijenosom ± 400 kV od – SSSR-a do mađarsko-nekadašnje jugoslavenske granice gdje bi se gradila ispravljačka stanica (invertorska: $DC \Rightarrow AC$), ali je tu varijantu odbacila mađarska elektroprivreda.

Objekte su varijante ispitivane s tri podvarijante: ljubljanski Elektroištitut 'Milan Vidmar' ispitivao je varijante (B), a varijante (C) zagrebački Institut za elektroprivredu.

Na zajedničkoj recenziji studije sve tri zainteresirane elektroprivrede (talijanska kao investitor i mađarske i ex-jugoslavenske kao tranziti) 13. XII. 1989. u Zagrebu prihvaćena je varijanta C-2 kao najpovoljnija (sl. 1).



Slika 1.

Citiramo iz studije (a pri današnjem čitanju treba uvažiti da je to mišljeno i pisano 1989.): *Varijantom C-2 dobivaju najveća konzumna područja "Zapada": ljubljansko i zagrebačko, direktno vezu sa UCPTÉ, uz mogućnost međusobne ispomoći. Sa potencijalnim razvojem varijante uvođenjem voda Žerjavinec – Beričevo u Krško dodatno se oba područja povezuju s jakim izvorom. Ta se varijanta uklapa i u logiku jugoslavenskog sistema sa njegovim longitudinalnim prostiranjem i potrebnim pojačavanjem prijenosnih putova. Od svih varijanti u C-2 je najviše anga-*

žiran vod Melina-Tumbri. Sva incidentna čvorišta već postoje nezavisno od potreba promatranog tranzita: za C-1 odnosno C-3 treba formirati Mihovce odnosno Ljubljano 3, a za C-2 Žerjavinec već postoji. Vrijanta C-2 vrlo je prihvatljiva i u pogledu trasa: u ishodišnom dijelu iz mađarske mreže može se koristiti koridor voda 120 kV Söjtör-Nedeljanec, a dalje do Žerjavince slijediti vod 110 kV Nedeljanec-Jertovec-Žerjavinec. Od Žerjavince do lokacije Krškog lako se dobiva potrebna trasa malom preinakom prostornog plana (budući da je u njemu predviđen prsten oko Zagreba). Od Krškog do Beričeva rezervirana je trasa u prostornom planu... Trasa Beričevo-talijanska granica teče uz postojeći 400 kV dalekovod Beričevo-Divača-talijanska granica po koridoru iz dugoročnog prostorskog plana. Za očekivati je veće probleme i troškove vezane na lokacijsku problematiku naročito zbog većih šumskih površina i urbanizacije. ... Ulaz mađarskog elektroenergetskog sistema u interkonekciju UCPTTE poboljšao bi pogonske uvjete jugoslavenske mreže, jer bi po njezinoj dužini stvorio jaku paralelnu vezu. Mađarska i austrijska mreža povukle bi na sebe veliki dio izvoza iz istočne Jugoslavije prema Italiji. Istovremeno bi te mreže pružale rezervu danas jako osjetljivim jugoslavenskim uzdužnim vodovima."

Za dalji rad na tom projektu formirana je međunarodna radna grupa od predstavnika svih zainteresiranih elektroprivreda: sovjetske i talijanske, mađarske, hrvatske i slovenske, a nešto kasnije su, u rano proljeće 1990. uključeni i predstavnici austrijske elektroprivrede (jer se pokazalo u ispitivanjima varijante (C) da se promatrani tranzit zatvara približno popola kroz oba mađarska granična sistema: ex-jugoslavenski i austrijski). U daljem razvoju tog projekta, idući za snižavanjem troškova električne energije do

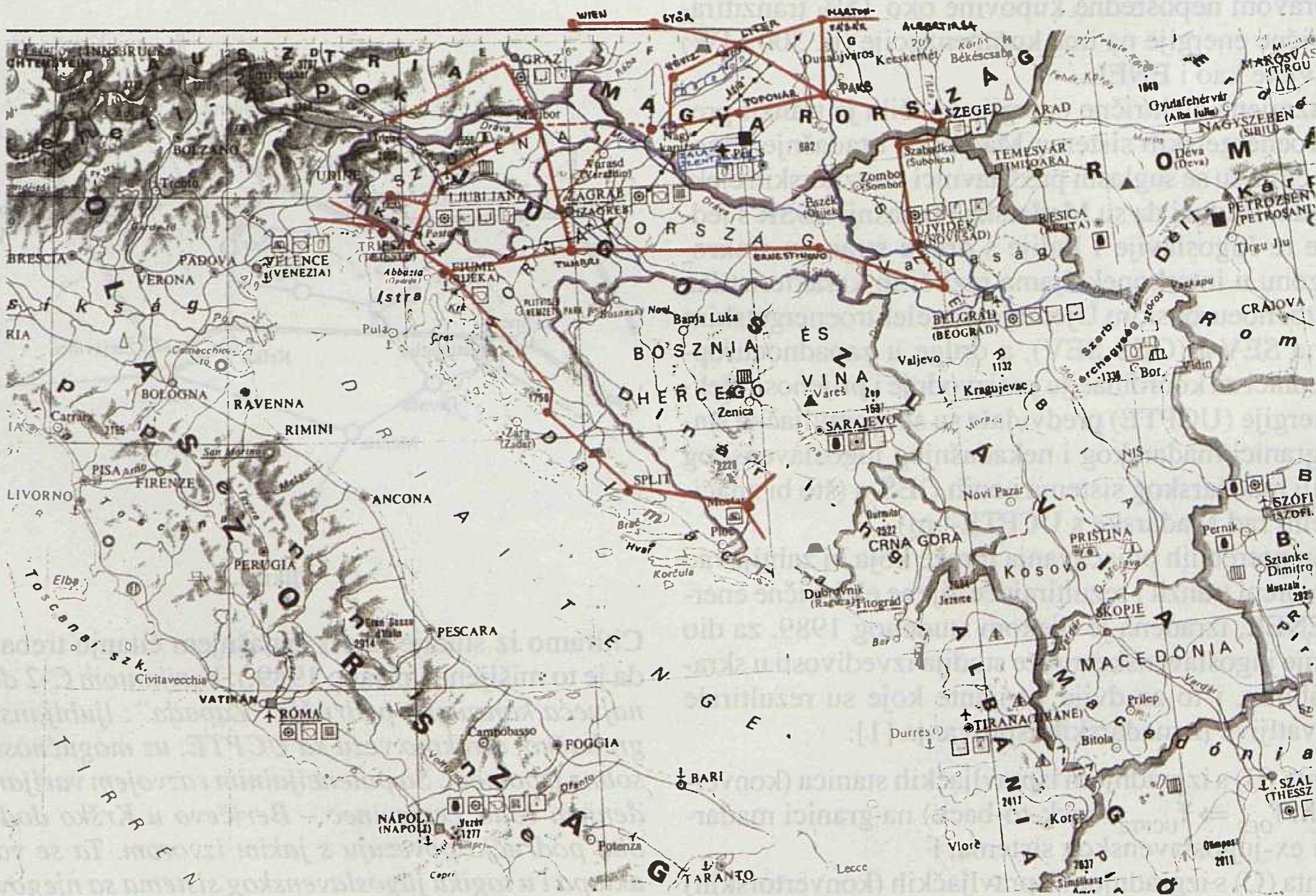
prihvatljive cijene za talijanske investitore, smanjen je taj tranzit na 1 500 MW, 10 TWh/god, tijekom petnaest godina – i konvergirajući konačnom ugovoru različite aktivnosti su se održavale sve do raspada SSSR-a i događaja u bivšoj Jugoslaviji.

Prema tome, začetak ideje interkonekcije 380 kV između Mađarske i Hrvatske na potezu mađarska granica – Zagreb bio je u projektu tranzita 2 000 MW (odnosno 2 300 MW) iz SSSR-a u Italiju.

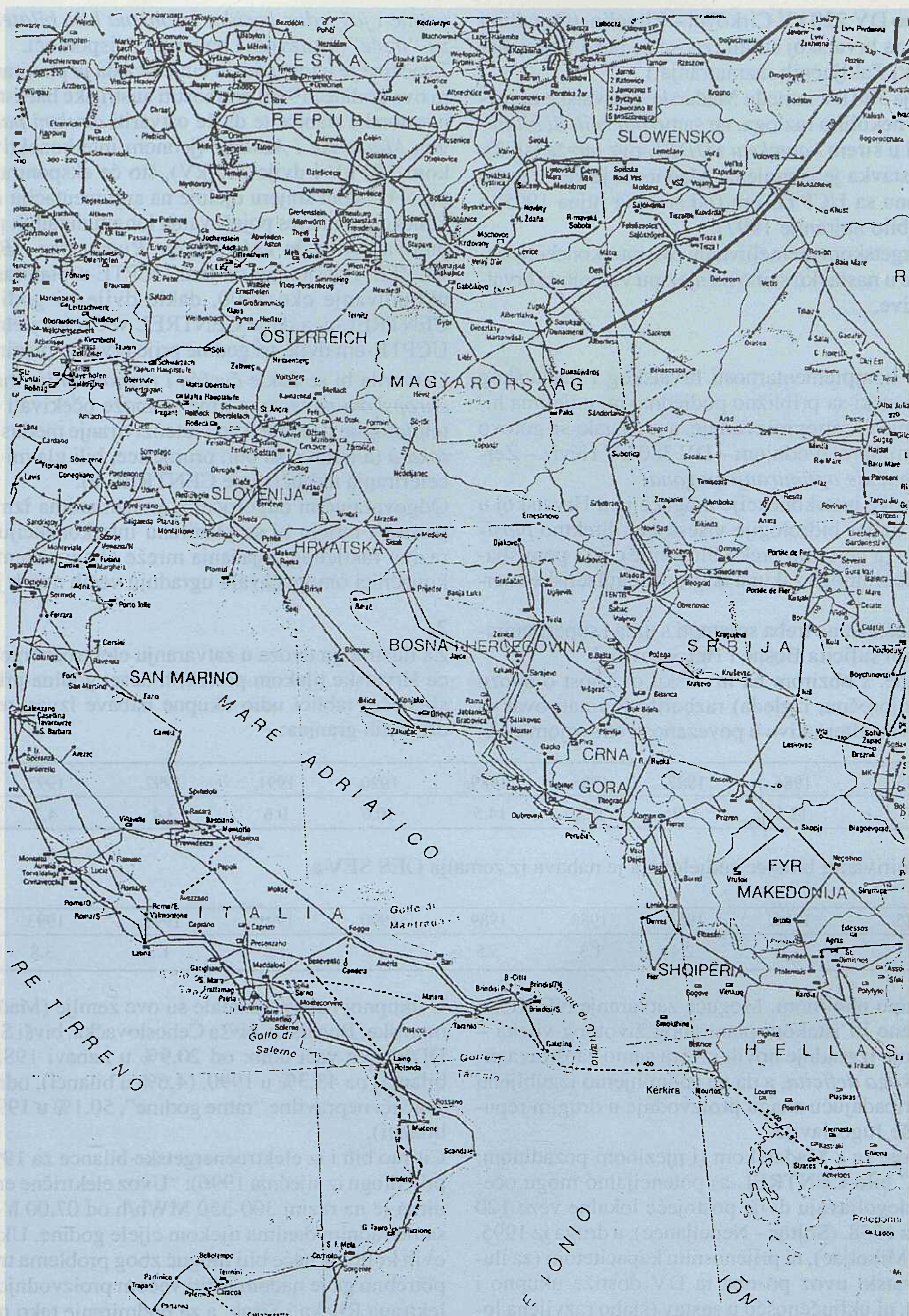
Otprije su postojale ideje povezivanja Ernestinova s Mađarskom: već u promotivnoj "Konceptiji razvoja Osnovne 380 kV mreže Jugoslavije" iz 1970. predviđena je veza (tada još) Đakovo – preko Mađarske – ČSSR.

U međuvremenu, u razdoblju od ljeta do kasne jeseni 1990., pokrenute su aktivnosti uključivanja Mađarske u UCPTTE. Konačni je rezultat bio da će se Mađarska s ostalim zemljama tzv. Višegradske skupine (Češka, Slovačka, Poljska) priključiti UCPTTE-u najkasnije do kraja stoljeća. To je bila nova bitna činjenica u ponovnom aktualiziranju veze 380 kV Žerjavinec – Mađarska.

Druga je bila nov politički položaj Hrvatske, pa time i elektroenergetskog sistema. Iz te perspektive izrazili smo već sredinom 1991. interes o statusu tog projekta (interkonektivnog voda, konkretno). Ratna razaranja hrvatske mreže potencirala su ideju povezivanja s Mađarskom (i staru na 380 kV i nove na 120/110 kV), i na pripremnom sastanku za potpisivanje protokola o suradnji HEP-MVM u Pečuhu 9. XII. 1992. dobili smo novo mađarsko viđenje 380 kV veze Žerjavinec – Mađarska: kao dvosistemski vod od Nagykanizse do mađarske granice gdje se račva u dva kraka, jedan prosljeđuje prema Žerjavincu a drugi prema Sloveniji. Slika 2. (prema izvornom mađarskom dokumentu koji sam tada dobio). I prema takvoj osnovnoj konceptiji odvija se dalji rad.



Slika 2.



Slika 3.

U elaboracijama koje su slijedile pomaknuto je ishodišno mađarsko čvorište u Héviz (iz prvobitnog Zalaszentjakab u "Projektu 1500 MW", pa Nagykanizsa).

2. ELEKTROENERGETSKA UTEMELJENOST DV 380 kV HÉVIZ – ŽERJAVINEC

Prema postojećem projektu trasa DV 380 kV Héviz – Žerjavinec je ukupno dugačka 168,5 km: na mađarskoj strani

69,5 km (62,5 km dvosistemski, 7 km jedosistemski), a na hrvatskoj strani 99 km (u punoj duljini, vjerojatno, dvosistemski). Povezivanje Mađarske i Hrvatske predviđeno je jednom trojkom. Druga trojka iz Hévizu planirana je za Sloveniju, s duljinom oko 80 km na slovenskom teritoriju (još sa alternativama trase) – a krajnje bi postrojenje bila, po novim slovenskim sagledavanjima, ne "Maribor" (točnije: Dogoše), nego nova TS 380/110 kV Cirkovci [3]; nije suviše već sada upozoriti na posljedice takve mogu-

će preinake po DV 220 kV Cirkovci – Mraclin. (O sudbini druge trojke na hrvatskoj strani iznose se neka razmišljanja u 12. točki Zaključnih razmatranja.)

Interkonekcija 380 kV između Mađarske i Hrvatske opravdana je zbog nekoliko razloga, ne samo *internih ili bilateralnih* nego i u širem *kontekstu SUDEL-ove mreže* (sl. 3). Bitna pretpostavka je ispunjena: Mađarska je već u paralelnom pogonu sa UCPTE-om (od sredine rujna 1995, a planirano je bilo najranije 1997).

U elektroenergetskom utemeljivanju ove interkonekcije zadržat ćemo se u nastavku samo na njezinu viđenju iz hrvatske perspektive.

1.

Zahvaljujući komplementarnosti hrvatskog i mađarskog sistema – hrvatski sa približno podjednakim udjelima hidroproizvodnje i termoproizvodnje, a mađarski sa gotovo isključivo termoproizvodnjom – DV 380 kV Héviz – Žerjavinec *omogućuje optimiranje pogona*.

Postojanjem ove interkonekcije moguće je u Hrvatskoj u razdobljima dobre hidrologije višestrano direktno *plasi-ranje viškova* (a ne samo preko Slovenije), pa i pomišljanje na ponudu trajnoga zakupa izvjesne regulacijske energije.

Za bližu budućnost ne treba smetnuti s uma i superponiranje očekivanih suficita Bosne i Hercegovine!

S druge strane, s obzirom na hrvatsku ovisnost o uvozu (barem srednjoročnu, izgleda) razborito je imati ovakvu interkonektivnu alternativu u povezanosti sa svojom elek-

venije i još jedan koridor razmjena bilo *bilateralnih bilo za "treće"*. Naravno, i havarijskih ispomoći.

Značajne je u tom smislu činjenica da je planirano od jeseni ove godine (1996) premostiti austrijske back-to-back konvertorske stanice te da će ostvariti *direktni paralelni pogon Mađarske i Austrije* (jednom interkonektivnom trojkom 380 kV i dvije 220 kV), što će eksponirati ovaj bypass. U istom smjeru djeluje na argumentaciju nove interkonekcije i interes pojačavanja longitudinalnih prijenosnih putova sve bliže *uključivanje Rumunjske i Bugarske* u UCPTE. Podsjetimo da je u UCPTE-u planirano njihovo uključivanje oko 2000, dakle dvije-tri godine poslije CENTREL-a, a da je CENTREL već u paralelnom radu s UCPTE-om dvije-tri godine prije prvotno planiranog roka. Ostvarila bi se dakle *čvršća i raznostranija integracija s europskom mrežom*, a time se može očekivati i *transfere tehnologije i znanja*, kao i intenziviranje međusobnih *kontakata* (a upravo su oni, primjerice, bili glavni faktori akceleriranja uključivanje CENTREL-a).

Odgovarajućim dugoročnim aranžmanima između obaju partnera moglo bi se planiranu interkonekciju uzdići na razinu faktičnog pojačanja mreže obaju sistema, što bi u konačnici omogućavalo ugradnju većih novih jedinica.

2.

Za ilustraciju uvoza u zatvaranju elektroenergetske bilance Hrvatske tijekom proteklih deset godina prikazan je u sljedećoj tablici udio ukupne nabave izvan republičkih/državnih granica:

	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.
%	12.7	12.3	9.9	12.0	14.5	10.6	0.6	3.4	4.3	12.6

i u tom podmirivanju bilance sudjelovala je nabava iz zemalja OES SEV-a:

	1985.	1986.	1987.	1988.	1989.	1990.	1991.	1992.	1993.	1994.
%	2.7	3.1	2.4	1.3	5.5	4.6	1.3	1.3	3.8	6.3

troenergetskom okolinom. Moguće zatvaranje NE Krško – prijevremeno ili istekom planiranog životnog vijeka – kao i kašnjenje izgradnje novih izvora samo zaoštava pitanje *hrvatskoga deficita*, a da ne spominjemo izgublenu Hrvatskoj pripadajuću snagu proizvodnje u drugim republikama bivše Jugoslavije.

Razmjene koje se s Mađarskom (i njezinom pozadinom: bilo "Istoka" bilo CENTREL-a) potencijalno mogu očekivati ne zadovoljavaju dvije postojeće lokalne veze 120 kV – jedna iz 1958. (Söjtör – Nedeljanec), a druga iz 1995. (Síklos – D. Miholjac), ni prijenosnim kapacitetom (za ilustraciju: hrvatski uvoz po oba ta DV dostiže ukupno i 90-tak MW), ni uključenošću u sustav (slabo razvijena lokalna mreža + nepostojanje međutransformatora 120/110 kV), ni sigurnošću krajnjih postrojenja.

DV 380 kV Héviz – Žerjavinec *logično je snažno povezivanje* sa zemljom s kojom imamo najdužu kopnenu granicu izuzev BiH – koja je do nedavno bila hladnoratovska "željezna zavjesa" između blokova (što i jest uzrok slabe razvijenosti južnoga oboda mađarskoga elektroenergetskoga sistema), a danas je to granica *između susjeda koji sinkrono rade u istoj Zajednici*.

Bila bi ova interkonekcija, prema tome, *još jedan hrvatski izlaz prema "Zapadu"* jer svi postojeći vode preko Slo-

U ukupnoj nabavi uzimale su ove zemlje (Mađarska, Rumunjska, Bugarska, bivša Čehoslovačka, bivši SSSR, bivša DDR) sve veći udio: od 20,9% u nabavi 1985. (2,7% u bilanci) na 43,3% u 1990. (4,6% u bilanci), odnosno, preskačući nepravilne "ratne godine", 50,1% u 1994. (6,3% u bilanci).

Citirao bih i iz elektroenergetske bilance za 1996. (prema prijedlogu iz siječnja 1996): "Uvoz električne energije planiran je na razini 300-350 MWh/h od 07.00 h do 24.00 h samo radnim danima tijekom cijele godine. Ukoliko uvoz ovih količina neće biti moguć zbog problema tranzita i sl., potrebno ga je nadomjestiti većom proizvodnjom termoelektrana Rijeka i Sisak, a za podmirenje tako nastalih potreba potrebno je osigurati dodatnih 30 000 tona lož-ulja mjesečno ili odgovarajuću količinu prirodnog plina."

3.

Uz sistemski efekt, DV Héviz-Žerjavinec globalno osigurava zagrebačko područje – koje ima potrošnju gotovo polovice države – a značajnu ovisnost o mreži kao izvoru. Uz to pojačavanje "grafa", ova nova grana umanjuje impedanciju mreže i treba očekivati ugodniju raspodjelu opterećenja (tokove snaga), sa svim probicima u pogledu (moćnog) *smanjenja ukupnih prijenosnih gubitaka*.

Dalje, ona ima *potencijalni kompenzacijski efekt* pri opterećenjima ispod oko 500 MW (generiranje jalove snage). Taj utjecaj trebat će zbog njegova značenja, iz opreza, ipak detaljnije istražiti.

4. U SUDEL-ovom području planirana je interkonekcija *longitudinalno osiguravanje* kontinentalnog kraka hrvatske mreže 380 kV Tumbri/Žerjavinec – “Ernestinovo” (s obzirom na potrebu njegove nove gradnje, stavljamo Ernestinovo u navodnike jer ga promatramo funkcionalno, a ne lokacijski).

Usprkos planiranom zatvaranju petljom Međurić ... Đakovo pod 220 kV, to će biti dva paralelna pravca: ispadom snažnijega isključuje se najčešće i slabiji. Dovoljno je podsjetiti na predratno iskustvo s priobalnim krakovima superponirane mreže: ispadom DV 380 kV Konjsko – Melina izbacivan je u svim težim situacijama i DV 220 kV Konjsko – Brinje (i dalje one 110 kV paralele).

Zbog sve većeg značenja magistrale Tumbri – Ernestinovo i njezine osjetljivosti (dužina 233 km; s ograničenim mogućnostima regulacije jalove snage i poznatim posljedičnim problemima /pre/visokih napona u Ernestinovu), tražilo se još u tadašnjim JUGEL-ovim studijama (između ostalog) pa zatim u onim kasnijim između Hrvatske i Bosne i Hercegovine njegovo logično osiguranje. Raspad Jugoslavije presjekao je ovu problematiku gotovo pred odlukom o izgradnji DV 380 kV Tumbri – Banja Luka (ili Bihać).

Hrvatskim osamostaljenjem ostao je slavonski krak 380 kV mreže bez rezerve. Kada se jednoga dana ponovno zatvori pravac prema “Mladosti” – slijedeći logiku ostale infrastrukture: autocesta, željeznice, naftovoda, telekomunikacija itd – onda je za slavonsku magistralu i “normalan” vektor energije prema Zagrebu najprobitačnije za Hrvatsku imati rezervu kroz Mađarsku (a ne kroz BiH, ako bi se ostalo kod starih ideja, zbog teško ostvarivih potrebnih pojačavanja mreže unutar BiH potrebnih za efikasnost te veze /potpora Banje Luke/). Dakle, ispadne li jedna od dionica grane “Mladost” – “Ernestinovo” – Žerjavinec, preuzela bi njegovu ulogu petlja “Mladost” ... Subotica... Héviz – Žerjavinec (do jedne budućnosti kada će se realizirati grana “Ernestinovo” – Paks).

Ne treba predvijeti niti eventualnu ulogu grane Héviz – “Maribor” u osiguranju poteza Tumbri – NE Krško (međudržavnog: i sa slovenskim ingerencijama, kojima se ovaj potez lako otvarao /odnosno nije zatvarao; po sjećanju: tijekom remonta NE Krško krajem 1994. ili početkom 1995/).

Uz ulogu u regiji: u povezivanju “Istoka” i “Zapada”, DV 380 kV Héviz – Žerjavinec je u ovakvom promišljanju osiguravanje i hrvatske mreže!

Ono, međutim, ne bi smjelo odgađati efikasno zatvaranje slavonske petlje unutar hrvatskih granica (to znači sa 380 kV). Najnoviji još radni, rezultati iz “Predstudije dugoročnog razvoja veleprijenosne 400 i 220 kV mreže”, na to ukazuju.

5. Razvijenost mreže SUDEL-a (jugoistočnog krila UCPTE-a, koji čine Austrija, Italija, Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, SR Jugoslavija /Srbija, Crna Gora/, Makedonija, i, u tehnološkom ali ne i u organizacijskom smislu

Albanija) u novim okolnostima proširenja CENTREL-om pokazuje *deficijenciju u transverzalnim interkonekcijama*: od Vojvodine do Tirola nema snažnije veze između Sjevera i Juga. (Usput, iz povijesnog pamćenja: taj za SRJ /Srbija, Crna Gora/ sada tako važan DV iz Subotice, pušten u pogon 1988, financirala je sama Vojvodina i tretiran je u ono vrijeme kao “autonomaška” investicija). Tako bi DV 380 kV Héviz – Žerjavinec praktički značio tranzitni by-pass austrijske mreže (dok se tamo ne izgradi toliko opstruirana veza između Beča i Kainachtala, no ni po njezinoj eventualnoj izgradnji neće hrvatsko-mađarska interkonekcija izgubiti svoju ulogu (minimalno sigurnosnu) – sa svim koristima tranzitiranja).

Postojanje DV 380 kV Tumbri – Melina omogućuje dalji razvod, a u dugoročnom razvoju hrvatske superponirane mreže za očekivati je pojačavanje ovog evakuacijskog koridora (npr. pregradnjom DV Brinje – Mraclin s 220 kV na 380 kV).

6. Za DV 380 kV Héviz – Žerjavinec nužno bi bilo postojanje dijela 380 kV u TS Žerjavinec, što bi provociralo početak njezine aktivne izgradnje (u opskrbenoj funkciji). Dostatno je zasnovati je u nekom rudimentarnom obliku, a za utemeljene odluke bit će vremena, a počne li se pravodobno, i za dobru analizu adekvatnog opsega i vremenskog plana izgradnje.

Mrak u širem dijelu širega zagrebačkoga gradskog područja pri uzastopnim kvarovima u TS Tumbri (30. III, pa 28. IX i 6. X) odnosno nedavno u TS Jarun (15. XII), koliko sam neusustavno evidentirao, samo su “sjećanje na budućnost” onoga što valja očekivati i u istočnom dijelu bude li mreža i dalje stagnirala.

7. Konačno, moguće je zamisliti i promatranu interkonekciju i bez Žerjavince i to bi bio *minimum investicije*.

Jer, vrijedi još jednom razjasniti (i ponoviti, jer se problematika prečesto ne razlikuje): ova interkonekcija ne zahtijeva transformaciju 380/110 kV (ili 220 kV) u Žerjavincu, a bez transformatora Žerjavinec ne znači ništa za zagrebačko područje. Prema tome, TS Žerjavinec nominira potreba napajanja zagrebačkoga područja, a ne priključak interkonekcije.

Prema postojećem planu, povezana je Hrvatska s Mađarskom samo jednom trojkom.

Moglo bi se tu interkonektivnu trojku uvesti direktno u Tumbre preko lokacije budućih sabirnica 380 kV u Žerjavincu; u Tumbri ima još mjesta za takvo vodno polje (i za ono sljedeće). Kada se Žerjavinec jednom pojavi, u njega bi se učvorio mađarski vod, a dionica Žerjavinec – Tumbri, koja će nastati priključkom Žerjavince uvodom/izvodom DV Tumbri-“Ernestinovo” s lokacije Prevlaka, bila bi druga trojka između Žerjavince i Tumbra (ionako potrebna).

8. TS Žerjavinec treba zbog sigurnijeg napajanja zagrebačkoga područja, gotovo polovice konzuma Hrvatske, pa makar ga improvizirali trećim transformatorom iz TS Tumbri.

Da bi se potencirao taj problem, kao da bi se trebalo podsjetiti na iscrpne diskusije prije desetak godina potaknute

studijom "Problematika napajanja konzumnog područja Zagreb-makro s aspekta izgrađenosti i pouzdanosti superponirane mreže i interkonekcije", Institut za elektroprivredu, Zagreb, prosinac 1984 – travanj 1985 – koja je nepobitno pokazala potrebu izgradnje TS 380/110 kV Žerjavinec i DV 380 kV Tumbri – Melina. O odjecima vidjeti npr. [4] i [5].

Konačni je rezultat bio da je DV 380 kV Tumbri – Melina izgrađen i u pogonu (nažalost kao jednosistemski – vidjeti [6] – a izgradnja TS 380/110 kV Žerjavinec, iako započeta približno kada i vod (1989), više-manje stagnira.

3. FORMIRANJE MODELA PROMATRANOG DIJELA SISTEMA

Za dobivanje osnovnog uvida u očekivane tokove snaga i ulogu nove grane u sistemu, formiran je model i na njemu su obavljena odgovarajuća mjerenja.

Trilateralno je dogovorena baza podataka za mađarsko-hrvatsko-slovenski podsistem, a svaki partner ga je dalje dopunio prema vlastitim projekcijama. Za Hrvatsku je bilo zanimljivo postaviti ex-Jugelovu mrežu u njezinoj predratnoj konfiguraciji, a iz nje se lako dolazilo u aktualno stanje izoliranjem "Ernestinova" od Ugljevika i "Mladosti", uloga Đakovo je zanemariva. Dogovoreni su scenariji mjerenja: tokovi snaga u osnovnom stanju i pri tranzitima prema uobičajenim kriterijima, pa provjera razine struja kratkog spoja i prijelazne stabilnosti.

U nastavku slijedi određenje hrvatskog dijela modela.

1. Elektroenergetske podloge

Potrošnja

Prema prvotnom planu, promatran je interkonektivni DV 380 kV između Hrvatske i Mađarske u pogonu na vremenskom horizontu mađarskog ulaska u UCPT, dakle nazivne 1997.

Očekivalo se da bi se vršna potrošnja Hrvatske oko nazivne 1997. mogla regenerirati na razinu one predratne (iz 1990: 2421 MW). Prema tada najnovijim prognozama (listopad 1994), to je pomaknuto još i kasnije: 2 433 MW, 15,26 TWh u 2000. (a na krajnjem horizontu 2010. godine 3 172 MW, 20,18 TWh).

Za formiranje mađarsko-hrvatsko-slovenskog modela za ispitivanja interkonekcije 380 kV između Hrvatske i Mađarske pretpostavljen je nešto brži oporavak potrošnje: pretpostavljena je *razina vršne potrošnje Hrvatske 2468 MW na kojoj bi taj interkonektivni vod mogao biti u pogonu* (to je približno prosjek maksimuma u razdoblju 1985-1990).

Prema posljednjim razradama mreže, ponajviše studij "Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89-2010. godine" iz 1990, raščlanjena je ova istodobna vršna potrošnja – jer će se promatrati mreža 380 kV i 220 kV – po (raspoloživim) čvorištima mreže 110 kV (sa sprezanjima gdje je to opravdano, npr. radijalni krakovi). Pretpostavljena je kvalitativno (distribucija, direktni/specijalni potrošači) i kvantitativno (udjela) slična raspodjela potrošnje.

Promatrana je "normalna" mreža, tj. u konfiguraciji kao 1990.

Treba napomenuti da su modelska mjerenja započeta prije kolovoza 1995, dakle još u vrijeme kada je dio hrvatskog

teritorija bio okupiran, pa je ispitivana i tada aktualna varijanta: samo s onim dijelom Hrvatske koji je bio u paralelnom radu s UCPT-om. Prema internoj podjeli, tu je varijantu ispitala mađarska strana.

U varijanti "normalne" mreže (tj. predratne) vršno je opterećenje 2 468,0 MW; s računskim gubicima na modelu sistema 30.9 MW slijedi da je ukupno vršno opterećenje 2 498,9 MW.

Proizvodnja

Angažirani su izvori na 110 kV, u MW:

HE Varaždin	43
HE Čakovec	39
HE Dubrava	38
HE Gojak	32
HE Rijeka	36
HE Vinodol	80
HE Sklope	23
HE Senj	72
HE Peruča	20
HE Manojlovac	31
HE Dubrovnik	95
HE Đale	20
HE Zakučac	135
EITO Zagreb	27
TETO Zagreb	100
TE Sisak	188
TE Plomin	90
TETO Osijek	42

Ukupno 1131

Ostaje, dakle, ukupna potrošnja Hrvatske na razini mreže 380 kV i 220 kV: 2498,9 – 1131 = 1367,9 MW.

U mreži 220 kV angažirano je, u MW:

TE Sisak	198
TE Plomin 2	198
HE Senj	72
TE Rijeka	303
HE Orlovac	158
HE Zakučac	108

Ukupno 1037

Prema tome, deficit je Hrvatske: 1 367,9 – 1 037 = 330,9 MW.

Modeliran je deficit Hrvatske u redu veličine pripadajućeg dijela NE Krško (316 MW); s ostalim udjelima u elektranama izvan državnih granica nije računano.

Opterećenje superponirane mreže

S ovom potrošnjom i proizvodnjom modelirana je prijenosna mreža Hrvatske. Tokovi snaga u osnovnom stanju (znači: u konfiguraciji "normalne" mreže i angažiranju izvora prema navedenom očekivanom voznom redu) dali su opterećenja transformatorskih stanica 380/110 kV i 220/110 kV u hrvatskom podsistemu, i to je ulazni podatak za formiranje mađarsko-hrvatsko-slovenskog modela sistema.

Opterećenja ostaloga dijela sistema (izvan Hrvatske) razrađene su na sljedeći način.

(a) Elektroenergetsko stanje za odgovarajući dio ex-JUGEL-ova sistema aproksimativno je modeliran prema "Studiji razvoja prijenosne mreže Jugoslavije do 2000. godine s osvrtom na 2010. godinu", iz srpnja 1991. (koju su radili Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd, Elektrotehnički institut "Milan Vidmar", Ljubljana i Institut za elektroprivredu, Zagreb). Konzistentno s potrošnjom Hrvatske uzete su potrošnje nazivne 1990: BiH 1 900 MW, Vojvodina 1 198 MW; potrošnja Hrvatske bila je u ovoj studiji 2 550 MW.

Angažiranje elektrana provedeno je tako da je pokrivena samo potrošnja: sistemi BiH odnosno SRJ su izbilancirani: bez viškova.

(b) Podaci za mađarski i slovenski sistem dobiveni su u dogovorenoj međusobnoj razmjeni. Mađarski je uravnotežen, slovenski u višku 316 MW, a hrvatski približno toliko u manjku (polovica NE Krško).

(c) Podaci za ostali dio SUDEL-ova i CENTREL-ova sistema uzeti iz dostupnih najnovijih UCPT-ovih datoteka (raspoloživih u podgrupi "Predviđanje tokova snaga" Radne grupe "Eksploatacija interkonektivne mreže"). Modelirani dio Austrije pretpostavljen je deficitu 450 MW, a modelirani dio Italije je izbilanciran.

Mreža promatranog dijela sistema u hrvatskim ispitivanjima prikazana je na sl. 4.

Referentno čvorište modeliranog sistema uzeto je u Slavicama (Češka Republika).

4. OSNOVNO STANJE

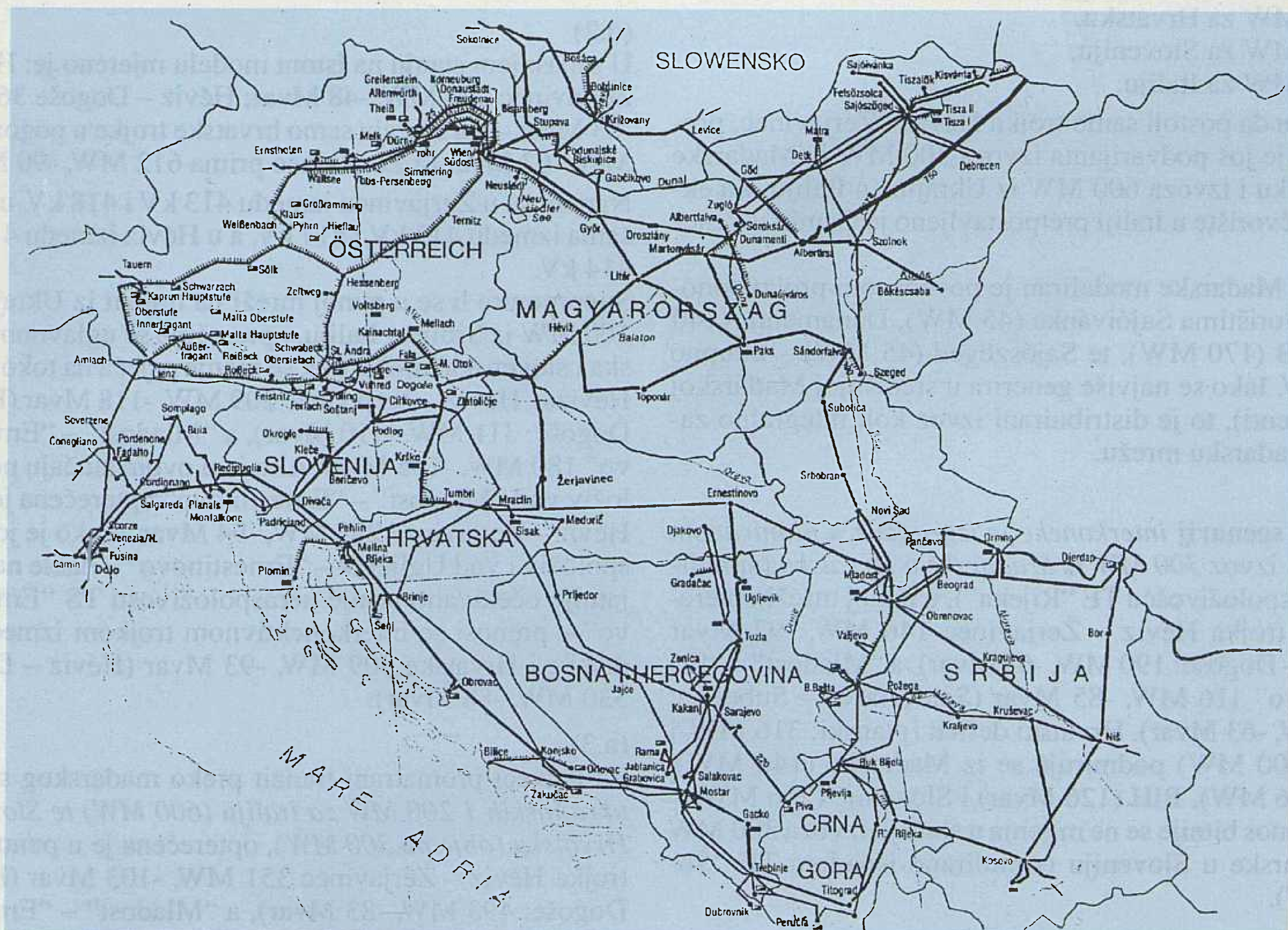
U osnovnom stanju promatrana je planska bilanca prema kojoj je Hrvatska u manjku 316 MW za pripadajući dio snage NE Krško izvan državnih granica. S ostalim dijelom ex-JUGEL-a Hrvatska nema planiranih razmjena iako su svi vodovi raspoloživi. BiH i SRJ (Srbija, Crna Gora) svaka su za sebe uravnotežene i kroz mrežu se zatvaraju samo "prirodni" tokovi (bez utjecaja na zaključke). Mađarski sistem je uravnotežen (modelirani dio austrijskog sistema: -450 MW, a talijanskog uravnotežen).

Izložemo neke od rezultata.

(a) U *predratnom stanju ex-JUGEL-ove mreže*, Héviz daje Žerjavincu 65 MW, -82 Mvar, a Dogošama 98 MW, -33 Mvar; Sandorfalva Subotici 169 MW, -19 Mvar ("Mladost" – "Ernestinovo" 84 MW, -129 Mvar). Hrvatski deficit podmiruje se, dakle, iz Mađarske (65 MW), SRJ (84 MW), BiH (93 MW) i Slovenije (62 MW). Ako nije raspoloživa trojka za Dogošu, Héviz daje Žerjavicu: 116 MW, -84 Mvar.

Značajniji je utjecaj zatvaranje petlje Beč – Kainachtal, praktički paralelne onoj Héviz-Žerjavinec, koja rasterećuje mađarsku interkonekciju sa Žerjavincem. Mađarska bi davala 34 MW, SRJ 72 MW, BiH 88 MW, a Slovenija 110 MW; Héviz-Dogoše 32 MW, -36 Mvar.

(b) Ako 380 kV dio TS "Ernestinovo" još nije obnovljen – tokovi su iz Héviza prema Dogošama 99 MW, -44 Mvar, a prema Žerjavincu 134 MW, -80 Mvar; u podmirivanju deficita Hrvatske sada sudjeluje Mađarska (134 MW), Slovenija (75 MW) i BiH (97 MW: interkonekcije iz Đa-



Slika 4.

kova, Prijedora, Jajca, Mostara). Ako trojka Héviz-Dogoše nije u pogonu, Héviz daje Žerjavnicu 191 MW, -86 Mvar. Hrvatski deficit podmiruje se iz Mađarske (191 MW), Slovenije (5 MW) i BiH (110 MW).

(c) Ako bi postojala veza BiH-SRJ (Srbija, Crna Gora) samo na južnom potezu (na Trebinju), dakle bez "Ernestinova" i veza BiH sa zagrebačkim područjem: Héviz – Žerjavinec 153 MW, -39 Mvar, Héviz – Dogoše 89 MW, -42 Mvar. Hrvatski deficit podmiruje se dakle iz Mađarske (153 MW), BiH (90 MW) i Slovenije (64 MW). Bez Dogoša: Héviz – Žerjavinec 206 MW, -74 Mvar.

(d) U sadašnjem stanju mreže (Hrvatska i BiH izolirane su prema SRJ, Herceg-Bosna priključena na Dalmaciju) mjereni su tokovi: Héviz – Žerjavinec 186 MW -48 Mvar, Héviz – Dogoše 126 MW, -69 Mvar. Ako ne bi bila raspoloživa trojka za Dogoše: Héviz – Žerjavinec 270 MW, -54 Mvar.

U svim ovim ispitivanjima naponi su u Žerjavincu bili oko 418 kV, a u Dogošama i Hévizu (bez prigušnice) između 410 kV i 415 kV.

5. RAZMJENE I TRANZITI

Prema dogovoru promatrani su sljedeći tranziti:

- (a) izvoz 300 MW iz Mađarske u Hrvatsku,
- (b) izvoz 300 MW iz Mađarske u Sloveniju,
- (c) izvoz 600 MW iz Ukrajine u Italiju (injekcija u Mukačevu),
- (d) izvoz 1200 MW iz Ukrajine (injekcija u Mukačevu):
300 MW za Hrvatsku,
300 MW za Sloveniju,
600 MW za Italiju.

U slučaju da postoji samo trojku Héviz – Žerjavinec, promatrana je još podvarijanta izvoza 300 MW iz Mađarske u Hrvatsku i izvoza 600 MW iz Ukrajine u Italiju. Za eksportno čvorište u Italiji pretpostavljeno je Camin u Venetu.

Izvoz iz Mađarske modeliran je povećanom proizvodnjom u čvorištima Sajóvívanka (45 MW), Dunamenti A (40 MW) i B (170 MW), te Sajószöged (45 MW) – ukupno 300 MW. Iako se najviše generira u središnjoj Mađarskoj (Dunamenti), to je distribuirani izvoz koji integralno zahvaća mađarsku mrežu.

(a.1) Za prvi scenarij interkonekcije izgrađene u planiranom opsegu i izvoz 300 MW iz Mađarske u Hrvatsku (simuliran neraspoloživostu TE "Rijeka"), u punoj mreži opterećena je trojka Héviz – Žerjavinec 146 MW, -97 Mvar (Héviz – Dogoše: 190 MW, -63 Mvar), a "Mladost" – "Ernestinovo" 116 MW, -85 Mvar (Saldorfalva – Subotica: 231 MW, -63 Mvar). Hrvatski deficit (planski: 316 MW, i ispad: 300 MW) podmiruje se iz Mađarske (146 MW), SRJ (116 MW), BiH (126 Mvar) i Slovenije (216 MW). Taj prijenos bitnije se ne mijenja u slučaju izvoza 300 MW iz Mađarske u Sloveniju (simulirano ispadom TE "Šoštanj V").

(b.1) Ako je neraspoloživo "Ernestinovo", tokovi su trojkom

Héviz – Žerjavinec 221 MW, -85 Mvar, a Héviz – Dogoše 197 MW, -62 Mvar – odnosno, pri ispadu slovenske trojke, Héviz – Žerjavinec 340 MW, -92 Mvar.

(c.1) S vezom BiH – SRJ samo na Trebinju bilo bi: Héviz – Žerjavinec 240 MW, -66 Mvar; Héviz – Dogoše 187 MW, -68 Mvar – a u slučaju samo hrvatske trojke u pogonu: 350 MW, -72 Mvar.

(d.1) U sadašnjem stanju (analogno /d/) u prethodnom poglavlju): Héviz – Dogoše 244 MW, -72 Mvar – a u slučaju samo hrvatske trojke u pogonu: 451 MW, -63 Mvar (a Žerjavinec prima 445 MW, -27 Mvar).

Naponi su u Žerjavincu oko 418 kV, a u Hévizu i Dogošama oko 413 kV.

(a.2) Tranzitira li se iz Ukrajine 600 MW u Italiju opterećena je u punoj mreži trojka Héviz – Žerjavinec 206 MW, -92 Mvar (Héviz – Dogoše: 290 MW, -58 Mvar), a "Mladost" – "Ernestinovo" 146 MW, -78 Mvar (Saldorfalva – Subotica: 283 MW, -63 Mvar).

(b.2) Ako "Ernestinovo" nije obnovljeno, tokovi su: Héviz – Žerjavinec 292 MW, -95 Mvar (Héviz – Dogoše: 306 MW, -88 Mvar) – odnosno samo s hrvatskom trojkom: 473 MW, -95 Mvar.

(c.2) Samo sa vezom BiH – SRJ na južnom dijelu: Héviz – Žerjavinec 309 MW, -49 Mvar; Héviz – Dogoše 296 MW, -78 Mvar – a u slučaju samo hrvatske trojke u pogonu: 486 MW, -67 Mvar.

(d.2) U sadašnjem stanju na istom modelu mjereno je: Héviz – Žerjavinec 374 MW, -48 Mvar; Héviz – Dogoše 369 MW, -63 Mvar – a u slučaju samo hrvatske trojke u pogonu: 624 MW, -63 Mvar (a Žerjavinec prima 612 MW, -90 Mvar). Naponi su u Žerjavincu između 413 kV i 418 kV, u Dogošama između 413 kV i 417 kV, a u Héviz između 410 kV i 414 kV.

Superponira li se u punoj mreži na tranzit iz Ukrajine još 100 MW iz Srbije u Italiju, opterećuje se uglavnom hrvatska i slovenska mreža, dok se manje osjeća na tokovima iz Héviza: Héviz – Žerjavinec 209 MW, -118 Mvar (Héviz – Dogoše: 311 MW, -110 Mvar), a "Mladost" – "Ernestinovo" 180 MW, -105 Mvar. Ako je u ovom slučaju neraspoloživ vod "Mladost" – "Ernestinovo" opterećena je trojka Héviz – Žerjavinec 257 MW, -94 Mvar. A ako je još neraspoloživ i vod Ugljevik – "Ernestinovo" – dakle najvjerojatnije očekivano stanje neraspoloživosti TS "Ernestinovo" – prenosi se interkonektivnom trojkom između Mađarske i Hrvatske 309 MW, -93 Mvar (Héviz – Dogoše: 330 MW, -88 Mvar).

(a.3) Za najveći promatrani tranzit preko mađarskog sistema: ukrajinskih 1 200 MW za Italiju (600 MW) te Sloveniju i Hrvatsku (obje po 300 MW), opterećena je u punoj mreži trojka Héviz – Žerjavinec 351 MW, -103 Mvar (Héviz – Dogoše: 493 MW, -83 Mvar), a "Mladost" – "Ernestinovo" 208 MW, -93 Mvar (Saldorfalva – Subotica: 402 MW, -60 Mvar).

(b.3)

Bez "Ernestinova": Héviz – Žerjavinec 447 MW, -107 Mvar, a Héviz – Dogošće: 512 MW, -99 Mvar. Bez slovenske trojke: Héviz – Žerjavinec 750 MW, -62 Mvar.

(c.3)

Sa vezom BiH – SRJ samo preko Trebinja: Héviz – Žerjavinec 466 MW, -74 Mvar, a Héviz – Dogošće: 508 MW, -102 Mvar. Bez slovenske trojke: Héviz – Žerjavinec 770 MW, -33 Mvar.

(d.3)

U aktualnoj mreži: Héviz – Žerjavinec 562 MW, -73 Mvar; Héviz – Dogošće 616 MW, -98 Mvar – a u slučaju samo hrvatske trojke u pogonu: 984 MW, 58 Mvar (a Žerjavinec prima 952 MW, -202 Mvar – što znači da su gubici na vodu 32 MW, 259 Mvar, uz napon u Žerjavincu 392 kV). Naponi su u Žerjavincu između 408 kV i 418 kV, u Dogošćama između 412 i 416 kV, a u Hévizu između 400 kV i 412 kV.

Superponira li se sada na ovaj tranzit još 100 MW iz Srbije u Italiju, neće se opet ovi tokovi iz Mađarske bitnije promijeniti.

U drugom scenariju, postojanja samo trojke Héviz – Žerjavinec, i to promatrane samo u punoj mreži, mađarski izvoz 300 MW opteretio bi je sa 255 MW, -103 Mvar, a tranzit iz Ukrajine 600 MW u Italiji 374 MW, -96 Mvar. Superponiranje na taj ukrajinski izvoz još 100 MW iz Srbije za Italiju neće bitnije promijeniti opterećenje voda Héviz – Žerjavinec.

S ukrajinskim i srpskim izvozom, a bez voda "Mladost" – "Ernestinovo", bilo bi opterećenje (jedine) trojke Héviz – Žerjavinec 451 MW, -79 Mvar – a još i bez grane Ugljevik – "Ernestinovo" 499 MW, -76 Mvar.

Ispitan je i najveći tranzit preko mađarskog sistema u punoj ex-JUGEL-ovoj mreži: 1200 MW iz Ukrajine (600 MW u Italiju, po 300 MW za Hrvatsku i za Sloveniju) uz dodatnih 100 MW iz Srbije za Italiju, i to za slučaj postojanja samo jedne trojke Héviz – Žerjavinec; opterećena je 649 MW, -82 Mvar. Isključenjem voda Sandorfalva – Subotica povisuje se na 987 MW, -23 Mvar (a u Žerjavincu se mjeri 956 MW, -267 Mvar, što znači da su gubici na vodu 31 MW, 243 Mvar, uz napon 408 kV).

6. OSNOVNI TEHNIČKO-PROSTORNI PARAMETRI

Na sastancima mađarskih i hrvatskih stručnjaka iz elektroprivreda i projektnih organizacija, od Héviza 23-24. XI. 1994. do Pécs-Kövestető 9-11. X. 1995, dogovoreni su tehnički parametri interkonekcije 380 kV Héviz – Žerjavinec i unijeti u tzv. "Memorandum of Interest". U tablici 1. i 2. dani su osnovni parametri iz "Memoranduma". Treba napomenuti da se neki od tih parametara još optimiraju: parametri dozemnog užeta bit će vjerojatno ekvivalentni onome presjeka AlMg1E/Č 120/70, a još je otvoreno i pitanje izolacijskog nivoa.

Istovremeno su radili projektanti na određivanju trasa, tako da su utvrđene trase na teritoriju obiju država, kao i granični prijelaz. U tom trasiranju odstupilo se od polazne ideje iz [2] da se iskoristi koridor voda Söjtör – Nedeljanec – Jertovec – Žerjavinec: pronađena je nova trasa s kojom se ne dira u postojeću mrežu (iako se postavlja pitanje funkcije voda 120 kV Söjtör – Nedeljanec po izgradnji interkonekcije 380 kV). Na sl. 5. i 6. prikazana je trasa na

mađarskom i hrvatskom teritoriju.

Na osnovi utvrđenih trasa izrađena je "Studija utjecaja na okoliš dalekovoda 2x400 kV Žerjavinec – Mađarska" i početkom ove godine dana na javnu raspravu.

Prema sadašnjem planu ostvario bi se projekt interkonekcije 380 kV između Hrvatske i Mađarske u dvije etape:

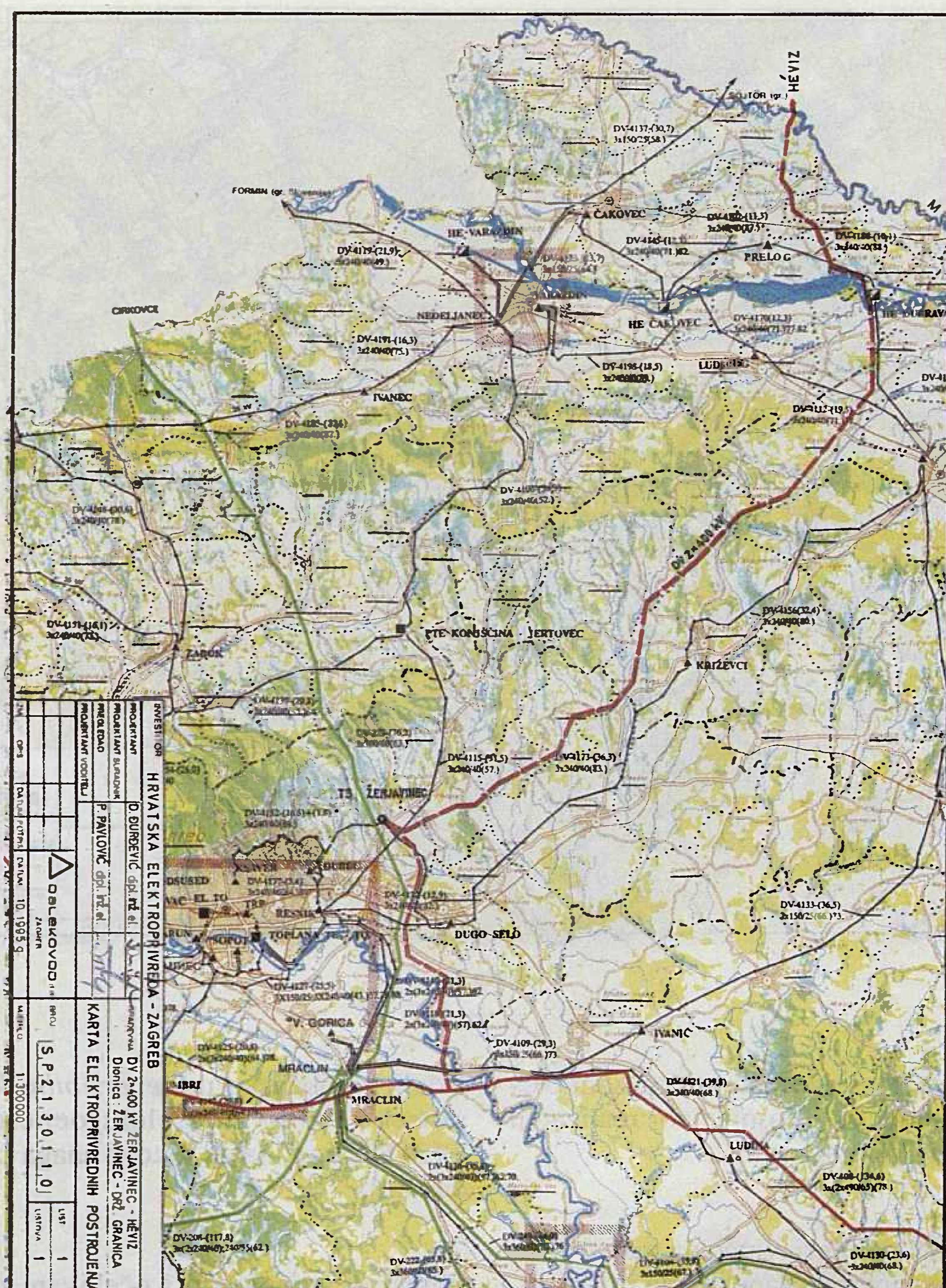
- I. etapa – 380 kV postrojenje u TS Žerjavinec (sa šest vodnih polja) i dvosistemski vod do hrvatsko-mađarske granice, odnosno do presjecišta voda Tumbri-"Ernestinovo" (lokacija Prevlake),
- II. etapa – puna izgradnja TS Žerjavinec i njegova interpolacija u mrežu 110 kV.

Približna informacija o cijeni izgradnje može se zaključiti na temelju podataka iz "Croatia – Power Investment Master Plan; Draft Report 1", EBRD Loan, EdF+HEP, studeni 1995. Te jedinične cijene dane su u tablici 3.

Tako bi ukupna cijena prve etape bila oko 138x106 DEM, a druge oko 32x106 DEM, tako da bi cijeli projekt "težio" oko 170x106 DEM.

Tablica 1.

Žerjavinec-Nacional boundary 400 kV overhead line		
Technical data		
1.	General data	
1.1.	Total route length: double circuit:	99 km
1.2.	Normal span	400 m
	Wind span	410 m
	Weight span (max)	800 m
1.3.	Bundle conductor	
	Material:	Aluminium/Steel HRN N.Cl.351-490/ 565-Al/Č
	Normal area of bundle conductor	
	Total area:	2x553.90 mm ²
	Area of Aluminium:	2x490.30 mm ²
	Area of Steel:	2x63.60 mm ²
	Ratio of cross-sectional area of Al to that of Steel:	7.7:1
	Quarter diameter:	2x30.60 mm
	Weight of bundles:	2x1.886 kg/m
1.4.	Earth conductor:	
	Material	E-AlMgSi/St HRN N.Cl.551-240/55- AlMgIE/Č
	Norminal area of earth conductor	1x240/55 mm ² +OPGW
	Total area:	1x297.60 mm ²
	Area of Aluminium:	1x241.30 mm ²
	Area of Steel:	1x56.30 mm ²
	Ratio of cross-sectional area of Al to that of Steel:	4.4:1
	Outer diameter:	22.40 mm
1.5.	Insulators:	
	Double suspension string insulator for suspension tower	2x17 units glass insulator
	Double tension string insulator for tension tower	2x17 units glass insulator
2.	Elektrical characteristics	
2.1.	Positive sequence resistivity	3.00 Ω
2.2.	Positive sequence inductance	31.33 Ω
2.3.	Nulla sequence resistivity	13.89 Ω
2.4.	Nulla sequence inductance	90.76 Ω
2.5.	Positive sequence capacitance	2799.40 Ω
2.6.	Positive sequence capacity	1130.73 nF
2.7.	Capacitive charging current	82.50 A
2.8.	Capacitive charging power	56.84 MWAr
2.9.	Nulla sequence capacitance	5052.40 Ω
2.10.	Nulla sequence capacity	624.38 nF
2.11.	Natural transmitted power	537.56 MVA



Slika 5.

de je jedan dvosistemski 380 kV vod koji se na tromeđi račva: i jedna se trojka uvodi u Dogoše (Maribor), a druga u Žerjavinec.

1. Za Hrvatsku u cjelini, koja je osamostaljivanjem došla u položaj da definira svoj autonomni elektroprostor, interkonekcija s Mađarskom otvara još jedan prijenosni koridor sa UCPTÉ-om jer su sve postojeće veze samo kroz Sloveniju.

Skorašnje direktno povezivanje Mađarske i Austrije (premoštavanjem back-to-back stanica, u jesen ove godine) podiže rangiranje ovog aspekta mađarsko-hrvatske (i slovenske) interkonekcije.

2. Interkonekcija Héviz – Žerjavinec omogućuje iskorištavanje komplementarnosti mađarskog i hrvatskog elektroenergetskog sistema: jednog temeljenog na energiji, a drugoga i na snazi – i obostrano optimiranje eksploatacije: temeljna mađarska energija i varijabilna/vršna hrvatska (a možda i bosanskohercegovačka).

Ulazeći u CENTREL (koji je od rujna prošle godine u paralelnom radu sa UCPTÉ), promatrana grana u odnosima

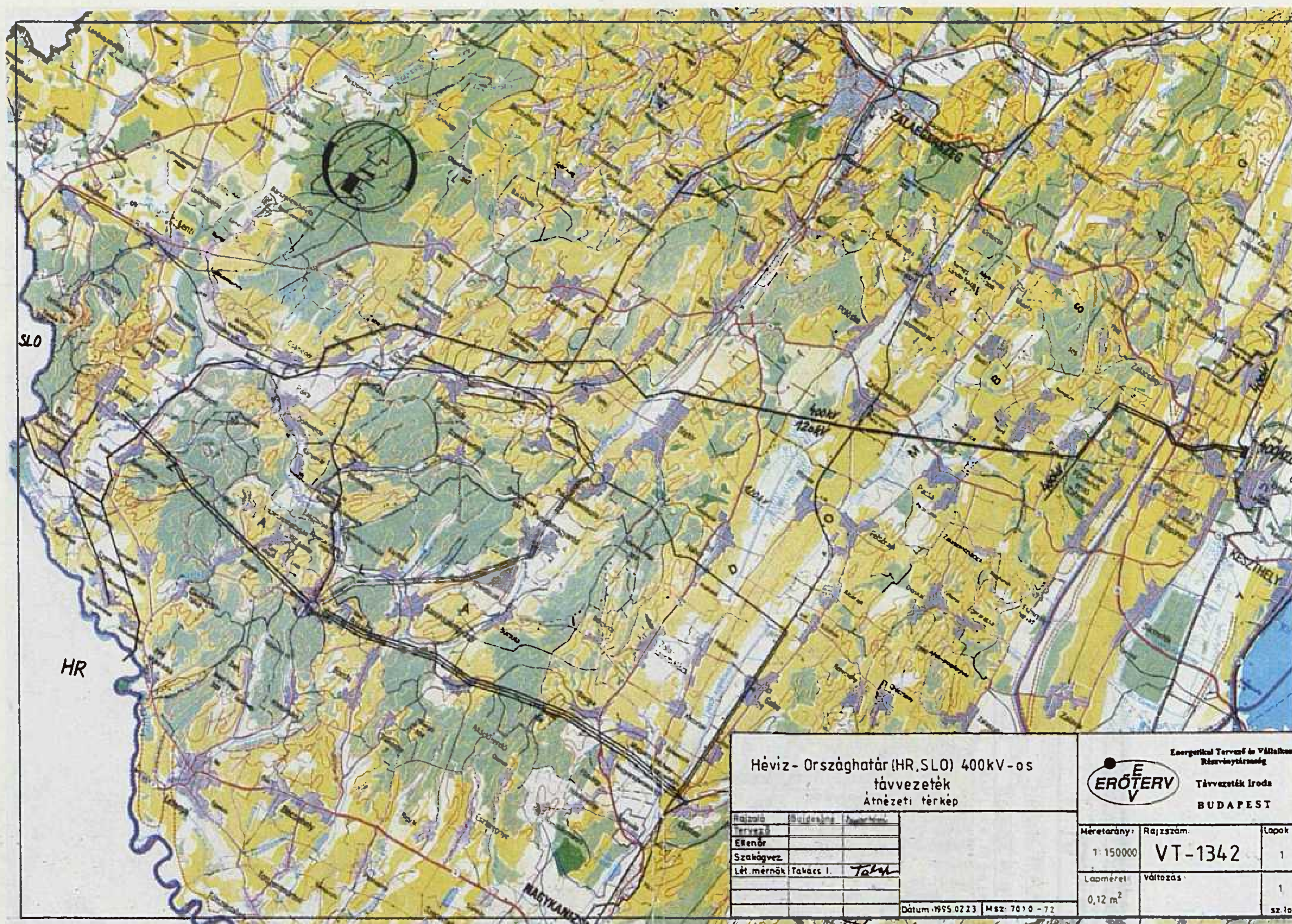
konkurencije energetskeg tržišta, omogućuje Hrvatskoj veliku elastičnost u gospodarski povoljnom zatvaranju bilance (približavajući europski, a nekad SEV-ovski, “Istok” i “Sjever”).

3. Ona povećava sigurnost napajanja zagrebačke regije (polovica potrošnje Hrvatske), za koju je mreža uvijek imala karakter izvora.

4. I u makroregiji je ova transverzalna evidentno probitačna. S planinarnom interkonekcijom smanjuje se impedancija ovoga dijela SUDEL-a (jugoistočno područje UCPTÉ-a, na koji se naslanja i Mađarska), i povećava njegova “čvrstoća”.

Uspostavljanjem glavnih pravaca predratne topologije ex-jugoslavenske mreže, petljom kroz Mađarsku osigurava se redundancija longitudinalnim pravcima “Mladost” (SRJ) – Ernestinovo – Žerjavinec kao i Tumbri – Krško – Maribor (SI).

Do zatvaranja austrijske 380 kV petlje Beč – Kainachtal (nesagledivom u srednjoročnom razdoblju) veza Héviz – Žerjavinec je efikasni by-pass u transverzalnom povezi-



Slika 6.

vanju, koje upravo nedostaje u srednjoeuropskoj zoni UC-PTE/CENTREL-vog sistema. A i po njezinoj realizaciji osiguravat će joj planirana veza sigurnost.

5.

Utjecaj interkonekcije Héviz – Žerjavinec na tokove snaga simuliran je na modelu superponirane mreže šire okoline ispitivanog H-HR-SI sistema u presjeku očekivanog vršnog opterećenja nazivne 1997.

Mjereni su tokovi snaga u (a) predratnoj konfiguraciji mreže, (b) u mreži bez TS “Ernestinovo” (ali sa vezama BiH – zagrebačko područje i BiH – Dalmacija u pogonu) i (c) u mreži bez TS “Ernestinovo” i bez veza BiH – zagrebačko područje – u (b) i (c) postoje veze između BiH i SRJ (Srbija, Crna Gora) na južnom dijelu (preko Trebinja) – (d) u aktualnom stanju (dakle Hrvatska izolirana prema SRJ i BiH, osim što je mreža Herceg-Bosne, izbilancirana, priključena na Dalmaciju). Svaka od tih varijanti izmjerena je još za slučaj kašnjenja trojke Héviz – Dogoš (Maribor).

Kriterij (n-1) samo je dotaknut: promatran ponajprije kroz neraspodivost slovenske trojke. Grubo bi se moglo procijeniti da postojanje veze Beč – Kainachtal prepolovljuje tok na interkonekciji iz Héviza.

6.

Treba napomenuti da elektroenergetska situacija i uklopno stanje mreže ove šire okoline može znatno utjecati na tokove u promatranom dijelu, posebno Austrije i Italije, pa će taj utjecaj još trebati ispitati prema scenarijima usuglašenim od svih partnera.

S tim povezano: i kriterij (n-1) nije dostatno izmjereno, a može dati značajne informacije (u kombinaciji s različitim bilancom modela).

I dalje, s obzirom na *reverzibilni karakter mreže*, ostaje potreba ispitivanja elektroenergetskih debalansa u CENTREL-u, dakle tokove snaga iz Hrvatske prema Mađarskoj.

7.

Sumarno je ispitivan i očekivani pripadajući minimum, a proračunat je i utjecaj interkonekcije na razinu struja kratkog spoja, kao i na stabilnost sistema (s obzirom na električnu blizinu dvije NE: Paks i Krško, kao i TE Sisak). Ukratko, pokazuje se da struja kratkog spoja ostaje ispod 30 kA (dakle <40 kA struje prekidanja prekidača predviđenih za instalirati u TS 380 kV Žerjavinec), te da nije za očekivati stabilnosne probleme: u ispitivanim dinamičkim stanjima sve se oscilacije prigušuju.

8.

Povezivanjem sva tri sistema: mađarskog uravnoteženog, slovenskog u višku a hrvatskog u manjku 316 MW (polovice NE Krško) – poteče, prema mjerenjima u poglavlju IV, iz Mađarske u blok Hrvatske i Slovenije između 163 MW (u punoj, ex-JUGEL-ovoj, mreži) i 312 MW (aktualno stanje mreže).

Trojka Héviz – Žerjavinec prenosi između 65 MW (u punoj mreži) i 186 MW (u aktualnoj konfiguraciji), a ako ne bi bila raspoloživa slovenska trojka, onda bi prenosila u promatranim krajnjim slučajevima između 116 MW i 270 MW.

Dakle, u pretpostavljenom osnovnom stanju je “prirodni” protok snage diktiran impedancijama mreže, tj. neintendirana razmjena, između Mađarske i bloka HR+SLO od 163 MW u predratnoj mreži (od toga 65 MW za Hrvat-

sku) do 312 MW za slučaj postojećeg stanja mreže Hrvatske izolirane prema SRJ i BiH, osim Herceg-Bosne priključene na Dalmaciju (za Hrvatsku 186 MW).

9.

Manjak Hrvatske ili Slovenije od 300 MW (ispad najveće jedinice u svakom od sistema, osim NE Krško) povećava prijenos iz Héviz na 336 MW u mreži prema predratnoj topologiji, odnosno na 532 MW u sadašnjoj.

Trojka Héviz – Žerjavinec prenosi između 146 MW (u punoj mreži) i 288 MW (u sadašnjoj konfiguraciji), a ako ne bi bila raspoloživa slovenska trojka, onda bi prenosila u promatranim krajnjim slučajevima između 255 MW i 451 MW (kada se počinje pojavljivati potreba generiranja jalove snage u Žerjavincu: 27 Mvar).

Imajući na umu “prirodno” zatvaranje tokova snage i pretpostavljajući da njihovu veličinu prema onoj utvrđenoj u osnovnom stanju (prethodna točka), *to bi značilo da se od 300 MW mađarskog viška preraspodijeli na interkonekciju iz Héviz na 173 MW u punoj mreži, odnosno 220 MW u postojećem stanju.*

U slučaju tranzita 600 MW iz Ukrajine u Italiju preuzima interkonekcija iz Héviz između 496 MW (predratna mreža) i 743 MW (sadašnje stanje).

Trojka Héviz – Žerjavinec prenosi između 206 MW (u punoj mreži) i 374 MW (u sadašnjoj konfiguraciji), a ako ne bi bila raspoloživa slovenska trojka, onda bi prenosila u promatranim krajnjim slučajevima između 374 MW i 624 MW.

Odbivši “prirodne” tokove kao prije, od 600 MW raspodijeli se na interkonekciju iz Héviz između 333 MW (predratna mreža) i 431 MW (sadašnje stanje).

Za najveći promatrani tranzit 1 200 MW iz Ukrajine (u Italiju 600 MW te Hrvatsku 300 MW i Sloveniju 300 MW) preuzima interkonekcije iz Héviz između 844 MW (predratna mreža) i 1787 (sadašnje stanje).

Trojka Héviz – Žerjavinec sudjeluje između 351 MW (u punoj mreži) i 562 MW (u sadašnjoj konfiguraciji).

Uzimajući “prirodne” tokove, to bi značilo da se od 1200 MW raspodijeli na interkonekciju iz Héviz između 681 MW (predratna mreža) i 866 MW (sadašnje stanje).

Eventualni dodatni izvoz 100 MW iz SRJ u Italiju ne zamjećuje se znatnije na interkonekciji iz Héviz.

10.

Kakvi bi bili tokovi u slučaju deficita Mađarske, npr. neraspodivnosti TE Tisza 370 MW/220 kV i odgovarajućeg viška u Hrvatskoj?

(a) U predratnoj mreži: Žerjavinec – Héviz 14 MW, -34 Mvar, a Héviz – Dogoš 21 MW, -35 Mvar; ako je u pogonu samo hrvatska trojka: Žerjavinec – Héviz 9 MW, -14 Mvar. (b) Bez “Ernestinova”: Héviz – Žerjavinec 60 MW, -73 Mvar, Héviz – Dogoš 16 MW, -39 Mvar; bez Dogoša je trojka Héviz – Žerjavinec opterećena 71 MW, -81 Mvar. (c) Bez “Ernestinova” i veza BiH – zagrebačko područje: Héviz – Žerjavinec 80 MW, -58 Mvar, Héviz – Dogoš 8 MW, -46 Mvar; bez Dogoša prenosi se trojkom Héviz – Žerjavinec 86 MW, -60 Mvar. (d) U aktualnom stanju mreže: Héviz – Žerjavinec 81 MW, -27 Mvar, Héviz

– Dogoš 8 MW, -35 Mvar; samo sa trojkom Héviz – Žerjavinec 86 MW, -29 Mvar.

Dakle, u slučaju deficita Mađarske na sjeveru i viška Hrvatske na jugu bez ostalih intervencija u polaznom modelu (pretpostavljeni konzum i vozni red elektrana) moglo bi se ustvrditi da će se samo potisnuti “prirodni” tokovi iz Héviz i oteretiti interkonekcija.

11.

Realizaciju “hrvatske” interkonektivne trojke i njezino značenje u sistemu moguće je promatrati u (a) minimalnoj izgradnji, (b) u prvoj etapi i (c) u drugoj etapi.

Minimalna izgradnja bilo bi uvođenje interkonekcije u Tumbre (preko lokacije Žerjavince). Prva etapa bi bila izgradnja 380 kV dijela Žerjavince za priključivanje trojke iz Héviz, s uvodom/izvodom voda Tumbri “Ernestinovo”, a sljedeća bi etapa značila dalju potpunu izgradnju TS Žerjavinec.

12.

Budući da je interkonekciju Héviz – Žerjavinec odlučeno graditi kao dvosistemski dalekovod (dvije trojke na jednom stupu), ostaje za razriješiti *pitanje druge trojke*. Najpovoljnije bi za Hrvatsku bilo da se interkonekcija u cijelosti realizira kao dvosistemska (to bi vjerojatno bilo u slučaju slovenskog odustajanja), a ako se angažira samo jedna trojka, valja razmisliti da se druga

- kasnije montira,
- iskoristi za vezu sa Slovenijom (kao supstitucija npr. DV 220 kV Cirkovce – Mraclin, što je vezano za međudržavna dogovaranja diskutabilnog ishoda),
- da se obje trojke montiraju i kratko spoje pred povezivanjem sa mađarskom trojkom (dakle upravo kao što je to učinjeno sa vodom 380 kV Györ – WienSüdost: dvosistemski iz Györa i kratko spojen pa uvod samo jedne trojke u back-to-back postrojenje WienSüdost!),
- da se druga trojka iskoristi za potrebe u mreži nižeg napona (npr. 110 kV).

Konačno: ne bi trebalo apriorno ni odbacivati (nepopularno reći) interkonekciju jednosistemskim vodom (da opet navedemo presedan iz SUDEL-a: interkonekcija 380 kV Lienz – Cordignano/prije: Sandrigo/prvo je planirana kao dvosistemska, pa su Talijani odustali od dvije trojke da bi se sada tome novom stanju prilagodili i Austrijanci; ova sada jednosistemska interkonekcija planira se u pogonu do 1999).

13.

Bilo bi korisno utvrditi koliki bi trebali biti *tranzitni troškovi*, odnosno količina tranzitirane električne energije, da bi se investicija u svom životnom vijeku isplatila.

U ovom gospodarskom aspektu treba reći da *presjeci vodiča nisu optimirani*, nego su pragmatički uzeti jednaki onima u ostalom dijelu respektivnih sistema.

14.

Što se tiče druge etape izgradnje, *treba odlučiti kakvi će se transformatori ugraditi u TS Žerjavinec*: s regulacijom pod teretom ili u beznaponskom stanju.

Provedena ispitivanja stacionarnih stanja pokacuju i nužnost pomne analize u pogledu eventualne *potrebe prigušnice* u TS Žerjavinec i njezina priključka (na vod ili tercijar transformatora): indicije su da bi mogla trebati.

15. U pitanju samog dalekovoda za podsjetiti je na *pitanje prepleta*: dužina dalekovoda opravdava takvo upozorenje.

16. Kakvo je sadašnje stanje projekta (veljača 1996)? Svi su partneri potpisali "Memorandum of Interest" (27. XI. 1995. u Ljubljani Mađarska – Slovenija; 31. I. 1996. Mađarska – Hrvatska u Budimpešti), koji zapravo predstavlja zajedničku odluku ("odlučnu namjeru") o gradnji 380 kV interkonekcije.

Dalji vremenski plan pretpostavlja potpisivanje ugovora o zajedničkoj izgradnji do 31. VII. 1996. da bi se vod mogao izgraditi u planiranom roku do kraja 1998. (s mogućnošću produženja šest mjeseci). [7]

LITERATURA

- [1] Study on the Transfer of Electric Power from the Soviet Union to Italy; Hungarian Electricity Board, Budapest, October 1989.
- [2] Mogućnost tranzita električne energije iz elektroenergetskog sistema SSSR-a, preko mađarskog i jugoslavenskog, u elektroenergetski sistem Italije, Elektroinštitut "Milan Vidmar", Ljubljana; Institut za elektroprivredu, Zagreb; IB Elektroprojekt, Ljubljana; Ljubljana, Zagreb, prosinac 1989.
- [3] B. JANJIĆ: "Eles potpisal pogodbo z MVM", "Naš stik", Ljubljana, prosinac 1995., str. 14.
- [4] Opskrba Zagreba električnom energijom ne odgovara njegovom konzumnom značaju, (Z. Cvetković u razgovoru s M. Mešićem), "Elektroprivreda", Zagreb, br. 1, siječanj 1985, str. 4-5.
- [5] Z. TONKOVIĆ, B. RADMILOVIĆ: "Povezivanje zagrebačkog područja s prijenosnom mrežom superponiranih napona", "Energija", Zagreb, br. 1, veljača 1986, str. 25-31. – O nalazi-

ma na temelju te studije i posljedičnih diskusija je izlagano i na IX. savjetovanju o prijenosu električne energije 1984. u Novom Sadu, na XVII. savjetovanju elektroenergetičara 1985. u Strugi, na Okruglom stolu "Snabdijevanje gradova električnom energijom" 1987. u Sarajevu.

- [6] Z. TONKOVIĆ: "Puštanje u pogon voda 380 kV Melina – Tumbri i njegova uloga u SUDEL-u," "Energija", Zagreb, br. 5, listopad 1992, str. 287-293.
- [7] B. RADMILOVIĆ: "Snaga prijenosa poput snage NE Krško", "HEP Vjesnik", br. 102-103, Zagreb, 28. II. 1996, str. 14.

380 KV INTERCONNECTION OF HUNGARY WITH CROATIA AND SLOVENIA

The paper describes up-to-now achieved research results on the 380 kV interconnection of Hungary with Croatia and Slovenia as well as the energy effects of the 380 kV transmission line construction Heviz (Hungary) – Žerjavinec (Croatia) together with the testing of the power flows.

380 KV-VERBINDUNG UNGARNS MIT KROATIEN UND SLOWENIEN

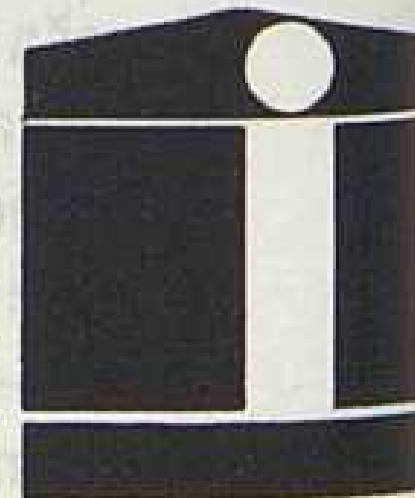
In dieser Arbeit werden bisherige Untersuchungen der 380 kV-Verbindung Ungarns mit Kroatien und Slowenien, energetische Auswirkungen des Ausbaues der 380 kV Leitung Heviz (Ungarn) – Žerjavinec (Kroatien) und die Prüfung darauffolgender Kraftflüsse erörtert.

Naslov pisca:

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i energetiku d.d.,
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-04-02

industrogradnja d.d.



OBLIKOVANJE STATISTIKE POGONSKIH DOGAĐAJA U PRIJENOSNOJ MREŽI HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Dr. sc. Z. Hebel, Zagreb — mr. sc. M. Huml-Dimitrijević, Zagreb — E. Mileusnić, Zagreb —
M. Kalea, Osijek — dr. sc. S. Nikolovski, Osijek

UDK 621.316.1.005
PREGLEDNI ČLANAK

Osnivanjem Hrvatske elektroprivrede 1991. godine, u njezinoj Direkciji za upravljanje i prijenos nastavljeno je statističko praćenje pogonskih događaja u prijenosnoj mreži na način kako je to činjeno prethodnih desetak godina. Promatrane pojave i njihova obilježja nisu bile dovoljno strogo definirane, te rezultati obrade nisu bili nedvojbeni, dovoljno konzistentni i obuhvatni. Stoga se pristupilo potpunom uređenju tog područja, radi definiranja, prikupljanja, obilježavanja, analize, obrade, prikaza i pohrane podataka o pogonskim događajima na način koji bi omogućavao ocjenjivanje izgrađenosti, vođenja pogona i održavanja prijenosne mreže, osigurao bazu podataka za stohastičke račune pouzdanosti i – osobito – omogućio korektnu međunarodnu usporedbu. Prva etapa tog posla je završena, definiranjem predmeta promatranja i formuliranjem potpunog sadržaja godišnjega statističkog izvještavanja o pogonskim događajima, o čemu priopćuje ovaj rad.

Ključne riječi: statistika pogonskih događaja, zastoj, greška, otkaz, planirani zastoj, raspoloživost, neraspoloživost.

1. UVOD

Izvanpogonska stanja dijelova prijenosne mreže, koja imaju spontani ili smišljeni povod, dovode do promjene pogonske topologije mreže, smanjuju sigurnost u mreži, pogoršavaju kvalitetu isporuke, a mogu dovesti i do prekida opskrbe električnom energijom. Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede kvantificirat će pogonske događaje i stanja prijenosne mreže u jednogodišnjem proteklom razdoblju radi:

- ocjene izgrađenosti, vođenja pogona i održavanja prijenosne mreže s gledišta ostvarene pouzdanosti opskrbe električnom energijom
- ocjene pogonskih svojstava osnovnih komponenata ugrađenih u prijenosnu mrežu
- ocjene ugrađenih sustava zaštite u prijenosnoj mreži
- osiguranja podataka o neraspoloživosti osnovnih jedinica prijenosne mreže (nadzemnih vodova, nadzemnokabelskih vodova, kabelskih vodova, transformatora, polja i sabirnica) za stohastičke računa pouzdanosti u vezi s prijenosnom mrežom
- međunarodnih usporedbi korištenja prijenosne mreže Hrvatske elektroprivrede.

Da bi se to osiguralo, predložen je sustav strogo definiranog predmeta promatranja, te način prikupljanja obrade i prikaza pojava koje se promatraju. Pri tome, naša dosadašnja praksa i spoznaje suočila se s najnovijim europskim gledanjima i nastojala su se izlučiti opravdana rješenja.

Za osnovi pristupa uzet je rad Radne grupe 03 Studijskog komiteta 38 CIGRE iz 1987. godine [1]. Izabrana rješenja provjeravana su i primjenom načina prikaza neraspoloživosti prema UNIPEDA-u, [2] i [9].

Šire spoznaje crpljene su iz njemačke i austrijske prakse, [3], [4] i [5], čije statistike pogonskih događaja su kod nas inače priznate i poznate. Nijemci svoju statistiku razvijaju sedamdeset godina.

Osim pojmovnoga strukturiranja cijelog područja, nužno je bilo izabrati i prikladno nazivlje za pojedine pojmove

na hrvatskom. Rezultati će sigurno biti predmet pažnje, pa i mogućeg osporavanja. Pri tome, poštivao se rječnik IEC [7].

U nastavku bit će prije svega opisan predmet promatranja statistike pogonskih događaja, dok će način obrade veličina koje opisuju ta zbivanja biti izostavljen ili prikazan samo najnužnije. Svim važnijim pojmovima bit će iznesen naziv na engleskom – prema [1], i njemačkom – prema [5]. Ako je iznesen samo jedan od tih naziva, to znači da je taj pojam tretiran samo u jednom od navedenih izvora.

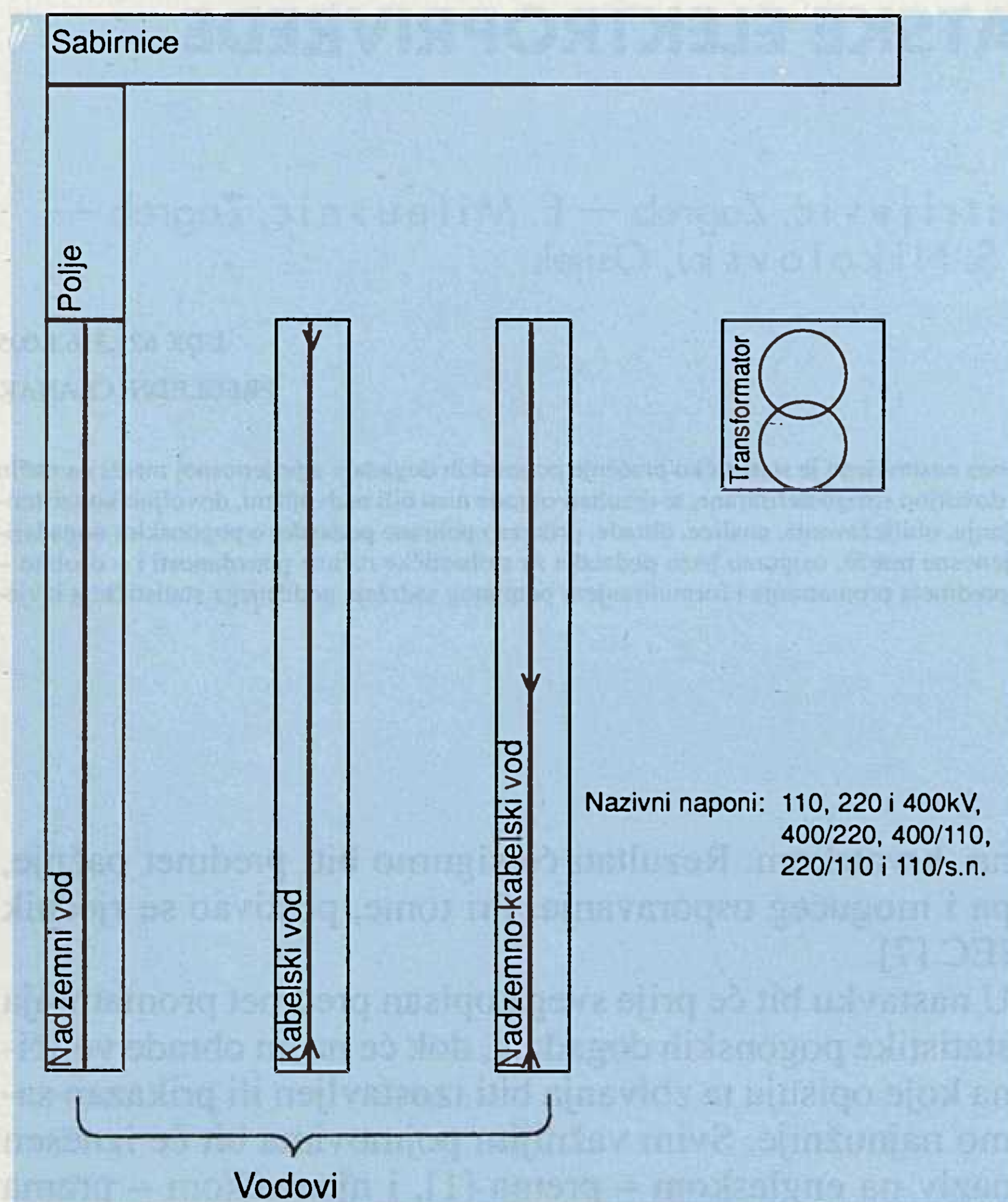
2. PROMATRANA MREŽA I JEDINICE

Statistikom pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede promatra se **mreža nazivnog napona 400, 220 i 110 kV u nadležnosti Direkcije za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede**. Prijenosna mreža Hrvatske elektroprivrede podijeljena je na prijenosna područja Opatija, Osijek, Split i Zagreb, te se podaci za potrebe statistike pogonskih događaja prikupljaju po tim područjima, a neki će se prikazi i iznositi po prijenosnim područjima. Ako nije drukčije istaknuto, prikazi se odnose na prijenosnu mrežu Hrvatske u cjelini.

Svaka promatrana jedinica pripada mreži pojedinoga prijenosnog područja. Vodovi mogu povezivati čvorove iz dva prijenosna područja ili čvor u pojedinom prijenosnom području s čvorom u inozemstvu. Konvencijom u statistici pogonskih događaja takvi vodovi pridružuju se jednom prijenosnom području. Vodovi koji povezuju pojedina područja s inozemstvom iskazuju se i prate ukupnom svojom duljinom, a ne samo dijelom na teritoriju Hrvatske. Mreže koje tehnološki ili teritorijalno ne pripadaju prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede (elektrane i rasklopna postrojenja elektrana, distribucijske mreže, mreže direktno priključenih potrošača i rasklopna postrojenja tih potrošača, mreže na područjima izvan teritorija Hrvatske) za statistiku pogonskih događaja su **nepromatrane mreže**. Također, u nepromatranu mrežu ulaze i eventualne je-

dinice nazivnog napona manjeg od 110 kV, premda su u ovlasti Direkcije za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede.

Promatrane jedinice prijenosne mreže u statistici pogonskih događaja su (sl. 1):



Slika 1. Promatrane jedinice

- nadzemni vodovi
- kabelski vodovi
- nadzemnokabelski vodovi
- transformatori
- polja (u rasklopnim postrojenjima)
- sabirnice (u rasklopnim postrojenjima).

Kvalificirana i kvantificirana obilježja pogonskih događaja na tim jedinicama, nazivnog napona 400, 220 i 110 kV, pratit će statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede.

Takav izbor razlikuje se od naše dosadašnje prakse (promatrali su se vodovi i transformatori), a nešto je uži od sadašnje njemačke prakse (oni polja promatraju u dva razdvojena dijela: od prekidača prema sabirnicama i od prekidača prema odvodu).

Promatrane jedinice sastoje se od komponenata, te se obilježja kvarova prikupljaju i iskazuju po komponentama koje su za potrebe ove statistike također definirane, za svaku vrstu promatranih jedinica. Komponente se sastoje od elemenata, a elementi od dijelova, no to nisu razine promatranja statistike pogonskih događaja.

Promatrane jedinice imaju različita osnovna svojstva u mreži. Vodovi imaju istaknutu uzdužnu dimenziju i jednu naponsku razinu, transformatori imaju svojstvo pripadnosti dvjema naponskim razinama, polja karakterizira sklopno svojstvo, a sabirnice svojstvo čvora. Iz takvih, različitih svojstava promatranih jedinica slijedio je ponekad svojs-

tveni način obuhvata i pojedinog promatranja u statistici pogonskih događaja.

U sklop promatrane jedinice ubrajaju se sve komponente koje su fizički povezane u promatranu jedinicu, npr. svi zaštitni, rashladni mjerni, regulacijski i pomoćni uređaji pričvršćeni na transformator ili pogonski mehanizam prekidača i rastavljača.

Sekundarno postrojenje, razvod pomoćnog napona, razvod komprimiranog zraka, telekomunikacijski, registrijski, zaštitni, upravljački, mjerni i signalni uređaji te uređaji daljinskog vođenja, ne pripadaju sklopu promatrane jedinice. Neispravnost koja se dogodi na tim uređajima može izazvati ispad iz pogona neke jedinice, ali tada se uzrok ne pripisuje ispaloj jedinici, već se locira u sekundarno postrojenje.

Svaka pojedina promatrana jedinica ima svoju konkretnu **lokaciju i poziciju** u mreži Hrvatske elektroprivrede. Lokacija predstavlja čvor prijenosne mreže (dakle ime transformatorske stanice ili rasklopnog postrojenja u kojem su promatrani transformator, polje ili sabirnice). Pozicija je mjesto promatrane jedinice unutar pojedine lokacije (dakle oznaka transformatora, oznaka polja i oznaka sabirnice). Vodovi imaju samo lokaciju između dva čvora u mreži. Ako ih je više između ista dva čvora, svaki vod ima svoju lokaciju, pa i u dvostrukim vodovima. Vodovi koji sadrže odvojak imaju u cjelini jednu oznaku lokacije, ali tri priključka. Lokacije i pozicije u mreži unaprijed su sustavno označene.

Količine pojedinih jedinica u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede prikazane su tablicom 1.

Tablica 1. Prijenosna mreža Hrvatske elektroprivrede 31. prosinca 1994.

Jedinica		400 kV	220 kV	110 kV	Ukupno
nadzemni vodovi	kom.	9	28	210	247
	km	903	128	4 285	6416
kabelski vodovi	kom.	-	-	3	3
	km	-	-	14	14
nadzemni kabelski vodovi	kom.	-	-	13	13
	km	-	-	404	404
transformatori	kom.	9	16	150	175
polja	kom.	27	63	582	672
sabirnice	kom.	5	8	109	122

U tom pregledu prikazani su vodovi na teritoriju Hrvatske, bez dodavanja međudržavnim vodovima duljina dijela trase na susjednom teritoriju. Prikazane su instalirane količine u mreži, ne izuzimajući jedinice na privremeno okupiranom teritoriju.

3. PROMATRANE POJAVE

3.1. Pristup

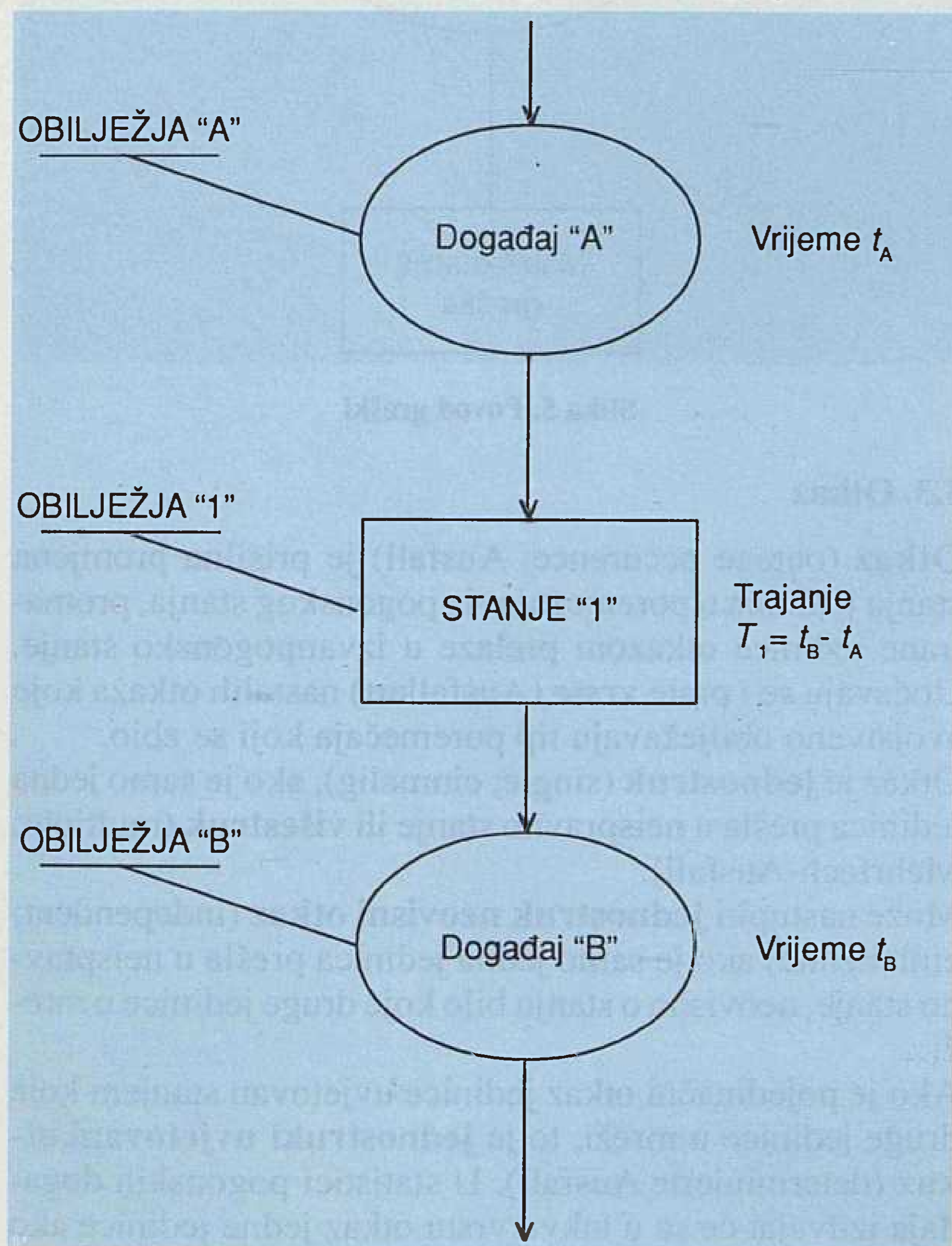
Osnovne pojave koje promatra statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži određeni su događaji koji se zbivaju u pogonu promatranih jedinica i određena stanja u kojima se nalaze promatrane jedinice povodom tih događaja.

Pristup kojim se koristi statistika pogonskih događaja temeljen je na predodžbama iz iskustva i međunarodnim uzorima. Spontana zbivanja u prijenosnoj mreži sagledavaju

se najprije uočvanjem poremećaja koji su se dogodili tako što se jedna ili više jedinica prijenosne mreže prisilno našlo izvan pogona uvjetovano istim početnim povodom ili povezanim početnim povodima. Uočavaju se pogođene jedinice pri tome i utvrđuju obilježja događaja koji su se zbili i obilježja nastalih stanja. I planirane aktivnosti na jedinicama i u vezi s jedinicama prijenosne mreže razlog su njihova stavljanja izvan pogona, te se i obilježja takvih stanja prate statistikom.

Događaj (occurrence, engl.; Ereignis, njem.) je pojava koja nema trajanje, nego vrijeme svoga nastupa. Događaj nastupa zbog spontanog ili radi smišljenog povoda.

Stanje (state; Zustand) je pojava vremenski omeđena dva događajima, te mu je trajanje bitno obilježje (sl. 2).



Slika 2. Promatrane pojave

Stanje promatrane jedinice određuje skup vrijednosti određenih obilježja u vezi s tom jedinicom. Događaj predstavlja promjenu stanja. Ako događaj dovodi promatranu jedinicu iz pogonskog stanja u stanje izvan pogona, takav događaj i tako nastalo stanje predmet su statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži, ali ovisno o obilježjima tih događaja i obilježjima nastalih stanja. Promatrana jedinica je u pogonu ako je pod naponom i uključena u sustav.

Zastoj (outage; Unbrauchbarkeit) promatrane jedinice je njezino izvanpogonsko stanje, koje je uzrokovano neispravnošću te jedinice, neispravnošću drugih jedinica, ali tako da je to uzrokovalo i izvanpogonsko stanje ispravne promatrane jedinice ili je izvanpogonsko stanje uzrokovano potrebnim radovima na promatranoj jedinici, odnosno potrebnim radovima izvan promatrane jedinice, ali se oni mogu obaviti samo uz izvanpogonsko stanje promatrane jedinice.

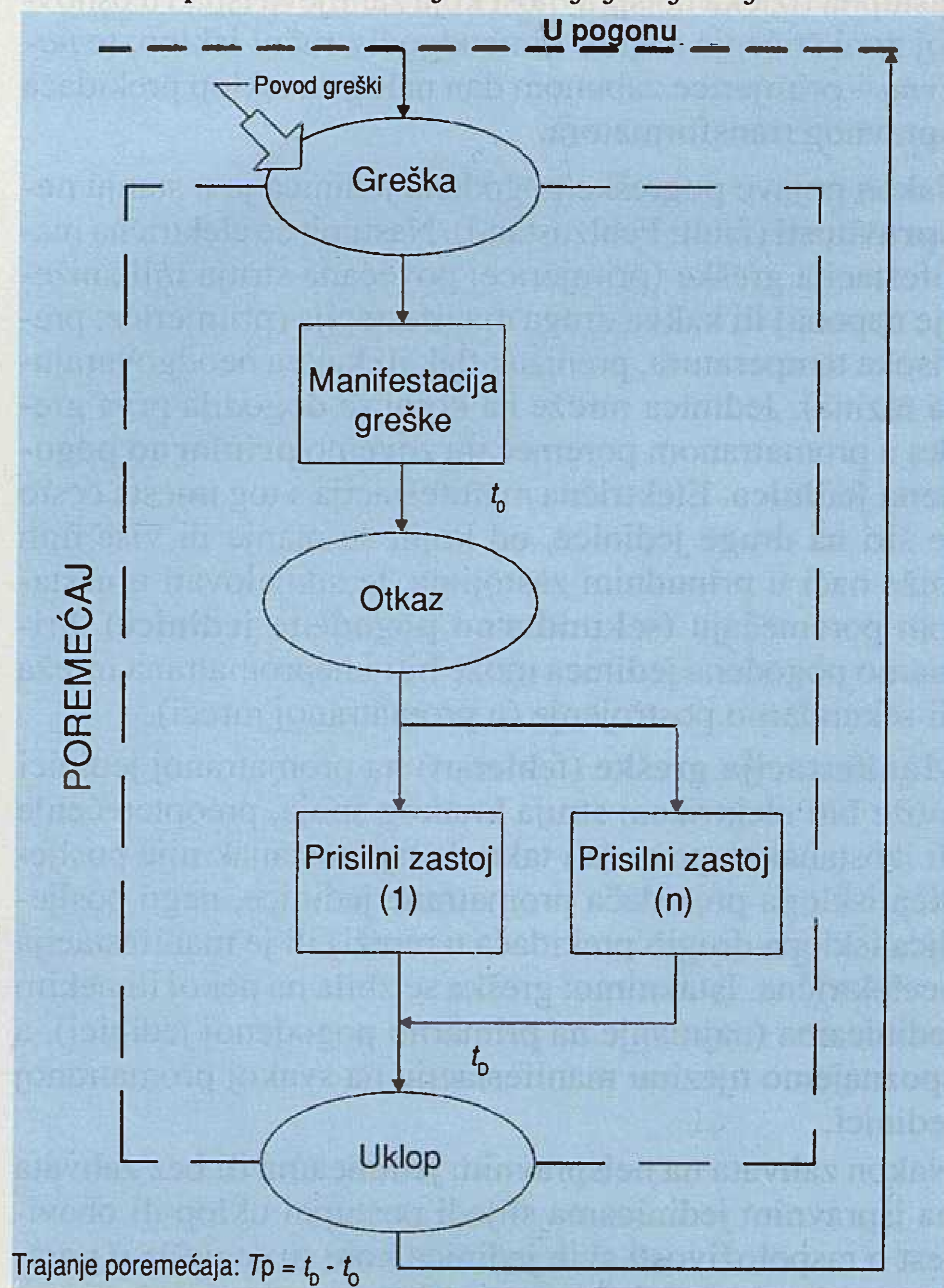
Ako se događaj koji je doveo do zastoja promatrane jedinice zbio spontano (primjerice: djelovanje zaštite povodom kratkog spoja, nužno ili zabunom isključeni prekidač, nepotrebno djelovanje zaštite), to je **prisilni zastoj**. Ako je isklop promatrane jedinice učinjen smišljeno (primjerice radi održavanja te jedinice ili zbog sigurnog odvijanja nekih radova u blizini te jedinice), nastupa **planirani zastoj**. Prinudni i planirani zastoji promatranih jedinica su svi zastoji u prijenosnoj mreži.

3.2. Poremećaj

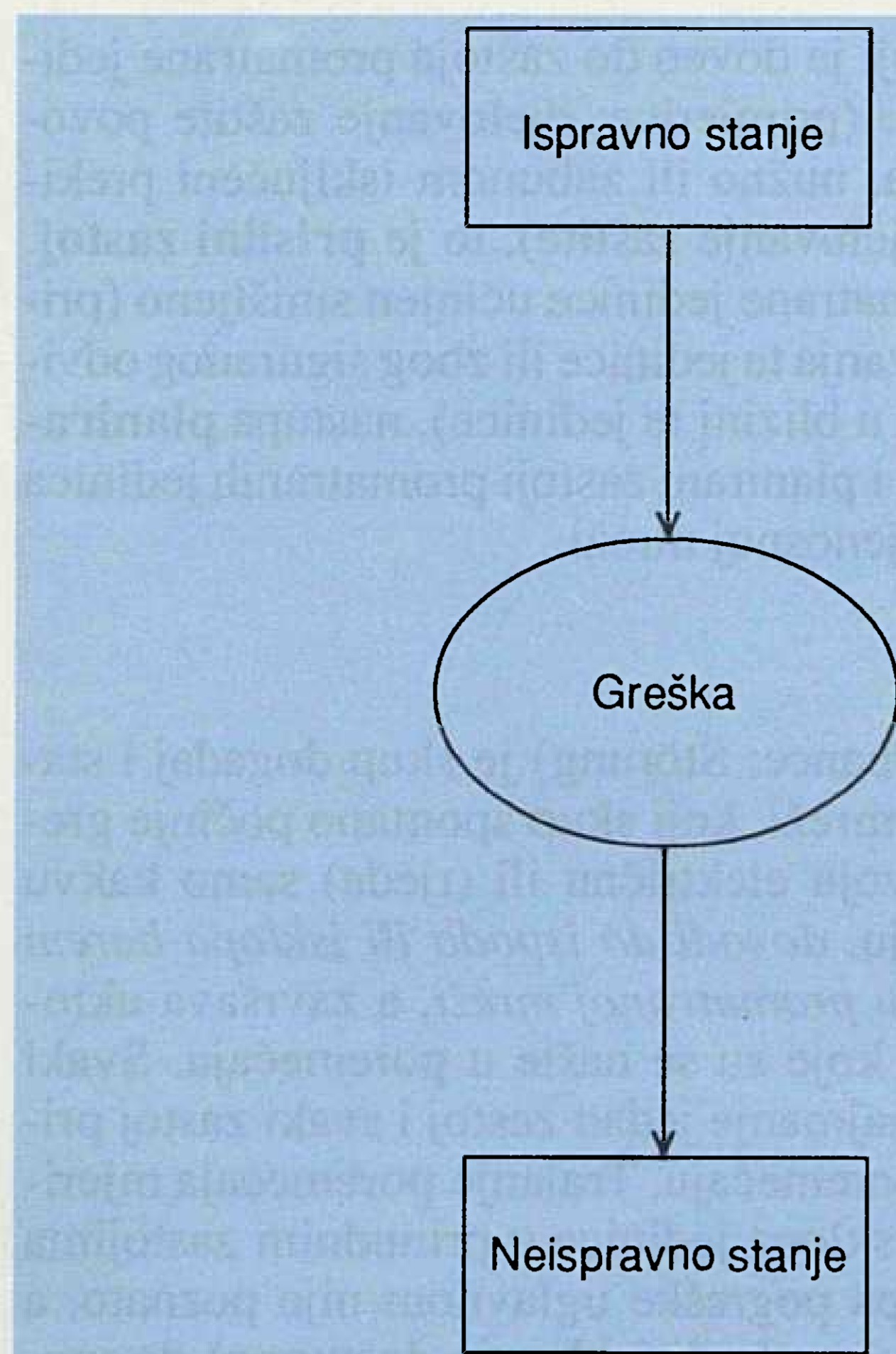
Poremećaj (disturbance; Störung) je skup događaj i stanja u promatranoj mreži, koji skup spontano počinje greškom, koja ima svoju električnu ili (rjeđe) samo kakvu drugu manifestaciju, dovodi do ispada ili isklopa barem jednog prekidača u promatranoj mreži, a završava uklopom svih jedinica koje su se našle u poremećaju. Svaki poremećaj sadrži najmanje jedan zastoj i svaki zastoj pripada određenom poremećaju. Trajanje poremećaja mjerimo od najranijeg isklopa jedinica u prinudnim zastoju (jer vrijeme nastupa pogreške uglavnom nije poznato, a vrijeme najranijeg ispada ili isklopa je dostupno) do vremena uklopa najkasnije uklopljene jedinice (sl. 3).

Pogreška (failure; Fehler) je promjena ispravnog stanja promatrane jedinice u neispravno stanje promatrane jedinice (sl. 4). Ispravno stanje je ono pri kojem promatrana jedinica može obavljati sve zahtijevane funkcije. Pogreška je događaj koji prekida takvo stanje. Zbiva se često nekim povodom, ali može nastupiti bez povoda ili povod ne saznajemo.

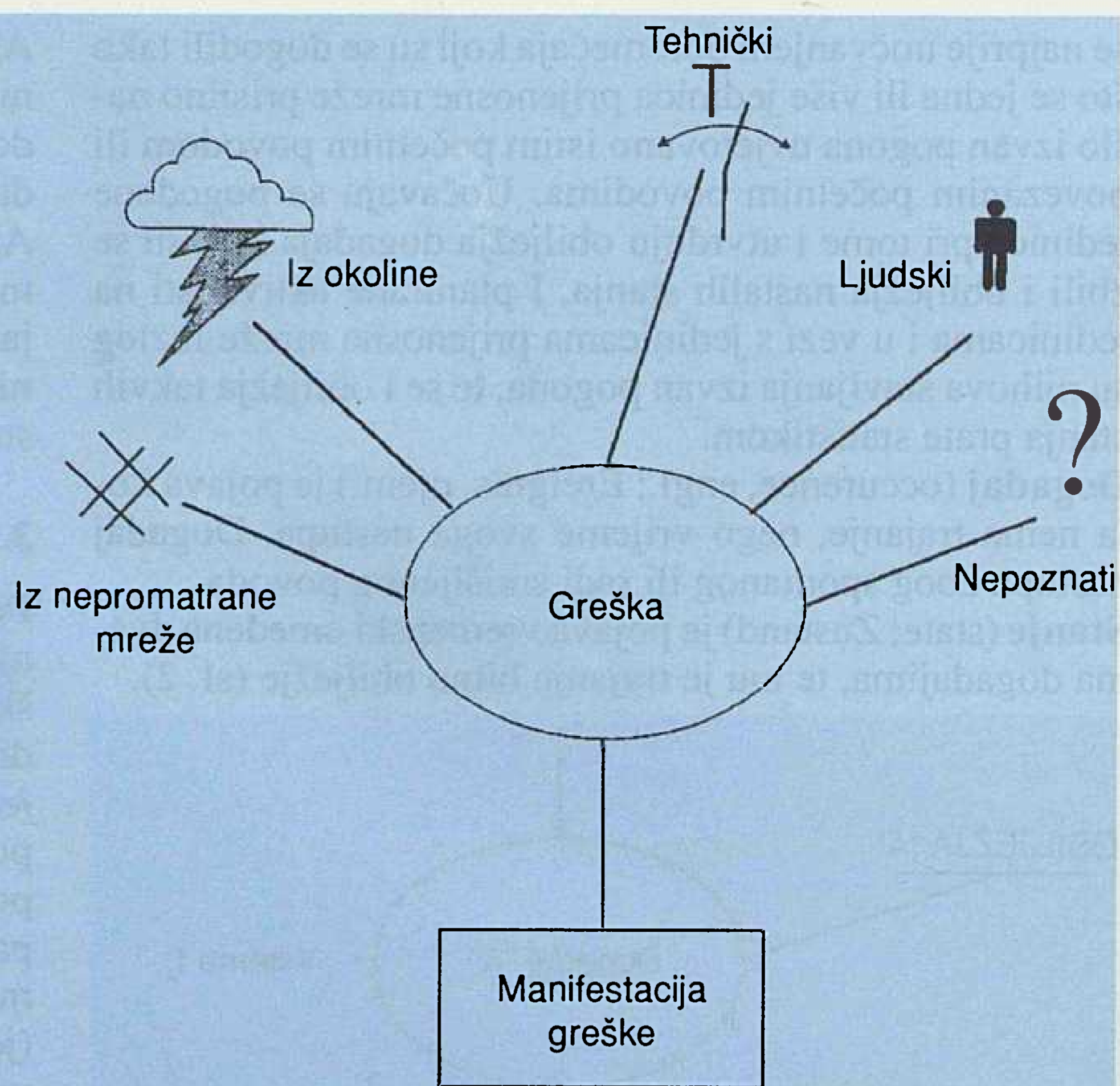
Povod pogreški (cause of failure; Störungsanlass) je spontani nastup okolnosti koje su najvjerojatnije dovele do



Slika 3. Poremećaj



Slika 4. Greška



Slika 5. Povod greški

greške (sl. 5). Može biti iz **okoliša** (primjerice: grom ili klizanje tla), **tehnički** povod (primjerice: sklapanja u mreži ili nepotrebno djelovanje zaštite) ili **ljudski** povod (primjerice: isklon rastavljača pod opterećenjem ili nesmotreno približavanje vodičima), **nepoznat** ili povod može biti u **nepromatranoj mreži**.

Greška može biti *aktivna* ako je na promatranoj jedinici nastupila fizička neispravnost koja zahtijeva ispad u osnovnoj zoni štice zaštite ili neodgovod ručni isklon, te *pasivna* – primjerice zabunom dan nalog za isklon prekidača ispravnog transformatora.

Nakon pojave pogreške pogođena jedinica je u stanju **neispravnosti** (fault; Fehlzustand). Nastupit će električna manifestacija greške (primjerice: povećana struja i/ili sniženje napona) ili kakva druga manifestacija (primjerice: previsoka temperatura, prenizak tlak ili kakva neodgovarajuća razina). Jedinica mreže na kojoj se dogodila prva greška u promatranom poremećaju zovemo **primarno pogođena jedinica**. Električna manifestacija s tog mjesta često se širi na druge jedinice, od kojih se manje ili više njih miže naći u prinudnim zastoju, te sudjelovati u nastalom poremećaju (**sekundarno pogođene jedinice**). Primarno pogođena jedinica može biti i nepromatrana mreža ili sekundarno postrojenje (u promatranoj mreži).

Manifestacija greške (fehlerart) na promatranoj jedinici može biti električna: struja kratkog spoja, preopterećenje ili izostanak napona (ali tako da taj izostanak nije posljedica isklopa prekidača promatrane jedinice, nego posljedica isklopa drugih prekidača u mreži) ili je manifestacija neelektrična. Istaknimo: greška se zbila na nekoj ili nekim jedinicama (najmanje na primarno pogođenoj jedinici), a spoznajemo njezinu manifestaciju na svakoj promatranoj jedinici.

Nakon zahvata na neispravnim jedinicama ili bez zahvata na ispravnim jedinicama slijedi postupni uklop ili obavijest o raspoloživosti svih jedinica koje su se našle u poremećaju i poremećaj je time završen.

3.3. Otkaz

Otkaz (outage occurrence; Ausfall) je prisilna promjena stanja jedinica u poremećaju: iz pogonskog stanja, promatrane jedinice otkazom prelaze u izvanpogonsko stanje. Uočavaju se i prate **vrste** (Ausfallart) nastalih otkaza koje svojstveno obilježavaju tip poremećaja koji se zbio. Otkaz je **jednostruk** (single; einmalig), ako je samo jedna jedinica prešla u neispravno stanje ili **višestruk** (multiple; Mehrfach-Ausfall).

Može nastupiti **jednostruk neovisni otkaz** (independent; einleitende) ako je samo jedna jedinica prešla u neispravno stanje, neovisno o stanju bilo koje druge jedinice u mreži.

Ako je pojedinačni otkaz jedinice uvjetovan stanjem koje druge jedinice u mreži, to je **jednostruki uvjetovani otkaz** (determinierte Ausfall). U statistici pogonskih događaja izdvajati će se u takvu vrstu otkaz jedne jedinice ako se on zbio tijekom planiranog zastoja druge jedinice i bio uvjetovan upravo radovima na toj drugoj jedinici (npr. nesmotreni isklon prekidača transformatora 2 prilikom revizije transformatora 1, ali ne i udar groma u vod A-B za vrijeme planiranog zastoja voda C-D).

Ako je manifestacija poreške takva da dopušta odgađanje isklopa u roku ne duljem od 24 sata od trenutka uočavanja pogreške, isklon koji se tim povodom mora učiniti vodi u otkaz koji zovemo **odgovod prinudni isklon** (verzögerte Ausschaltung). Vrijeme do takvog isklopa koristi se praktično za pripremu mreže za stanje koje će predvidivo nastati, za prikupljanje ljudi i sredstava koji su potrebni za uklanjanje neispravnosti ili se isklon odgađa do trenutka niže potražnje električne energije, te će time isklon dovesti do smanjenja ili čak izostanka prekida opskrbe potrošača. Ako bi dopustivi rok za isklon povodom neke pogreške bio dulji od 24 sata, takav isklon ne smatramo više prinudnim nego planiranim i takav događaj ne smatramo otkazom, nego planiranim isklonom. Vrijeme od 24 sata je konvencija i predstavlja prijedlog obrađivača kako bi

se izbjegle dileme oko trajanja odgodivog prinudnog isklopa.

Ako poremećaj u promatranoj mreži nastupi razlozima iz nepromatrane mreže, to je **jednostruki otkaz zbog pogreške u nepromatranoj mreži**.

Ako se više jednostrukih otkaza izazvanih odvojenim i različitim greškama dogodi istodobno, dakle slučajno koincidentno, to je **višestruki neovisni otkaz** (multiple-independent). U statistici pogonskih događaja takvo zbivanje pratimo kao niz odvojenih poremećaja koji su obilježeni jednostrukim otkazom.

Ako je više jedinica otkazalo, ali u stanovitoj međusobnoj ovisnosti, to je **višestruki ovisni otkaz** (multiple-related). Dva tipa višestrukih ovisnih otkaza vrlo su karakteristična za poremećaje u mreži, **višestruki otkaz sa zatajenjem zaštite ili prekidača i višestruki otkaz s nepotrebnim djelovanjem zaštite**. Takvi otkazi nastupaju tako što se prvobitno dogodi greška na nekoj jedinici, pa zbog zatajenja zaštite odnosno prekidača ili nepotrebnog djelovanja zaštite dođe do ispada jedinica koje ne bi morale ispasti prema prirodi greške.

Razumljiv je i otkaz koji nastupa na dvjema jedinicama (ili više njih) istodobno izloženih istom povodu (npr. pada drveta na vodiče oba voda dvostrukog voda). To je **višestruki otkaz sa zajedničkim povodom** greški (common-mode; Common-Mode Ausfall).

Višestruki uvjetovani otkaz (determinierte Mehrfach-Ausfall) je višestruki otkaz koji nastaje ako jedan otkaz nakon jedne pogreške izazove drugi otkaz ili više njih, dakle otkaz uzrokuje novi otkaz.

Ako u nekom višestrukome otkazu postoji kombinacija više tipova otkaza, govorimo o ostalim **višestrukim otkazima**.

Središnje obilježje svakog poremećaja je primarno pogođena jedinica. Poremećaji se u statistici pogonskih događaja upravo po tome razvrstavaju ("odakle je sve skupa počelo?"). Kako bi se omogućilo jednoznačno iskazivanje i u slučaju kada jedan poremećaj ima dvije ili više primarno pogođenih jedinica (ako se zbio otkaz sa zajedničkim povodom greški), u tom se slučaju izdvaja jedna primarno pogođena jedinica i *proglašava uvjetno primarnom*, a sve ostale jedinice u tom poremećaju uvjetno sekundarnim. Ključ za izbor je presudni utjecaj na prekid opskrbe električnom energijom ako je bilo prekida i ako je moguće izdvajanje najutjecajnije jedinice na prekid.

Otkaz promatrane jedinice se može zbiti na različite **načine otkaza** (Ausfallart):

- **ispad zaštitom** (Ausschaltung durch Schutzeinrichtung), ispravnim ili neispravnim djelovanjem zaštite, neuspješnim automatskim ponovnim uklopom
- **neodgodivim ručnim isklopom** (unverzögerte Handausschaltung) koji se morao učiniti bez odgađanja, jer je tako zahtijevala manifestacija greške na promatranoj jedinici ili tako zahtijevaju pogonski propisi radi ograničenja djelovanja i sprečavanja širenja štetnih posljedica greške, smanjenja štete ili opasnosti za ljude i imovinu.
- **odgodivim prinudnim (ručnim) isklopom** (verzögerte), koji se mogao odgađati do uključivo 24 sata iza uočavanja manifestacije greške.
- **pogrešnim isklopom** (fehlerhafte Ausschaltung), ako je nesmotrenošću ili zabunom došlo do nepotrebnog ručnog isklopa.

Ako je odgađanje potrebnog isklopa smjelo biti dulje od 24 sata, *nastalo stanje nakon isklopa promatrane jedinice uvrštavamo u planirane zastoje, a takav isklop ne smatramo otkazom, dakle prinudnim isklopom, nego planiranim isklopom*.

Isklop učinjen u beznaponskom stanju promatrane jedinice, koje beznaponsko stanje je nastupilo dotadašnjim tijekom poremećaja, također se smatra otkazom promatrane jedinice, ako je morao biti učinjen prinudom pogonskih propisa. Ta jedinica je u prinudnom zastoju, od isklopa njezina prekidača do njegova uklopa.

Prinudni izostanak napona na promatranoj jedinici, nastao tijekom poremećaja, ne smatra se otkazom te jedinice, *ako nije obavljen isklop niti jednog prekidača 400, 220 ili 110 kV te jedinice*. Takva jedinica nije u prinudnom zastoju, osim dakako, ako nije postojao unutarnji razlog za ispad te jedinice, ali je zatajila zaštita ili prekidač.

3.4. Prinudni zastoj

Neispravnost je stanje promatrane jedinice koje – ovisno o stupnju i istrajnosti – uvjetuje njezin **prinudni zastoj** (forced outage). Ako je jedinica u prinudnom zastoju zbog vlastite neispravnosti, govorimo o **unutarnjem razlogu zastoju** (reason/cause of outage-internal). Ispravna jedinica također se može naći u prinudnom zastoju, ali **vanjskim razlogom zastoju** (external), ispravnim ili neispravnim djelovanjem zaštite, te prinudnim (dakle nužnim) ili pogrešnim isklopom. Prinudni zastoj uvijek se zbio u okviru određenog poremećaja.

Ako je neispravnost takva da ne dovodi do otkaza, dakle ispada ili isključenja barem jednog prekidača u promatranoj mreži, to stanje nije predmet obuhvata statistikom pogonskih događaja, neovisno o tome je li takva neispravnost neuklonjena ili uklonjena zahvatom bez prekida pogona promatrane jedinice (primjerice, radom pod naponom).

Ako neispravnost nestane tijekom beznaponske pauze i dovede do uspješnog APU, kratkotrajno nastalo stanje je **prolazni zastoj** (transient outage) koji ne pribrajamo ostalim prinudnim zastojima u okviru statistike pogonskih događaja, nego ga iskazujemo izdvojeno.

Ako je do uspješnog uklopa promatrane jedinice došlo bez popravka ili zamjene neke njezine komponente, *neovisno o tome koliko je trajao takav prinudni zastoj*, to je **privremeni zastoj** (temporary outage).

Ako je uspješni uklop ostvaren *nakon popravka ili zamjene neispravne komponente ili elementa promatrane jedinice* (tada za promatranu jedinicu kažemo da je bila u **kvaru**), takav prinudni zastoj je **trajni zastoj** (permanent outage). U statistici pogonskih događaja kvar pridružujemo komponenti promatrane jedinice na kojoj se zbio. Svaki trajni zastoj mora sadržati barem jedan kvar. Kvar koji je uočen i otklonjen u planiranom zastoju, pri održavanju i sličnim prilikama (modernizacije, zamjene i rekonstrukcije), nije predmet obuhvata statistikom pogonskih događaja, nego samo ako je uzrokovao prinudni zastoj, te time odredio vremenski karakter prinudnog zastoja (trajni zastoj).

Privremena i trajna neispravnost su *istrajne neispravnosti* (sustained) nasuprot prolaznoj (transient) neispravnosti koja traje zanemarivo kratko vrijeme beznaponske pauze. Neispravnost može biti **prikrivena** (latent fault), ako se

iskaže tek pri zahtjevu za nekom od funkcija promatrane jedinice (npr. poticaj za isključivanje prekidača pokaže da je u prekidu svitak za isključivanje). Takva neispravnost postaje predmetom statistike pogonskih događaja tek kada se razotkrije i tada izazove trajni ili privremeni zastoj.

Preopterećenje promatrane jedinice izaziva privremeni zastoj te jedinice, uz unutarnju pripadnost razloga zastoju.

Jedinice koje bi postale neispravne u stanju rezerve (npr. ispravnom transformatoru koji je izvan pogona, oštećen je provodni izolator) ne smatramo da su u prinudnom zastoju sve dok se ne iskaže zahtjev za njihovo stavljanje u pogon. Neuspješni ručni uklop u tom slučaju predstavlja poremećaj i od tog trenutka počinje prinudni zastoj te jedinice.

Ako je na zahtjev za stavljanje u pogon jedinice iz rezerve iskazana njezina neraspoloživost, te nije ni pokušao željeni uklop, nije nastupio poremećaj (ni prisilni zastoj promatrane jedinice). takva jedinica promatrati će se od tada u *planiranom zastoju* do obavijesti o njezinoj raspoloživosti ili uspješnog uklopa.

Nedostatak (defect) promatrane jedinice je takvo njezino stanje pri kojem je ona u stanju obavljati sve zahtijevane funkcije, a neke njezine komponente su dopustivo neispravne (primjerice: jedan probijeni članak u izolatorskom lancu, neispravan pogonski mehanizam, ali je moguće ručno manipuliranje ili korozija površine kotla uljnoga mjernog transformatora). Ne smatramo ga neispravnosću jedinice (dakle voda, transformatora, polja ili sabirnica). Stanje nedostataka i neispravnosti, jednim se imenom zove u *nezgodi* (trouble).

3.5. Planirani zastoj

Planirani zastoj (planned outage) promatrane jedinice je izvanpogonsko stanje do kojeg dolazi smišljeno – dakle planirano, a ne prinudno. **Povod planiranom zastoju** je neka namjera u vezi s promatranom jedinicom koja se ne može ostvariti ako bi ona bila u pogonu.

Pripadnost razloga zastoju dijeli planirne zastoje u dvije skupine: zastoji s **unutarnjim razlogom** i zastoji s **vanjskim razlogom**. Ako je razlog planiranom zastoju unutar promatrane jedinice (npr. godišnja revizija opreme u polju ili popravak komponente koji se mogao odgoditi više od 24 sata), zovemo ga unutarnji razlog zastoju. Ako je razlog planiranom zastoju izvan promatrane jedinice (npr. planirani radovi na sekundarnom postrojenju ili na srednjonaponskom vodu na mjestu križanja s promatranim visokonaponskim vodom, koji se ne mogu obaviti na siguran način bez isklopa promatranog voda), tada je promatrana jedinica u planiranom zastoju zbog vanjskog razloga.

Planirani zastoj počinje planiranim (ručnim) isključivanjem ispravne promatrane jedinice, odnosno jedinice s neispravnosću čije se uklanjanje moglo odgoditi dulje od 24 sata, a završava uklopom te jedinice ili obaviješću u njezinoj raspoloživosti. *Ako bi pokušaj uklopa, nakon obavijesti o raspoloživosti jedinice povodom određenom planiranog zastoja, bio neuspješan – u tom trenutku smatramo da se zbio poremećaj (uzrok: pogrešno stavljanje u pogon) i jedinicu (a moguće i neke druge pogođene tim poremećajem) promatramo u prinudnom zastoju.*

Planirani zastoji pojedinih jedinica prate se odvojeno, neo-

visno o tome je li prilikom planiranja usklađivano njihovo eventualno istodobno stavljanje izvan pogona ili je čak ono bilo nužno.

U složenim slučajevima planiranih zastoja, statistikom pogonskih događaja obuhvaćaju se sve one jedinice kojima je tim povodom isključen barem jedan prekidač 400, 200 ili 110 kv (i sve uvrštavaju u planirane zastoje, unutarnjim ili vanjskim razlogom), a ne obuhvaćaju se one jedinice koje su tim povodom eventualno ostale u beznaponskom stanju, ali im ni jedan prekidač nije isključivan.

Stavljanje ispravne jedinice u rezervu (reserve shutdown; Bereitschaft), nije planirani zastoj, kako je rečeno. Planirani radovi na jedinici u rezervi ne uračunavaju se u planirane zastoje, osim u slučaju ako bi bio iskazan zahtjev za njezinim stavljanjem u pogon tijekom takvih radova. Tada jedinica jest u planiranom zastoju od trenutka tog zahtjeva do uspješnog uklopa ili obavijesti o raspoloživosti.

Ako se tijekom planiranih radova dogodi oštećenje jedinice na kojoj se odvijaju ti radovi, nastalo stanje smatra se nastavkom odvijanja otpočetoga planiranog zastoja.

3.6. Neraspoloživost i njezino praćenje statistikom pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede

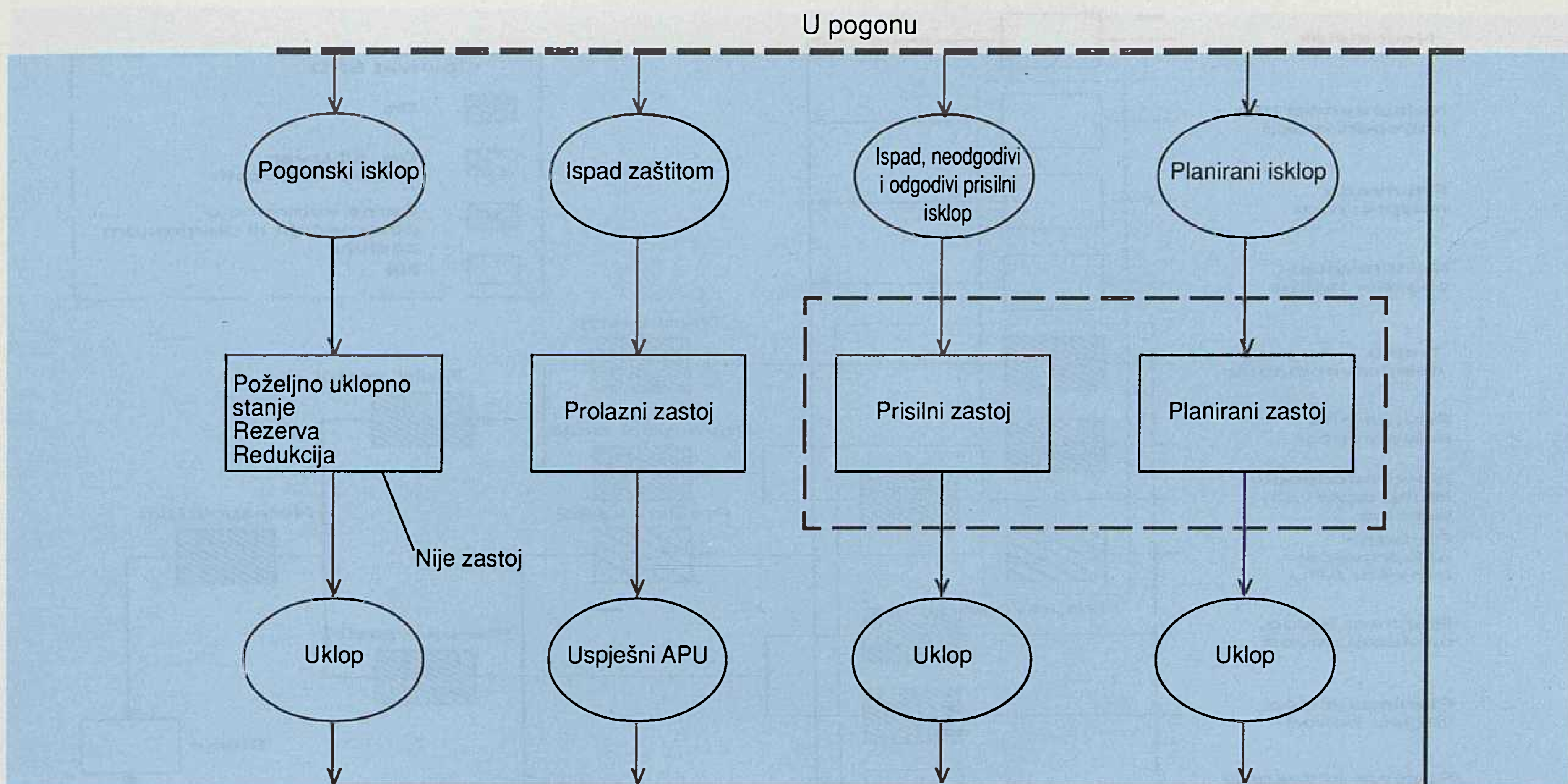
Neraspoloživost (unavailability, Nichtverfügbarkeit) je stanje promatrane jedinice u kojem je ona u prinudnom ili planiranom zastoju (sl. 6). Neraspoloživost je, dakle, zajedničko ime za sve zastoje u mreži osim prolaznih. Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede prati, ponajprije, neraspoloživa stanja promatranih jedinica u promatranom godinu.

Neraspoloživo stanje slijedi i prisilni/ planirani isključivanje promatrane jedinice koji se nužno učinio *radi redukcije opterećenja transformatora odnosno vodova koji su povod poremećaja ili planiranih zastoja ostali u pogonu, ali su njihova dopustiva opterećenja manja od očekivanih zbog toga što je mreža topološki umanjena u odnosu prema ukupno instaliranoj mreži. (dakle zbog dogođenih prinudnih/ planiranih zastoja).* Ako se takav isključivanje radi redukcije opterećenja obavio u poremećaju, smatrat će se da je i ta jedinica u prisilnom zastoju, a ako se učinio u vezi s planiranim zastojem ili planiranim zastoju ta će se jedinica uzimati da je u planiranom zastoju. U oba slučaja, dakako, s vanjskim razlogom zastoju.

Neraspoloživo stanje voda odnosno transformatora nastupa (vanjskim razlogom) i ako su neraspoloživa polja za njihov priključak, a na njih priključen vod ili transformator je ispravan. Obrnuto, polje nije u neraspoloživu stanju ako je ispravno, ali isključeno zbog neraspoloživosti priključenog voda odnosno transformatora.

Neraspoloživost prestaje u trenutku uspješnog uklopa promatrane jedinice, nakon prinudnog ili planiranog zastoja, odnosno obavijesti o raspoloživosti promatrane jedinice.

Čekanje (standby) je stanje u kojem se nalazi promatrana jedinica između obavijesti o njezinoj raspoloživosti i uklopa. Ako je ono trajalo dulje od 30 minuta, onda takvo stanje u statistici pogonskih događaja smatramo čekanjem, a ako je trajalo kraće ili jednako 30 minuta, to trajanje ne iskazuje se posebno, nego se ubraja u trajanje promatranog prinudnog odnosno planiranog zastoja. Tako definirano čekanje (dakle dulje od 30 minuta) nije neraspoloživo, nego je raspoloživo stanje promatrane jedinice i ne



Slika 6. Neraspoloživo stanje, neraspoloživost

prati se statistikom pogonskih događaja kao neko osobito stanje. Izostanak obavijesti o raspoloživosti vodi konvenciji u statistici pogonskih događaja da je vrijeme obavijesti o raspoloživosti jednako vremenu uspješnog uklopa.

Prazni hod koji slijedi nakon jednostranog ispada ili jednostranog prinudnog isklopa voda odnosno transformatora računa se u trajanje zastoja, sve do ponovnog uklopa ili obavijesti o raspoloživosti. Trajanje praznog hoda vodova i transformatora pri okončanju zastoja, od vremena uklopa prvog do vremena uklopa drugog prekidača, računa se u trajanje zastoja ako do uklopa drugog prekidača nije poteklo dulje od 30 minuta od obavijesti o raspoloživosti. Ako jest, zastoje se smatra završenim u trenutku obavijesti o raspoloživosti.

Zaključno, možemo reći: **statistikom pogonskih događaja obuhvaćena su sljedeća neraspoloživa stanja promatranih jedinica:**

- * **prinudni zastoje**
 - trajni zastoje (taj je svakako zbog unutarnjeg razloga)
 - privremeni zastoje, zbog unutarnjeg razloga
 - privremeni zastoje ispravne jedinice, zbog vanjskog razloga
- * **planirani zastoje**
 - planirani zastoje, zbog unutarnjeg razloga
 - planirani zastoje, zbog vanjskog razloga.

Uz to, statistikom pogonskih događaja prati se i osobito stanje koje se ne uvrštava u **neraspoloživost**:

- * **prolazni zastoje, uspješni automatski ponovni uklop.**

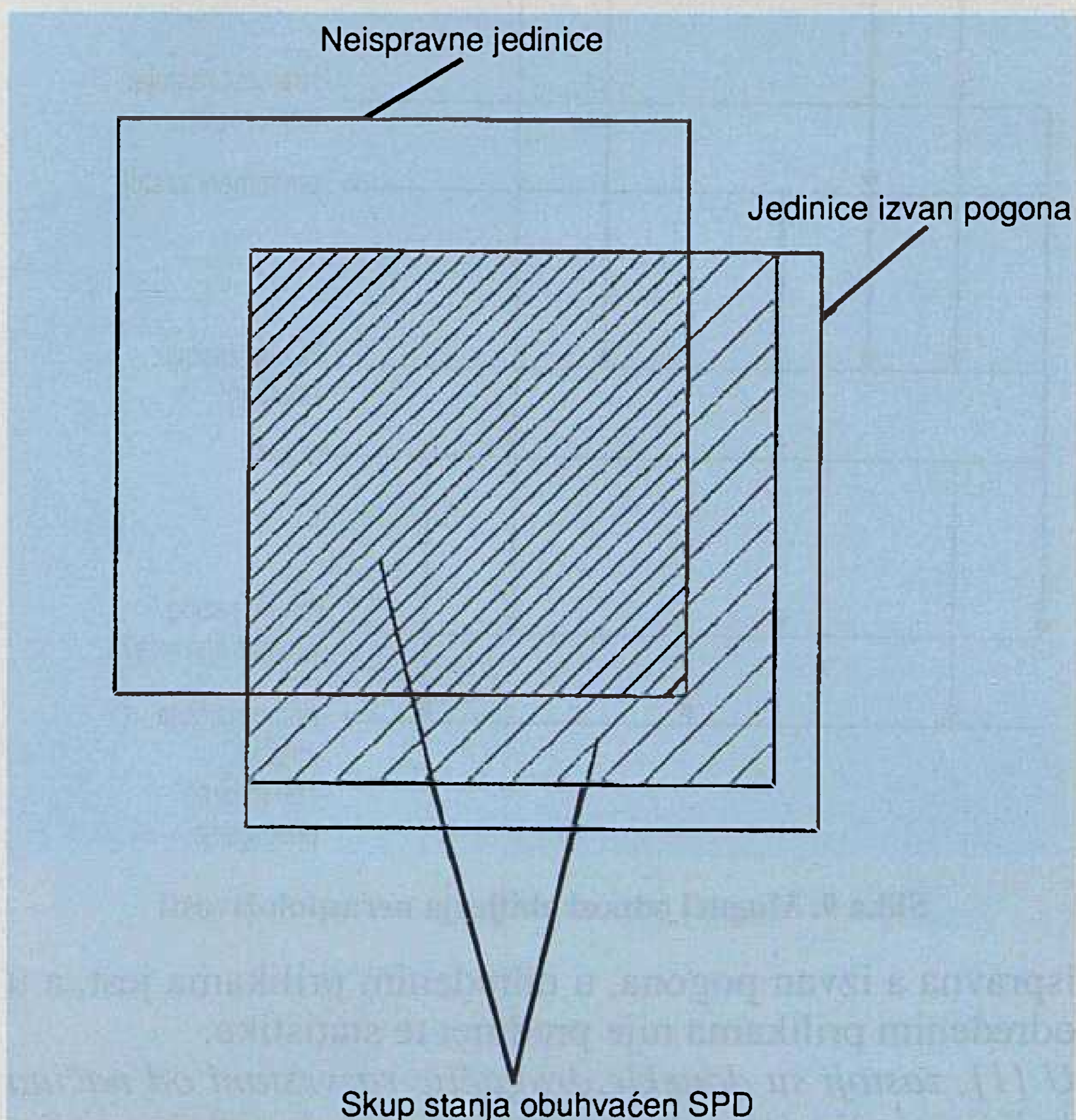
Jedinica može biti u pogonu s **punim** (fully capable) ili **smanjenim mogućnostima** (derated state). U pogonu je sa smanjenim mogućnostima ako se može koristiti uz vrijednosti pogonskih veličina manje od nazivnih (npr. dopušteno niže opterećenje transformatora zbog toga što dio rashladnog sustava nije ispravan). Jedinicu u tom stanju smatramo raspoloživom i ne pratimo kao neko izdvojeno stanje. Ako jedinica dopustivo ne može obavljati neke

funkcije, ali je opteretiva nazivnim vrijednostima veličina, tada je u pogonu s nedostatkom.

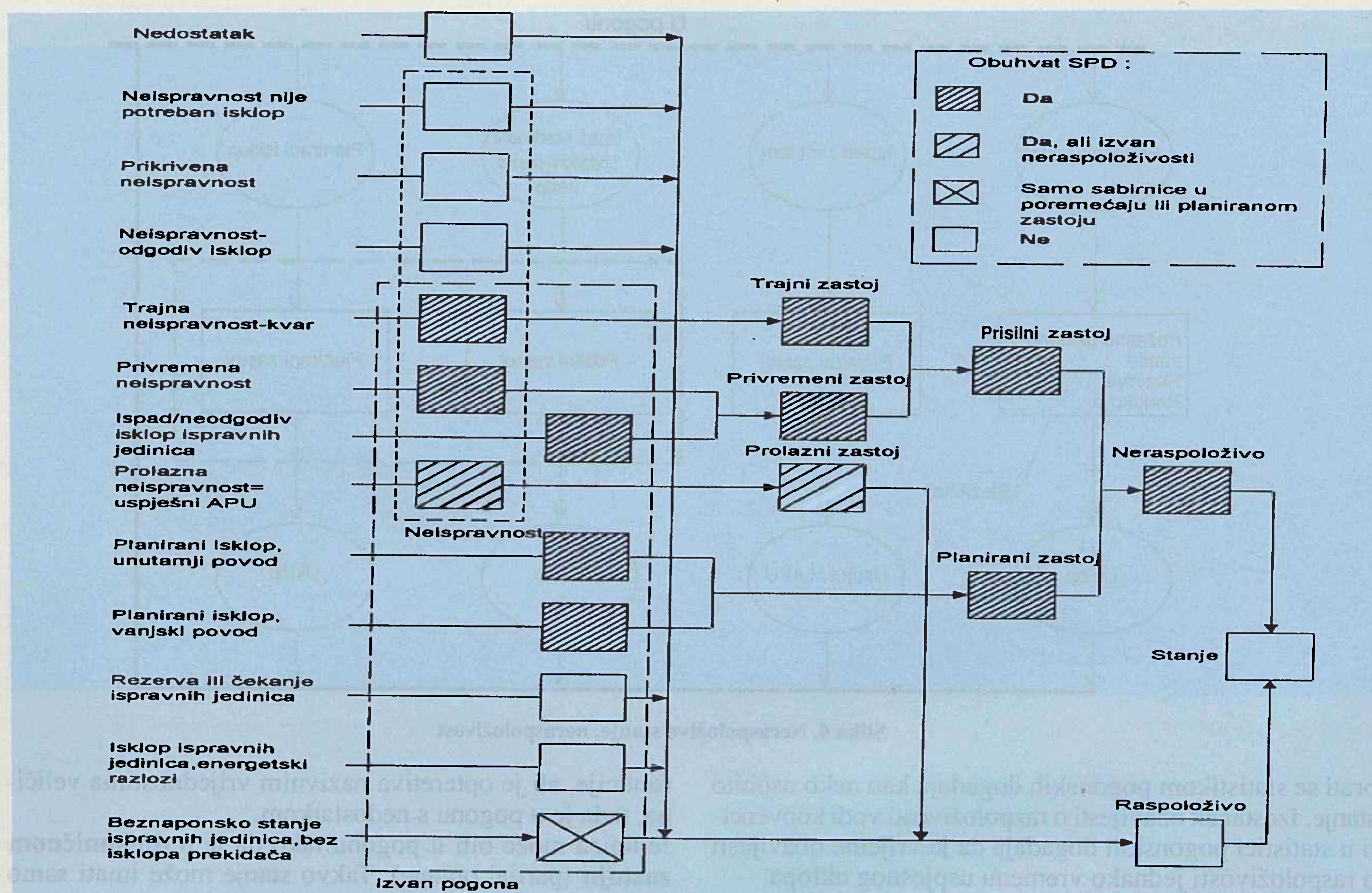
Jedinica može biti u pogonu tako da je u **djelomičnom zastoju** (partial outage). Takvo stanje može imati samo vod s odvojkom ("T-vod"), i to onda ako su dva njegova kraja uključena u mrežu, a treći ne. U statistici pogonskih događaja takvo stanje smatrat će se raspoloživim i neće se posebno iskazivati.

Slikama 7. do 10. postupno su na više načina ilustrirani odnosi među raspravljanim pojavama, razvrstavajući ih na one koje jesu i one koje nisu predmetom promatranja statistike pogonskih događaja.

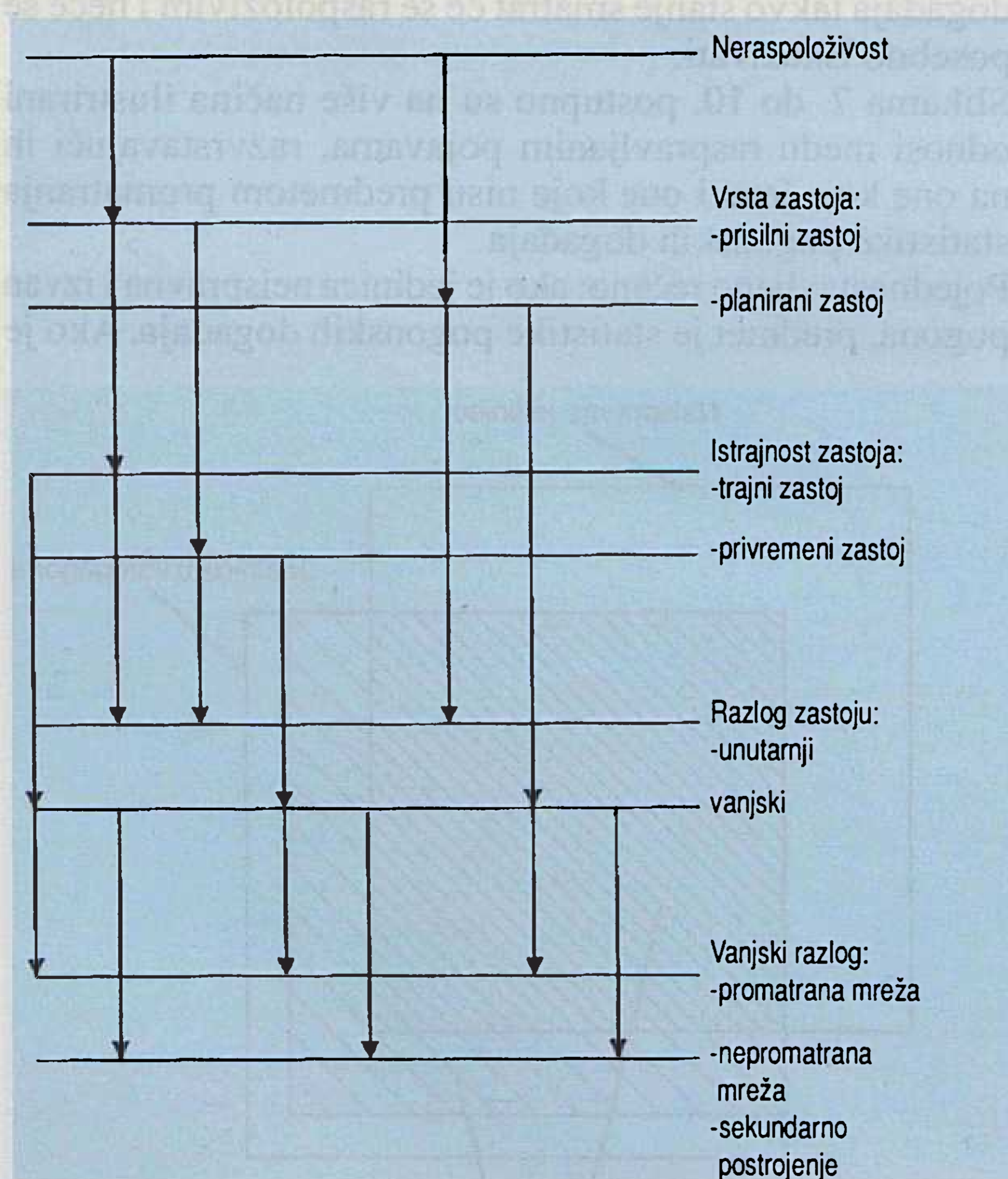
Pojednostavljeno rečeno: ako je jedinica neispravna i izvan pogona, predmet je statistike pogonskih događaja. Ako je



Slika 7. Osnovni obuhvat stanja



Slika 8. Detaljni obuhvat stanja



Slika 9. Mogući odnosi obilježja nerasploživosti

ispravna a izvan pogona, u određenim prilikama jest, a u određenim prilikama nije predmet te statistike.

U [1], zastoje su donekle drugačije razvrstani od načina koji je primijenjen u statistici pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Prinudni (forced)

zastoje odvojeno se prate od odgodivih (deferrable) zastoja; zajedno se uzimaju kao neplanirani (unplanned) zastoje. Statistikom pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede predviđeno je dodavanje odgodivih zastoja prinudnima i praćenje pod imenom prinudni. Tako je postupljeno i u [2]. Svaki odgodivi zastoje u statistici pogonskih događaja ostat će obilježen vrstom i načinom otkaza kao "odgodivi", te će - u krajnjoj liniji - naknadno biti omogućeno izdvajanje takvih zastoja iz prinudnih, ako bi se to pokazalo opravdanim (radi korektnije međunarodne usporedbe).

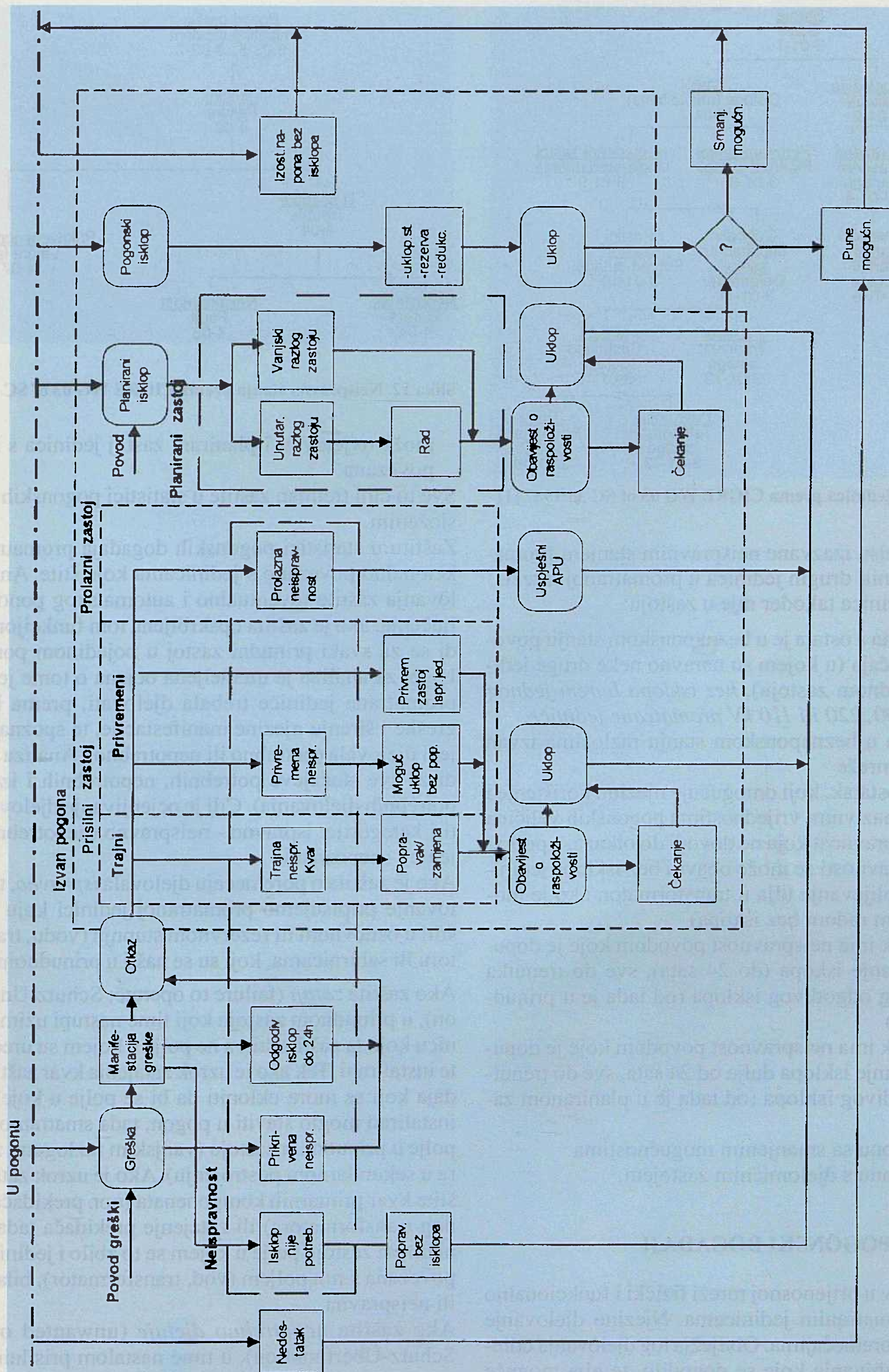
Na slikama 11. i 12. prikazani su hijerarhijski odnosi među pojmovima prema [1] i izneseni nazivi na hrvatskom, kakvi su primijenjeni u statistici pogonskih događaja.

3.7. Stanja koja se ne obuhvaćaju statistikom pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede

Jedinica može biti u stanju izvan pogona i iz razloga koji nisu prinudni ili planirani zastoje u smislu statistike pogonskih događaja. Također, jedinica može biti i u nekom osobitom stanju za koje bi moglo biti dvojbeno radi li se o zastoju ili ne. Stoga se u nastavku specificiraju izvanpogonska i druga osobita stanja koja se ne računavaju u zastoje u smislu statistike pogonskih događaja.

Nisu zastoje u smislu ove statistike:

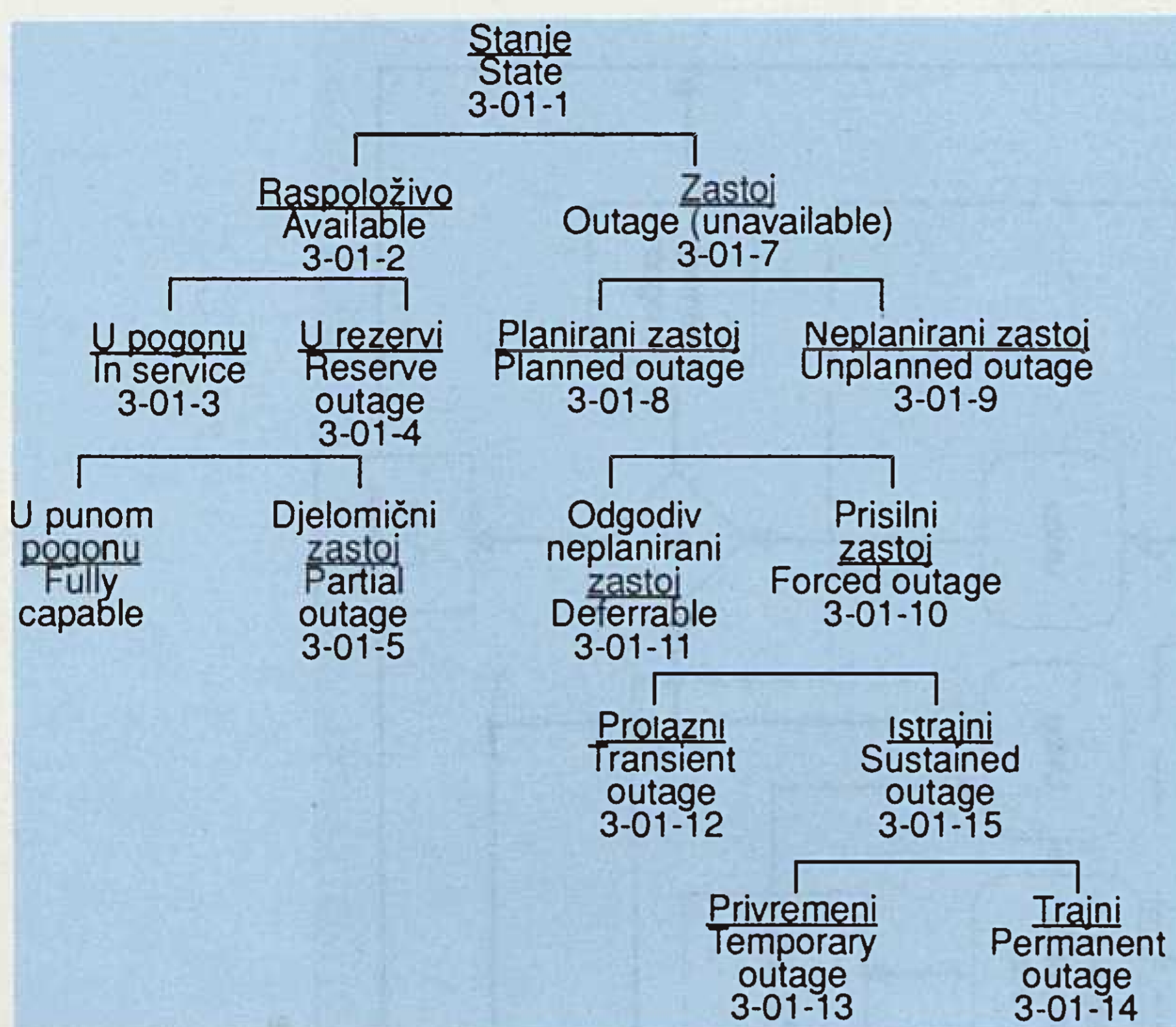
- pojave koje su se zbile tako da nije došlo do iskopavanja barem jednog prekidača u promatranoj mreži
- čekanja raspoložive jedinice na uključivanje u mrežu nakon zastoja (ako je dulje od 30 minuta)



Slika 10. Događaji i stanja jedinica prijenosne mreže

- držanje u rezervi raspoložive jedinice
- prazni hod promatrane jedinice, radi pogonskih razloga u mreži
- iskop raspoložive jedinice radi ostvarenja poželjnog uklopnog stanja mreže
- iskop raspoložive jedinice radi ostvarenja redukcije opterećenja u mreži, iz energetskih razloga (zbog nedo-

- statne proizvodnje i dobave električne energije u sustav)
- automatski isključivanje raspoložive jedinice radi potfrekventnog rasterećenja mreže, izvan poremećaja
- iskop raspoložive jedinice radi sniženja pogonskog napona u mreži ili smanjenja struja kratkog spoja
- iskop transformatora 110/s.n. samo prekidačem srednjonaponske strane.



Slika 11. Stanja jedinica prema CIGRE WG 03 of SC 38/1987 [1]

Sve te pojave nisu izazvane neispravnim stanjem promatranih jedinica niti drugih jedinica u promatranoj mreži. Promatrana jedinica također nije u zastoju:

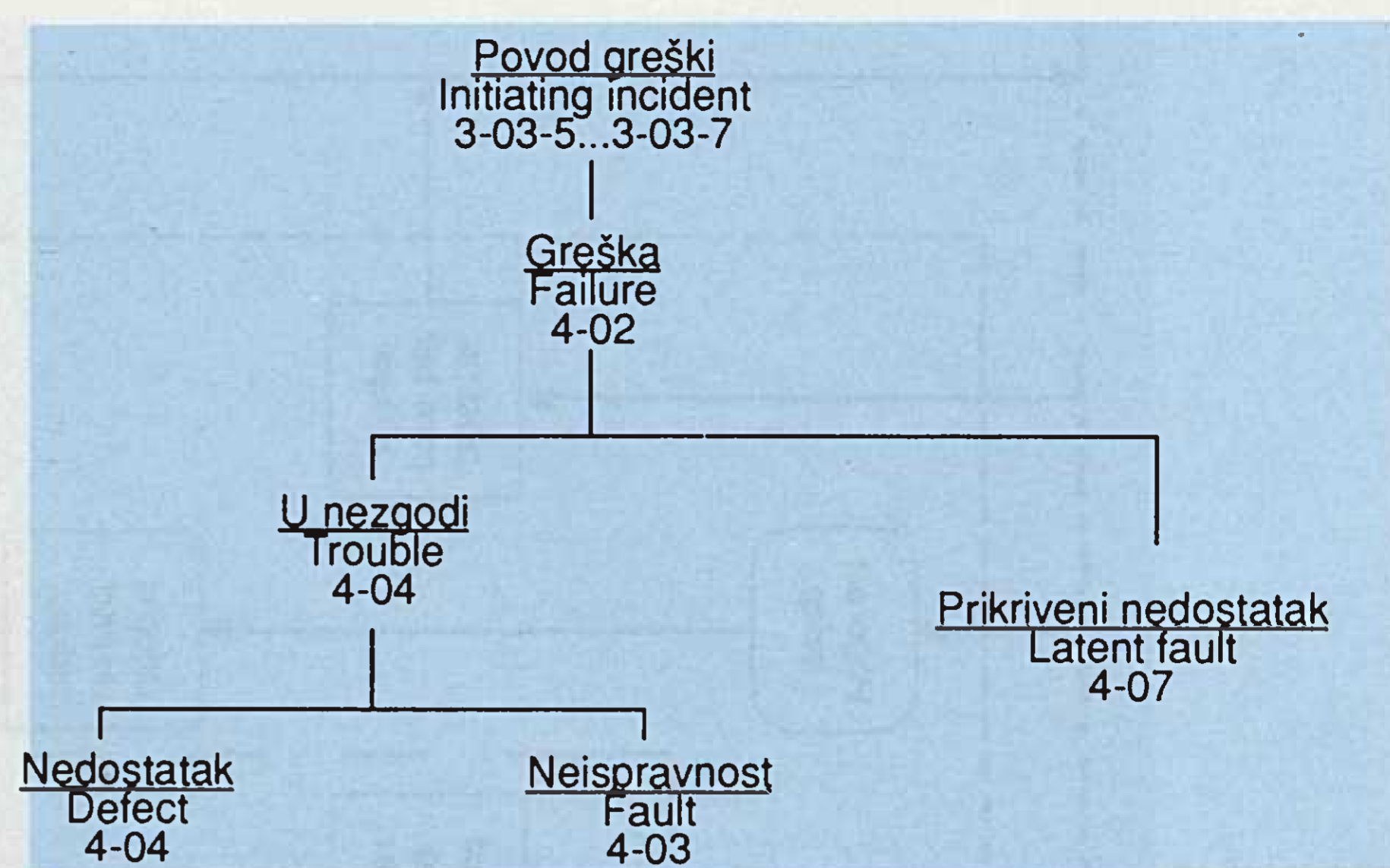
- ako je ispravna a ostala je u beznaponskom stanju povodom poremećaja (u kojem su naravno neke druge jedinice u prinudnom zastoju), *bez isklopa barem jednog prekidača 400, 220 ili 110 kV promatrane jedinice*
- ako je ostala u beznaponskom stanju razlozima izvan promatrane mreže
- ako ima nedostatak, koji omogućuje njezino korištenje i opterećenje nazivnim vrijednostima pogonskih veličina
- ako ima neispravnost koja ne dovodi do otkaza, a popravak te neispravnosti se može obaviti bez isklopa jedinice (npr. nadolijevanje ulja u transformator, ako je moguće sigurnim radom bez isklopa)
- u vrijeme dok ima neispravnost povodom koje je dopušteno odgađanje isklopa (do 24 sata), sve do trenutka izvođenje tog odgodivog isklopa (od tada je u prinudnom zastoju)
- u vrijeme dok ima neispravnost povodom koje je dopušteno odgađanje isklopa dulje od 24 sata, sve do trenutka tog odgodivog isklopa (od tada je u planiranom zastoju)
- ako je u pogonu sa smanjenim mogućnostima
- ako je u pogonu s djelomičnim zastojem.

4. ZAŠTITA I POGONSKI DOGAĐAJI

Zaštita je sustav u prijenosnoj mreži fizički i funkcionalno povezan s promatranim jedinicama. Njezino djelovanje presudno je u poremećajima. Obilježja tog djelovanja određuju karakter zbivanja koje se dogodilo, te nije moguće razmatranje pogonskih događaja i nastalih stanja bez prikladnog tretmana zaštite.

Zaštita se pri razmatranju pogonskih događaja javlja trojako:

- funkcionalni je sudionik tih događaja
- eventualno njezino zakazivanje ili nepotrebno djelovanje širi skup jedinica mreže pogođenih poremećajem
- sama zaštita može biti predmet planiranih radova čime



Slika 12. Neispravna stanja prema CIGRE WG 03 of SC 38/1987 [1]

može uvjetovati i planirani zastoj jedinica s kojima je povezana.

Sve to čini tretman zaštite u statistici pogonskih događaja složenim.

Zaštitu u statistici pogonskih događaja promatramo funkcionalno povezano s jedinicama koje štite. Analiza djelovanja zaštite (eventualno i automatskog ponovnog uključivanja, ako je zaštita opskrbljena tom funkcijom) provodi se za svaki prinudni zastoj u pojedinom poremećaju. Uvjet za analizu je utemeljena ocjena o tome je li zaštita promatrane jedinice trebala djelovati, prema karakteru greške i širenju njezine manifestacije, te spoznaja o tome je li djelovala (potrebno ili nepotrebno). Analiza se provodi za sve slučajeve potrebnih, nepotrebnih i izostalih (a potrebnih djelovanja). Cilj je ocjenjivanje djelovanja u četiri kategorije: ispravno - neispravno (nepotrebno + zatajenje) - nepoznato.

Ako je zaštita o poremećaju djelovala *ispravno*, takvo djelovanje pripisujemo promatranoj jedinici koju ta zaštita štiti u osnovnom ili rezervnom stupnju (vodu, transformatoru ili sabirnicama, koji su se našli u prinudnom zastoju).

Ako zaštita *zataji* (failure to operate; Schutz-Unterfunktion), u prinudnom zastoju koji time nastupi uzimamo jedinicu koju ta zaštita štiti a ne polje u kojem su uređaji zaštite instalirani. Tek ako je uzrok zatajenja kvar zaštitnog uređaja koji se mora ukloniti da bi se polje u koje je uređaj instaliran moglo staviti u pogon, tada smatramo da je i to polje u prinudnom zastoju (vanjskim razlogom, zbog kvara u sekundarnom postrojenju). Ako je uzrok zatajenja zaštite kvar primarnih komponenata (npr. prekidača ili mjernog transformatora) ili zatajenje prekidača tada je u prinudnom zastoju polje u kojem se to zbilo i jedinica koja je povezana s tim poljem (vod, transformator), bila ispravna ili neispravna.

Ako zaštita *nepotrebno djeluje* (unwanted operation; Schutz-Überfunktion), u time nastalom prisilnim zastoju uzimamo jedinicu koju ta zaštita štiti, a ne i polja na koja je ta zaštita nepotrebno djelovala, ako su ona ostala raspoloživa.

Nepotrebno djelovanje zaštite može biti izazvano neispravnošću unutar zaštitnog uređaja bez postojanja greške u mreži ili pak neselektivnim radom zaštitnog uređaja pri postojanju greške u mreži (npr. ispad transformatora diferencijalnom zaštitom, zbog greške u donjonaponskoj mreži, izvan područja šticećenja tom zaštitom).

Izneseno vrijedi i za razmatranje instaliranja i djelovanja uređaja za automatski ponovni uklop koji su neposredno povezani s uređajima zaštite, a funkcionalno povezani s vodovima, sudjelujući svojim uspješnim ili neuspješnim automatskim uklopima, te zatajenjima u poremećajima. Najprije se utvrđuje je li (potrebno ili nepotrebno) djelovala zaštita koja je opremljena uređajem APU, te – ako jest – je li došlo do pokušaja APU. Ako je pokušaj učinjen, utvrđuje se je li bio uspješan ili neuspješan. Izostali i neuspješnim pokušajima APU ustanovljavaju se razlozi, čime je omogućeno ocjenjivanje djelovanja APU: ispravno – neispravno – nepoznato.

Ako je razlog planiranom isklopu polja isključivo proistekao zbog potreba zaštitih uređaja, a ne i primarnih komponenata u polju, smatrat će se da je u planiranom zastoju vod i transformator koje štiti ta zaštita, odnosno sabirnice, ako je njihovo izvanpogonsko stanje moralo biti ostvareno zbog planiranog zahvata na njihovoj zaštiti.

5. KVAROVI I POGONSKI DOGAĐAJI

Ako je prinudni zastoj bio trajni, obvezno je znana barem jedna komponenta promatrane jedinice koja je bila u **kvaru** (Schaden), te se morala popraviti ili zamijeniti prije negoli je bio moguć ponovni pogon promatrane jedinice. Ako takvo što ne postoji, zastoj nije bio trajan, nego privremen – ma koliko dugo trajao. *Istodobna oštećenja više elemenata iste komponente u okviru istog zastoja jedan su kvar. Oštećenja više komponenata iste promatrane jedinice u okviru jednog prinudnog zastoja računaju se kao onoliko kvarova koliko je tih komponenata oštećeno.*

Kvarovi se u statistici pogonskih događaja promatraju samo onda kada su bili uzrokom otkaza promatrane jedinice, dakle ako su sudjelovali u prinudnom zastoju. Ako su kvarovi nađeni i otklonjeni prilikom održavanja, dakle tijekom planiranih zastoja, nisu predmet statistike pogonskih događaja. Dakako, takav planirani zastoj jest predmet statistike pogonskih događaja, ali se dopunski ne obilježava tim kvarom.

Kvarovi koji ne izazivaju otkaz (dakle ispad zaštitom – ručni neodgodivi iskop – ručni prinudni isklop odgodiv do 24 sata), ne ulaze u statistiku pogonskih događaja. Također, ne ulaze u statistiku pogonskih događaja kvarovi koji su uklonjeni bez isključenja neke jedinice, primjerice popravak rashladnog sustava transformatora bez isključenja tog transformatora ili zamjena izolatorskog članka u lancu na dalekovodu izvođenjem radova pod naponom. Stoga iskazi o kvarovima u statistici pogonskih događaja nisu ukupni iskazi o svom kvarovima koji su se zbili u promatranoj prijenosnoj mreži tijekom promatranog razdoblja, *nego samo o onim kvarovima koji su uzrokovali prinudne zastoje ili su se zbili zbog manifestacija kojima su bile izložene komponente svih pogođenih jedinica tijekom odvijanja prinudnih zastoja u okviru jednog poremećaja.*

Komponente kojih se kvarovi pri tome promatraju za svaku su vrstu promatranih jedinica unaprijed određene. Primjerice, prati se izolatorski lanac kao komponenta, a ne izolatorski članak (izolatorski članak je element te komponente). Ili, provodni izolator je komponenta transformatora koja se prati, a pomoćna oprema transformatora u cjelini je jedna komponenta.

6. PREKID OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Ako je zbog prinudnog ili planiranog zastoja prekinuta opskrba električnom energijom, to je obilježje koje se pridružuje prvom mjestu greške, primarno pogođenoj jedinici ili uvjetno primarno pogođenoj jedinici, odnosno jedinici koja je u planiranom zastoju. Ako se više grešaka dogodilo istodobno (zbio se višestruki otkaz), tada je uvjetno primarno pogođena ona jedinica čiji uklop je doveo do prestanka prekida opskrbe. Ako i to nije slučaj (prekid opskrbe obustavljen je uklopom rezervne jedinice u promatranoj mreži ili u nepromatranoj – srednjonaponskoj – mreži ili angažiranjem elektrane), jedinice u promatranoj mreži ili u nepromatranoj – srednjonaponskoj – mreži ili angažiranjem elektrane), uvjetno primarno pogođena je ona jedinica čiji zastoj je najpresudnije utjecao na prekid opskrbe.

Ako je primarno pogođena jedinica izvan promatrane mreže, eventualni prekid opskrbe zbog takvog poremećaja ne uračunava se u prekide opskrbe u statistici pogonskih događaja u prijenosnoj mreži ako je do prekida došlo samo u onom dijelu nepromatrane mreže u kojem je greška koja je izazvala poremećaj. Ako do prekida opskrbe dođe i u drugim dijelovima nepromatrane mreže, uzrokovano ispadima odnosno prinudnim isklopima jedinica promatrane mreže u tom poremećaju takav će se prekid opskrbe računati u statistiku pogonskih događaja.

Prekid opskrbe obilježen je trajanjem, dakle početkom i završetkom, i može biti raspodijeljen na više opskrbnih područja u istom zastoju, s različitim vremenima početka i završetaka. Tada se za svako takvo područje prekid opskrbe iskazuje odvojeno. Neisporučena električna energija svakoga takvog područja procjenjuje se prema očekivanom dnevnom dijagramu trajanja opterećenja područja. Ukupno neisporučena energija u takvom zastoju zbroj je neisporuka pojedinim opskrbnim područjima, a trajanje neisporuke u takvom zastoju računa se kao srednja vrijednost trajanja neisporuke pojedinim opskrbnim područjima. Prema [1], neisporučena energija je EENS = Expected Energy Not Supplied.

Iskazuje se trajanje vršnog opterećenja sustava tijekom kojeg bi se obustavilo toliko energije potrošačima kao što je doista procijenjeno kao neisporučeno, samo uz različite snage i trajanja. Dakle, računa se omjer ukupno neisporučene električne energije tijekom promatranog razdoblja i vršnog opterećenja promatranog sustava prema [1] to je BPECI = Bulk Power Energy Cyrtailment Index. Prema [9], taj omjer iskazan u minutama naziva se System minutes (SM). Takav iskaz izabran je u nas u statistici pogonskih događaja. Također, iskazuje se omjer neisporučene energije i ukupnoga godišnjeg konzuma promatranog sustava na razini prijenosne mreže (dakle zbroj isporuke direktnim potrošačima i distribucijskim područjima, bez gubitaka u prijenosnoj mreži), čime se iskazuje stupanj nepodmirene potražnje zbog nerasploživosti prijenosne mreže. Prema [9], taj omjer pomnožen brojem minuta u godini naziva se Average Interruption Time (AIT). Isto u [9], taj se omjer na drugi način iskazuje i kao broj neisporučenih kilovatsati na svakih 100 MWh potrošnje, što je izabrano za našu statistiku pogonskih događaja.

7. BEZNAPONSKO STANJE SABIRNICA

Osim prekida opskrbe električnom energijom, postoji još posljedica poremećaja ili planiranih zastoja u prijenosnoj mreži, koje posljedice bi bilo zanimljivo i korisno pratiti statistikom pogonskih događaja. U ovoj etapi razvoja te statistike predviđa se statističko praćenje beznaponskih stanja sabirnica u postrojenjima prijenosne mreže *ako su se one u takvom stanju našle povodom poremećaja ili planiranih zastoja u prijenosnoj mreži neovisno jesu li pri tome one same bile pogođena jedinica u smislu statistike pogonskih događaja ili nisu.*

Dakle, u svakom poremećaju i pri svakom planiranom zastoju pratiti će se beznaponsko stanje svih sabirnica 400, 220 i 110 kV u promatranoj mreži i iskazivati vrijeme izostanka i vrijeme povratka napona:

- jednostrukih sabirnica jednog nazivnog napona u određenoj transformatorskoj stanici
- svake sekcije uzdužno sekcioniranih sabirnica
- dvostrukih i višestrukih sabirnica u cjelini, ako je normalno pogonsko stanje tijekom čitavoga promatranog razdoblja takvo da se koristi samo jedan sabirnički su-

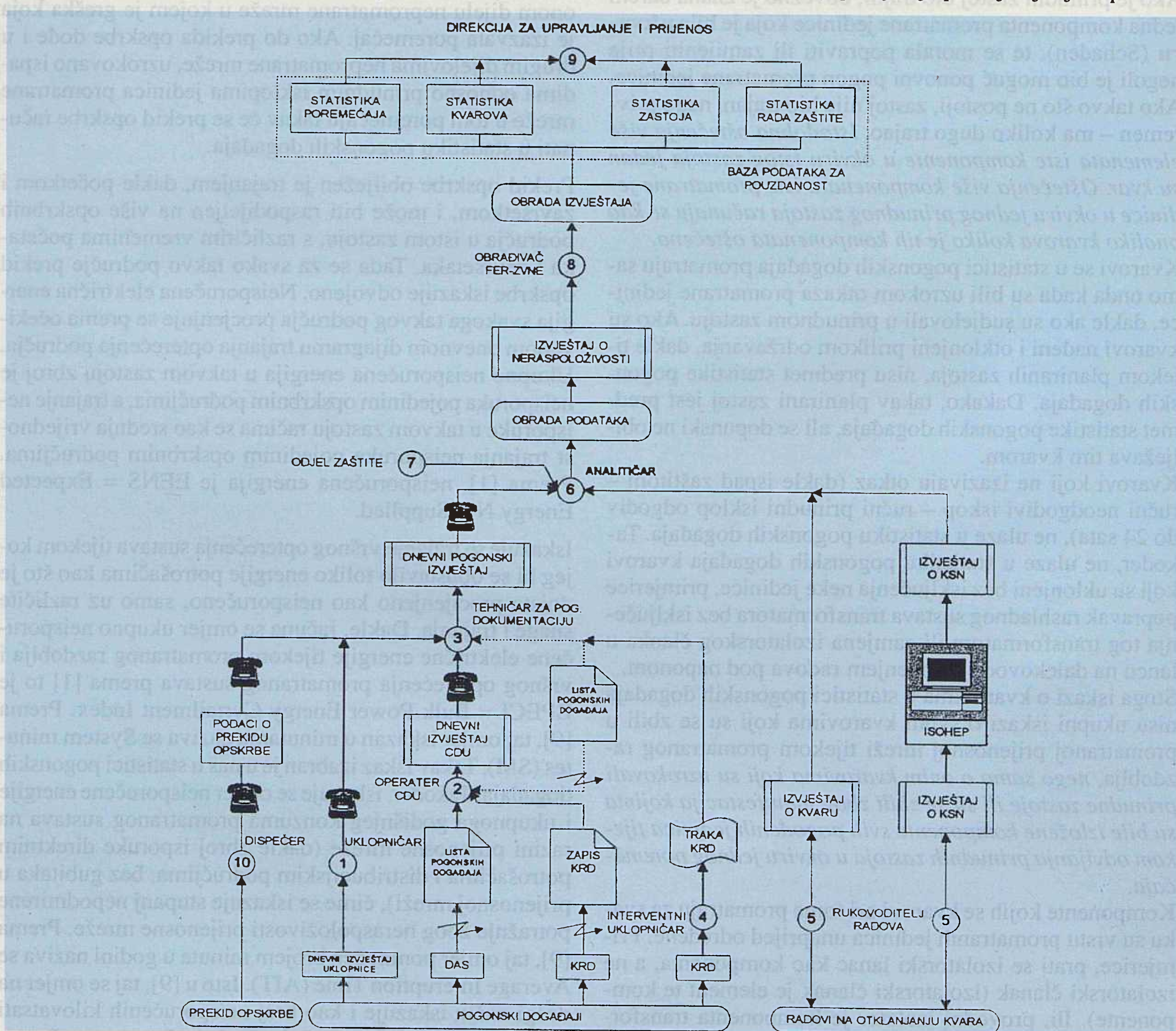
stav, tada je beznaponsko stanje sabirnica samo onda kada su svi sustavi bez napona

– svakog sustava dvostrukih i višestrukih sabirnica, ako je normalno pogonsko stanje takvo da se koristi razdvojeni pogon sabirnica.

U statistici pogonskih događaja ne prate se beznaponska stanja pomoćnih sabirnica.

8. PROMATRANO RAZDOBLJE

Promatra se razdoblje pogona prijenosne mreže unutar jedne kalendarske godine i svi se podaci o poremećajima i zastoju odnose na jednu poznatu godinu. Obuhvaćaju se samo one promatrane jedinice i prate pojave samo na njima koje su bile u mreži tijekom cijele promatrane godine. Jedinice koje su ušle u pogon u promatranoj godini uzet će se u obuhvat počevši od početka sljedeće godine. Ako se promatraju prilike u višegodišnjem nizu, opet se svi podaci o poremećajima i zastoju iskazuju kao prosječni godišnji podaci iz poznatog višegodišnjeg razdoblja. Takav višegodišnji prosjek je poželjan jer je reprezen-



Slika 13. Skupljanje i obrada podataka za statistiku pogonskih događaja

tativniji za račune pouzdanosti, no ne smije biti predug, jer se prilike postupno mijenjaju, te bi prosječni podaci opet bili nereprezentativni. Primjerice, austrijska je praksa da se podaci iskazuju za promatranu godinu, za godinu koja prethodi promatranj i prosječni godišnji podaci iz posljednjeg petogodišnjeg niza [3].

Ako se neke pojave promatraju u mjesečnom slijedu, opet se podaci iznose kao godišnji podaci u tom poznatom mjesecu [2].

9. PROMATRANA OBILJEŽJA

Svi događaji koji se zbivaju u prijenosnoj mreži imaju barem jedno obilježje: vrijeme njihova nastanka. Vremena pojedinih događaja omogućuju utvrđivanje trajanja pojedinih stanja. Trajanje stanja je razlika vremena završnog i početnog događaja koji omeđuju to stanje.

Dugotrajni zastoj koji bi uslijedio zbog velikog trajanja popravka nekog elementa ili promatrane jedinice (primjerice: podizanje srušenih stupova na nekoj dalekovodnoj dionici ili popravak velikog kvara transformatora) iskazuje se u statistici pogonskih događaja pribrojano svim promatranim zastojima i izdvojeno iskazan, uz obvezni komentar. Svi srednji vremenski iskazi u kojima sudjeluje takvo (veliko) pojedinačno trajanje računaju se s tim ostvarenim trajanjem.

Granica za takav dvojni prikaz je 200 sati trajanja prinudnog zastoja i 800 sati trajanja planiranog zastoja prema [2].

Tijekom promatranog razdoblja broje se različite pojave ili klase unutar iste pojave. Ukupan broj takvih pojava u promatranom razdoblju je apsolutna frekvencija te pojave. Ako se pojava iskaže u odnosu na količinu promatranih jedinica u mreži, dobiva se relativna frekvencija koja iskazuje godišnju čestocu te pojave u odnosu na jednu prosječnu jedinicu u mreži, te je omogućena usporedba s prilikama u drugim mrežama. Prema karakteru promatranih jedinica i promatranih pojava u prijenosnoj mreži uobičajeno je dvojno iskazivanje količine promatranih jedinica: ukupnim brojem istih jedinica u mreži (za sve jedinice, dakle koliko komada vodova, transformatora, polja i sabirnica je bilo u pogonu u promatranom razdoblju) i ukupnom duljinom, dakako samo vodova (uobičajeno iskazano u 100 kilometara).

Između broja pojava i promatrane ukupne količine jedinica mora postojati korespondencija: promatraju se i ubrajaju u ukupan broj samo one pojave koje su se zbivale na onim jedinicama koje su ubrojane u ukupnu promatranu količinu.

Takav, dvojni prikaz (po komadu i po 100 kilometara) primjeren je pojavama koje promatramo. Primjerice, izloženost (nadzemnog) voda vanjskim utjecajima razmjerna je ukupnoj duljini vodova te je primjeren iskaz relativne frekvencije takve pojave u odnosu prema jediničnoj duljini. Naprotiv, izloženost vodova pogrešnom sklapanju nije funkcija njihove ukupne duljine nego ukupnog broja vodova, te je primjeren iskaz relativne frekvencije takve pojave u odnosu prema jednom vodu.

Kako je znano ukupno godišnje trajanje nekog stanja, to se vjerojatnost da će prosječna promatrana jedinica biti u tom stanju iskazuje omjerom tog trajanja i ukupne količine jedinica pomnožene s ukupnim trajanjem promatranog razdoblja (8 760 sati).

Osim frekvencije i trajanja pojedinih promatranih stanja, ona se razvrstavaju prema nizu izabranih obilježja (te iskazuju, eventualno, njihove frekvencije i trajanja). Moguće vrijednosti tih obilježja (numeričke ili kvalitativne, rječju) unaprijed su specificirane, te će biti moguć nedvojbena izbor pri unosu podataka u statistiku, kao i nedvojbena tumačenje rezultat statističke obrade.

Poremećaje prate sljedeća obilježja (osim frekvencije i trajanja po primarno pogođenim jedinicama): povod greški i vrsta otkaza. Prinudni zastoji obilježeni su (osim frekvencije, trajanja, po lokacijama i pozicijama): razlogom (vanjski-unutarnji), načinom otkaza, iskazom o djelovanju i uzrokom (eventualnog) neispravna djelovanja zaštite, iskazom o pokušaju i uzroku neuspješnog APU, manifestaciji greške, istrajnošću zastoja (trajni-privremeni), brojem kvarova, komponentom u kvaru, količini komponenata u kvaru, vrstom oštećenja i uzrokom kvaru. Prolazni zastoj (uspješni APU), obilježavaju se frekvencijom, lokacijom i vremenom nastupa. Planirani zastoji (osim frekvencije i trajanja, po lokacijama i pozicijama) obilježeni su: povodom zastoja, razlogom zastoja i vrstom radova za vrijeme zastoja. Poremećaji i planirani zastoji dopunski su obilježeni podacima o prekidu opskrbe (trajanjem prekida i neisporučenom energijom), te podacima o izostancima napona sabirnica (trajanje beznaponskog stanja po lokacijama i pozicijama).

10. PRIKUPLJANJE, OBRADA I PRIKAZ PODATAKA U STATISTICI POGONSKIH DOGAĐAJA

Za pojedinu promatranu godinu izdavat će se statistički izvještaj pod naslovom (primjerice za 1995. godinu): Statistika pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede u 1995. godini.

Slogu tablica s podacima prethodio bi tekst kojim bi se uvodno iskazao kontekst u kojem treba promatrati podatke o ostvarenim pogonskim događajima. Tekst bi imao sljedeći orijentacijski sadržaj:

1. Opći uvod
2. Podaci o promatranj mreži u promatranj godini
3. Pregled vremenskih prilika u promatranj godini
4. Pregled krupnih pogonskih događaja u promatranj godini
5. Ostale osobitosti u pogonu i održavanju prijenosne mreže u promatranj godini
6. Uvodni komentar izlaznih tablica.

Ukupno je predloženo oko 75 izlaznih tablica za prijenosnu mrežu Hrvatske u cjelini, a razvrstane su po područjima: poremećaji, prinudni zastoji, planirani zastoji, neraspoloživost, prekidi opskrbe, beznaponska stanja sabirnica, djelovanje zaštite i prinudni zastoji s kvarom (trajni zastoji).

Planira se izrada računalske podrške koja bi omogućila unos izvornih podataka o pogonskim događajima i stanjima te o njihovim obilježjima. Programom bi podaci bili obrađeni i prikazani na utvrđeni način. Ujedno, podaci bi ostajali pohranjeni, te bi bilo moguće naknadno pretraživanje na kakav drugi željeni način ili bi služili promatranjima u višegodišnjem nizu.

Izvorno prikupljanje podataka odvijalo bi se u prijenosnim područjima Direkcije za upravljanje i prijenos Hrvatske elektroprivrede. Tome će služiti dokumenti koji se i sada vode u pogonu, a koji su za ove svrhe već prilagođeni:

dnevni izvještaj uklopnice, dnevni pogonski izvještaj i izvještaj o kvaru. Mjesto prikupljanja podataka bit će odjeli vođenja u prijenosnim područjima. Nužna je kritička analiza tih podataka i njihovo formiranje u suvisle slogove koji opisuju pojedinačno uočena stanja, njihove veze i obilježja. Čini se neizbježnim ustrojavanje mjesta analitičara pogonskih događaja na kojem bi se podaci pripremili i uni- jeli u računalski sustav (sl. 13).

Svemu tome, služiti će ustrojene linije pogonskog komuniciranja transformatorskih stanica s posadom i bez posade, centara daljinskog upravljanja, odjela održavanja primarne opreme i dalekovoda, specijalističkih odjela (osobito odjela zaštite) i odjela vođenja. Podaci o lokacijama i pozicijama pojedinih jedinica, o promatranim njihovim komponentama i o kvarovima izviret će iz informacijskog sustava za praćenje održavanja prijenosne mreže (ISO-HEP).

11. ZAKLJUČAK

Predloženo je ustrojstvo statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede koje sadrži definicije promatranih pojava, jedinice promatranja, promatrano razdoblje, obilježja promatranih pojava i vrijednosti koje mogu poprimiti ta obilježja, definira operacije među tim vrijednostima i sadržaj statističkog prikaza pogonskih događaja.

Predstoji kritička revizija tog prijedloga, usvajanje i izrada računalske podrške. Primjena bi se ispitala na podacima za 1995. godinu u mjeri u kojoj će to biti moguće, a osigurano je takvo prikupljanje i obilježavanje podataka od početka 1996. godine da će pouzdano biti moguće njezino potpuno iskazivanje na zamišljeni način.

LITERATURA

- [1] CIGRE WG03 of SC38, 1987: Power system reliability analysis. Application guide.
- [2] G. KIERKEGAARD, E. M. EUNSON: "Unavailability of transmission links", UNIPED, Sorrento Congress, May 30 - June 3, 1988.
- [3] E. SCHUH: "Auswertung der Stoerungs- und Schadenstaistik der oesterreichischen Hocspannungsnetze fuer das Jahr 1990", OZE 1/1992

- [4] G. MOTL, G. TRAEDE: "Die VDEW-Stoerungsstatistik der neunziger Jahre" (i niz članaka o statistici poremećaja i kvarova), Tematski broj časopisa Elektrizitaetswirtschaft 6/1994.
- [5] VDEW: Anleitung zur systematischen Erfassung von Stoerungen in Netzen ueber 1 kV und deren statistische Auswertung, VDEW-Stoerungsstatistik, 4. Ausgabe, Frankfurt/Main, 1994.
- [6] CIGRE, WG 06 Line Security, SC 22 (overhead Lines), Guide for analysis of failure data of overhead lines, Electra No. 126
- [7] IEC 50 (448), International Electrotechnical Vocabulary, Dependability and quality of service
- [8] IEC 50 (448), International Electrotechnical Vocabulary, Power system protection
- [9] UNIPED, Large Systems and Internatinal Interconnections Study Commitee, Group of Experts: Quality of Supply (1995), Quality of supply from electric from electric power systems

DESIGN OF OPERATIONAL EVENTS STATISTICS IN THE TRANSMISSION NETWORK OF THE CROATIAN NATIONAL ELECTRICITY

Operational events observation has a long tradition, although it has not yet been strictly defined. Therefore an attempt has been made to completely define, collect, analyse, process and store the data that will also serve as the base for the probability calculation.

DIE GESTALTUNG DER STATISTIK VON BETRIEBSEREIGNISSEN IM ÜBERTRAGUNGSNETZ DER KROATISCHEN VERBUND GESSELLSCHAFT

Die bisherige Beobachtung (Verfolgung) der Betriebsereignisse hat eine lange Überlieferung, es fehlt Ihr jedoch die genaue Begriffsbestimmung. Man hat deshalb zu dieser Begriffsbestimmung, sowie zur Einsammlung, Überprüfung, Bearbeitung und Speicherung der Angaben, die gleichzeitig als Grundlagen für die Zuverlässigkeitsrechnung dienen werden, gegriffen.

Naslov pisaca:

Prof. dr. sc. Zdravko Hebel,
dipl. ing.
Mr. sc. Maja Huml-Dimitrijević,
dipl. ing.
Egon Mileusnić, dipl. ing.
Zavod za visoki napon i
energetiku,
Fakultet za elektrotehniku i
računarstvo,
Ulica grada Vukovara 39,
10000 Zagreb, Hrvatska

Marijan Kalea, dipl. ing.
HEP-Elektroprijenos, Osijek,
Šet. kardinala F. Šepera 1a,
31000 Osijek, Hrvatska
Dr. sc. Srete Nikolovski,
dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet
Istarska b.b., 31000 Osijek,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-04-02.

industrogradnja d.d.



POGON KOMBINIRANIH KABELSKO-NADZEMNIH VODOVA

Mr. Dubravko Lukačević, Zagreb

UDK 621.165.58:621.311
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Opisan je plinsko-parni energetski blok (kombi-blok) u PTE "Jertovec", Konjščina kao postrojenje za proizvodnju električne energije koje se sastoji od plinskoturbinskog agregata, kotla na otpadnu toplinu i parnog turboagregata. S elektroenergetskog stajališta to je izvor električne energije kojeg opisuju statistički i dinamički pokazatelji. Ti pokazatelji ovise i o temperaturi okoline u kojoj postrojenje radi. Opisani su glavni dijelovi plinsko-parnog energetskog bloka i pokazatelji kvalitete rada postrojenja. Uz to je dan pojednostavnjeni blokovski prikaz takvog postrojenja s osnovnim podacima koji ga opisuju kao dio elektroenergetskog sustava.

Ključne riječi: plinsko-parni energetski blok, pokazatelji kvalitete, statički parametri, dinamički parametri.

1. UVOD

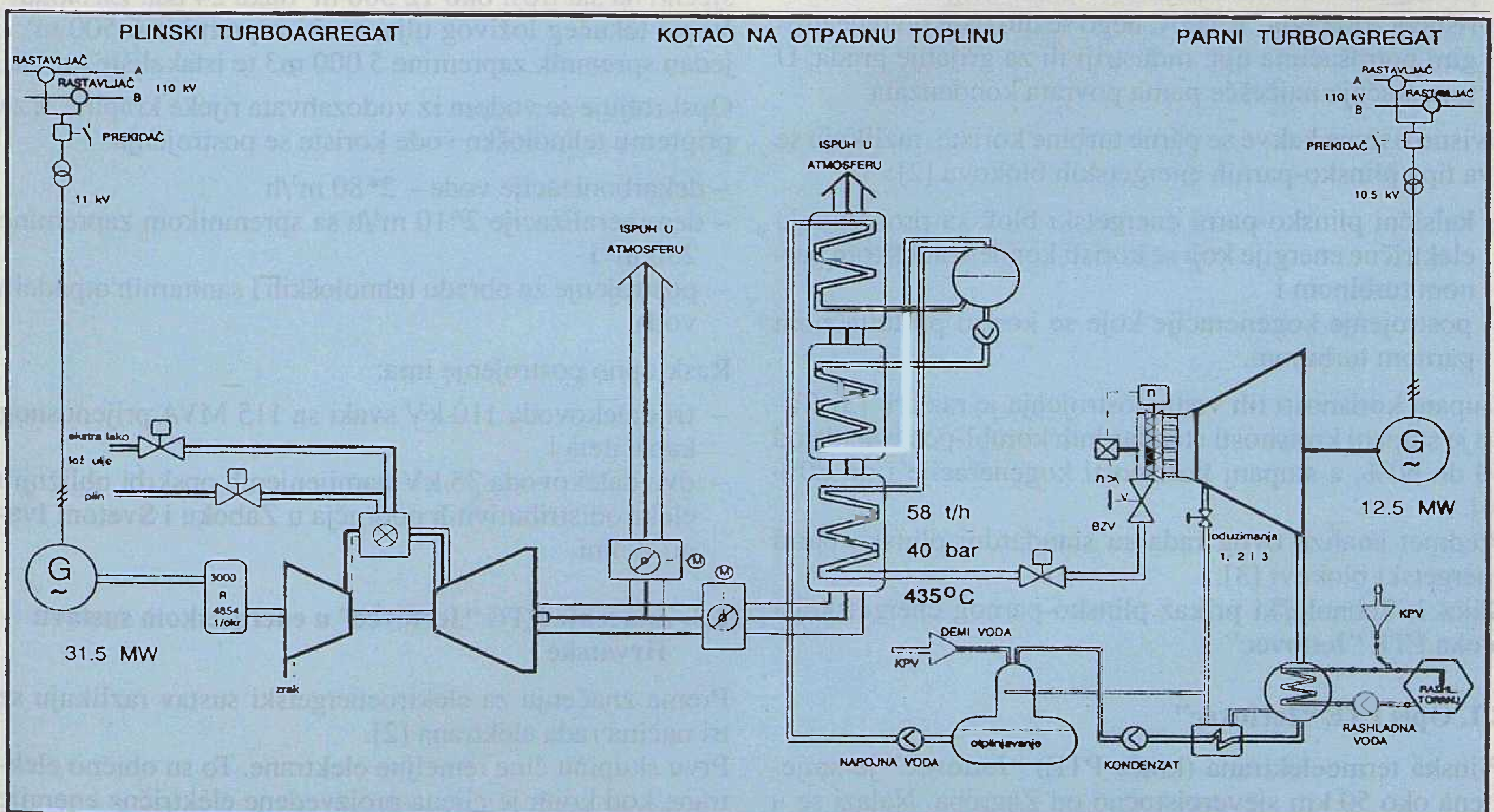
Plinsko-parni energetski blokovi sve su češće u uporabi u svjetskoj elektroenergetici bilo kao postrojenja za proizvodnju samo električne energije bilo uz nju i za proizvodnju pare kao energenta. U praksi se često susreće i naziv kombi-blok koji dolazi od engleskog izraza combine cycle. Mialo je poznata činjenica da dva takva postrojenja već rade dvadesetak godina u elektroenergetskom sustavu Hrvatske u termoelektrani "Jertovec".

Plinsko-parna postrojenja u "Jertovcu" u posljednje su dvije godine doživjela i djelomičnu revitalizaciju. Temeljem iskustava iz korištenja i revitalizacije određeni su eksploatacijski pokazatelji kvalitete rada takvih postrojenja te su dobiveni pojednostavnjeni parametri koji omogućuju lak-

še odlučivanje prilikom odabira koja će postrojenja dispečeri elektroenergetskog sustava pustiti u pogon.

2. PLINSKO-PARNI ENERGETSKI BLOK

Plinsko-parni energetski (PPE) blok je prikazan na slici 1, a čine ga plinski turboagregat, kotao na otpadnu toplinu i parni turboagregat. U praksi se takvo postrojenje naziva kombi-blok jer je u biti kombinacija dvaju energetskih postrojenja: plinsko-turbinskog agregata i parnog bloka koji čine kotao i parni turboagregat. Svrha spajanja (kombiniranja) tih postrojenja jest iskorištenje otpadne topline iz gradnih plinova plinske turbine za proizvodnju pare.



Slika 1. Tehnološki prikaz plinsko-parnog energetskoga bloka PTE "Jertovec"

Plinski turboagregat je toplinski stroj u kojem se kinetičkoj energiji zraka dodaje energija izgaranja goriva [1]. Visokoenergetska smjesa ekspandira na lopatičju plinske turbine, predajući joj energiju koja se pretvara u mehaničku energiju rotacijskog gibanja. Mehanička energija troši se na kompresoru za komprimiranje zraka potrebnog za rad plinske turbine i na proizvodnju električne energije u generatoru spojenom na vratilo turbine. Budući da je turbina učinkovitija pri brzini vrtnje koja je veća od 3 000 [o/min], između turbine i generatora je potreban reduktor.

Izgarni plinovi, koji su ekspandirali na lopatičju turbine, imaju još uvijek visok toplinski učin pa ih je štetno ispuštati u okoliš. Stoga se usmjeravaju u kotao utilizator.

Kotao utilizator sastoji se od snopova orebrenih cijevi (sl. 1) kroz koje prolazi voda odnosno para, a koje se nalaze u struji izgarnih plinova plinske turbine. Pritom se od tih plinova preuzima toplinska energija koja se predaje pari. Kotao utilizator je u biti izmjenjivač topline. Obično postoje tri stupnja izmjene topline: zagrijavanje napojne vode, isparivanje i pregrijavanje pare. Kotlovi utilizatori za plinsko-parne energetske blokove obično nemaju dodatnog loženja, ali ako se želi znatnije regulirati snaga parnog turboagregata, mogu se pojaviti potrebe i za dodatnim loženjem. U tom slučaju se kotlu prigraduju gorači, a takvi kotlovi su mnogo složeniji i skuplji te zahtijevaju posebne uvjete i režime rada.

Parni turboagregat je toplinski stroj u kojem na lopaticama ekspandira pregrijana para pretvarajući toplinsku energiju u mehaničku.

Na vratilo turbine spojen je rotor generatora koji preuzima mehaničku energiju i proizvodi električnu (sl. 1). Postoje dva tipa turbine za plinsko-parne energetske blokove.

- kondenzacijske turbine u kojima se “istrošena” para hladi i kondenzira u kondenzatoru, a kondenzat ponovno “vraća” u kotao utilizator i
- protutlačne turbine u kojima se para energetske ne iskorištava “do kraja” u TGA, nego se dio pare predaje drugim potrošačima npr. industriji ili za grijanje grada. U tom slučaju najčešće nema povrata kondenzata.

Ovisno o tome kakve se parne turbine koriste, razlikuju se dva tipa plinsko-parnih energetske blokova [2]:

- a) kalsični plinsko-parni energetske blok za proizvodnju električne energije koji se koristi kondenzacijskom parnom turbinom i
- b) postrojenje kogeneracije koje se koristi protutlačnom parnom turbinom.

Stupanj korisnosti tih vrsta postrojenja je različit [3]. Tako je stupanj korisnosti standardnih kombi-postrojenja od 50 do 60%, a stupanj korisnosti kogeneracije i do 80% [4].

Predmet analize ovog rada su standardni plinsko-parni energetske blokovi [3].

Slika 1. Tehnološki prikaz plinsko-parnog energetske bloka PTE “Jertovec”

2.1. Opis PTE “Jertovec”

Plinska termoelektrana (kraće PTE) “Jertovec” je smještena oko 50 km sjeveroistočno od Zagreba. Nalazi se u mjestu Jertovec po kojem je dobila ime, oko 2 km udaljenom od Konjščine u neposrednoj blizini pruge Zagreb –

Varaždin. S Konjščinom je povezana industrijskim kolosijekom i cestom. U blizini prolazi i magistralni plinovod iz kojeg se elektrana opskrbljuje zemnim plinom. Tehnološka voda se dobiva iz vodozahvata na rijeci Krapini. Na hrvatski elektroenergetski sustav je vezana s tri dalekovoda 110 kV (prema Nedeljancu, Resniku i Rakitju) te dva dalekovoda 35 kV (Sveti Ivan Zelina i Zabok).

Elektrana je izgrađena 1954. godine kao temeljna termoelektrana na ugljen iz ugljenokopa konjščinskoga kraja. Imala je 4 kotla na ugljen s tri parne turbine instalirane snage 39.7 MW. Zatvaranjem rudnika od 1968. do 1976. godine elektrana radi povremeno na mazut.

Godine 1976. instalirane su dvije plinske turbine (svaka 31.5 MW), kotlovi na otpadnu toplinu plinskih turbina, a koriste se i dvije stare parne turbine te na taj način elektrana postaje elektrana s dva PPE-bloka.

- KB1 je PPE-blok koji čine plinska turbine PTA1, kotao utilizator KU1 i parna turbina TGA1,
- KB2 je drugi kombi-blok koji se sastoji od plinske turbine PTA2, kotla KU2 i parne turbine TGA2.

2.2. Tehničke karakteristike postrojenja

PTE “Jertovec” ima instaliranu snagu 88 MW, a sastoji se od:

- 2 plinska turboagregata: WESTINGHOUSE W251 B1 2*31,5 MW,
- 2 kotla utilizatora na ispušnu toplinu: COCKERILL (435°C, 40 bar) 2*58 t/h te
- 2 parna turboagregata: JUGOTURBINA – KONČAR – 2*12,5 MW.

Pogonsko gorivo je kombinirano zemni plin ili ekstralako loživo ulje. Uglavnom se kao gorivo koristi zemni plin za koji postoji priključak na magistralni plinovod NO 150. Postojeće postrojenje koristi se dijelom kapaciteta plinova, pri čemu jedna plinska turbina snage 31.5 MW prosječno na sat troši oko 12 500 m³ tlaka 24 bar. Za skladištenje tekućeg loživog ulja, svaki zapremine 6 500 m³, i jedan spremnik zapremine 5 000 m³ te istakalište goriva.

Opskrbljuje se vodom iz vodozahvata rijeke krapine, a za pripremu tehnološke vode koriste se postrojenja:

- dekarbonizacije vode – 2*80 m³/h
- demineralizacije 2*10 m³/h sa spremnikom zapremine 250 m³ i
- postrojenje za obradu tehnoloških i sanitarnih otpadnih voda.

Rasklopno postrojenje ima:

- tri dalekovoda 110 kV svaki sa 115 MVA prijenosnog kapaciteta i
- dva dalekovoda 35 kV namijenjenih opskrbi obližnjih elektrodistributivnih područja u Zaboku i Svetom Ivanu Zelini.

2.3. Značenje PTE “Jertovec” u energetske sustavu Hrvatske

Prema značenju za elektroenergetski sustav razlikuju se tri načina rada elektrana [2].

Prvu skupinu čine temeljne elektrane. To su obično elektrane kod kojih je cijena proizvedene električne energije niska, tj. koje imaju visok stupanj iskoristivosti. Temeljne elektrane karakterizira više od 6 500 sati rada godišnje.

Drugu skupinu čine interventne elektrane. Te elektrane ulaze u pogon prema potrebi sustava, tj. kada manjka energije. Trajanje proizvodnje kod ovih elektrana traje od nekoliko sati pa do nekoliko dana ili tjedana, ovisno o potrebi sustava. Kod ovih elektrana cijena proizvodnje utječe na trajanje pogona jer su one u pogonu sve dok sustav ne nađe povoljniji izvor energije. Te elektrane prosječno rade između 2 000 i 4 000 sati godišnje.

Posebnu skupinu čine vršne elektrane. Te elektrane ulaze u pogon samo u vrijeme "špica" potrošnje i pokrivaju satne potrebe za povećanom električnom energijom. Obilježava ih velika dinamika, tj. vrlo brz ulazak na mrežu što je bitno za vršni rad. Vrijeme ulaska na temeljni teret tih elektrana reda je veličine desetak minuta. Te elektrane obično rade od 700 do 1 500 sati godišnje.

Osnovni agregati u PTE "Jertovec", plinske turbine odlikuju se brzim ulaskom na mrežu: od mirovanja do temeljnog tereta oko 20 minuta. S obzirom na to PTE "Jertovec" u energetske sustavu Hrvatske ima dvojaki status: vršne elektrane (kada se startaju samo plinske turbine), odnosno interventne elektrane. U potonjem slučaju se uz plinske turbine električna energija proizvodi i parnim turboagregatima (PPE-blok), što smanjuje cijenu proizvodnje za 30% u odnosu na cijenu proizvodnje samih plinskih turbina. Uobičajeno je da se koristi kompletan PPE-blok pa se stoga elektrana može ipak svrstati u interventne elektrane.

3. SVOJSTVA PLINSKO-PARNOG ENERGETSKOG BLOKA

S gledišta nadzora i upravljanja elektroenergetskim sustavom plinsko-parni energetski blok opisan je statičkim i dinamičkim parametrima [3].

Statički parametri mogu biti ulazni i izlazni:

a) izlazni parametri koje čine:

- minimalna snaga P_{\min}
- instalirana snaga P_n
- vršna snaga P_v ;

b) ulazni parametri su vezani za vrstu, cijenu i količinu goriva.

Najčešće se za ulazna stanja promatra: vrsta goriva potrebnog za pokretanje postrojenja i satna potrošnja goriva (Q_n), odnosno specifična energetska potrošnja (j_n) potrebna za proizvodnju 1 kWh električne energije dana izrazom (3-1). Specifična potrošnja je omjer energetske vrijednosti utrošenoga goriva i proizvedene električne energije [5].

$$j_n = \frac{E_g}{W_{pe}}, \quad (3-1)$$

gdje je: E_g - energija potrošnog goriva,

W_{pe} - proizvedena električna energija,

Često je korisno poznavati i stupanj korisnosti plinsko-parnog energetskoga bloka η_n .

Specifična energetska potrošnja j_n je povezana sa stupnjem korisnosti postrojenja η_n izrazom (3-2). U biti to su recipročne vrijednosti, pri čemu je stupanj korisnosti prikazan u [%]:

$$\eta_n = \frac{3\,600}{j_n} \cdot 100, \quad (3-2)$$

gdje je: 3 600 broj koji povezuje pretvorbu [kJ] u [kWh].

3.1. Dinamička svojstva plinsko-parnog energetskoga bloka

Dinamičku karakteristiku plinsko-parnog energetskoga bloka opisuju vremena ulaska u proizvodnju i vremena izlaska iz pogona. Takvo postrojenje je pogodno za česte ulaske i izlaske, što elektranu tog tipa čini vršnom ili interventnom elektranom [6]. Česti ulasci u pogon ipak donose povećanu potrošnju goriva tijekom ulazaka u pogon jer se pri tome troši gorivo, a nema adekvatne proizvodnje električne energije [7]. Dinamički parametri postrojenja opisani su karakterističnim vremenima.

3.1.1. Vrijeme ulaska PPE bloka u proizvodnju

Pod vremenom ulaska u proizvodnju razumijeva se vrijeme koje proteče od naloga za proizvodnju do postizanja nominalne snage. To je vrijeme označeno t_{ul} , a sastoji se od vremena ulaska u pogon svakog od tri glavna dijela postrojenja.

Plinski turboagregat

Postrojenja s plinskim turbinama imaju svojstvo brzog starta, pa kada ne rade, moraju biti pogonski spremna. Postrojenje je spremno kada je uspostavljena cirkulacija ulja za podmazivanje turbine i kada je plinska turbina na prekretnju kako bi se spriječio progib vratila turbine zbog stajanja, a time i vibracije pri pokretanju.

Tipična plinska turbina ima brzu startnu značajku: za normalan start treba proteći vrijeme koje se sastoji od vremena dosizanja sinkrone brzine vrtnje i vremena terećenja od trenutka sinkronizacije do postizanja odabrane snage. To vrijeme je deklarirano od strane proizvođača jer je terećenje plinske turbine ograničeno propisanom brzinom promjene snage u minuti [MW/min]. Plinska turbina ima mogućnost tzv. brzog starta i terećenja, pri čemu obično treba upola manje vremena od normalnoga. Međutim, taj režim skraćuje vijek trajanja lopatica, pa ga treba izbjegavati, osim onda kada to zahtijevaju potrebe elektroenergetskog sustava.

Prema tome vrijeme ulaska plinske turbine u pogon može se podijeliti na:

- vrijeme potrebno da se dosegne nazivna brzina vrtnje t_{pl1}
- vrijeme postizanja nominalne snage PTA t_{p2} .

Kotao utilizator

Kada plinska turbina počne izbacivati izgarne plinove dovoljne topline moguće je započeti proizvodnju pare u kotlu. Iskustveno je to kod polovice nominalne snage plinske turbine. Za postizanje osnovnih parametara pare u kotlu obično je potrebno vrijeme t_{k1} . Nakon tog vremena može započeti zagrijavanje parne turbine.

Parni turboagregat

Parna turbina se mora zagrijavati ovisno o tipu agregata i vremenu prethodnog stajanja. Zagrijavanje parne turbine nužno je da se izbjegniju vibracije i oštećenja protočnoga dijela turbine. Vrijeme i režim zagrijavanja propisuje proizvođač.

Vrijeme potrebno za zagrijavanje turbine označeno je kao t_{t1} .

Ako je parna turbina projektirana za kombi-postrojenje, tada su njezina vremena zagrijavanja skraćena tehnologi-

jom izrade. Naime, proizvođači za takve turbine odabiru materijale i konstrukcije koje omogućuju da se turbina što prije zagrije, pa čak i s uvjetno mokrom parom s kakvom se klasične turbine ne bi smjele zagrijavati. To je zato da se skрати vrijeme ulaska u pogon jer se time smanjuju troškovi proizvodnje pri čestim ulascima u proizvodnju. Stoga su i paroupusna kućišta i lopatičja tih turbina konstrukcijski tome prilagođena [3].

Plinsko-parni energetski blok

Iz prije navedenoga može se uočiti da je vrijeme potrebno za ulazak u proizvodnju plinsko-parnog energetskog bloka ovisno o prethodnom stanju parnog-turboagregata te o načinu ulaska u pogon [3]. Vrijeme ulaska određuje se prema iskustvenom izrazu:

$$t_{ul} = t_{p1} + 0.5 \cdot t_{p2} + t_{k1} + t_{t1} + t_{t2}, \quad (3-3)$$

gdje je: t_{p1} – vrijeme postizanja nazivne brzine vrtnje plinske turbine,

t_{p2} – vrijeme postizanja nominalne snage plinskog turboagregata,

t_{k1} – vrijeme postizanja nazivnih parametara pare u kotlu utilizatoru,

t_{t1} – vrijeme zagrijavanja parne turbine,

t_{t2} – vrijeme postizanja nazivne snage parnog turboagregata.

3.2.2. Vrijeme izlaska iz pogona

Ukupno vrijeme izlaska iz pogona jest vrijeme od trenutka davanja naloga za zaustavljanje do isključenja goriva plinske turbine. Za cijelo to vrijeme troši se gorivo, a nema proizvodnje električne energije pa ga je bitno poznavati ako se žele računati troškovi rada plinsko-parnog energetskog bloka.

Plinski turboagregat

Pri izlasku iz pogona najprije se daje nalog plinskoj turbini za zaustavljanje koji pokrene ciklus zaustavljanja. Turbina nakon vremena mogućeg opoziva počinje sa spuštanjem tereta preporučenom dinamikom (MW/min) do minimalnog tereta, pri čemu dolazi do isklapanja VN-prekidača i rasterećenja turbine. Turbina treba ostati još neko vrijeme bez terećenja na sinkronoj brzini vrtnje, odnosno tzv. provjetravanju, sa svrhom hlađenja turbine koja više nije opterećena, a nakon toga zatvara se gorivo i brzina vrtnje turbine smanjuje prirodnom tromošću.

Prema tome, vrijeme isključenja turbine sastoji se od vremena smanjenja snage na minimalnu koje je označeno kao t_{pi1} i od vremena provjetravanja t_{pi2} .

Nakon izlaska iz pogona turbini je potrebno da se postupno hladi na brzini vrtnje preokretanja, što osigurava pomoćni pogon. Ako se želi ponovno startati turbinu, potrebno je proteći određeno vrijeme nakon gašenja plamena da se temperature lopatica smanje ili je potrebno turbinu startnim agregatom vrtjeti na brzini vrtnje paljenja dok temperature lopatica ne padnu ispod propisane vrijednosti. U protivnom može doći do isključenja pri sljedećem startu zbog previsokih temperatura lopatica.

Kotao i parni turboagregat

Tijekom vremena, tijekom kojeg se smanjuje snaga plinske turbine (od temeljnoga tereta prema minimalnom), smanjuje se količina izgaranih plinova, postupno gubi količina proizvedene pare, pa i snaga parne turbine opada.

Pri postupku izlaska iz pogona je od strane operatera ili nadzornog uređaja potrebno tako voditi proces smanjenja snage da se ne prijeđe propisani gradijent smanjenja temperature pare. Pritom se ne preporučuje da se parna turbina isključi iz mreže nakon plinske turbine jer bi to moglo izazvati termička preopterećenja pojedinih dijelova parne turbine, osim onda ako nije građena za takav rad. Kada se brzina vrtnje parne turbine smanji ispod minimalne, uključuje se uređaj preokretanja.

Vrijeme isključenja parne turbine t_{iz} jest vrijeme od početka smanjenja količine pare pa do vremena zatvaranja glavnog ventila pare.

Plinsko-parni energetski blok

Vrijeme izlaska plinsko-parnog energetskog bloka iz proizvodnje je prema tome najčešće vrijeme izlaska plinske turbine jer samo ona aktivno troši gorivo, a dobije se prema izrazu:

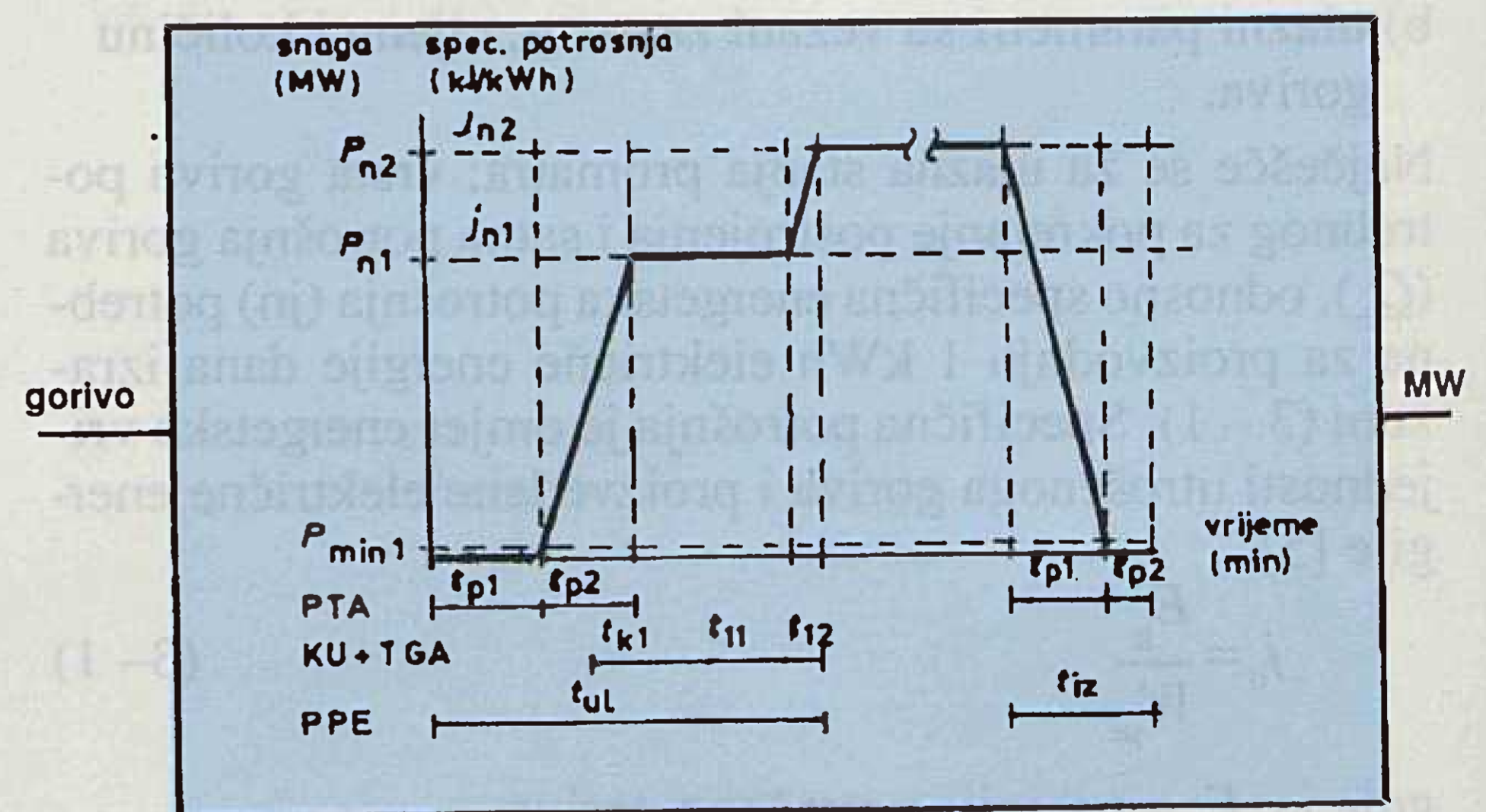
$$t_{iz} = t_{pi1} + t_{pi2}, \quad (3-4)$$

gdje je: t_{pi1} – vrijeme smanjivanja snage na minimalnu, t_{pi2} – vrijeme provjetravanja plinske turbine.

4. POKAZATELJI KVALITETE RADA PPE-BLOKA

Temeljem opisanih statičkih i dinamičkih pokazatelja moguće je prikazati plinsko-parni energetski blok kao element elektroenergetskog sustava s pokazateljima kvalitete rada odnosno ulazno-izlaznim i dinamičkim parametrima, kao što je to prikazano slikom 2 [3].

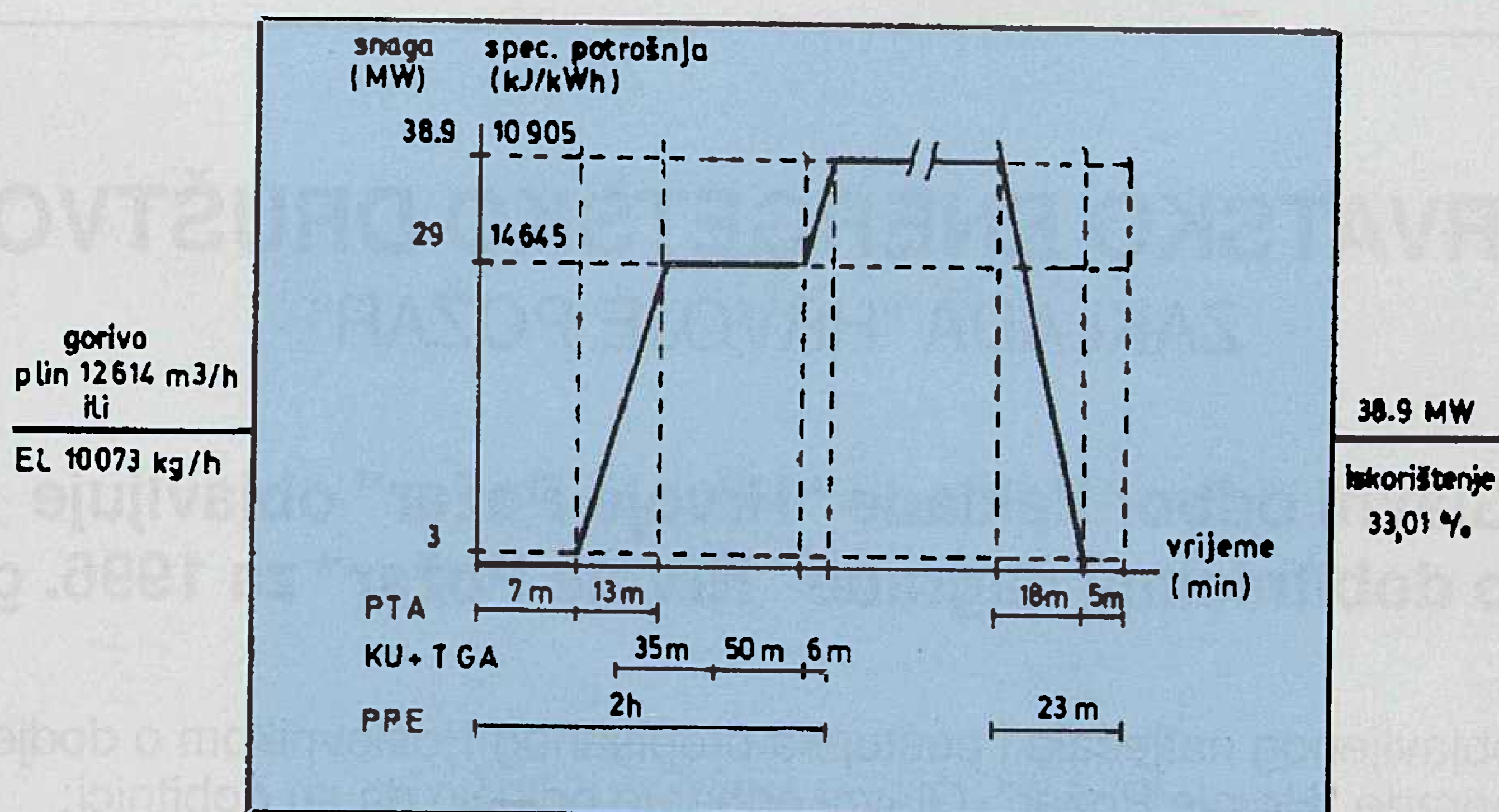
Opisana vremena ulaska, t_{ul} (3-3) i izlaska iz pogona, t_{iz} (3-4), opisuju dinamiku ponašanja postrojenja plinsko-parnog energetskog bloka sa stajališta bilanciranja energije i troškova. Uočljivo je da, ulazi li i izlazi li postrojenje često iz pogona, to dodatno poskupljuje proizvodnju i smanjuje efikasnost.



Slika 2. Blokovski prikaz pokazatelja PPE-bloka

Oznake na slici su:

- PTA – plinski turboagregat,
- KU – kotao utilizator,
- TGA – parni turboagregat,
- PPE – plinsko-parni energetski blok,
- P_{n1} – nazivna snaga PTA,
- P_{n2} – nazivna snaga TGA,
- j_{n1} – specifična potrošnja PTA, a
- j_{n2} – specifična potrošnja TGA.



Slika 3. Prosječni pokazatelji PPE-bloka u PTE "Jertovec"

Slikom 2. prikazani su dinamički pokazatelji koji se koriste kao kriteriji pri donošenju odluka o izboru proizvodnog agregata koji će se upustiti u proizvodnju. Tu odluku donose dispečeri koji vode elektroenergetski sustav. Budući da se te odluke moraju donijeti vrlo brzo, jer se postrojenja interventnih elektrana koriste u iznenadnim situacijama, potrebno je u vrlo kratkom vremenu zorno spoznati prednosti i nedostatke raspoloživih postrojenja te dati nalog za pogon.

Slika 3. prikazuje primjer prosječnih statičkih i dinamičkih pokazatelja PPE-bloka u Plinskoj termoelektrani "Jertovec", Konjščina prikazanog na slici 1.

5. ZAKLJUČAK

Opisan je plinsko-parni energetska blok za proizvodnju električne energije u PTE "Jertovec". Prikazani su pokazatelji kvalitete tog tipa postrojenja: statički i dinamički pokazatelji temeljem čega je napravljen blokovski prikaz kvalitete rada postrojenja. Dani rezultati su nakon provedene djelomične revitalizacije kojom su vraćeni izvorni tehničko-tehnološki pokazatelji. Takav pojednostavnjeni prikaz postrojenja tijekom godine bi trebao olakšati odluku dispečerima koji odlučuju u puštanju u pogon takvog postrojenja u ovisnosti u usporedbi s ostalim raspoloživim postrojenjima i potrebama elektroenergetskoga sustava Hrvatske.

LITERATURA

- [1] KRIVAK, B.: "Plinske turbine", Skripta HEP-a, Zagreb, 1982.
- [2] STANIŠA B.: "Modernizacija energetskih postrojenja dogradnjom plinskih turbina", II forum. "Dan energije u Hrvatskoj", str. 201-210, Zagreb, 1993.

- [3] LUKAČEVIĆ, D.: "Analiza sustava nadzora i upravljanja plinsko-parnog energetskog bloka", Magistarski rad, FER, Zagreb, 1996.
- [4] STANIŠA B.: "Analiza korisnosti i snage plinsko-turbinskog postrojenja", Zbirka Tehn. fakulteta Rijeka, 12221-234, 1992.
- [5] LUKAČEVIĆ, D.: "Revitalizacija Pogona PTE "Jertovec", Energetska i procesna postrojenja, str. 292-297, Dubrovnik, 1994.
- [6] TEŠNJAK S.: "Regulacija u energetici", Kolegij na poslijediplomskom studiju FER, Zagreb, 1992.
- [7] TEŠNJAK, S., ZLATAR, Ž., MARUŠIĆ A.: "Analiza stanja i unapređenja sustava zaštite i nadzora u energetskim izvorima Hrvatske", FER, Zagreb, 1993.

GAS-STEAM ENERGY BLOCK AS ELECTRIC ENERGY SOURCE

Gas-steam energy block of the thermal power plant Jertovec is described. Static and dynamic parameters of the combined process are shown and based on that the quality of the plant operation is evaluated.

DER GAS/DAMPF BLOCK ALS STROMERZEUGER

Beschrieben ist der Gas/Dampf Block des Dampfkraftwerkes "Jertovec". Dargestellt sind statische und dynamische Kenngrößen des Kombi-Verfahrens und auf dieser Grundlage die Erzeugungsqualität der Anlage.

Naslov pisca:

Mr. Dubravko Lukačević,
dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda – Pogon
KTE Jertovec
10282 Konjščina, Jertovec, bb,
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-03-29.

HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO

ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar" objavljuje odluke o dobitnicima nagrade "Hrvoje Požar" za 1996. godinu

Temeljem objavljenog natječaja i postupka propisanog Poslovnikom o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", Glavni odbor je odlučio da su dobitnici:

A) za originalni znanstveni doprinos razvitku energetike:

Prof. dr. sc. Marko Majcen

Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

B) za inovacije u području energetike:

Dr. sc. Radovan Milošević

KONČAR - Električni aparati srednjeg napona

C) za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom:

Igor Raguzin, dipl. inž.

JADRANKA d.d., Mali Lošinj

D) za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte:

Stanko Zmazek

E) za izvrstan uspjeh u studiju energetskega usmjerenja:

Sonja Koščak

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

Velimir Šegon

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

Damir Škugor

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

F) za izvrstan uspjeh u studiju i posebno zapažen diplomski rad iz područja energetike:

Tea Kovačević, dipl. inž.

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb

Boris Živković, dipl. inž.

Tehnički fakultet, Rijeka

Nagrade su dodijeljene 5. srpnja 1996. g. u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti, Zagreb.

ANALIZA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA INDUSTRIJU I DOMAĆINSTVO U SVIJETU I U HRVATSKOJ

Ivica Toljan, Zagreb

UDK 621.3:338.52
STRUČNI ČLANAK

Cijene električne energije za industriju i domaćinstvo u dinamičkom su procesu u energetske razvijenom svijetu. Raščlamba tendencija kretanja cijena može poslužiti kao indikator stanja naše politike cijena koja se iznosom približava ekonomskoj logici i zakonitosti. U članku se obrađuje cijena električne energije za industriju i kućanstvo u svijetu i Hrvatskoj.

Ključne riječi: industrija, domaćinstvo, cijene, tarife.

Uvod

Unutar OECD-a (The Organisation for Economic Co-operation and Development), sa sjedištem u Parizu, osnovana je studenog 1974. IEA (International Energy Agency) čiji su članovi gotovo sve razvijene zemlje svijeta. Ciljevi su da provodi suradnju između članica u svim energetske djelatnostima, a jedan od njih je i praćenje cijena svih energenata i energije kvartalno svake godine. Za Hrvatsku su ti podaci zanimljivi i važni jer nam mogu poslužiti kao indikatori pri donošenju nekih naših strateških energetske odluka.

U ovom članku obradit će se cijene električne energije. Podaci su najnoviji i potječu iz drugoga kvartala 1995. godine. Metodologija je top-down analiza koja se koristi u većini sličnih raščlamba. Poznato je da je prisutna funkcija cilja kojom je definirana nepromjenjivost ukupne naplate uz promjenu ograničenja (cilj HEP-a), odnosno iznosa cijene industriji i domaćinstvima. Industriji bi se za određeni postotak smanjila cijena, a domaćinstvu povećala. Cilj je da se na takav način smanje troškovi industrijske proizvodnje, što bi se kasnije vraćalo kroz različite pozitivne efekte. O tome koliko bi to točno iznosilo, postoje različita mišljenja i stavovi. Cilj je ovog referata da poveća količinu ulaznih podataka pri estimaciji ispravne odluke.

1. CIJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SVIJETU

Zemlje članice OECD-a jesu Austrija, Belgija, Kanada, Danska, Francuska, Njemačka, Grčka, Island, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Norveška, Portugal, Španjolska, Švedska, Švicarska, Turska, Velika Britanija, SAD, Japan, Finska, Australija, Novi Zeland, Meksiko (1994). Redoslijed je po datumima primanja u članstvo.

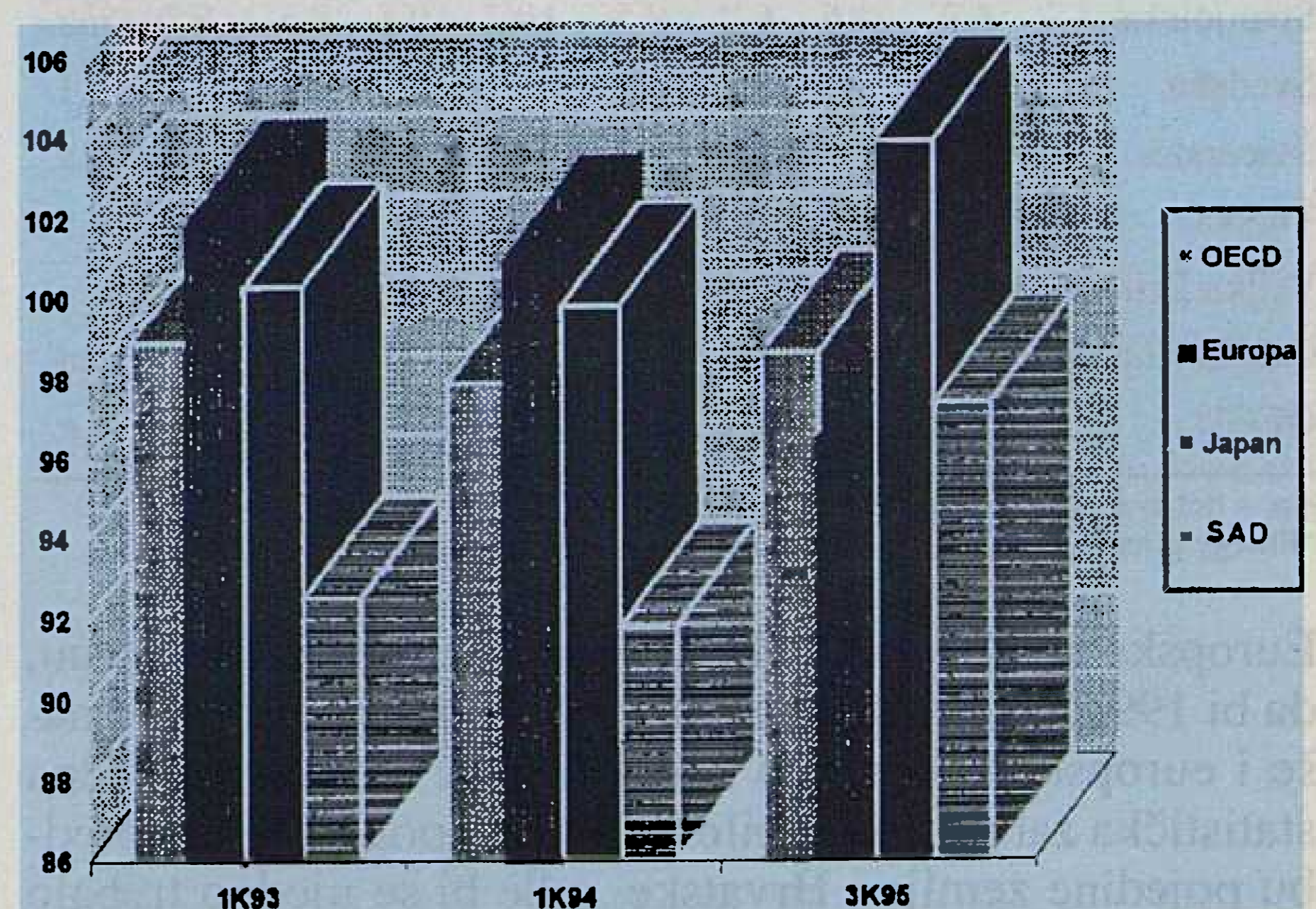
Tablica 1. Indeksi realnih cijena za električnu energiju u svijetu

	1990=100			
	OECD	Europa	Japan	SAD
1K93	98,9	101,8	100,3	82,5
1K94	97,9	100,9	99,8	91,8
3K95	98,6	96,5	103,9	97,4

U raščlambi (tabl. 1. i sl. 1) navedeni su podaci za zemlje članice OECD-a kao posebne grupe (energetske razvijene zemlje) i Europu, Japan i SAD posebno, da se mogu uočiti karakteristična kretanja po kontinentima. Svi podaci potječu iz publikacije "Energy prices and taxes" (treći kvartal 1995. godine) u izdanju OECD-IEA, Pariz, 1996. Ti podaci koriste se u energetske analizama kao relevantni i služe većini autora pri sličnim radovima. Indeksi realnih cijena računani su prema 1990. godini i ona je referentna veličina iznosa 100%. Na taj se način želi vidjeti samo u postocima povećanje ili smanjenje cijene, a ne u valuti, što je praktičnije zbog promjenjivosti tečaja. Uspoređena su tri razdoblja: prvi kvartal 1993, prvi kvartal 1994. i treći kvartal 1995. godine, kao najsvježiji podatak.

Iz navedenih podataka može se zaključiti da je cijena u zadnjih pet godina u svijetu **stabilna**, s laganim porastom u 1995. za 0,7% prema 1K1994, ali još uvijek niža od prosječne svjetske cijene u 1990. godini, i to za 1,4%.

Najviše je cijena pala u Europi, i to za 4,4% u odnosu na 1K94, što bi po tržišnoj logici trebalo značiti da je veća ponuda od potražnje. U Japanu i SAD bilježi se rast cijene električne energije. Možemo uočiti da nema podataka za



Slika 1.

zemlje u tranziciji. Poznata je činjenica da je od svih "tranzicijskih" zemalja jedino Hrvatska bitno povećala cijenu električne energije (srpanj 1993. godine) i na taj način omogućila poslovanje HEP-a bez gubitaka i bitno pridonijela financijskoj državnoj stabilnosti (ali nedostavno za razvoj). U svim ostalim "tranzicijskim" zemljama još uvijek postoje socijalne cijene iz razdoblja socijalizma ili neznatno veće, što daje naslutiti da sve te elektroprivrede posluju s gubitkom.

2. CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA INDUSTRIJU U SVIJETU I HRVATSKOJ

U tablici 2. prikazao je kretanja cijene električne energije od 1982. godine do drugog kvartala 1995. Podaci za Hrvatsku uzeti su za zadnje tri godine jer je u preostalom razdoblju bilo vrijeme velikih varijacija inflacije, uz nerealno nisku cijenu od 2 do 3,5 c/kWh.

Tablica 2. Cijena električne energije za industriju u USc/kWh

	1982	1984	1986	1988	1991	1992	1993	1994	K295
Australija	3,7	4,1	3,3	4,2	4,7	4,6	4,2	n.a.	n.a.
Austrija	4,7	4,0	5,4	6,6	6,7	7,0	7,1	7,2	n.a.
Belgija	4,7	4,3	5,2	5,4	6,1	6,4	5,9	5,9	n.a.
Danska	5,1	3,9	4,5	5,0	6,5	6,7	7,0	6,3	7,2
Finska	5,3	4,1	4,6	5,5	6,2	5,7	4,8	5,2	n.a.
Francuska	3,9	3,4	4,2	4,8	5,4	5,7	5,5	5,3	n.a.
Grčka	5,1	4,3	5,3	5,9	6,5	7,0	5,9	n.a.	n.a.
Hrvatska	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5,4	7,7	9,0
Iraska	6,9	5,7	7,3	6,5	6,6	7,0	6,0	6,1	n.a.
Italija	6,1	6,0	7,0	7,7	10,5	11,3	9,2	9,4	8,8
Japan	9,0	9,5	12,7	14,6	13,2	14,2	16,3	17,3	n.a.
Luksemburg	4,3	4,2	5,3	6,6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Kanada	2,4	2,6	2,6	3,1	3,9	4,0	3,9	3,8	n.a.
Meksiko	2,1	2,7	2,5	3,2	4,8	5,0	4,9	4,2	3,0
Nizozemska	5,6	4,3	4,4	4,4	5,3	5,1	5,6	5,7	n.a.
Novi Zeland	2,7	2,1	2,5	3,5	3,2	2,9	3,3	3,6	4,2
Norveška	2,0	1,8	2,6	3,2	3,5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Njemačka	5,3	4,7	6,6	8,4	8,8	9,3	8,9	9,2	10,6
Portugal	5,6	5,2	7,4	9,5	12,8	14,5	12,1	11,6	12,4
SAD	4,9	5,0	4,9	4,6	4,9	4,8	4,9	4,7	5,1
Španjolska	4,9	4,6	6,2	8,5	10,3	10,5	8,5	8,0	n.a.
Švedska	3,1	2,8	3,5	4,2	5,3	5,5	3,5	3,7	4,1
Švicarska	5,0	4,8	6,7	8,3	9,0	9,6	10,6	12,8	n.a.
Turska	5,7	5,2	7,0	6,5	8,4	9,3	9,5	7,7	7,5
Velika Britanija	6,0	4,6	5,3	6,6	7,1	7,6	6,8	6,8	n.a.
OECD Europa	4,9	4,4	5,5	6,6	7,6	8,3	7,4	n.a.	n.a.
OECD	5,4	5,3	6,1	6,8	7,2	7,5	7,6	n.a.	n.a.

n.a. = not available, neraspoloživi podaci
"Energy prices and taxes", 1996. Paris

Europske zemlje su do 1992. godine povećavale cijenu, da bi 1994. imale blago smanjenje. Razlika je između naše i europske cijene oko 2c/kWh. No, tu se javlja jedna statistička zamka, pa bi bilo ispravnije pogledati usporedbu pojedine zemlje i Hrvatske, gdje bi se ujedno trebalo imati na umu sličnosti elektroenergetskih sustava, jer je, sigurno, neprimjereno uspoređivati francuski sustav, gdje

je 73% iz nuklearnih izvora, i hrvatski, koji pokriva 43% proizvodnje iz termo izvora. Vrlo je važan i podatak vlasništva elektroprivrede. U pojedinim zemljama ima više elektroprivrednih kompanija koje su u privatnom vlasništvu kroz dionička društva, dok je u nekima isključivo državno vlasništvo (Francuska, Italija). Socijalno-politički trenutak je još jedan neizostavan faktor, ako ne i najvažniji (energetska situacija zemalja u tranziciji).

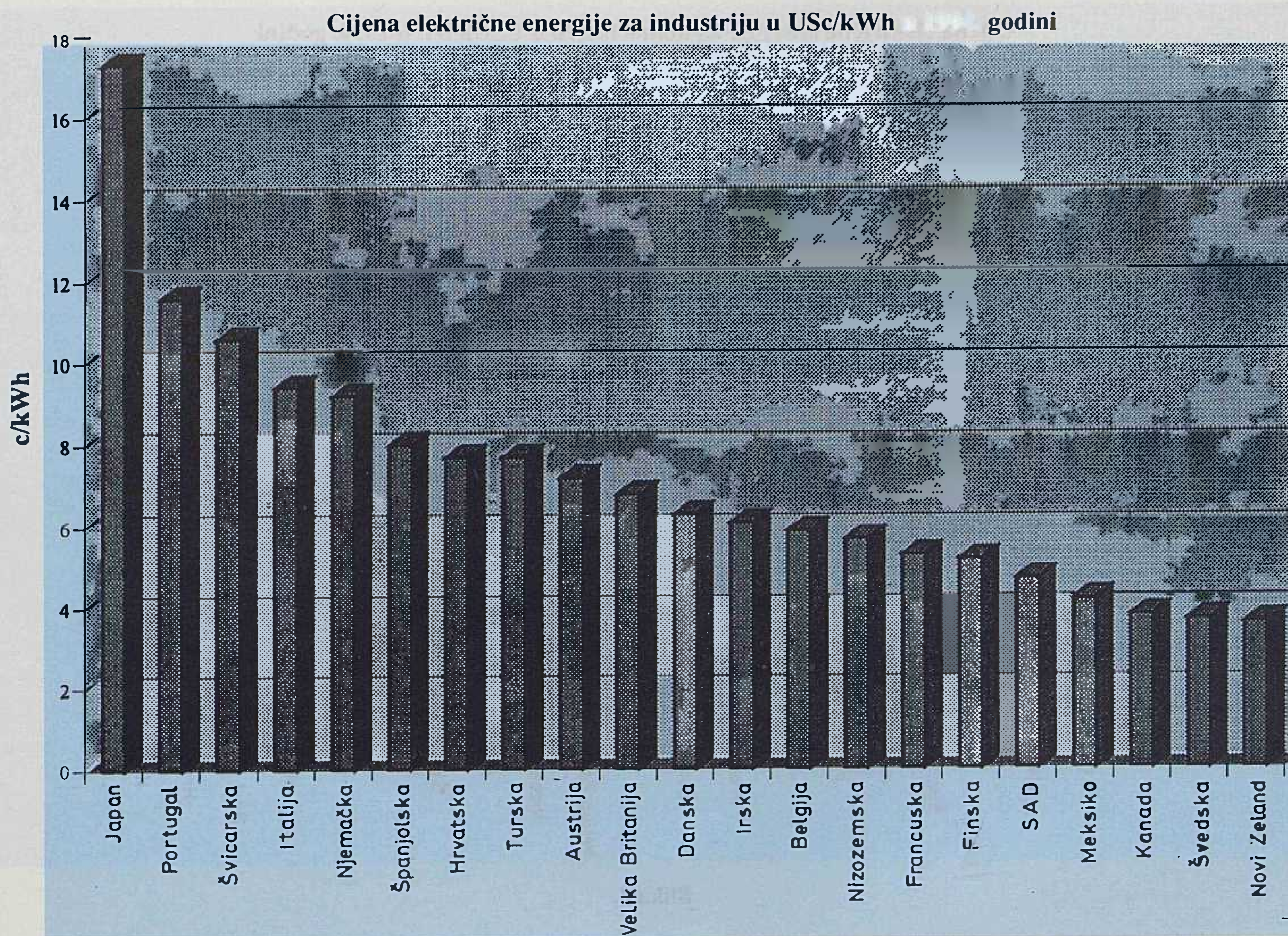
Sve to upućuje na to da samo brojčano uspoređivanje cijena nije potpuno ispravan put za donošenje isključivih zaključaka. Iz tablice 2. može se uočiti da su malobrojne zemlje koje su smanjivale u većem iznosu cijenu električne energije za industriju, i to su bili iznosi do najviše 2 c/kWh, dok je u nekima povećanje u zadnjih pet godina išlo i do 3,8 c/kWh (Švicarska). U pet godina cijene su smanjivale Australija, Belgija, Grčka, Italija, Kanada, Meksiko, Španjolska, Švedska, Turska, Velika Britanija, a povećavale su Austrija, Danska, Japan, Nizozemska, Njemačka, Portugal, Švicarska i SAD. Očito je da je svaka zemlja ima svoju nacionalnu energetska strategiju i u njezinom kontekstu dolazilo je do promjene cijene električne energije za industriju.

Cijena u Hrvatskoj približno je jednaka onoj u Italiji, Njemačkoj i Švicarskoj, a niža je nego u Japanu, Portugalu, Švicarska, Italiji, Njemačkoj i Španjolskoj, dok je viša od ostalih zemalja navedenih u tabl. 2. Cijene ne uključuju poreze koji su različiti, ali su u većini zemalja jednaki nu-

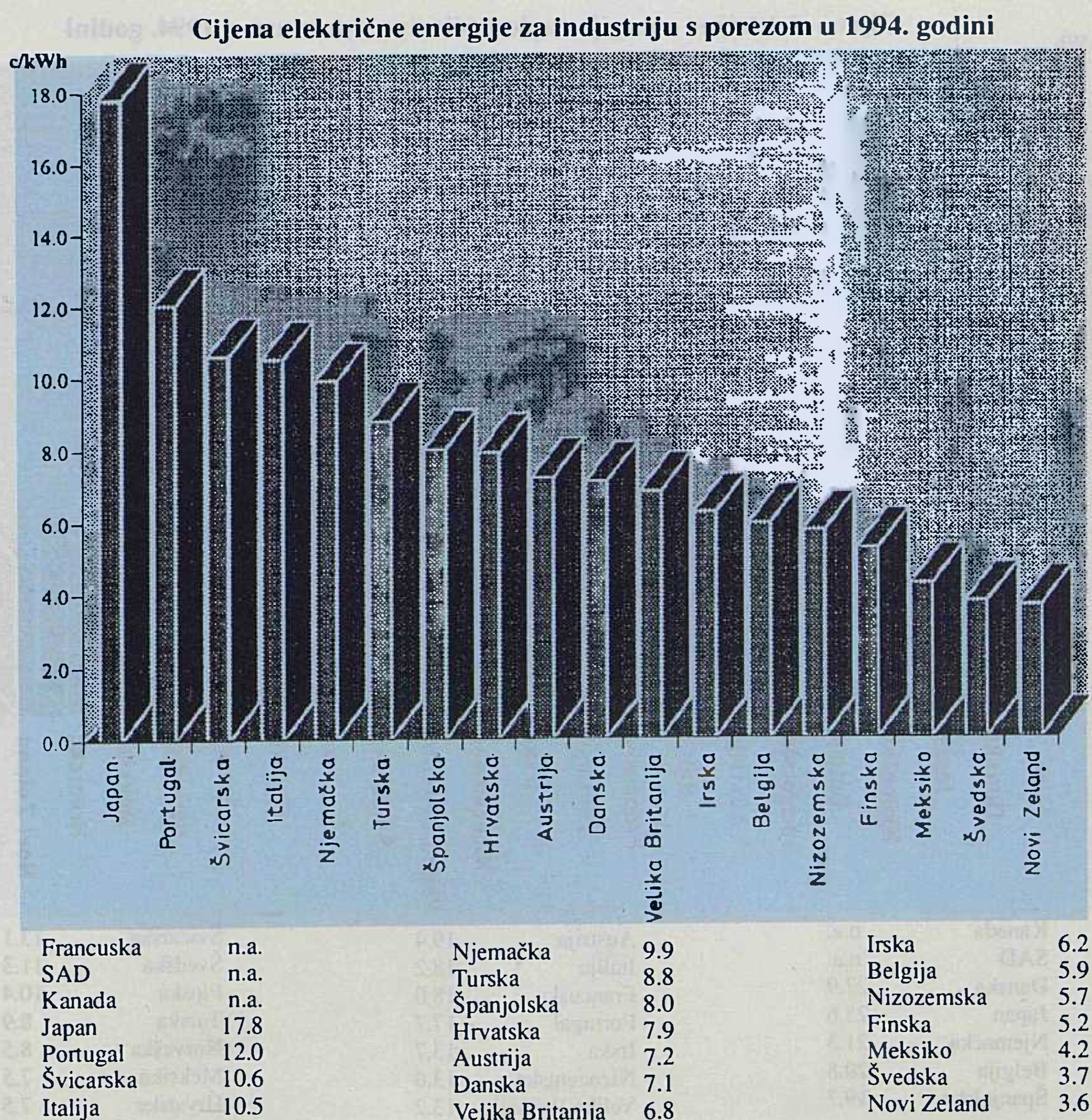
Tablica 3. Cijena električne energije za domaćinstvo u USc/kWh

	1982	1984	1986	1988	1991	1992	1993	1994	K295
Australija	5,0	5,9	5,1	6,6	7,5	7,4	n.a.	n.a.	n.a.
Austrija	9,6	8,5	11,7	14,5	15,4	17,1	16,3	16,6	n.a.
Belgija	11,2	10,2	12,9	14,8	16,6	17,6	16,7	17,6	n.a.
Danska	10,0	7,8	11,0	14,0	17,3	18,7	18,0	18,0	21,4
Finska	6,8	5,2	6,4	8,6	10,1	9,4	8,0	8,8	10,9
Francuska	9,9	8,6	11,2	13,1	14,1	15,3	14,6	15,0	n.a.
Hrvatska	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	3,9	6,5	7,3
Grčka	8,5	6,5	7,8	9,7	11,2	12,2	10,2	n.a.	n.a.
Iraska	9,6	8,5	11,8	12,3	13,2	14,0	12,1	12,3	n.a.
Italija	8,1	8,9	10,7	12,7	17,3	18,2	14,6	15,8	16,8
Japan	11,8	12,6	17,0	20,7	19,1	20,3	23,0	24,9	n.a.
Kanada	3,3	3,7	3,7	4,6	6,3	6,4	6,3	6,0	n.a.
Luksemburg	6,5	6,8	8,7	10,8	11,9	12,3	11,5	12,8	n.a.
Meksiko	3,5	4,1	3,5	3,6	6,0	6,8	7,1	6,9	5,0
Nizozemska	10,5	8,8	9,4	10,5	11,4	11,9	11,0	11,5	n.a.
Novi Zeland	3,4	2,7	3,7	5,7	5,7	5,4	5,8	6,7	7,7
Norveška	3,6	3,7	4,8	6,4	7,3	7,5	6,8	6,7	8,0
Njemačka	9,3	8,3	11,4	14,8	15,9	17,2	16,9	17,8	20,4
Portugal	7,5	6,9	10,0	12,3	16,3	18,4	16,4	16,3	18,4
SAD	6,9	7,5	7,4	7,5	8,1	8,3	8,3	8,4	8,7
Španjolska	9,7	8,3	11,1	14,6	19,8	21,1	17,7	17,4	n.a.
Švedska	4,5	3,9	4,9	6,2	9,7	10,5	8,2	8,5	9,4
Švicarska	6,4	5,9	8,2	10,2	11,2	12,0	11,9	13,1	16,9
Turska	6,1	4,2	4,5	3,5	6,6	9,5	9,9	7,6	7,4
Velika Britanija	8,9	6,9	7,8	9,7	12,8	13,2	11,3	12,3	n.a.
OECD Europa	8,5	7,5	9,6	11,8	13,9	14,9	13,5	n.a.	n.a.
OECD	7,5	7,6	8,6	9,8	10,8	11,4	11,3	n.a.	n.a.

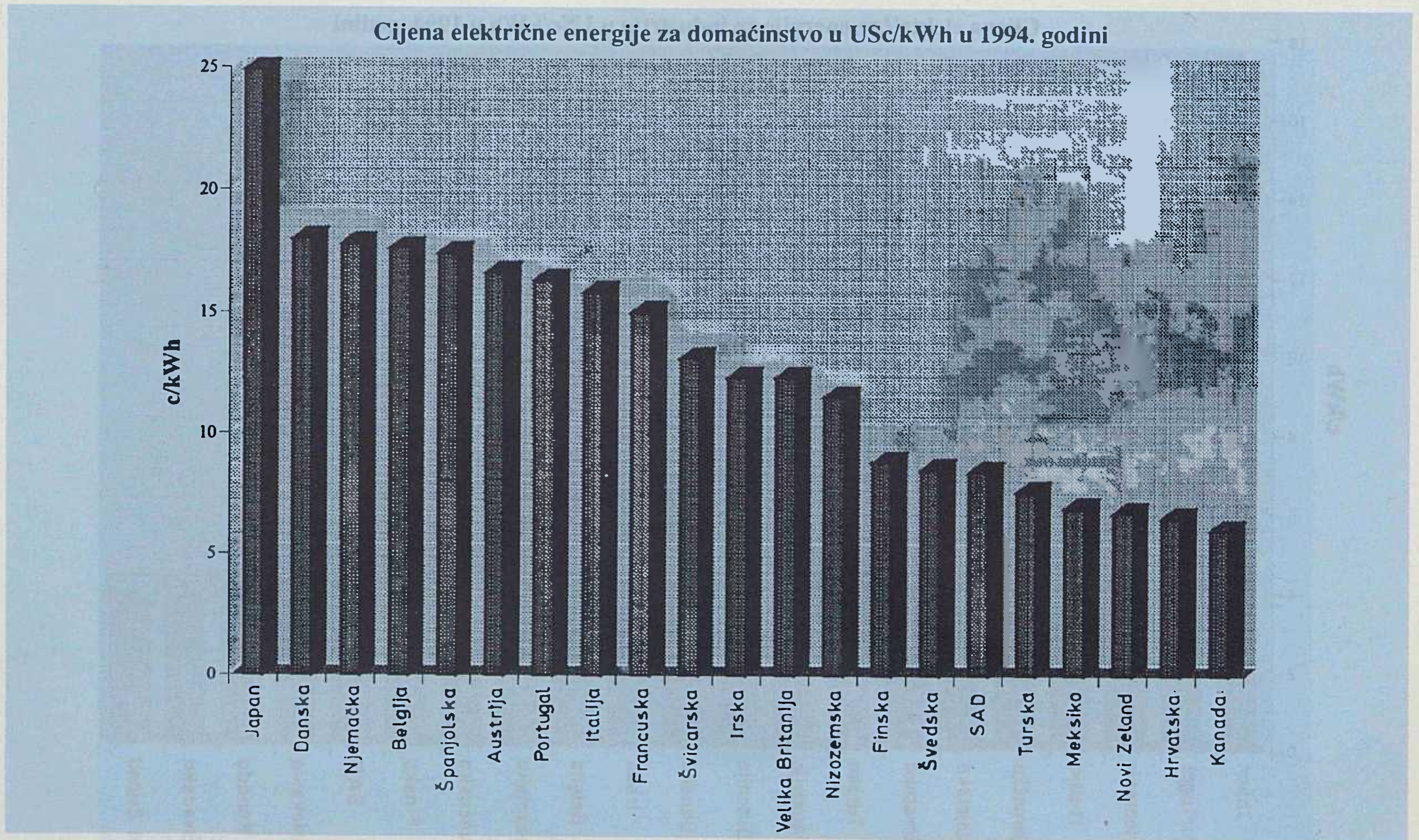
n.a. = not available, neraspoloživi podaci
"Energy prices and taxes", 1996. Paris



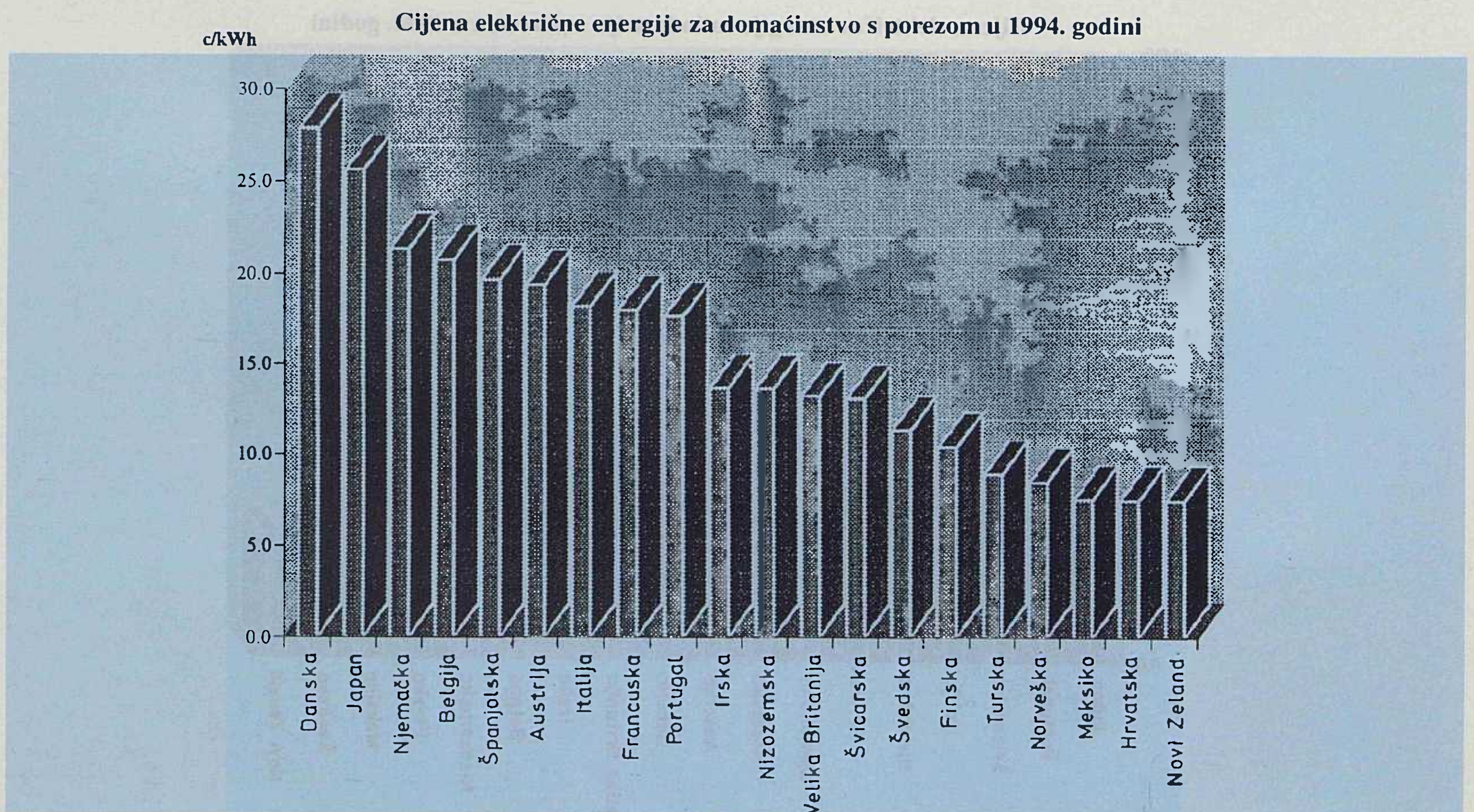
Slika 2.



Slika 3.



Slika 4.



Kanada	n.a.	Austrija	19.4	Švicarska	13.1
SAD	n.a.	Italija	18.2	Švedska	11.3
Danska	27.9	Francuska	18.0	Finska	11.3
Japan	25.6	Portugal	17.7	Turska	8.9
Njemačka	21.3	Irska	13.7	Norveška	8.5
Belgija	20.8	Nizozemska	13.6	Meksiko	7.5
Španjolska	19.7	Velika Britanija	13.2	Hrvatska	7.5
				Novi Zeland	7.4

Slika 5.

li. U Hrvatskoj nema poreza na promet u industriji. Najveći iznos poreza je u Turskoj i iznosi 13,9%. U tablici 4. prikazane su cijene električne energije za industriju, s porezom, u 1994. godini.

3. CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA DOMAĆINSTVO U SVIJETU I HRVATSKOJ

Cijene električne energije za domaćinstva su u skoro svim zemljama veće od cijena za industriju (tabl. 3), i to skoro dvostruko, dok je kod nas cijena za domaćinstvo niža od cijene za industriju. Jedino Turska ima približno jednake cijene. Znači skoro sve zemlje imaju jednaku ideju u nacionalnoj energetske strategiji, a ta je da su cijene električne energije za domaćinstva veće od cijena za industriju. Očito je da Hrvatska ima još uvijek prenisku cijenu za domaćinstva. To je jedan od glavnih razloga zašto HEP u svom ukupnom prihodu nema dovoljno sredstava za proširenu reprodukciju, odnosno razvoj. Cijene ne uključuju poreze koji se u svijetu kreću od nule (Švicarska), pa do 54.5% (1994., Danska). Kod nas porez iznosi 15%.

4. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Cijene električne energije mjenjaju se diljem svijeta iz godine u godinu ovisno o tome kakva je nacionalna energetska i gospodarska strategija. Kroz cijenu električne energije želi se zadovoljiti više uvjeta (energetskih, ekonomskih, socijalnih, političkih) važnih za opstojnost pojedine zemlje. Upravo odnos navedenih uvjeta daje cijenu u pojedinom trenutku. Energetski razvijene zemlje imaju stabilne cijene i pretežito ih mjenjaju ovisno o situaciji u gospodarstvu i kako se to reflektira na elektroprivredna poduzeća kao nositelje proizvodnje električne energije. Odlučujuće je kontrolira li cijenu država (regulacija) ili tržište (deregulacija). Zemlje koje sada pokušavaju promijeniti odnos prema električnoj energiji (uglavnom "tranzicijske zemlje") kao robu, moraju više uzeti u obzir ostale spomenute uvjete. Hrvatska u ovom trenutku želi povećati industrijsku proizvodnju. Jedan od načina stimuliranja

industrijske proizvodnje bio bi i sniženjem troškova proizvodnje, smanjenjem cijene električne energije. Smanjenje cijene električne energije za industriju ne bi smio dovesti HEP u položaj poduzeća s gubitkom (generator inflacije). Jedini način je povećanje cijene za domaćinstva, koje je prema svim pokazateljima preniska. Koliko bi to točno iznosilo, ovisi o uvjetima državnih interesa i strategije. Činjenica je da bi ta cijene morala sadržavati (unutar fiksnih i varijabilnih) i troškove razvoja ne samo proizvodnje već i cijeloga hrvatskoga elektroenergetskog sustava (prijenosa i distribucije).

LITERATURA

- [1] "Energy prices and taxes" 1996, (OECD, IEA) Paris, Francuska
[2] "Tarifni sustav za prodaju električne energije", Bilten HEP-a, 1991.

ELECTRIC ENERGY PRICE ANALYSIS FOR INDUSTRY AND HOUSEHOLD IN THE WORLD AND CROATIA

Electric energy prices for industry and households are in a dynamic relation all over the energy developed world. The analysis of the price trends can serve as an indicator of the price policy state, whose amount should reach economical logic and laws. In the paper, the electric energy price for industry and household in the world and in Croatia is given.

DIE ÜBERPRÜFUNG DER STROMPREISE FÜR INDUSTRIE UND HAUSHALT IN DER WELT UND IN KROATIEN

Die Strompreise für Industrie und Haushalt in der energetisch entwickelten Welt sind lebhaften Umgestaltungen unterzogen.

Auseinanderlegte Neigungen in der Preisgestaltung können als Anzeige des Annäherungszustandes der Tarifpolitik an die Wirtschafts-Logik und -Gesetzmässigkeit herangezogen werden. Im Artikel wird der Strompreis für Industrie und Haushalt in der Welt und in Kroatien erörtert.

Naslov pisca:

Ivica Toljan, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda,
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-03-02

industrogradnja d.d.



ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

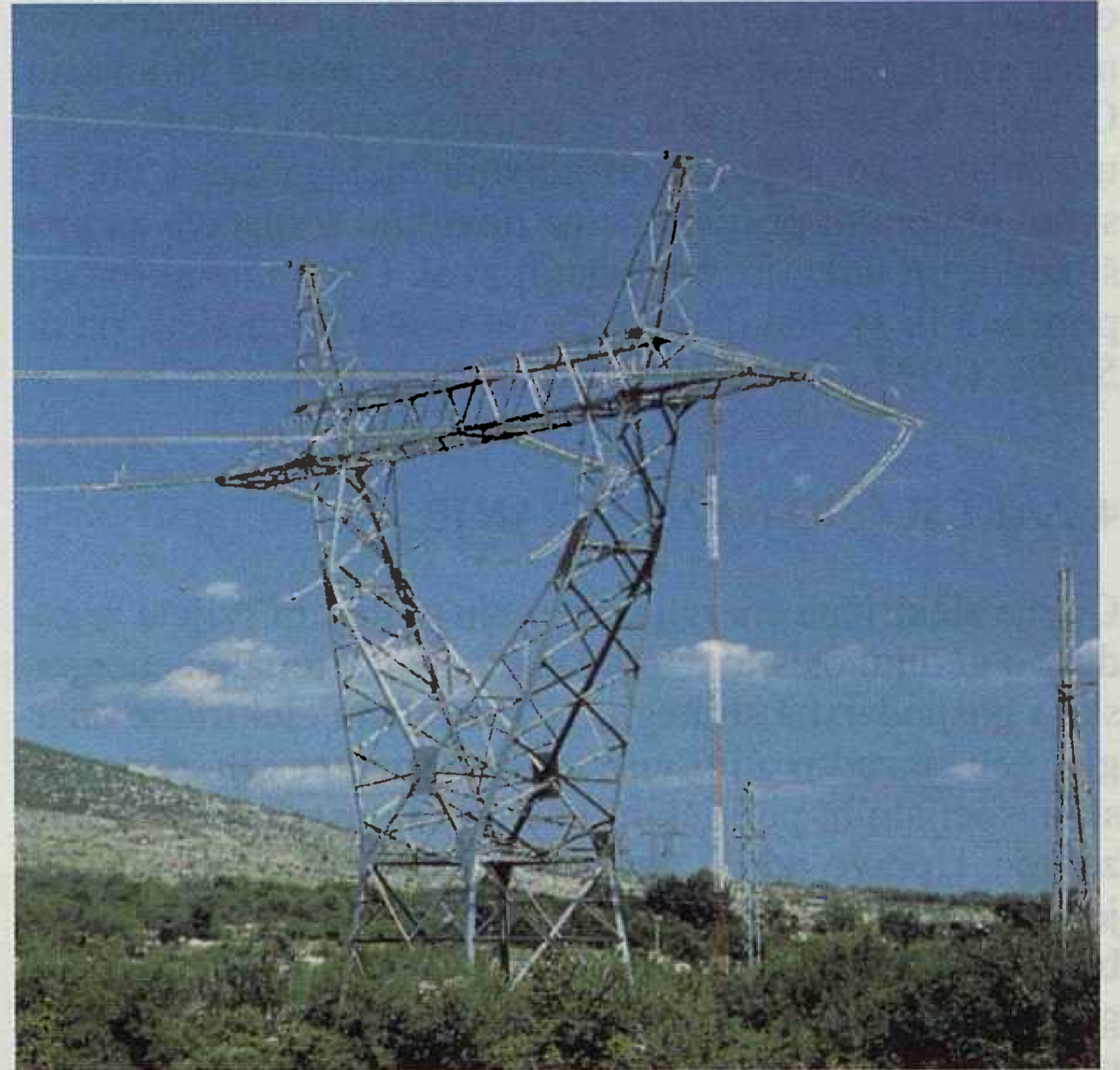
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzoi i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO – 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

This is to certify that the Quality Management System of:

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment. Installation of electric sub-stations up to 500 kv.

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-00291

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia

<u>Locations:</u>	<u>Activities:</u>
Zagreb	Design and company head quarter
Velika Gorica	Manufacture and quality management
Žitnjak	Installation head quarter
Vinkovci	Forging

Certificate Schedule Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-00291

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++ 385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++ 385-1-530-606, 511-754

ZBRINJAVANJE OTPADA I TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NUKLEARNIM I ELEKTRANAMA NA FOSILNA GORIVA

Ivica Levant — dr. Vladimir Lokner, Zagreb

UDK 621.31.58:621.039

STRUČNI ČLANAK

Uspoređuju se troškovi zbrinjavanja otpada različitih tehnologija proizvodnje električne energije i ukupna cijena proizvedene električne energije.

Ključne riječi: zbrinjavanje otpada, troškovi proizvodnje električne energije.

U ozračju intenzivne javne zabrinutosti za radioaktivni otpad radikalno su reducirani nuklearni programi proizvodnje električne energije u većini razvijenih zemalja. Iako su već u i to doba bile ustanovljene rigorozne mjere za zaštitu od zračenja, mjere tehnološke sigurnosti i standardi rukovanja radioaktivnim materijalima i dalje su unapređivani, a najveći napredak ostvaren je u globalnom ujednačavanju temeljne zakonske regulative.

No, uskoro su i drugi oblici proizvodnje električne energije počeli privlačiti sličnu ekološku pozornost, ponajviše zahvaljujući publicitetu koji su dobili efekt staklenika i kisele kiše. Iako su neke zemlje i prine brižljivo postupale s otpadnim materijalima koji nastaju prilikom izgaranja fosilnih goriva, u posljednje vrijeme općenito se pooštrava zakonska regulativa i s tim u svezi povećavaju troškovi zbrinjavanja toga otpada.

Odlučivanje o tome hoće li se graditi nuklearne ili konvencionalne termoelektrane, ulazi tako u fazu zrelosti, u kojoj se može racionalno prosuđivati o odnosu koristi i štete. Sve se jasnije formuliraju mjerljivi pokazatelji toga odnosa, kao što je, primjerice, utjecaj na prosječnu duljinu životnog vijeka i kvalitetu življenja [1]. Ne samo različite tehnologije nego i pojedini postupci i mjere (uključujući npr. i nekorisćenje nuklearne energije) mogu se vrednovati po tome pridonose li kakvoći i duljini ljudskog života. Takav pristup upućuje na zaključak da je tehnološkim napretkom moguće ostvariti više koristi nego štete; pri tome izbor između različitih tehnologija (npr. nuklearnih ili klasičnih termoelektrana) treba ovisiti o cijeni proizvoda, uz uvjet da se rizik od narušavanja prirodnog okoliša održava na prihvatljivoj i podjednakoj razini.

Troškovi različitih postupaka za proizvodnju električne energije uspoređuju se i prate već duže vrijeme. Ovaj prikaz temelji se na nedavnim analizama [2,3,4]. Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA), kojima se uspoređuju cijene zbrinjavanja otpada u odabranim tipičnim nuklearnim elektranama i elektranama na fosilna goriva, a zatima i ukupni troškovi proizvodnje struje.

FOSILNA I NUKLEARNA GORIVA U TERMOELEKTRANAMA

Fosilna goriva

Od svih fosilnih goriva u proizvodnji električne energije još uvijek se najviše koristi ugljen, ali je udio zemnog plina u stalnom porastu. U nekim se zemljama dosta koristi i nafta, no većina je izbjegava zbog nestabilne cijene. Glede proizvedenog otpada nafta je negdje između ugljena i plina, pa se ovdje neće zasebno razmatrati.

Ugljen. Iako suvremene termoelektrane upotrebljavaju ugljeni prah (pulverzirani ugljen), one redovito još uvijek proizvode blizu dvostruko više ugljičnog dioksida po jedinici električne energije od odgovarajućih termoelektrana na plin. Uz dušikove okside i sumporni dioksid, prilikom korištenja ugljena nastaje i niz drugih otpadnih materijala koji mogu zagaditi okoliš, uključujući radioaktivne elemente koji su bili sadržani u ugljenu.

Zemni plin. Izgaranje zemnog plina znatno je čišće nego ugljena: osnovni su proizvodi ugljični dioksid, voda i dušikovi oksidi. Radi boljeg iskorištenja plina u novijim se elektranama primjenjuje kombinirani ciklus (CC, od "combined cycle") u kojemu su ispred parnih turbina instalirane plinske. No, još ima temeljnih elektrana na plin s konvencionalnim parnim ciklusom (CSC, od "Conventional steam cycle") kakav koriste termoelektrane na ugljen.

Konvencionalne elektrane na ugljen i plinske elektrane s kombiniranim ciklusom najznačajniji su tipovi termoelektrana na fosilna goriva, a i dobri primjeri za ilustraciju zbrinjavanja otpadnih materijala, jer se za njih i postupci i troškovi zbrinjavanja najviše razlikuju.

Nuklearno gorivo

Nuklearne elektrane iskorištavaju toplinu koja nastaje prilikom cijepanja jezgara teških elemenata (fisij) u reaktorima. Ta se toplina obično koristi za proizvodnju vodene pare koja pokreće turbine.

Kudikamo najčešće nuklearno gorivo jest uran. Iskapa se

u rudnicima na konvencionalan način, a zatim prerađuje u oblik pogodan za uporabu u reaktorima. Prirodni uran sadrži preko 99% urana-238, a samo 0,72% urana-235 koji lako cijepaju spori (termalni) neutroni. Iako neki reaktori koriste uran prirodnog izotopnog sastava, većina reaktora treba obogaćeni uran u kojemu je udio izotopa 235 povećan na nekoliko postotaka.

Iskorišteno nuklearno gorivo sadrži neutrošeni uran, produkte fisije, plutonij i druge teške elemente. Može se smatrati otpadom i sve zajedno pripremiti za odlaganje, ili se može prerađivati (reciklirati) da bi se izdvojili plutonij i uran za proizvodnju novog goriva te umanjila količina visokoaktivnog otpada.

U elektranama se koristi više vrsta nuklearnih reaktora, no veliku većinu čine lakovodni termički reaktori (LWR, od "light water reactor", za razliku od teškovodnih reaktora, HWR). LWR se dalje mogu razvrstati na reaktore s kipućom vodom (BWR, od "boiling water reactor") i reaktore s vodom pod tlakom (PWR, od "pressurized water reactor"), a najviše ima ovih posljednjih. Kako nema većih razlika u gorivnom ciklusu urana između tih dvaju tipova reaktora, za prikaz troškova dostaje promotriti PWR, poštujući razlike između gorivnog ciklusa s jednokratnom upotrebom goriva, i onoga s recikliranjem.

OTPADNI MATERIJALI GORIVNOG CIKLUSA

Otpad nastaje u svim fazama gorivnog ciklusa: pri vađenju i preradi, sirovine, za vrijeme korištenja goriva u elektranama, pri dekomisiji postrojenja, pa i tijekom obrade i odlaganja otpada.

Od nuklearnog goriva nastaje bitno drukčiji otpad – po vrsti i po količini – nego od fosilnih goriva. Nuklearni gorivni ciklus proizvodi relativno male volumene otpada, ali je taj otpad radioaktivan. U elektranama na fosilna goriva troše se mnogo veće količine materijala i nastaju golemi volumeni produkata izgaranja. U oba slučaja otpad nastaje i u plinovitom, i u tekućem, i u krutom stanju.

U pogledu potencijalnih bioloških učinaka, podjednake su količine radioaktivnosti koje u okoliš ispušta nuklearna elektrana u rutinskom pogonu i one koje se oslobađaju izgaranjem ugljena u termoelektranama usporedive snage, a pri eksploataciji zemnog plina u atmosferu se ispušta radioaktivni plin radon.

Otpad u ciklusu fosilnih goriva

U gorivnom ciklusu fosilnih goriva većina otpadnih materijala nastaje pri izgaranju, a kod ugljena se i pri iskapanju i preradi proizvode znatne količine krutog otpada.

Osim ugljičnog dioksida, i od ugljena i od plina nastaju pri izgaranju dušičnih oksida. Pri izgaranju ugljena oslobađaju se i sumporni oksidi (uglavnom dioksid), dok u zemnom plinu nema znatnijih količina sumpora.

Izgaranjem ugljena nastaju i čestice pepela. Samo desetak postotaka pepela zaostaje kao talog, a većina čestica pepela giba se zajedno s dimnim plinovima i naziva se leteći pepeo.

Dekomisija elektrana na fosilna goriva može se obaviti neposredno nakon zatvaranja postrojenja. Otpad koji nastaje pri rušenju ne ubraja se u opasan otpad.

Otpad u nuklearnom gorivnom ciklusu

Najveći volumen otpada nastaje na početku gorivnog ciklusa, pri iskapanju i preradi uranove rude, no taj je otpad vrlo niske radioaktivnosti, koja uglavnom potječe od radioaktivnih potomaka urana. Najopasniji otpad preostaje nakon korištenja nuklearnog goriva u reaktoru, ali su količine toga otpada vrlo malene u odnosu prema otpadu fosilnih goriva.

U pogonima za obogaćivanje urana stvaraju se velike količine otpada u obliku osiromašenog urana. Tehnološki postupci vezani za konverziju i obogaćivanje proizvode i plinoviti otpad koji sadrži čestice urana. Kruti i tekući otpad iz završne faze proizvodnje nuklearnog goriva može uz uran sadržavati i plutonij ako se radi o recikliranom gorivu.

Pri korištenju goriva u reaktoru dolazi do radioaktivnog kontaminiranja i aktivacije različitih materijala. Zato se u rutinskom pogonu elektrane prikuplja tekući i kruti tehnološki otpad, a nastaju i manje količine plinovitoga radioaktivnog otpada. No mnogo veće količine otpada pojavit će se nakon dekomisije elektrane, a neki aktivirani reaktorski materijali bit će i visoko radioaktivni.

Ako se iskorišteno gorivo reciklira, visokoaktivni otpad koji preostaje nakon prerade sadrži uglavnom fizijske produkte i radioaktivne elemente stvorene aktivacijom te nešto aktinida.

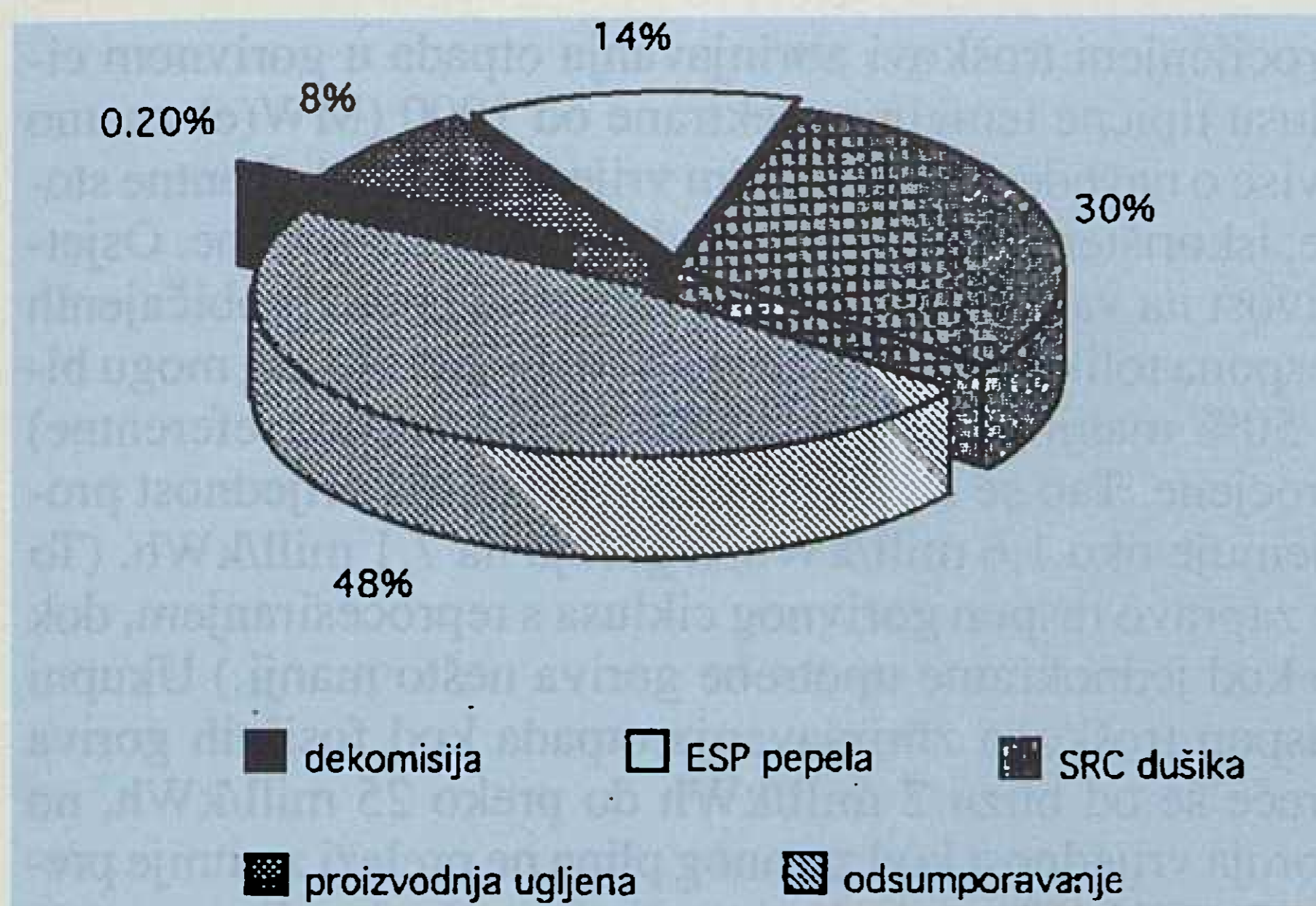
Promptna dekomisija nekih postrojenja korištenih u nuklearnom gorivnom ciklusu zahtijevala bi skupe tehnike daljinskog rukovanja. Troškovi se mogu znatno smanjiti odgađanjem raspremanja dok ne opadne radioaktivnost objekata. Ta je strategija danas općenito prihvaćena, pa se koristi i za procjenjivanje troškova dekomisije. Većina će otpada biti niskoaktivna, a manje količine srednje i visoko radioaktivnog ili transuranskog otpada potječu od samog reaktora, te od pogona za reprocesiranje i proizvodnju goriva od mješanih oksida.

ZBRINJAVANJE OTPADA KOD FOSILNIH GORIVA

U elektranama na ugljen pročišćavanje dimnih plinova obuhvaća uklanjanje dušikovih oksida, sumpornog dioksida i lebdećih čestica. Kod plinskih elektrana treba ukloniti samo dušikove okside. (U ugljenovom ciklusu veliki volumen otpada potječe i od neupotrebljivog iskopanog materijala, no on se može vratiti u rudnik.)

Količina dušikovih oksida može se umanjiti modificiranjem procesa izgaranja. No, najdjelovorniji postupak njihova uklanjanja jest selektivna katalitička redukcija (skraćena engleskog naziva je SCR). U tome postupku rabi se amonijak i katalizator za reduciranja dušikovih oksida na dušik i vodu a tipični učinak je oko 80%. Otpad koji preostaje za zbrinjavanje je upotrijebljeni katalizator, ali ga proizvođač može preraditi za ponovnu upotrebu. Redukcija dušikovih oksida praktično je jedini trošak na otpadne materijale u plinskim termoelektranama. U elektranama na ugljen nije nimalo jeftinija, ali čini samo 30% ukupnih troškova zbrinjavanja otpada (sl. 1).

Odsumporavanje dimnih plinova (FGD, od "flue gas desulphurization") provodi se pomoću alkalnih materijala. Postupak je spor i skup jer treba obraditi veliku količinu dimnih plinova koji sadrže relativno male količine sum-



Slika 1. Relativni troškovi zbrinjavanja otpada u gorivnom ciklusu TE na ugljen (CSC)

pornog dioksida, a učinkovitost je oko 95%. odsumporavanje u prosjeku čini gotovo polovicu (48%) ukupnih troškova zbrinjavanja otpada termoelektrane na ugljen. Sakupi se znatna količina sulfata, uglavnom gipsa od kojega se dio može preraditi i koristiti (sl. 2).

Čestice iz dimnih plinova najčešće se uklanjaju elektrostatičkim izdavanjem (precipitacijom, skraćenica je ESP), kojim se može postići djelotvornost čišćenja veća od 99%. Dio uklonjenog letećeg pepela, može se upotrijebiti u proizvodnji cementa i cestogradnji.

Otpadni materijali tipične termoelektrane na ugljen od 1000 Mw(e) nakon pročišćavanja dimnih plinova	Otpad u gramima po kWh	
	Dušikovi oksidi	0,25
	Sumporni dioksid	0,32
	Lebdeći pepeo u zrak	0,07
	Sakupljeni leteći pepeo	3,02
	Sulfati (gips)	2,10

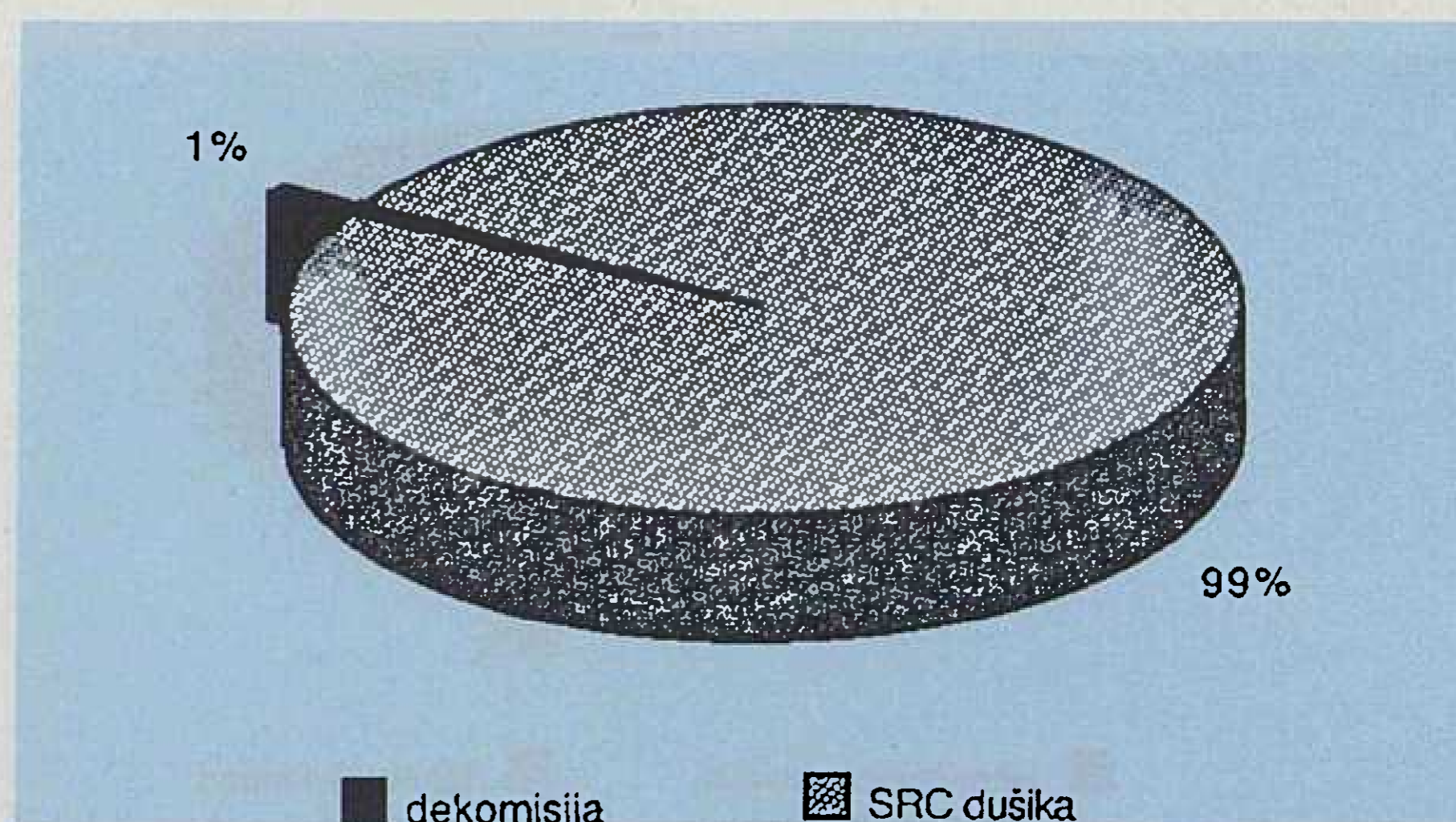
Za sada ne postoji dovoljno jeftin tehnološki proces kojim bi se umanjilo ispuštanje ugljičnog dioksida u atmosferu, iako upravo taj produkt termoelektrana na fosilna goriva može, dugoročno gledano, izazvati najveće globalne ekološke promjene. isto tako, nisu razvijeni tehnološki postupci za idvajanje radionuklida iz plinova koji se ispuštaju u atmosferu.

ZBRINJAVANJE NUKLEARNOG OTPADA

Zbrinjavanje nuklearnog otpada obuhvaća široku lepezu postupaka, od kontroliranog ispuštanja u okoliš, do složenih tehnika imobiliziranja radionuklida i njihova odlaganja u pažljivo izgrađena spremišta u odabranim geološkim slojevima.

U okoliš se obično ispušta plinoviti otpad, ako mu je radioaktivnost manja od propisanih granica (u protivnom se plinovi pročišćavaju prije ispuštanja). Ispuštaju se i otpadne vode koje sadrže malu količinu kratkoživućih radionuklida. Velike količine niskoaktivnog otpada koji nastaje usitnjavanjem rude odlažu se obično na mjestu nastanka i često prekrivaju zaštitnim slojem zemlje.

Tekući otpad manje i srednje radioaktivnosti prevodi se u kruto stanje na različite načine. U nekim slučajevima radioaktivne soli izdvajaju se isparavanjem tekućine ili ta-



Slika 2. Relativni troškovi zbrinjavanja otpada u gorivnom ciklusu TE na zemni plin (CC)

loženjem, u drugima se tekućina apsorbira u krutim matričama. Zapaljiva otapala i ulja mogu se izgarati. Tako dobiveni kruti otpadi ili koncentracije dalje se obrađuju, često zalijevanjem u beton ili bitumen, a zatim pakuju u kontejnere. Slično se postupa i s krutim tehnološkim iz svakodnevnog pogona elektrane, samo što se veći dio prethodno komprimira na manji volumen.

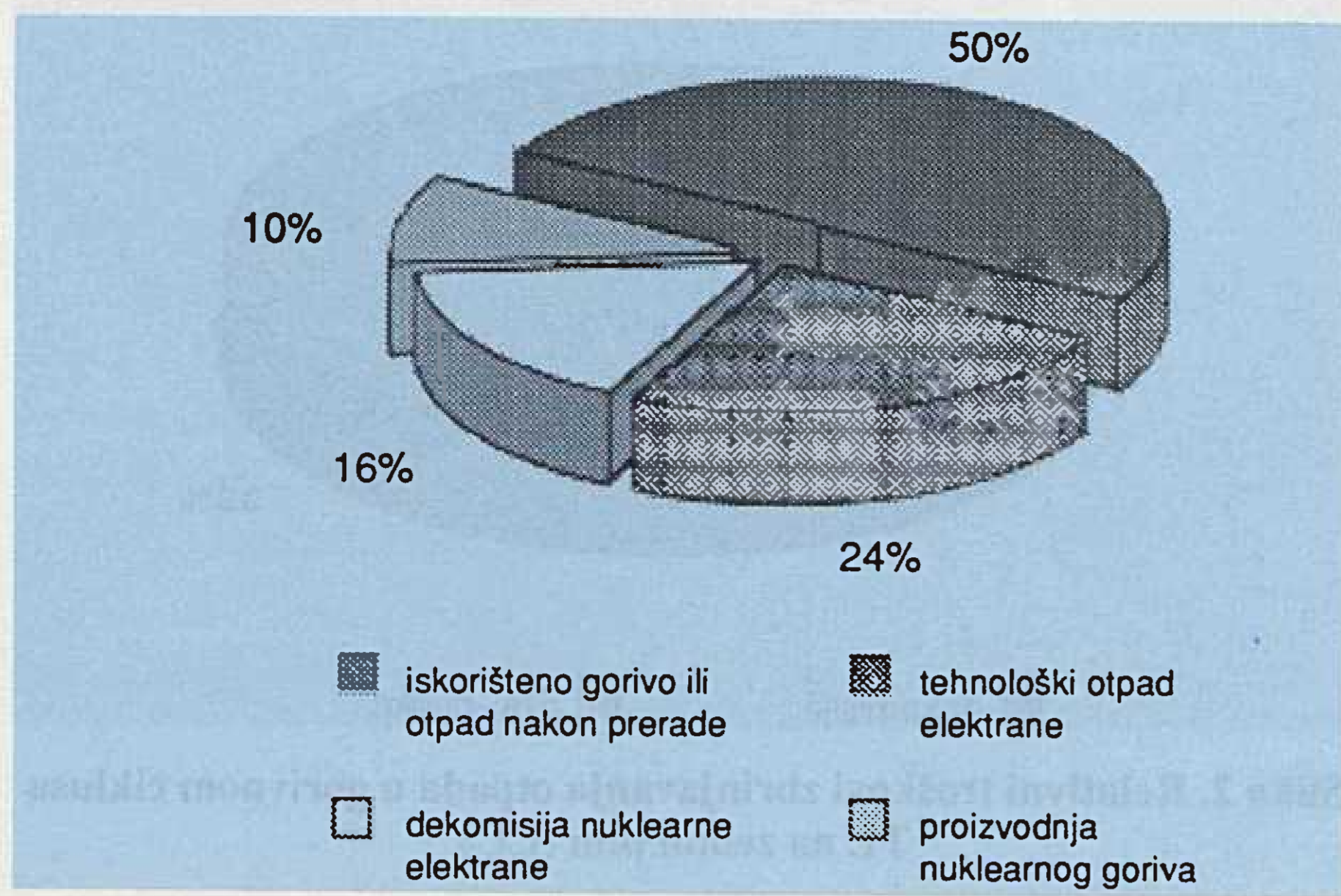
Visokoaktivni tekući otpad, koji preostaje nakon prerade iskorištenog goriva, prevodi se postupkom vitrifikacije u staklastu masu koja se ulijeva u posude od nehrđajućeg čelika (u priloženoj tablici označen je simbolom C₁). Posebno se kondicionira i visokoaktivni kruti otpad kojega čine košuljice gorivnih elemenata i drugi dijelovi gorivnih sklopova, a koji se ne preraduje zajedno s iskorištenim gorivom (označen simbolom C₂). I iskorišteno gorivo koje se zbrinjava kao otpad nakon jednokratne upotrebe treba kondicionirati prije trajnog odlaganja, no najprije se skladišti na nekoliko desetljeća dok mu se radioaktivnost ne smanji.

Godišnja količina (m³) kondicioniranog radioaktivnog otpada u gorivnom ciklusu PWR elektrane od 1000 MW(e)

Dio gorivnog ciklusa	Aktivnost otpada	Količina		
		minimalno	u prosjeku	maksimalno
Dobivanje urana	niska	20 000	40 000	60 000
Konverzija i obogaćivanje	niska	20	20	20
Proizvodnja goriva	niska	20	30	40
Pogon elektrane	niska	100	130	200
	srednja	50	80	100
	visoka (C ₁)	3	4	4
Prerada iskorištenog goriva (recikliranje)	visoka (C ₂)	20	22	25
	srednja	50	75	100
	niska	470	580	690
Iskorišteno gorivo, ako se ne reciklira (u tonama)	visoka	25	30	35

Zbrinjavanje iskorištenog nuklearnog goriva najveći je trošak u gorivnom ciklusu nuklearke. Procjenjuje se na oko 50% svih troškova vezanih uz otpad, bez obzira na to odlaže li se gorivo nakon jednokratne upotrebe ili se reciklira (sl. 3).

Troškovi vezani uz zbrinjavanje iskorištenog goriva nisu samo najveći nego i najnepouzdaniji doprinos cijeni električne energije iz nuklearke, jer pravoga iskustva s trajnim odlaganjem takvog otpada još nema. No, imajući na umu da su troškovi oko otpada ipak relativno malen dio u ukupnoj cijeni struje, nije osobito vjerojatno da bi buduće spoznaje mogle dovesti do njezine znatnije korekcije.



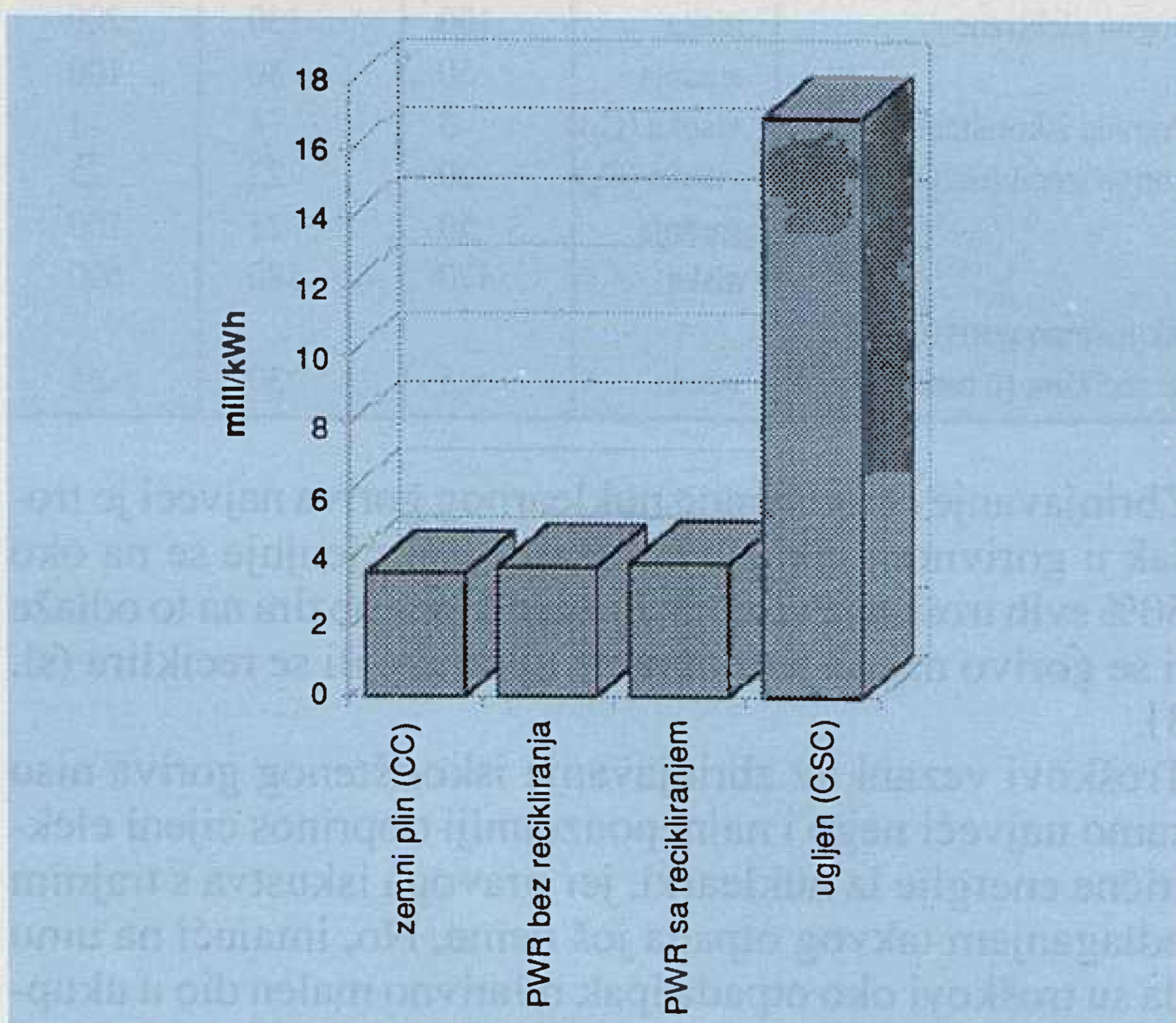
Slika 3. Relativni troškovi zbrinjavanja otpada u gorivnom ciklusu PWR (s recikliranjem ili bez njega)

PROCJENE TROŠKOVA ZBRINJAVANJA OTPADA I PROIZVODNJE STRUJE

Za usporedbu su odabrane temeljne elektrane od 1 000 MW(e) koje rade s iskorištenjem kapaciteta od 70% tijekom radnog vijeka od trideset godina. Troškovi su prikazani u US dolarima iz 1991. godine. Diskontna stopa od 5% primjenjuje se na sve troškove do kraja radnog vijeka elektrane, ali ne i na kasnije troškove zbrinjavanja otpada (da bi se uklonili prigovori o prebacivanju izdataka za dugoživuci nuklearni otpad na iduće generacije).

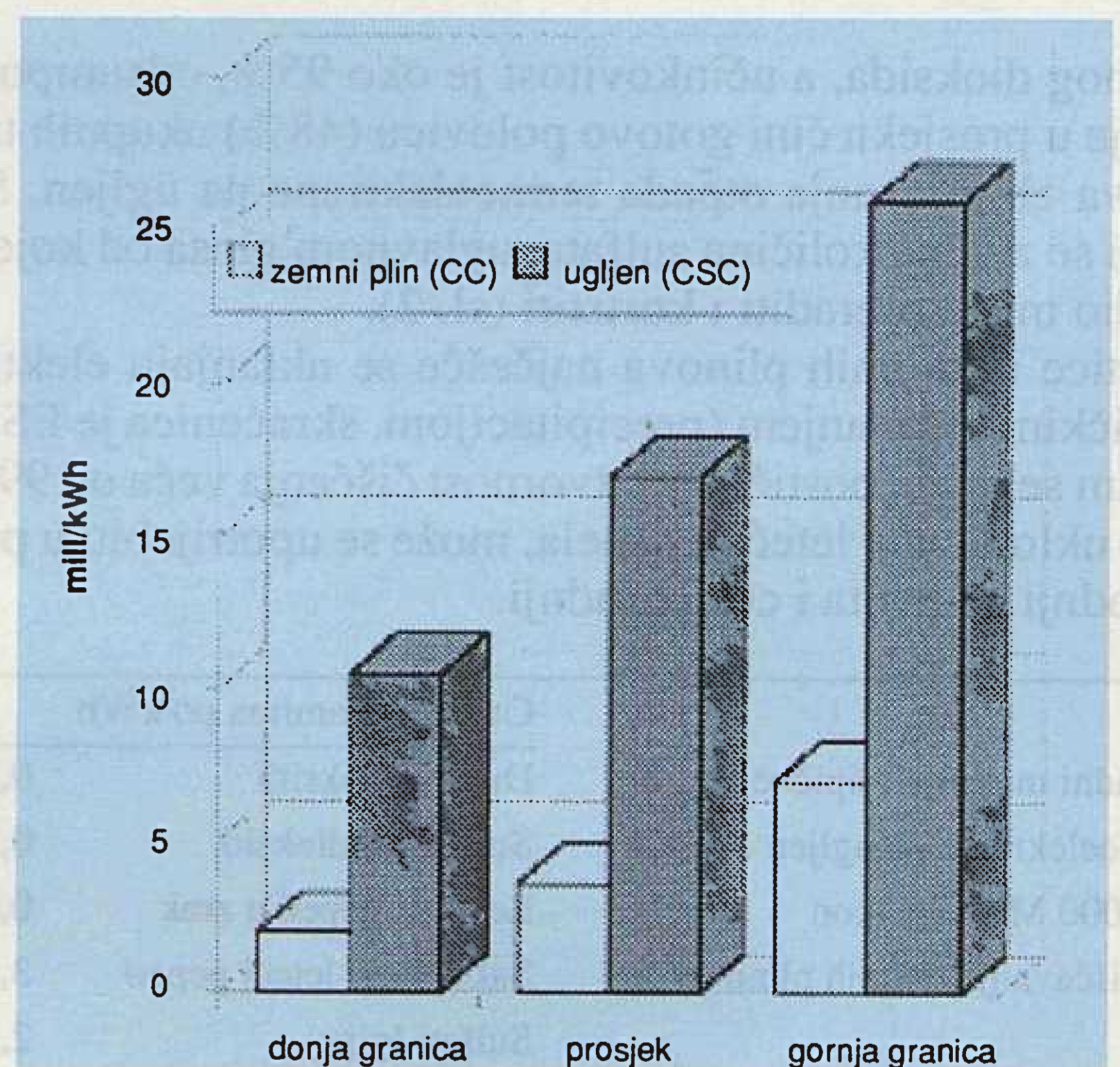
Usporedba troškova zbrinjavanja otpada

Prosječni troškovi zbrinjavanja otpada za četiri promatrana tipa elektrana pokazuju da je najjeftinija plinska termoelektrana (CC), s manje od 4 tisućinke američkih dolara po kilovatsatu struje (mil/kWh). Neznatno su veći, i međusobno podjednaki, troškovi nuklearke s PWR-reaktorima, bez obzira na to reprocesiraju li iskorišteno gorivo ili ne. Mnogo su veći (oko četiri puta) troškovi zbrinjavanja otpada termoelektrane na ugljen (sl. 4).

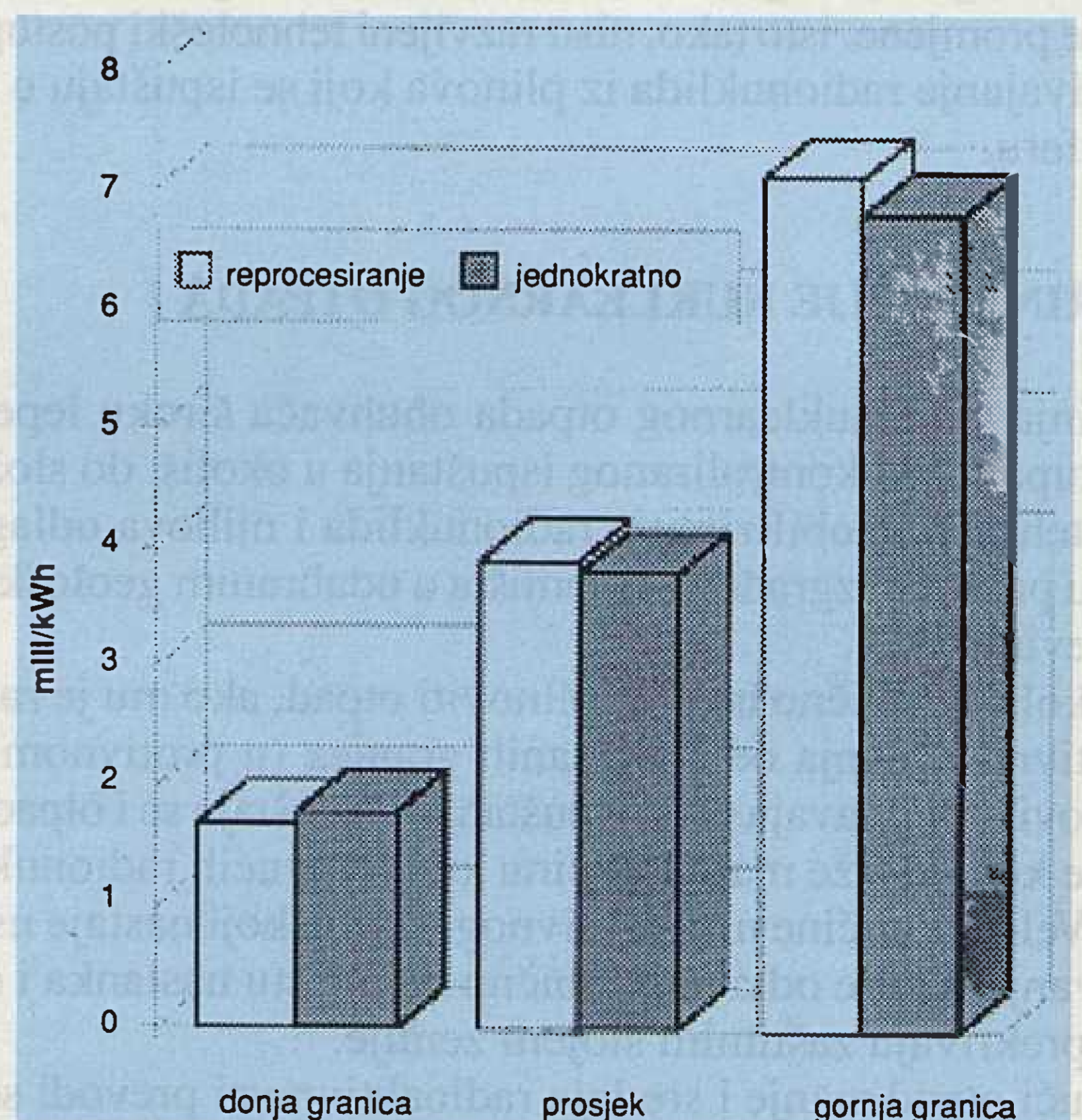


Slika 4. Prosječni troškovi zbrinjavanja otpada u odabranim tipovima elektrana

Procijenjeni troškovi zbrinjavanja otpada u gorivnom ciklusu tipične temeljne elektrane od 1000 (MW(e)) znatno ovise o navedenim izabranim vrijednostima diskontne stope, iskorištenja kapaciteta i radnog vijeka elektrane. Osjetljivost na variranje tih triju čimbenika unutar uobičajenih raspona tolika je da troškovi zbrinjavanja otpada mogu biti 50% manji ili dva puta veći od navedene (referentne) procjene. Tao se za nuklearni otpad donja vrijednost procjenjuje oko 1,6 mill/kWh, a gornja na 7,1 mill/kWh. (To je zapravo raspon gorivnog ciklusa s reprocesiranjem, dok je kod jednokratne upotrebe goriva nešto manji.) Ukupni raspon troškova zbrinjavanja otpada kod fosilnih goriva kreće se od blizu 2 mill/kWh do preko 25 mill/kWh, no gornja vrijednost kod zemnog plina ne prelazi znatnije preko 7 mill/kWh, dok donja vrijednost kod ugljena ostaje iznad 10 mill/kWh (sl. 5 i 6).



Slika 5. Raspon troškova zbrinjavanja fosilnog otpada



Slika 6. Raspon troškova zbrinjavanja nuklearnog otpada

Ukupni troškovi proizvodnje električne energije

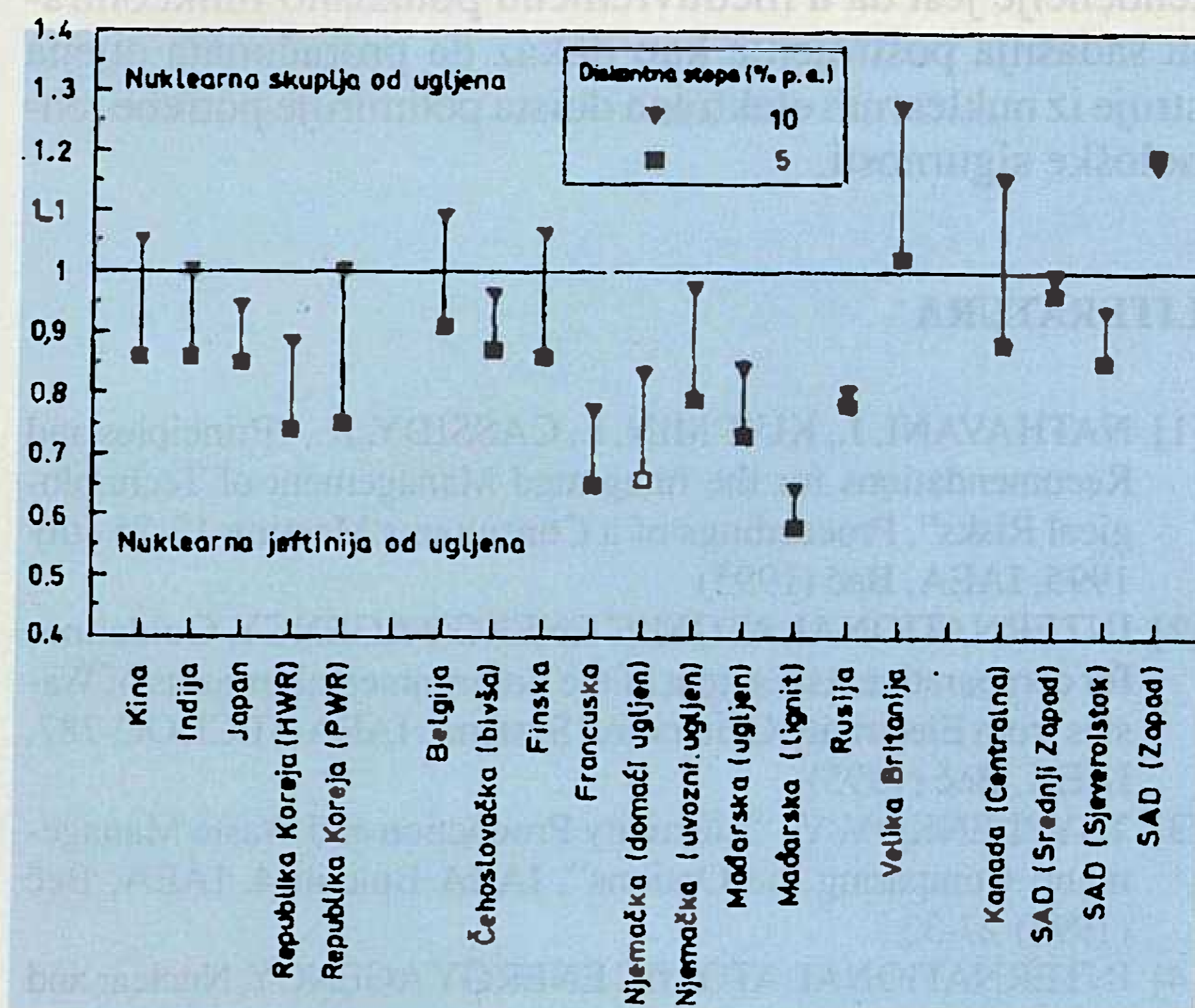
U ukupnoj cijeni električne energije iz termoelektrana trošak zbrinjavanja otpada nipošto nije zanemariv, ali redovito ostaje daleko ispod 50%. Procijenjeni ukupni trošak proizvodnje struje uz prije navedene pretpostavke iznosi oko 40-60 mill/kWh za fosilna goriva, odnosno oko 30-50 mill/kWh u nuklearkama. Nuklearna energija je u prosjeku malo jeftinija od energije fosilnih goriva, osobito ugljena (a za zemni plin razlika nije uvjerljiva). No u konkretnom slučaju pojedine zemlje ili regije odnos između cijena može biti i drukčiji zbog specifičnosti u tehnološkom razvoju, dostupnosti sirovina ili posebnih propisa o sigurnosti.

U posljednjem je desetljeću, uglavnom zahvaljujući tehnološkom progresu, pojeftinio nuklearni gorivi ciklus za oko 40% (na ionako niske cijene urana zbog reduciranih nuklearnih programa), ali se to tek neznatno odrazilo na ukupnu cijenu nuklearne energije (manje od 10%). Istovremeno, od sredine osamdesetih godina znatno pojeftinjuju fosilna goriva (iako nema ozbiljnih naznaka da bi novi alternativni izvori energije uskoro mogli otkloniti opasnost od iscrpljivanja zaliha). Ukupni je učinak bio u korist termoelektrana na fosilna goriva [5].

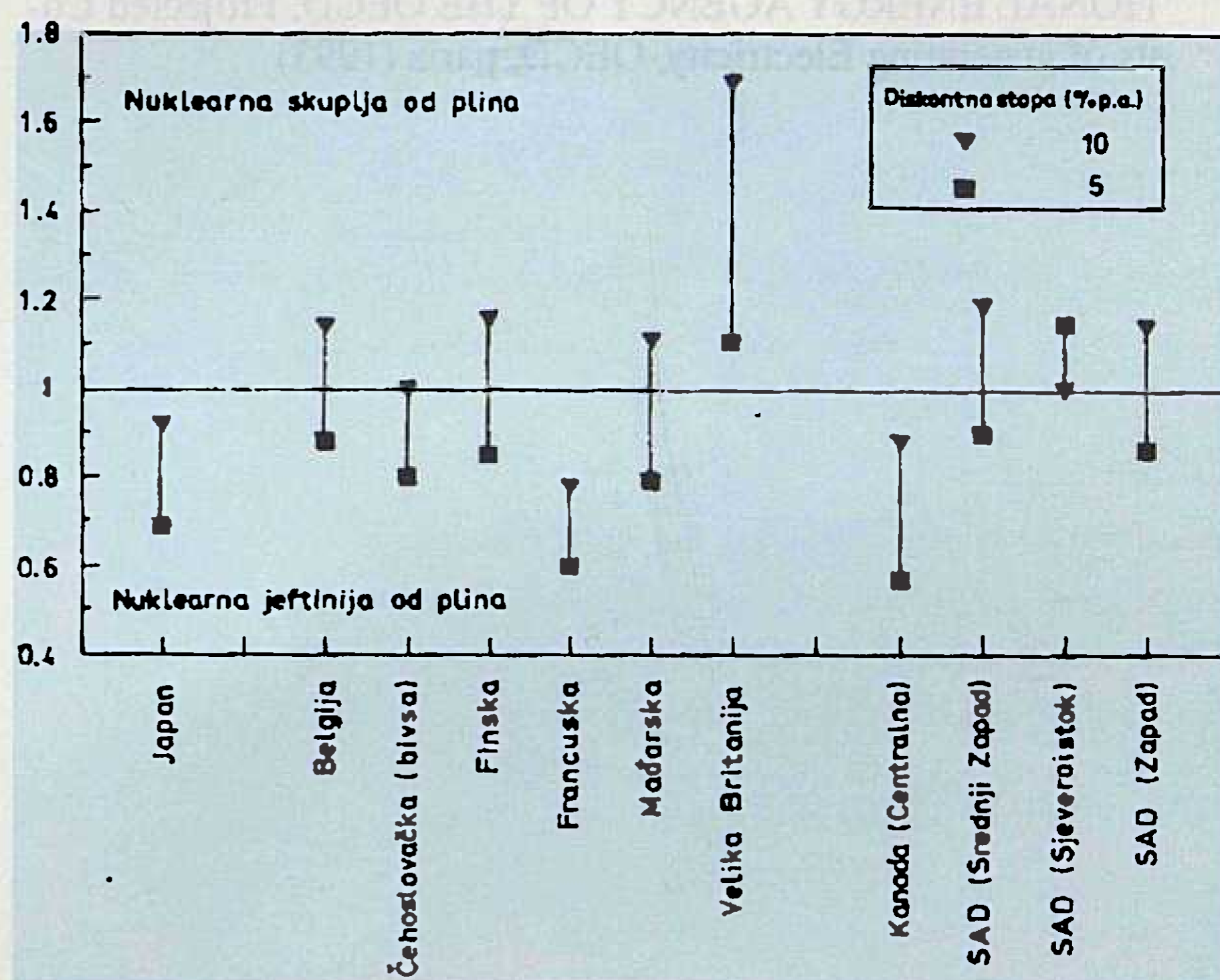
U ovome bi trenutku, međutim, na procjenu troškova proizvodnje struje mogla osobito utjecati tendencija porasta diskontnih stopa opažena u posljednje tri godine u nekim zemljama kod proračunavanja cijena struje iz elektrane koje će biti puštene u pogon krajem stoljeća. Veća diskontna stopa dovodi do povećanja cijene struje iz nuklearnih termoelektrana u odnosu na klasične zato što je za nuklearke potrebno znatno veće početno ulaganje.

Radi boljeg sagledavanja mogućeg utjecaja mijenjanja diskontnih stopa na konkurentnost nuklearne energije, izrađena je pri OECD-u usporedba cijena struje iz nuklearnih i konvencionalnih termoelektrana pri stopama od 5% i od 10%, za zemlje koje su dostavile potrebne podatke o elektranama u izgradnji [6]. Dok je uz diskontnu stopu od 5% struja iz nuklearki jeftinija u gotovo svim zemljama, pri stopi od 10% bila bi jeftinija tek u malobrojnim zemljama, poput Francuske i Japana. Ipak, za sada, nuklearna električna energija ostaje jeftinija od energije fosilnih goriva u 7 do 11 zemalja koje su koristile vlastite diskontne stope (sl. 7. i 8).

Nuklearne elektrane danas proizvode oko 17% ukupne električne energije u svijetu [7]. Ako ne dođe do naglog napretka u razvoju alternativnih izvora energije (ili pak kontrolirane fuzije), može se nagađati da će dugoročno taj udio polagano rasti. U ovom trenutku odnos cijena nuklearne i konvencionalne energije ne pruža osobitu motivaciju za značajne promjene. Kratkoročno gledano, program izgradnje elektroenergetskih kapaciteta je relativno inertna struktura zbog dugog perioda potrebnog za realizaciju takvih pogona. Pa ipak, brojni čimbenici koji mogu utjecati na (ne)poželjnost nuklearnih elektrana ne dopuštaju pouzdanu procjenu niti za idućih 10-20 godina. IAEA i NEA angažirali su skupinu međunarodnih stručnjaka i već godinama redovito objavljuju projekcije kratkoročnog razvoja. Tipični rasponi neizvjesnosti u ukupnim očekivanim nuklearnim kapacitetima kreću se od desetak postotaka nakon prvih 5 ili 6 godina, do blizu 40% nakon 20 godina [8].



Slika 7. Odnos cijena električne energije (nuklearna/ugljen) za godišnje diskontne stope od 5% i 10%



Slika 8. Odnos cijena električne energije (nuklearna/zemni plin) za godišnje diskontne stope od 5% i 10%

Procjena proizvodnje struje (TWh) u svijetu u nuklearnim elektranama do 2015. godine

Godina	1993.	2000.	2010.	2015.
Minimum	2094	2238	2530	2497
Maksimum	2094	2419	3028	3422

No, u prilog stabilnijeg, a možda i većeg planiranja nuklearnih kapaciteta mogla bi ići dva procesa koji se ne moraju odmah izravno odraziti na odnos cijena nuklearne i konvencionalne električne energije. Akumuliranje iskustava o dekomisiji nuklearnih pogona i odlaganju radioaktivnog otpada moglo bi umirujuće utjecati na društveno nepovjerenje prema nuklearnoj tehnologiji. Porast percepcije o opasnosti od prevelikog ispuštanja ugljičnog dioksida u atmosferu pri korištenju fosilnih goriva mogao bi olakšati prihvaćanje određenog rizika od mogućeg ispuštanja radioaktivnosti u okoliš. Dakako, preduvjet za takve buduće

tendencije jest da u međuvremenu pouzdano funkcioniraju sadašnja postrojenja kao dokaz da proračunata cijena struje iz nuklearnih elektrana doista podmiruje potrebe tehnološke sigurnosti.

LITERATURA

[1] NATHAVANI, J., KUZ'MIN, I., CASSIDY, K., "Principles and Recommendations for the Integrated Management of Technological Risks", Proceedings of a Consultants Meeting 17-25 July 1995, IAEA, Beč (1995)

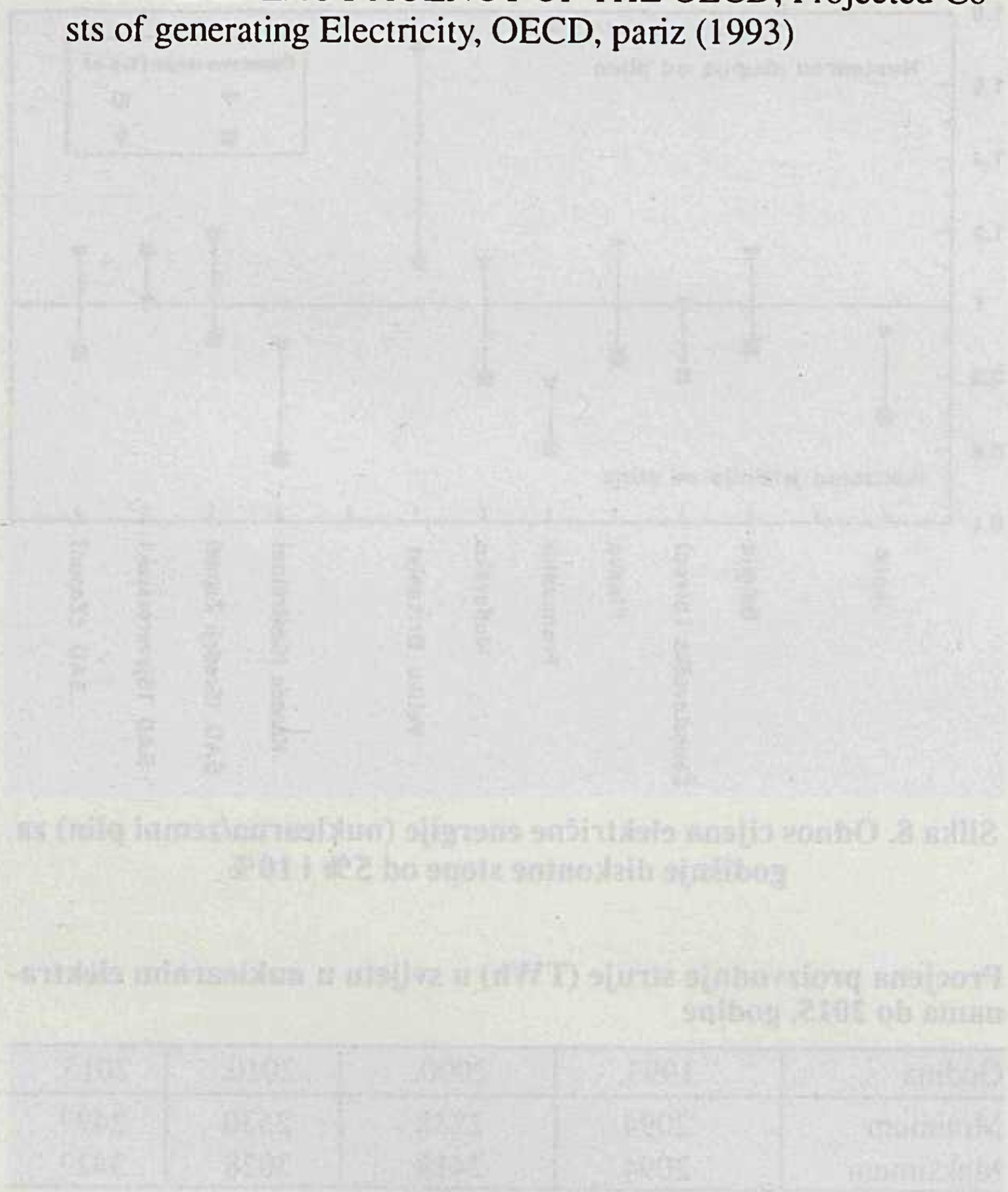
[2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidelines for comparative Assessment of the Environmental Impacts of Wastes from Electricity Generation Systems, IAEA-TECDOC-787, IAEA, Beč (1995)

[3] TSYPLENKOV, V., "Electricity Production and Waste Management: Comparing the Options", IAEA Buletin 4, IAEA, Beč (1994) 27-33

[4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear and Conventional Base Load Electricity Generation Cost Experience, IAEA-TECDOC-701, IAEA, Beč (1993)

[5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Power: An Overview in the Context of Alleviating Greenhouse Gas Emissions, IAEA-TECDOC-793, IAEA, Beč (1995)

[6] NUCLEAR ENERGY AGENCY OF THE OECD / INTERNATIONAL ENERGY AGENCY OF THE OECD, Projected Costs of generating Electricity, OECD, pariz (1993)



[7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Reactors in the World, IAEA-RDS No. 2, Beč (1994)

[8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2015, IAEA-RDS No. 1, Beč (1994)

WASTE MANAGEMENT AND ELECTRIC ENERGY PRODUCTION COSTS IN NUCLEAR AND FOSSIL FIRED POWER PLANTS

Waste management costs from different electric energy production technologies are compared as well as the entire price of the electric energy production.

ABFALLENTSORGUNG UND STROMERZEUGUNGSKOSTEN IN KERN- UND DAMPKRAFTWERKEN

Es werden die Kosten der Abfallentsorgung verschiedener Stromerzeugungsverfahren und die Gesamtkosten dieser Erzeugung auseinandergelagt.

Naslov pisaca:

Ivica Levant, dipl. ing.
Dr. Vladimir Lokner, dipl. ing.
Agencija za posebni otpad Zagreb,
Savska cesta 41/IV,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-03-01

industrogradnja d.d.



MOGUĆNOST PRIMJENE BIOMASA U ELEKTROENERGETICI HRVATSKE

Dr. sc. Danilo Feretić — Mr. sc. Željko Tomšić, Zagreb

UDK 621.31:620.95
PREGLEDNI ČLANAK

Razmatraju se energetske karakteristike biomase, analiziraju se energetske i ekonomske karakteristike postojećih i planiranih elektrana koje koriste kao gorivo biomasu te se daje analiza energetske i ekonomske uvjeta rada takvih elektrana u Hrvatskoj.

Ključne riječi: biomasa, energija biomase, rasplinjavanje biomase.

1. UVOD

Elektrane koje se koriste biomasom kao gorivom potencijalno su važna opcija ne samo zbog zadovoljavanja potreba za energijom već i zbog lokalnih i globalnih koristi na okoliš uporabom biomase u energetici. Korištenje biomase u proizvodnji električne energije može smanjiti udio CO₂ u atmosferi vezujući ugljik za vrijeme procesa fotosinteze tijekom uzgoja i zamjenjujući fosilna goriva.

Razvoj sustava za korištenje biomase za proizvodnju električne energije u velikim elektranama, uz zadovoljenje energetskih, ekonomskih i ekoloških parametara, vrlo je kompleksan i nalazi se u fazi ispitivanja primjene nekoliko raznih tehnologija u eksperimentalnim elektranama.

Država Hrvatska je praktično bez iskustava u primjeni energije biomase za proizvodnju električne energije, jer se aktivnost na tom području svodi na pojedinačno angažiranje znanstvenika i projekte za manja postrojenja. Riječ je zaista o vrlo složenom poslu, do sada nedovoljno istraženom. Mi nismo u stanju danas sa sigurnošću ustvrditi s kojim makroprostorima raspolažemo i s kolikim energetskim potencijalom biomase.

2. KARAKTERISTIKE BIOMASA

Biomase pripadaju kategoriji obnovljivih izvora energije, samo što je njihova priroda kompleksnija od ostalih obnovljivih (odnosno aditivnih) energetskih izvora. Dije se na dvije temeljne kategorije:

1. otpadni organski materijali: komunalni otpad, otpaci iz poljodjelske i stočarske djelatnosti, otpad organskokemijske industrije, industrije papira, prehrambene industrije, otpaci industrije prerade drva i šumski otpaci.
2. biomase koje rezultiraju iz plantažnog uzgoja specifičnog raslinja za utrošak u energetici (obično brzorastuće šume eukaliptusa i sličnih vrsta stabala).

Potrebno je naglasiti da se uporaba biomasa koje rezultiraju iz plantažnog uzgoja raslinja smatra povoljnim s aspekta emisije CO₂ u atmosferu, jer se ispuštena količina CO₂ prilikom izgaranja biomase kompenzira s apsorbiranom količinom ugljičnoga dioksida pri uzgoju biomase.

Obilježja nekih biomasa prema [7] su prikazane u nekoliko sljedećih tablica.

Drvo, suho

Tablica 1. Kemijski sastav i gornja ogrjevna moć suhog drveta

	C	H ₂	O ₂	N ₂	Pepeo	Gornja ogrjevna moć* MJ/kg
Cedar, bijeli	48,80	6,37	44,46		0,37	19,5334
Čempres	54,98	6,54	38,08		0,40	22,9517
Jela	52,30	6,30	40,50	0,10	0,80	21,0449
Bor, smola	59,00	7,19	32,68		1,13	26,3235
Bor, bijeli	52,55	6,08	41,25		0,12	20,6961
Bor, žuti	52,60	7,02	40,07		0,31	22,3471
Sekvoja	53,50	5,90	40,03	0,10	0,20	21,0216
Jasen, bijeli	49,73	6,93	43,04		0,30	20,7426
Bukva	51,64	6,26	41,45		0,65	20,3705
Breza	49,77	6,49	43,45		0,29	20,1147
Brijest	50,36	6,57	42,34		0,74	20,4868
Američki orah	49,67	6,49	43,11		0,73	20,1612
Javor	50,64	6,02	41,74	0,25	1,35	19,9519
Hrast, crni	48,78	6,09	44,98		0,15	19,0218
Hrast, bijeli	50,44	6,59	42,73		0,24	20,4868
Jablan	51,64	6,26	41,45		0,65	20,7426

* Za drvo osušeno u sušari i koje sadrži 8% vlage

Kora

Kora je uobičajeni otpad u industriji papira. Kora, koja se dobije guljenjem debla, sadrži 80% ili više vlage i ne može podržavati vlastito izgaranje. Ipak, može se koristiti kao gorivo poslije sušenja ili u izgaranju s drugim gorivom.

Tablica 2. Gornja ogrjevna moć i sadržaj vlage u kori

%H ₂ O	Gornja ogrjevna moć MJ/kg	kg vode/kg suhe tvari
0	20,3473	0,00
20	16,2778	0,25
40	12,2084	0,67
50	10,1736	1,00
60	8,1389	1,50
70	6,1042	2,43
80	4,0695	4,00
90	2,0347	9,00

Pilanski ostaci

Pilanski ostaci su sporedni proizvod pilanske proizvodnje i uključuju piljevinu, blanjevinu, strugotine, okorak i dr. Sadržaj vlage u pilanskim ostacima prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Analiza sadržaja vode

	% H ₂ O u sirovom stanju	% H ₂ O nakon sušenja zrakom
Jela	35,9	6,5
Piljevina bora	–	6,3

Tablica 4. Kemijski sastav i gornja ogrjevna moć suhih pilanskih ostataka

	C	H ₂	O ₂	N ₂	S	Pepeo	Gornja ogrjevna moć MJ/kg
Jela	52,3	6,3	40,5	0,1	0,0	0,8	21,0449
Piljevina bora	51,8	6,3	41,3	0,1	0,0	0,5	21,2309

Gradski kruti otpad

Otpad iz kućanstava, industrije, ureda i dr. skuplja se i prevozi na središnje odlagalište otpada. Komadanje i odvajanje krutog otpada u lagane i teške dijelove daje gorivo s ogrjevnom moći ekvivalentnoj lignitu. To novo gorivo ima velik sadržaj pepela i malen sadržaj sumpora (tabl. 5).

Prosječna specifična energetska vrijednost biomasa je skromna (oko 20% energetske vrijednosti ugljena), pa to gorivo zbog ekonomskih razloga ne podnosi dugi transport (slično je, iako manje izraženo, i s transportom niskokalorijskog lignita). Udio biomasa (prvenstveno drva) u podmirivanju potreba svijeta za primarnom energijom nije ni pošto zanemariv. Računa se da biomase pokrivaju oko 14% svjetske potrošnje primarne energije, a u zemljama u razvoju je to i do 35% [3].

Energija biomasa pretežno se koristi u širokoj potrošnji i nekim industrijama za pokrivanje vlastitih potreba za energijom, a tek neznatnim dijelom u elektroenergetici. Ovdje ćemo se ograničiti ponajviše na uporabu biomasa u elektroenergetici.

Prije uporabe biomase kao goriva u elektroenergetici potrebna je njezina prerada. Proces prerade ovisi o načinu upotrebe goriva. Ako se gorivo sprema za izgaranje u krutom stanju u kotlovima s izgaranjem na roštilju, treba ga pripremiti sjeckanjem, sušenjem i briketiranjem. Drugi način pripreme biomase za uporabu jest njezino rasplinjavanje ili likvefakcija, a treći je biološka priprema fermentacijom ili digestijom.

Oblik biološkoga goriva koji je prikladan za uporabu jest, dakle, drvo, briketi, drveni ugljen, biljno ulje, alkohol, bioplin, plinovi dobiveni rasplinjavanjem biomase i sintetsko gorivo.

Iako je direktno izgaranje drva, briketa ili otpadnog materijala iz komunalnih deponija i industrije najjednostavniji način korištenja, takvom se korištenju biomasa ne daju veći izgledi za proizvodnju većih količina električne energije.

Tablica 5. Kemijski sastav i gornja ogrjevna moć krutoga gradskog otpada

H ₂ O	C	H ₂	O ₂	N ₂	Cl ₂	S	Pepeo	Gornja ogrjevna moć MJ/kg
19,7-31,3	23,4-42,8	3,4-6,3	15,4-31,9	0,2-0,4	0,1-0,9	0,1-0,4	9,4-26,8	7 208,7-15 115,1

Postoje nekoliko demonstracijskih postrojenja za direktno izgaranje biomasa u ložištima kotlova, kao i postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada.

Razni autori navode niz tehničkih i ekonomskih podataka o energetske potencijalu biomasa i njihovoj mogućoj primjeni u elektroenergetici. Ti su podaci često neusklađeni i najčešće održavaju subjektivno gledanje autora. Ograničit ćemo se stoga samo na podatke koji rezultiraju iz rada demonstracijskih elektroenergetskih postrojenja koja se koriste takvim gorivima.

3. POSTROJENJA ZA DIREKTNO SPALJIVANJE BIOMASA

U SAD je oko 10 000 MW instalirane snage elektrana koje spaljuju biomase (od čega je oko 2/3 drvo a 1/3 otpadni materijal). Najveći dio čine industrijske toplane (približno 6 000 MW), zatim elektrane koje koriste komunalni otpad (oko 2 000 MW) i one koje koriste otpadne materijale iz poljoprivrede.

Agencija za energetiku američke Vlade (DOE¹) navodi u svom dokumentu [4] podatke o gradnji nekoliko demonstracijskih elektroenergetskih postrojenja koje se koriste biomasom, koje smatra uspješnima i čiji bi primjer trebao potaknuti elektroprivredna poduzeća za aktivnije uključivanje za korištenje biomasa kao energetske goriva.

Razmotrit ćemo ukratko obilježja tih postrojenja, od kojih se dva koriste drvenim otpacima, a treće komunalnim otpadom, i stečenim iskustvima u njihovu pogonu.

3.1. Elektrane koje koriste drvene otpatke pilana

Elektrana Kettle Falls

Elektrana je puštena u pogon 1983. godine. Locirana je u državi Washington (sjeverozapad SAD-a). Snaga elektrane je 42,5 MW, a kao gorivo koristi se drvenim otpacima iz 15 velikih pilana u krugu od 160 km (100 milja) oko lokacije s kojima ima 10-godišnji ugovor o dobavi otpadnog materijala. Taj se otpadni materijal inače nekontrolirano spaljivao na više lokacija i zbog toga njegova upotreba u elektrani znači prednost s ekološkog stajališta. Cijenu goriva čine praktički samo troškovi transporta do elektrane, koji se procjenjuju na oko 0,75 \$/GJ. Ta je cijena goriva vrlo niska (samo oko 2,7 \$/MWh) u usporedbi s cijenom šumskih otpadaka koje navode podaci iz Švedske i Danske (11–16 \$/MWh) [1].

Količina otpadaka potrebna za rad elektrane jest oko 70 tona/h. Cijena goriva je navedena s 1,22 centi/kWh i približno je ista kao i cijena održavanja postrojenja (1,43 centi/kWh).

Iz tih podataka i procijenjene ogrjevne vrijednosti neosušene drvene mase od 5 MJ/kg slijedi da je stupanj djelova-

¹ Department of Energy United States of America

nja postrojenja oko 40%. Investicijski troškovi postrojenja su dosta visoki (oko 2 000 \$/kW), tako da je pri visokom stupnju iskorištenja instalirane snage (oko 75%) postignuta cijena energije na pragu elektrane od oko 4,65 centi/kWh. Investicijska suma postrojenja bitno je viša od cijene konvencionalne termoelektrane. Razlog tome je u činjenici da je to prototipno postrojenje za spaljivanje biomase i stoga je tražilo primjenu mnogih novih tehničkih rješenja.

Volumen pepela koji nastaje u kotlu iznosi oko 3% volumena ulazne drvene mase. Leteći pepeo se iz dimnih plinova odstranjuje elektrostatskim precipitatorom.

Emisije u dimnim plinovima i tekući otpad su unutar dopuštenih granica.

Pogonska iskustva s radom elektrane u proteklom desetljeću uglavnom su povoljna. U posljednje vrijeme elektrana nailazi na problem osiguranja dovoljnih količina goriva za redovan pogon, iako je sirovinaska baza u početku njezina pogona izgledala veoma velika. Ako se gorivo bude moralo prevoziti iz veće udaljenosti od 60 km, cijena goriva bit će viša, što će smanjiti proizvodnju elektrane i povisiti cijenu njezine energije.

Elektrana Grayling

Elektrana Grayling snage 34 MW puštena je u pogon u lipnju 1992. godine. Izgrađena je u središnjem dijelu države Michigan s ciljem da se u njoj spaljuju drveni otpaci pilana i drvne industrije koji su se duže vrijeme nakupljali u okolišu i predstavljali opasnost zbog mogućega nekontroliranog zapaljenja. Elektrana pri punom opterećenju troši oko 55 tona drvenih otpadaka na sat. U kasnijoj fazi elektrana predviđena je za rad u kogenerativnom pogonu radi dobave tehnološke pare obližnjim pilanama.

Specifični investicijski troškovi gradnje ove elektrane dosta su više nego kod klasičnih termoelektrana – iznose 1 878 \$/kW. Cijena goriva koje elektrana plaća po utvrđenoj tarifi iznosi oko 1,75 centi/kWh. Elektroprivreda je obvezna dugoročnim ugovorom iz elektrane otkupljivati električnu energiju po cijeni od 6,2 centi/kWh.

Okoliš se tijekom pogona elektrane štiti čišćenjem dimnih plinova od lebdećih čestica elektrostatskim filtrom i redukcijom sadržaja NOx. Izgaranje u kotlu podešeno je da se smanji emisija ugljičnog monoksida na minimum.

3.2. Elektrana koja kao gorivo koristi komunalni otpad (Bristol)

Na temelju suradnje osam susjednih komunalnih zajednica izgrađena je u blizini Bristola (Connecticut) i 1985. godine puštena u pogon elektrana snage 16,5 MW koja kao gorivo troši komunalni otpad. Elektrana se gradila radi rješenja problema deponija komunalnog otpada tih komunalnih zajednica. U ložištu kotlova elektrane moguće je godišnje spaliti 200 000 tona otpada. Komunalne zajednice su se obvezale dugoročnim ugovorom dostavljati komunalni otpad elektrani u trajanju od 25 godina i plaćati elektrani utvrđenu tarifu (oko 50 \$/t) za preuzimanje otpada, a elektroprivreda otkupljivati proizvedenu električnu energiju po cijeni 8,3 centi/kWh.

Elektrana uključuje kompleksan sustav obrade i kontrole izlaznih plinova te ekološki monitoring u okolišu. Pozornost također mora biti posvećena kontroli pepela putem

detekcije njegove toksičnosti te posebnog odlaganja toksičnih tvari.

Specifični investicijski troškovi gradnje elektrane veoma su visoki (3583 \$/kW), tako da je investitor (Ogden Martin Systems) pronašao poticaj za gradnju u nizu financijskih olakšica. Pomoći komunalnih zajednica u rješavanju pitanja legislative i licenciranja postrojenja, kao i u obvezi elektroprivrednog poduzeća na otkup električne energije po navedenoj cijeni.

4. PLANTAŽNI UZGOJ BIOMASA ZA KORIŠTENJE U ELEKTROENERGETICI PRIMJENOM PROCESA RASPLINJAVANJA

Navedene demonstracijske elektrane koje troše biomasu kao gorivo i koje DOE ističe kao uspješne nisu građene ponajprije za potrebe elektroenergetike, nego za rješenje problema deponija otpadnog materijala, koji se inače ne bi mogao upotrijebiti za druge svrhe. Otpadni biološki materijal koji može naći korisnu primjenu u poljodjelstvu ili široj potrošnji nema smisla ni gospodarskog poticaja spaljivati u termoelektranama, to više što je cijena tako proizvedene električne energije nekonkurentna cijeni energije dobivenoj iz termoelektrana koje se koriste fosilnim gorivom, a rezultatni utjecaj na okoliš bio bi sličan kao kod termoelektrana.

Analize energetske, ekonomske i ekološke (s aspekta emisije CO₂) pokazatelja opravdanosti korištenja biomasa u elektroenergetici navode na zaključak da se skupljanjem i spaljivanjem otpadnih organskih materijala u ložištima termoelektrana ne mogu postići zadovoljavajući efekti sa stajališta niti jednog od tri navedena pokazatelja. Sirovinskom se osnovom teško može osigurati dugoročan pogon elektrane veće snage (za pogon termoelektrane snage 300 MW bilo bi osigurati i dopremiti svaki sat oko 500 tona organskog otpada, odnosno godišnje, uz faktor opterećenja 0,8 oko 3,5 milijuna tona). Ekonomski pokazatelji izvedenih postrojenja, prema izvještaju DOE [4], ne upućuju na konkurentnost s klasičnim termoelektranama. Ekološki aspekt takvog rješenja također je nepovoljan jer spaljivanje otpada pridonosi povećanju emisije CO₂ i drugih štetnih tvari (posebno kada je riječ o komunalnom otpadu).

Zbog toga su zemlje i organizacije koje prednjače u studijskoj i analitičkoj razradi svih pitanja vezanih za masovno korištenje energije biomasa u elektroenergetici (Švedska, Finska, Brazil, te mnogo konzultantske organizacije i Svjetska banka) pokrenule studijski i eksperimentalni program koji bi trebao potaknuti razvoj tehnologije čiji bi temeljni pokazatelji (energetski, ekonomski i ekološki) bili konkurentni s onima klasičnih termoelektrana i nuklearnih elektrana. Na temelju takvih analiza pokazano je da se konkurentnost može postići rasplinjavanjem plantažno uzgojene biomase (to se većinom odnosi na eukaliptus), jer to dopušta primjenu visokoučinkovitog procesa s plinskom turbinom uz prihvatljivu razinu investicijske cijene postrojenja.

Pri razradi ovog načina korištenja biomasa treba uzeti u obzir njihov povoljan rezultatni učinak na emisiju CO₂ jer se količina ispuštenog ugljičnog dioksida pri izgaranju približno kompenzira s utrošenom količinom tog plina za uzgoj biomase.

Pobornici takvoga korištenja biomasa ističu i činjenicu da su u mnogim zemljama, posebno onim razvijenima, zbog smanjene poljoprivredne proizvodnje, na raspolaganju velike neobrađene površine zemljišta koje bi mogle biti iskorišteno za uzgoj biomase. Postoje i suprotna mišljenja. Trainer [8] navodi podatak da mišljenja o prividnim viškovima poljoprivrednog zemljišta potječu iz niskoga životnog standarda i sadašnjega broja stanovnika svijeta. Kad bi 11 milijardi ljudi (koliko će ih prema današnjim prognozama živjeti na Zemlji oko 2050. godine) imalo prehrambeni standard prosječnoga današnjeg Amerikanca, trebalo bi osigurati 22 milijarde hektara poljoprivrednog zemljišta, što je 1,7 puta više od površine suhog tla na našem planetu ili 16 puta više od današnje cjelokupne obradive površine.

U svijetu je na temelju takvih analiza počeo suradnjom više industrijskih tvrtki i financijskih institucija razvojni rad u Švedskoj, Finskoj i Brazilu.

Demonstracijska elektrana Värnamo u Švedskoj

Prva demonstracijska elektrana u svijetu za korištenje rasplinutih biomasa u elektroenergetici jest elektrana Värnamo izgrađena u Švedskoj [2]. Riječ je o elektrani-toplani koja proizvodi 6 MW električne i 9 MW toplinske energije. Puštena je u pogon 1993. godine. Elektranu je izgradila tvrtka Bioflow Ltd. koju su u tu svrhu formirale finska tvrtka Ahlstrom i švedska tvrtka Sydraft AB.

Postrojenje se sastoji od dva osnovna dijela:

1. postrojenja za pripremu goriva,
2. plinsko-parne termoelektrane u kombiniranom ciklusu.

Priprema goriva odvija se u tri faze. Najprije se isjeckana drvena masa suši u rotacijskoj sušari do sadržaja vlage 10–20%, zatim se osušena masa uvodi u rasplinjač visine 40 metara, proizveden u tvrtki Ahlstrom u Finskoj, u kojem se podvrgava temperaturi 950–1 000 °C pri tlaku 22 bara. Dobiveni plin je mješavina vodika, ugljičnog dioksida, ugljičnog monoksida, dušika i vodene pare s relativno niskom kaloričnom vrijednošću (oko 5 MJ/m³ dok je, usporedbe radi kalorična vrijednost metana oko 35 MJ/m³, a butana čak 120 MJ/m³). Plin se zatim filtrira u keramičkim filtrima radi čišćenja od letećih čestica (pepela, čađi i dr.), a nakon toga hladi do temperature oko 360 °C i ponovno filtrira. U procesu rasplinjavanja plin se čisti i od najvećega dijela sadržaja SO₂ i NO_x. Proizvedeni plin miješa se s tlačnim zrakom i izgara u komori izgaranja plinske turbine. Konstrukcija turbine prilagođena je proizvedenom plinu male ogrjevne moći. Plinska turbina ima snagu 4 MW, a ispušni plinovi plinske turbine proizvode u parogeneratoru paru tlaka 40 bar i temperature 470 °C. Para ekspanzijom u parnoj turbini daje dodatna 2 MW električne snage, a ispušna para iz turbine oko 9 MW toplinske snage za toplifikaciju.

Budući da je riječ o demonstracijskoj elektrani male snage, u kojoj je prvi put primijenjen postupak rasplinjavanja biomase pod tlakom, ekonomski parametri nisu navedeni, niti bi oni mogli biti značajni za ocjenu ekonomičnosti ove tehnologije. Autori [2] jedino navode da je cijena proizvedene električne energije osjetno veća od one proizvedene klasičnim postrojenjima. Radi mjerodavne ocjene ekonomičnosti i svrsishodnosti primjene opisane tehnologije u elektroenergetici trebat će pričekati barem 20–25 godina

dok se iskustvom ne dođe do relevantnih podataka, daka-ko, uz uvjet da će se takva ili slična postrojenja serijski graditi.

Eksperimentalno postrojenje za rasplinjavanje biomase Tampere u Finskoj

Tehnika rasplinjavanja fosilnih goriva i biomase posljednjih se godina intenzivno istraživala i u eksperimentalnom postrojenju Tampere u Finskoj snage 15 termičkih megavata [6]. Ispitivanje procesa rasplinjavanja biomase traje od 1993. godine. Tako je, primjerice, već 1993. godine podvrgnuto rasplinjavanju 3 000 tona drvenih otpadaka s 20% sadržaja vlage na temperaturi 850–950 °C i pri tome dobiven plin sljedećeg volumnog sadržaja: CO 16%, CO₂ 12%, CH₄ 7%, H₂ 12%, H₂O 14%, N₂ 39%. Ogrjevna moć plina je 5–6 MJ/m³. Dobiveni plin hladi se do temperature 500–550 °C i filtrira u keramičkim filtrima i nakon toga se može upotrijebiti za pogon plinske turbine.

Projekt BIG-GT (Biomass Integral Gasification-Gas Turbine) za korištenje biomasa u energetici u Brazilu

Brazil je zemlja s veoma velikim šumskim prostranstvima u kojoj se već dulje vremena proizvodi etanol iz šećerne trske za potrebe energetike (osobito transporta), jer ne raspolaže izvorima plina i nafte. U toj su zemlji postojale povoljne okolnosti za pokretanje opsežnoga međunarodnog projekta kojim bi trebalo demonstrirati energetske i ekonomske mogućnosti primjene biomasa u elektroenergetici. Temeljni zadatak projekta jest razviti odnosno primijeniti tehnologiju korištenja biomasa kojom bi se mogla dobiti električna energija po cijeni kompetitivnoj onoj u fosilnim i nuklearnim elektranama. Jedan od nosilaca studije, Shell International Petroleum Co, istaknuo je da za postizanje kompetitivnosti treba pri korištenju biomasa zadovoljiti dva temeljna uvjeta [3]:

1. postići cijenu neprerađenog goriva nižu od 2 \$/GJ,
2. ostvariti učinkovitost konverzije toplinske energije u električnu reda 50% u postrojenju (koje obuhvaća rasplinjač biomase i plinsko-parnu elektranu) čija će specifična investicija biti niža od 1 500 \$/kW.

Takav zaključak rezultirao je usporedbom očekivanih ekonomskih pokazatelja elektrana kojima je gorivo biomasa. Uspoedba je dala sljedeće rezultate:

A. Konvencionalna tehnologija

Termoelektrana s parnom turbinom i direktnim izgaranjem biomasa

Temeljni pokazatelji: učinkovitost 20%, specifična investicija 1 800 \$/kW, cijena neprerađenog goriva 2 \$/GJ, iskorištenje instalirane snage 85%.

Uz navedene uvjete predviđena cijena električne energije bi bila:

Troškovi kapitala	4,2 centi/kWh
Troškovi goriva	3,6 centi/kWh
Održavanje	0,5 centi/kWh
Ukupno	8,3 centi/kWh

B. Napredna tehnologija

Rasplinjavanje biomase i izgaranje plina u termoelektrani s kombiniranim ciklusom plinske i parne turbine

Temeljni pokazatelji: učinkovitost 45%, specifična investicija (nakon gradnje 10 istovjetnih postrojenja) 1 300–1 500 \$/kW, cijena goriva (sirovine) 2 \$/GJ (odgovarajuća cijena dobivenog plina u rasplinjaču bi bila 2–2,5 puta veća, tj. oko 5 \$/GJ), iskorištenje instalirane snage 85%.

Predviđena cijena električne energije bi uz date uvjete bila:

Troškovi kapitala	3,0–3,5 centi/kWh
Troškovi goriva	1,6 centi/kWh
Održavanje	0,5 centi/kWh
Ukupno	5,1–5,6 centi/kWh

Korištenjem parnog ciklusa, uz spaljivanje biomase u prikladnom stanju, kao u klasičnim termoelektranama, dobiva se, uz istu ulaznu cijenu goriva zbog malene učinkovitosti procesa (20–30%) viša cijena goriva po jedinici proizvedene energije, a i troškovi kapitala su veći zbog više specifične investicije postrojenja.

Autori Elliott i Booth [3] u svojoj računici cijene energije za BIG-GT postrojenje računaju s istom cijenom goriva kao i kod postrojenja bez rasplinjavanja biomase jer je u specifičnoj investiciji od 1 300–1 500 \$/kW sadržano i postrojenje za rasplinjavanje. Radi usporedbe kažimo da cijena etanola proizvedenog iz biomasa u Brazilu iznosi između 12 \$/GJ i 20 \$/GJ, dok je cijena tekućih goriva dobivenih iz nafte oko 5 \$/GJ. Uporaba etanola u termoelektranama umjesto tekućeg goriva ne bi, dakle, mogla biti ekonomski prihvatljiva.

Na temelju analiza potencijalnih načina ekonomičnoga korištenja biomasa u elektroenergetici došlo se do zaključka da je ekonomičnost moguće postići jedino rasplinjavanjem najjeftinijeg goriva (lignoceluloze te šumskih i poljoprivrednih otpadaka) i korištenjem dobivenog plina u plinskoj turbini, radi postizanja visoke učinkovitosti. Izvedbe postojećih plinskih turbina moraju biti modificirane da omoguću učinkovit pogon s plinom niske kalorijske vrijednosti (oko 5 GJ/m³).

Na temelju takvih analiza razvijena je ideja sustava BIG-GT. Projekt BIG-GT je u fazi razrade sa strane agencija brazilske vlade i industrijskih korporacija iz Brazila (Elektrobras), Švedske (Bioflow, TPS) i SAD (General Electric) te eksperata Svjetske banke.

Osnovna dilema je u izboru tehnologije rasplinjavanja biomase. U razmatranju je postupak pod tlakom koji je razvila švedska tvrtka Bioflow i atmosferski rasplinjač koji je razvila također švedska tvrtka TPS (Termniska Processer). Bioflow ima iskustvo s rasplinjavanjem biomase u švedskoj demonstracijskoj elektrani Varnåno, a TPS u probnom postrojenju u Studsviku. U 1994. godini otpremljeno je iz Brazila u Studsvik 2 100 tona eukaliptusa radi ispitivanja učinkovitosti rasplinjavanja.

Lokacija prve elektrane snage 30 MW određena je na sjeveroistoku Brazila, nedaleko od atlanske obale, u blizini grada Salvador. Posebno brazilsko poduzeće (Copener-Co-

pener Energetica SA) počelo je s pripremanjem plantažnih nasada eukaliptusa za potrebe elektrane. Riječ je o tropskoj plantaži površine 600 km² (60 000 ha) na kojoj se očekuje godišnji prirast drvene mase od 8 t (u umjerenom klimatskom području ne bi se mogao očekivati prirast veći od 3 t/ha/god [8]). Račun pokazuje da bi uz procijenjenu ogrjevnu vrijednost neosušene drvene mase od oko 15 GJ/t i uz navedeni godišnji prirast za pogon elektrane 30 MW s faktorom opterećenja 0,85 i stupnjem korisnoga djelovanja toplinskog procesa 0,4, bila dovoljna površina plantaže eukaliptusa od oko 16 000 ha (160 km²). Ekonomski prihvatljiva cijena sirove drvene mase ne bi smjela biti viša od 3,5–4,0 \$/m³.

Specifične investicije prvog postrojenja tipa BIG-GT očekuju se u granicama 2 200–2 700 \$/kW (što je znatno više od prije navedenog cilja za postizanje kompetitivnosti). Međutim, računa se da bi ponavljanjem iste izvedbe elektrane specifične investicije sukcesivno padale, tako da bi kod desetoga istovjetnog postrojenja investicije već bile na razini od oko 1 300 \$/kW.

Projekt BIG-GT u 1995. godini bio je u završnoj fazi razreda, pa se očekuje da bi tijekom 1996. godine mogle početi pregovori sa Svjetskom bankom o kreditima (riječ je investiciji od oko 70 milijuna dolara) radi njegove realizacije.

5. MOGUĆNOST PRIMJENE ENERGIJE BIOMASA U HRVATSKOJ ELEKTROENERGETICI

U planiranju gradnje aditivnih izvora energije u Hrvatskoj nužno se osloniti na već stečena iskustva s tim postrojenjima u svijetu.

Na temelju iznesenih primjera izvedenih elektroenergetskih postrojenja koja koriste biomase i opisanog iskustva s njihovom gradnjom i pogonom, moglo bi se zaključiti sljedeće:

1. Direktno izgaranje priređene biomase (koja potječe iz šumskog, poljoprivrednog ili komunalnog otpada) u posebno prilagođenim ložištima termoelektrana ne upućuje na mogućnost gradnje termoelektrana koje bi po svojoj snazi bile značajne za podmirenje elektroenergetskoga konzuma. Raspoloživa količina i transport goriva do elektrane ograničava njihovu snagu u najpovoljnijem slučaju na nekoliko desetaka megavata, ali je i uz toliku snagu problematična njihova opskrba gorivom tijekom cijele životne dobi. Cijena proizvedene električne energije čak ni uz znatna financijska olakšanja i dotacije nije konkurentna cijeni energije iz klasičnih termoelektrana ili nuklearnih elektrana. Na temelju američkog iskustva [4] moglo bi se zaključiti da se elektrane za izravno spaljivanje biomase i ne grade prvenstveno zbog potreba elektroenergetike, nego za rješavanja problema deponije otpadnog materijala. S ekološkog aspekta takvo bi rješenje imalo sličan učinak kao i gradnja termoelektrane na fosilna goriva. Kada je riječ o spaljivanju komunalnog otpada, treba dodatno riješiti pitanje obrade ispušnih plinova zbog njihove moguće toksičnosti.
2. Izvedene tehnoekonomske analize, stečeno iskustvo u razvojnom i eksperimentalnom radu i razvoju opreme za elektroenergetika postrojenja koja se koriste biomasom, pokazuje da bi se snaga elektrana relevantna za elektroenergetiku uz prihvatljivu ekonomičnost mogla

postići rasplinjavanjem drvenaste biomase dobivene plantažnim uzgojem brzorastućega drveća. Dobiveni bioplin upotrijebio bi se kao gorivo za proizvodnju električne energije u kombiniranom postrojenju plinske i parne turbine. Prvo, prototipno postrojenje takve vrste u pogonu je u Švedskoj, a prvi plantažni uzgoj biomase za potrebe elektroenergetike ostvaren je u Brazilu.

Primijenimo li do sada stečena iskustva u svijetu u korištenju biomasa u elektroenergetici na Hrvatsku, možemo zaključiti da bi bilo nerealno zasnivati bilo kakve značajnije planove u razvoju naše elektroenergetike na korištenju postojećega poljoprivrednog, šumskog ili komunalnog otpada. (Kao što je već navedeno, u obzir bi došla gradnja elektrane od desetak megavata ili još manje, u kojoj bi cijena proizvedene električne energije bila osjetno viša od cijene električne energije iz konvencionalnih elektrana.) Poljoprivredni otpad vjerojatno je bolje iskoristiti u samoj poljoprivrednoj ili stočarskoj proizvodnji.

S druge strane, plantažni uzgoj biomase u Hrvatskoj radi njezine primjene za značajniju proizvodnju električne energije u elektranama s rasplinjavanjem biomase (jer, prema analizi Shell International Co. [3], jedino se tim načinom može postići prihvatljiva cijena proizvedene energije u duljem roku), stavio bi pred našu energetiku teške zadatke. Radi ilustracije može se navesti podatak da bi potrebna obradiva površina koju bi trebalo osigurati za plantažni uzgoj biomase za elektranu snage reda 300 MW (to je red veličine snage elektrane koja već može imati značajniju ulogu u našem elektroenergetskom sustavu) bila, uz uvjet godišnjeg prirasta drvene mase od 3 t/ha/god i njezine ogrjevne vrijednosti od 15 GJ/t, najmanje oko 4 200 km² (420 000 hektara)! Na tolikoj bi površini trebalo organizirati uzgoj brzorastućega drveća, kao i sječu i dopremu biomase do postrojenja za rasplinjavanje. Za takav bi pothvat elektroprivreda, kad bi uopće bilo moguće osigurati toliku obradivu površinu za potrebe energetike, trebala osigurati pomoć cijeloga gospodarstva, a posebno poljoprivrede, šumarstva i transporta.

U sušari i postrojenju za rasplinjavanje trebalo bi za elektranu navedene snage preraditi oko 4 milijuna m³ drvene mase godišnje te proizvesti (računajući s učinkovitošću transformacije toplinske u električnu energiju u plinsko-parnoj turbini 50% i faktorom opterećenja 0,85) oko 3,2 milijarde Nm³ bioplina godišnje, čija je, prema stečenom iskustvu, kalorijska vrijednost oko 5 MJ/Nm³. Riječ je o postrojenju vrlo velikih dimenzija. Primjera radi, postrojenje za rasplinjavanje biomase u švedskoj elektrani Varnåno (čija je snaga svega 6 MW) visoko je 40 m.

Tek nakon toga bi taj plin mogli iskoristiti u elektrani s više paralelnih plinsko-parnih agregata (s turbinama prilagođenim za korištenje niskokalorijskog bioplina).

Međutim, čak i kad bi navedeni problemi u našim uvjetima bili rješivi, treba uzeti u obzir da je tehnologija rasplinjavanja biomase još u fazi razvoja. Prema postojećim analizama [3] ne treba u bliskoj budućnosti računati s konkretnošću cijene proizvedene energije u postrojenjima s rasplinjavanjem biomase. Analize pokazuju da bi se to moglo dogoditi tek nakon gradnje i stečenog iskustva s kori-

štenjem serije istovjetnih jedinica, što se ne očekuje prije 2020. godine.

Iz navedenog razmatranja proizlazi da nije realno računati sa znatnijom primjenom biomasa u elektroenergetici Hrvatske u bližoj budućnosti.

LITERATURA

- [1] Renewable energy sources for electricity generation in selected developed countries, IAEA-TECDOC-646, May 1992.
- [2] L. SJUNNESSON: "IGCC biomass demonstration plant in Värnamo, Sweden", World Energy Council, 16th Congress Tokyo, 1995.
- [3] P. ELLIOT, R. BOOTH: "Biomass Energy for the 21st century, Commercial Demonstration of a Modern Biomass Power System Based on Gasification-Combined Cycle technology", World Energy Council, 16th Congress Tokyo, 1995.
- [4] Profiles in Renewable Energy: Case Studies of Successful Utility-Sector Projects, DOE/CH 10093-206, DE93000081, October 1993.
- [5] J. CAVANAGH: "Electricity Generation from Biomass", Symposium Electricity and Environment, Helsinki, 1991.
- [6] J. PERTULLA: "Economical and Modern Power Plants for Cogeneration, Industrial and Repowering Applications", World Energy Council, 16th Congress Tokyo, 1995.
- [7] EM Power Info, World Bank, 1995.
- [8] F. E. TRAINER: "Can renewable energy sources sustain affluent society?," Energy Policy, December 1995.

POSSIBILITY OF BIOMASS APPLICATION IN THE ELECTRIC ENERGY PRODUCTION OF CROATIA

In the paper energy characteristics of the biomass are evaluated, energy and economic parameters of the existing and planned biomass fired plants are analysed and finally the analyses of energy and economic conditions of those plants operation in Croatia are given.

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN ORGANISCHER ABFÄLLE IN DER STROMERZEUGUNG KROATIENS

Im Artikel werden energetische Merkmale organischer Abfälle erörtert; überprüft werden energetische und wirtschaftliche Eigenschaften bestehender und entwerfener Kraftwerke, die organische Abfälle als Brennstoff nutzen, sowie energetische und wirtschaftliche Bedingungen für solche Anlagen in Kroatien.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Danilo Feretić, dipl. ing.

Mr. sc. Željko Tomšić

Fakultet elektrotehnike i

računarstva,

Zavod za visoki napon i

energetiku,

Unska 3, 10000 Zagreb,

Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:

1996-03-12.

DANSKI PRISTUP IZGRADNJI TERMOENERGETSKIH OBJEKATA

Mr. sc. Branimir Loš, Zagreb

UDK
PREGLEDNI ČLANAK

Zbog dostupnosti, niske i stabilne cijene ugljen će još dugo biti najvažnije gorivo Danske elektroprivrede ELSAM. Proizvodnja električne energije na čistiji način uz mnogo viši stupanj djelovanja zbog toga je trajan i najvažniji cilj razvoja i istraživanja ELSAM-a. Nakon istraženih perspektiva nekoliko tehnologija ELSAM je odlučio uložiti sve snage u dalje poboljšanje dobro poznatog koncepta izgaranja ugljene prašine.

Ključne riječi: ugljen smanjenje emisije CO₂, visok stupanj djelovanja, raspoloživost, fleksibilnost, nove vrste čelika.

1. UVODNE NAPOMENE

Parlament Danske je naredio ELSAM-u da smanji emisiju CO₂ iz elektrana za 20% do 2005. godine u odnosu na emisije štetnih tvari iz 1988. godine. Istraženo je nekoliko načina za izvršenje naredbe, među kojima su: smanjenje potrošnje konačnih korisnih vidova energije – štednja električne energije i topline, izgaranje biomase i prirodnog plina te poboljšanje stupnja djelovanja energetskih jedinica primjenom novih tehnologija izgaranja ugljena.

Stupanj djelovanja elektrane ili elektrane-toplane određen je odnosom između korisne energije na pragu elektrane ili elektrane-toplane i topline unesene gorivom u kotlovsko postrojenje, što znači da je uzeta u obzir sveukupna vlastita potrošnja. Emisija CO₂ za jednaku količinu korisne energije, bez obzira na gorivu stvar – ugljen, plin ili tekuće gorivo – opada s porastom stupnja djelovanja.

2. RAZVOJ, IZGRADNJA I POGON KLASIČNIH TERMOELEKTRANA VISOKIH PARAMETARA PREGRIJANE PARE

ELSAM je kroz studije proučio nekoliko novih tehnologija proizvodnje korisne energije iz ugljena; usporedio je tehnologiju izgaranja ugljena u tlačnom fluidiziranomg sloju i tehnologiju rasplinjavanja ugljena s klasičnom tehnologijom izgaranja ugljena. Zaključio je da izgradnju novih elektrana treba temeljiti u iduća dva desetljeća na naprednim tehničkim rješenjima klasične tehnologije izgaranja ugljena. Ostale nove tehnologije još nisu dovoljno provjerenе da bi se mogle komercijalno primijenjivati, a početna ulaganja u njih veća su za 25%, fleksibilnost pogona je lošija, a specifični potrošak je niži za 10 do 15% pri opterećenju od 40% nominalne snage [1].

Tijekom '80 -ih godina energetske jedinice 3 i 4 u Studstrupu, kao i njihovi sljedbenici u Funenu i Esbjergu, pripremljeni su za izgradnju, izgrađeni i pušteni u pogon. Uvođenje tih energetskih jedinica u pogon označio je početak znatnog povećanja stupnja djelovanja, kao i smanjenja emisije CO₂.

Tablica 1. daje prikaz osnovnih podataka o njima. Stupanj djelovanja kod navedenih energetskih jedinica rezultat je porasta tlaka svježije pregriijane pare na 250 bara, kao i uvođenja brojnih konstruktivnih poboljšanja.

Tablica 1.

Podatak	Dim.	Studstrup 3/4	Funen 7	Esbjerg 3	Kon- voj
Tlak pare	bar	250	250	250	290
Temperatura pare	°C	540	540	560	582
Međupregrijanje, tlak	bar	50	60	57	80/23
Temperatura međupregrijanja	°C	540	560	560	580/580
Temperatura napojne vode	°C	260	280	275	298
Tlak u kondenzatoru (protočno hlađenje morskom vodom)*	mbar	27	27	23	23
Temperatura na dimnjaku	°C	125	122	105	110 ugljen
Protok svježije pare	kg/s	286	328	300	265
Bruto snaga bloka	MW	375	420	415	oko 410
Vlastita potrošnja	%	7	7	7	–
Stupanj djelovanja kotla	%	94	94	95.5	96.2 plin
Stupanj djelovanja bloka (neto)	%	42	43.5	45	47 ugljen 49 plin
Pušten u pogon	god.	1984/85	1991	1992	1997/98

* Napomena: Primjenom vlažnih rashladnih tornjeva stupanj djelovanja (neto) se smanjuje za 1 do 1.5 % apsolutnih!

Poboljšanja su proizašla iz brojnih termodinamičkih i konstruktivnih čimbenika, i to:

- * povećanjem temperature svježije i međupregriijane pare,
- * porastom tlaka svježije i međupregriijane pare,
- * uvođenjem drugog međupregrijanja (kod KONVOY-a)
- * poboljšanjem stupnja djelovanja kotlovskog postrojenja,
- * uvođenjem novog oblika reakcijskih lopatica parne turbine,

- * smanjenjem gubitaka zbog propuštanja u protočnom djelu parne turbine,
- * optimiranjem hladnog kraja i povećanjem vakuuma u kondenzatoru,
- * poboljšanjem stupnja djelovanja parnog ciklusa uvođenjem turbo napojnih crpki,
- * povećanjem temperature napojne vode,
- * uvođenjem devetog stupnja predgrijanja napojne vode.

Nužno je naglasiti da porast stupnja djelovanja bloka pri prelasku s potkritičnih parametara bloka 180 bar/540 °C/540 °C) na nadkritične parametre bloka od 250 bar/565 °C/565 °C iznosi 3% apsolutnih, a da je utjecaj ostalih činitelja veći i iznosi 4% apsolutnih.

Na primjer, kod Esbjerga 3 temperatura svježe pregrijane pare povećana je na 560°, što je dovelo do stupnja djelovanja od 45% pri loženju kamenog ugljena i protočnom morskom vodom. Energetska jedinica KONVOY 1/2 bit će puštena u pogon 1997/98. godine, a predstavlja najnoviju generaciju blokova veoma visokih parametara pregrijane pare. Obadvije energetske jedinice su projektirane za izgaranje ugljena i plina. Jedna energetska jedinica ložit će se prirodnim plinom, sve dok bude mogla ekonomično poslovati, a nakon toga će joj biti dograđeni uređaji za izgaranje ugljena.

ELSAM je optimirao dinamiku trošenja kapitala; odgađajući izgradnju pojedinih sustava potrebnih za izgaranje ugljena ostvario je znatne uštede, oko 15% početnih ulaganja. Specifična početna ulaganja u projekt KONVOY planirana su na 2200 DEM/kW za blok na ugljen, a za blok na plin 1875 DEM/kW [2].

Brzina građenja je jedan od osnovnih utjecajnih čimbenika uspješnosti projekta, npr. za Funen 7 do komercijalnog pogona trebalo je:

- od građevinske suglasnosti 74 mjeseca
- od popisa ugovora za kotlovsko postrojenje 58 mjeseci
- od početka građenja strojarnice 47 mjeseci
- od početka građenja postrojenja za odsumporivanje 6 mjeseci
- od prve sinkronizacije 3 mjeseca.

Ugovaranje postrojenja se temelji na “3000” ugovora. ELSAM gradi blokove koji su pojedinačno optimirani u svim svojim podsustavima tako da su isti zadržali značajke kvalitete blokova ispodkritičkih tlakova kao što su: pouzdanost, raspoloživost, fleksibilnost pogona, troškove održavanja i pogona i početna ulaganja.

Pokazatelji fleksibilnosti pogona su:

- raspon opterećenja 20 do 100 % nominalne snage
- na ugljen bez dodatka drugog goriva s jednim mlinom može blok trajno ostati u pogonu na 35% od nominalne snage
- brzina promjene snage 4%/min pri rasponu snage 50 do 90%, a 2%/min pri rasponu snage od 20 do 50% i od 90 do 100 %
- brzina ulaska u pogon nakon ispada iznosi 30 min
- brzina ulaska u pogon nakon noćne obustave iznosi 2 sata
- brzina ulaska u pogon nakon vikend obustave iznosi 3 sata

- vršno opterećenje blok postiže (1%/min) isključivanjem zagrijača visokog tlaka ili zaobilaženjem kućišta turbine visokog tlaka
- otočni pogon.

Raspoloživost, kao i troškovi pogona i održavanja su jednaki onima kod modernih blokovima podkritičnih parametara. Raspoloživost je između 89 i 91 % što je nešto više od uobičajene zbog kvalitetnijeg rada pogonskog osoblja. Broj prisilnih ispada kotla iznosi samo 1%. Glede početnih ulaganja postoji veoma mala razlika, tj. prelazak sa ispodkritičnih na iznadkritične tlakove iziskuje dodatna ulaganja od 2 do 7%, dok na svakih 20 °C povećanja pregrijane pare dodatno ulaganje je < od 0.5%.

Tehnička rješenja primijenjena za pročišćavanje dimnog plina mogu zadovoljiti standarde emisije SO₂ 200 mg/m³, NO_x 100–150 mg/m³ i čestica od 20 mg/m³. Buka u neposrednoj blizini iznosi < 40 dBA (po noći < 35 dBA). Emisija CO₂ smanjuje se za 2.2%/kWh pri povećanju stupnja djelovanja od 1% apsolutnih; npr. za blok Esbjerg 3 ušteda na gorivu iznosi 70 000 tona ugljena godišnje u odnosu prema standardnim rješenjima nadkritičnih parametara, što uvjetuje i smanjenje emisije CO₂.

Sirovinsku osnovicu za energetske jedinice ELSAM-a čine kameni ugljeni sa svjetskog tržišta, prirodni plin i tekuće gorivo. Raspon kvalitete ugljena veoma je velik s ovim vrijednostima [3]:

- vode 6–15 %,
- pepeo 10–17 %,
- hlapivih tvari 20–40 %,
- sumpora < 2.5 %,
- dušika 0 do 2 %,
- index abrazije 10–15 mg/kg,
- donjom toplinskom moći 23 do 30 MJ/kg,
- meljivosti ugljena 45 do 90 HGI,
- temperaturom sinteriranja pepela 820 do 1 000 °C,
- temperaturom početne defomacije pepela 1 135 do 1 400 °C.

ELSAM sve svoje elektrane gradi za izgaranje više vrsta goriva tako da sa svakim postiže istu fleksibilnost pogona. Jedino ograničenje se javlja pri izgaranju tekućeg goriva; ne može se koristiti teško loživo ulje jer ono, zbog visoke temperature pregrijane pare, uzrokuje izraženu visokotemperaturnu koroziju u kotlu zbog prisutnosti vanadija.

3. ISTRAŽIVANJE, RAZVOJ I PROJEKTIRANJE TERMOELEKTRANA VRLO VISOKIH PARAMETARA PREGRIJANE PARE

Na projektu blokova nadkritičnog tlaka i visokog stupnja djelovanja, ICPP project RP1403, koji se razvija uz snažnu podršku EPRI-a SAD, sudjeluju tri proizvođača čelika (Nippon, Sumitomo i Forgemaster UK), tri proizvođača kotlovskog postrojenja (Mitsubishi, NEI Rolls Royce UK i ABB Combustion USA) i tri korisnika tehnologije (National Power UK, EPRI USA i ELSAM/ELKRAFT), uz znatnu podršku specijaliziranih instituta i kompanija Europe i Japana. Projekt je formalno počeo 1990. godine, a do kraja 1994. ostvareni su značajni rezultati na tri zadatke:

- * Zadaća 1 – Odabir i proizvodnja materijala,
- * Zadaća 2 – Procjena osobina materijala,
- * Zadaća 3 – Tehnologija proizvodnje materijala.

Ovisno o uspješnosti ostvarenja navedenih zadaća, planiraju se iduće dvije zadaće:

- * Zadaća 4 – Izrada komponenti u naravnoj veličini,
- * Zadaća 5 – Konstruiranje komponenti blokova.

Razvoj blokova vrlo visokih iznadkritičnih parametara pregrijane pare, među koje se ubraja projekt KONVOJ, jest osim razvoja konstrukcija kotlovske postrojenja i turbine vezan i za razvoj novih vrsta legiranih čelika. Potpun razvoj nove vrste čelika traje 10 do 15 godina jer se kod svakog od njih moraju provjeriti mnoge njegove značajke, od kojih se neke mijenjaju tijekom pogona. Višegodišnjim praćenjem u eksploataciji prikupljen je zadovoljavajući broj podataka za materijale od kojih je moguće izraditi i uspješno održavati dijelove bloka vrlo visokih parametara pregrijane pare. U tablici 2. navedeni su materijali za glavne dijelove bloka vrlo visokih parametara pregrijane pare. Može se zaključiti da se s materijalima kojima danas strojogradnja raspolaže mogu postići temperature pregrijane pare do 580 °C i međupregrijane pare do 600 °C. Sljedeći projekt-razvoj i istraživanja blokova vrlo visokih parametara – Projekt USC-2005, ELSAM je povjerio ELSAMPROJEKTU [4]. Plan aktivnosti je podijeljen na 13 potprograma čiji rezultati se očekuju do 1998 godine. USC-2005 je naziv projekta izgradnje bloka netostupnja djelovanja 52% loženog ugljenom s parametrima pre-

grijane pare od 290 bara i temperaturama svježje i međupregrijane pare od 610/630/630 °C. Za USC-2005 moraju se privesti komercijalnoj uporabi novi materijali i poboljšati postojeći te valja riješiti niz kritičnih elemenata kao što su:

- ložište i vodne stijenke
- tehnologija zavarivanja komponenti veće debljine
- visokotemperaturna korozija i oksidacija pare
- turbina (kućište, rotor i ventili)
- kemija vode

Na višim temperaturama, osim navedenih nepoznanica glede materijala, pojavljuju se i problemi naglog pada otpornosti materijala pri koncentraciji klora u ugljenu većoj od 0.12% te zbog oksidacije pregrijane pare koja izaziva "ljuštenje" cijevi s unutarnje strane. Problem pročišćavanja turbinskog kondenzata, uklanjanje željeza i otopine soli iz kotlovske vode također moraju biti riješeni.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Postavlja se pitanje treba li Republika Hrvatska pratiti i biti korisnik novih tehničkih rješenja klasične tehnologije izgaranja ugljena koja se temelje na visokim parametrima pregrijane pare 250 bar/560 °C/580 °C sa stupnjem djelovanja na pragu elektrane od 45%. Odgovor je pozitivan zato što su nova tehnička rješenja rezultat optimiranih, u praksi potvrđenih tehničkih rješenja.

Tablica 2.

	538°C 250 bar	565°C 250 bar	580°C 250 bar	600°C 250 bar	600°C 300 bar	620°C 250 bar
Cjevovodi	CMV 2Cr1Mo 12CrMo	12CrMoV	Grade 91	NF616 HCM12A	NF616 HCM12A	NF616 HCM12A
Ventili/ Kućišta	CMV 2CrMo 12CrMoV	12CrMoV Grade 91	Grade 91	Adv 10Cr (G-X12)	Adv 10Cr	Adv 10Cr
Rotor visokog tlaka	CMV	CMV 12CrMoV	CMV 12CrMoV	Adv 10Cr (X12,X18)	Adv 10Cr (X12,X18)	Adv 10Cr
Vijci	D1055 N80A 12CrMoV	N80A 12CrMoV	N80A 12CrMoV	N80A	N80A	N80A
Cijevi ložišta	CMn 1CrMo 2CrMo	CMn 1CrMo 2CrMo	CMn 1CrMo 2CrMo	Grade 91 HCM2S HCM12	Grade 91 HCM2S HCM12	NF616 HCM2S HCM12
Cijevi pregrijača pare	2CrMo 12CrMoV Austenitni	2CrMo 12CrMoV Grade 91 Austenitni	12CrMoV Grade 91 Austenitni	NF616 Austenitni E1250/310	NF616 Austenitni E1250/310	NF616 Austenitni E1250/310
Komore pregrijača pare	CMV 2CrMo Grade 91 12CrMoV	Grade 91 12CrMoV	Grade 91	NF616 HCM12A	NF616 HCM12A	NF616 HCM12A

Napomena: Kosim slovima su navedene kvalitete materijala koje nisu dovoljno ispitane.

RATIFIKACIJA UGOVORA O EUROPSKOJ ENERGETSKOJ POVELJI

Ugovor o Europskoj energetskej povelji, nazvan i "energetski GATT", jer predviđa poštivanje GATT-a na području trgovanja energijom i sirovinama za njezinu proizvodnju, potpisala je i Europska unija. Da bi ovaj ugovor postao pravno obvezujući, potrebna je njegova ratifikacija. Komisija Europske unije je načinila prijedlog Odluke Europskog vijeća i Komisije o ratificiranju Ugovora o Europskoj povelji i Protokola o energetskej učinkovitosti i odgovarajućim problemima okoliša. Ratifikacijom tih dokumenata i stupanjem na snagu Ugovora i Protokola poboljšat će se suradnja između Europske unije, zemalja srednje i istočne Europe i Zajednice neovisnih država (bivši SSSR). To će omogućiti zapadnim zemljama da dođu do jeftinijih energetskej izvora (plin iz Ukrajine, Azerbejdžana, Uzbekistana i Turkmenistana). Istovremeno, uvođenjem zapadne tehnologije poboljšat će se energetska efikasnost, a time ujedno i smanjiti štetni utjecaj na okoliš u zemljama koje raspolažu bogatim nalazištima plina.

SBK

USVOJEN JE NACIONALNI ZNANSTVENOISTRAŽIVAČKI PROGRAM ZA RAZDOBLJE 1996. DO 1998. GODINE

Zastupnički dom Sabora donio je Nacionalni znanstvenoistraživački program za razdoblje od 1996. do 1998. godine, koji je objavljen u Narodnim novinama broj 16 od 18. veljače. Glavna svrha programa jest stvaranje znanstvenog i tehnološkog sustava, koji će biti jedan od ključnih čimbenika društvenog i gospodarskog razvoja zemlje. Programom se utvrđuju ciljevi i prvenstva u razvoju znanosti i tehnologije te se određuju sredstva i način njihova ostvarivanja. Također se ovim dokumentom inicira i utemeljivanje sustava znanosti i tehnologije sukladno metodologiji OECD – Frascati koji se primjenjuje u razvijenim zemljama.

Državni ustroj znanosti i tehnologije pobliže se uređuje zakonima o znanstvenoistraživačkoj djelatnosti i o visokim učilištima kojima se utvrđuju obveze i odgovornosti svih temeljnih nositelja, posebice Ministarstva odnosno nacionalnih vijeća. Postojeći ustroj znanosti i tehnologije s tokovima informacija prikazan je na slici 1.

Sabor Republike Hrvatske imenuje Nacionalno znanstveno vijeće, koje utvrđuje i podnosi Saboru prijedlog nacionalnoga znanstvenoistraživačkog programa. Po funkciji Vijeću predsjednika predsjednik Vlade, a zamjenjuje ga ministar znanosti i tehnologije.

Znanstvena područja vijeća organiziraju stručnu ocjenu projekata, predlažu recenzente za ocjenjivanje projekata, predlažu raspodjelu sredstava utvrđenih godišnjim proračunom za projekte te daju mišljenje o ispunjavanju minimalnih znanstvenih kriterija u izboru znanstvenika.

Znanstveno vijeće Ministarstva sudjeluje u sastavljanju prijedloga za godišnji proračunski zahtjev, predlaže raspodjelu sredstava za znanstvenoistraživačku djelatnost iz državnog proračuna, ocjenjuje uspješnost izvedbe znanstvenoistraživačkih projekata, te planira i usmjerava razvoj znanstvenih područja.

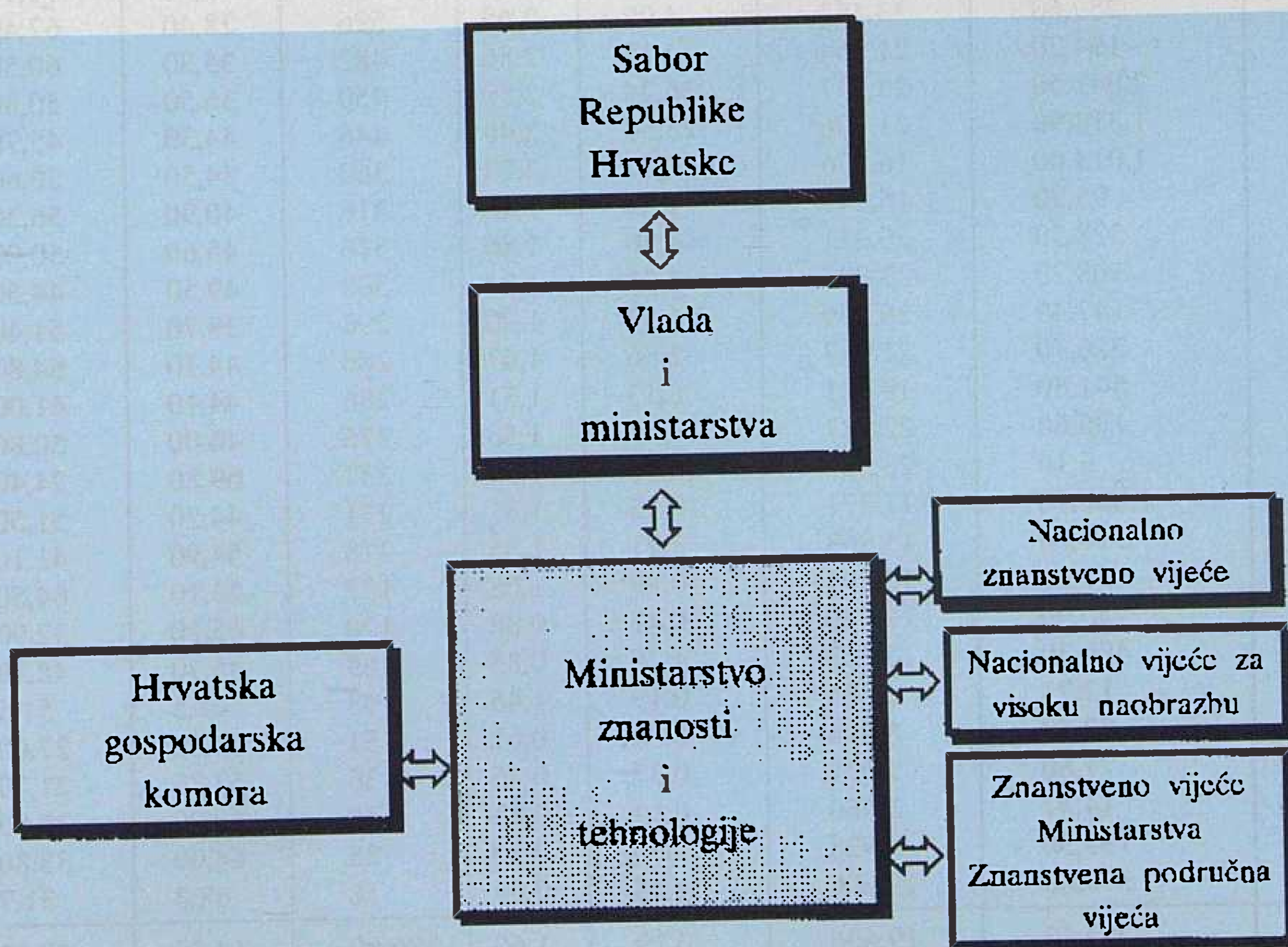
Prijedlog projekata mora biti napisan na hrvatskom i engleskom jeziku, osim projekata iz područja društvenih i humanističkih znanosti, koji se umjesto na engleskom mogu napisati na kojem drugom svjetskom jeziku.

Plan raspodjele sredstava za projekte za 1996. godinu prikazan je u tablici 1. Sredstva su raspoređena prema područjima znanosti i vrstama projekata. Sveukupna sredstva Ministarstva za financiranje projekata u 1996. godini iznose oko 73 milijuna kuna.

Usporedba o izdvajanjima za potrebe istraživanja i razvoja (R&D) prikazana je u tablici 2. Obuhvaćene su države članice OECD-a, Slovenija i Hrvatska. Upotrijebljene kratice označavaju:

- GDP – brutoproizvod
- GERD – brutoizdaci za istraživanje i razvoj (R&D)
- GBAORD – sredstva Vlade.

U tablici 3. prikazani su demografski podaci (starosna struktura) i podaci o zaposlenim djelatnicima.



Slika 1.

Tablica 1.

Znanstveno područje	Glavni znanstvenoistraživački projekti				Poticajni projekti za mlade znanstvenike (5%)		Višestranost financirani projekti		Ukupan iznos financiranja projekta		
	Prva podskupina (38%)		Druga podskupina (20%)				Raspoloživo od Ministarstva znanosti i tehnologije (37%)		Svi projekti (100%)		
	milijuni kuna	% u području	milijuni kuna	% u području	milijuni kuna	% u području	milijuni kuna	milijuni kuna	% u području	% u području	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Prirodne znanosti	8,10	43,8	2,63	14,2	0,66	3,6	7,11	38,4	18,50	100
2	Tehničke znanosti	6,92	35,5	3,80	19,5	0,95	4,9	7,83	40,2	19,50	100
3	Biomedicinske znanosti	4,85	33,4	3,36	23,2	0,84	5,8	5,45	37,6	14,50	100
4	Biotehničke znanosti	3,28	37,4	1,46	16,6	0,37	4,2	3,66	41,7	8,77	100
5	Društvene znanosti	2,32	34,5	1,90	28,2	0,47	7,0	2,04	30,3	6,73	100
6	Humanističke znanosti	2,28	45,4	1,46	29,1	0,37	7,4	0,91	18,1	5,02	100
Ukupno		27,75		14,61		3,66		27,00		73,02	

Tablica 2.

Država	GDP (mlrd. \$)	GDP po stanovniku (\$)	GERD (mlrd. \$)	% od GDP za R&D	GERD po stanovniku	Vlada (%) GBAORD	Gospodarstvo (%)	Izdaci Vlade za R&D (% od GDP)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
SAD	6.638,20	24.302	167,01	2,81	653	38,80	59,10	1,09
Japan	4.651,10	33.802	73,08	3,00	588	19,40	71,10	0,58
Švicarska	259,60	33.453	4,09	2,68	596	28,40	67,40	0,76
Švedska	194,70	21.254	4,15	2,86	482	35,30	60,50	1,01
Njemačka	2.041,50	23.537	36,24	2,50	450	36,50	50,80	0,91
Francuska	1.318,90	21.706	25,57	2,40	446	44,30	45,70	1,06
V. Britanija	1.013,60	16.276	20,87	2,22	360	34,50	50,60	0,77
Finska	95,90	16.540	1,59	2,18	316	40,90	56,30	0,89
Nizozemska	328,50	20.211	4,80	1,86	316	45,60	50,00	0,85
Norveška	108,20	23.995	1,31	1,84	308	49,50	44,50	0,91
Danska	147,40	26.204	1,53	1,70	298	39,70	51,40	0,65
Belgija	226,70	21.037	2,86	1,67	286	44,10	64,80	0,52
Kanada	541,50	19.001	8,13	1,51	286	44,10	41,00	0,67
Australija	195,60	22.787	2,18	1,53	276	46,00	50,80	0,70
Island	6,10	23.369	0,06	1,39	237	69,80	24,40	0,97
Italija	1.020,20	17.371	13,15	1,31	231	44,70	51,50	0,59
Austrija	318,40	15.963	3,71	1,35	218	54,90	41,10	0,74
Irska	51,80	13.392	0,49	1,08	137	23,10	64,50	0,25
Novi Zeland	50,90	12.630	0,41	0,88	120	65,20	32,90	0,57
Španjolska	480,30	12.227	4,26	0,85	109	45,70	48,10	0,39
Slovenija	12,71	6.355	0,19	1,46	93	42,5	51,5	0,62
Portugal	87,50	8.688	0,50	0,61	51	61,80	27,00	0,38
Grčka	77,60	7.071	0,37	0,46	36	57,70	21,70	0,27
Hrvatska	14,47	3.660	0,14	0,83	30	60,00	35,80	0,49
Turska	135,50	2.928	1,50	0,50	25	64,00	33,80	0,32
Meksiko	373,60	19.606	1,54	0,33	18	68,3	31,7	0,22
OECD	243,15	19.606	3,29	1,60	386,00	44,50	50,40	0,67

Tablica 3.

Država	Starosna struktura populacije (%)			Zaposleno populacije (%)	Zaposleni u civilnom sektoru (%)		
	Ispod 15 godina	15-64 godine	65 godina i više		Agronomija, šumarstvo i ribarstvo	Industrija	Usluge
1	2	3	4	5	6	7	8
SAD	22,00	65,30	12,70	50,22	2,70	24,10	73,20
Japan	16,80	69,80	13,40	48,73	5,90	34,30	59,80
Švicarska	16,80	68,20	15,00	62,25	5,60	33,20	61,20
Švedska	18,60	63,80	17,60	49,55	3,40	25,40	71,20
Njemačka	16,30	68,70	15,00	47,24	3,00	37,00	60,00
Francuska	19,80	65,50	14,70	43,72	5,10	27,70	67,20
V. Britanija	19,30	64,90	15,80	48,73	2,20	26,20	71,60
Finska	19,10	67,00	13,90	49,51	8,60	27,00	64,50
Nizozemska	18,30	68,70	13,00	46,30	4,00	24,69	71,40
Norveška	19,20	64,60	16,10	49,44	5,60	23,10	71,30
Danska	17,00	67,50	15,50	55,74	5,20	26,30	68,50
Belgija	18,20	66,50	15,30	42,33	4,40	22,20	73,40
Kanada	20,70	67,50	11,80	48,50	4,40	22,20	73,40
Australija	21,70	66,70	11,60	49,16	5,30	23,80	70,80
Island	24,80	64,50	10,70	55,00	10,70	26,40	62,90
Italija	16,50	68,90	14,60	39,93	7,40	33,30	59,30
Austrija	17,50	67,30	15,20	46,61	6,90	35,00	58,10
Irska	26,80	61,80	11,40	37,37	13,80	28,90	57,30
Novi Zeland	23,20	65,30	11,60	47,76	10,60	23,50	65,90
Španjolska	17,70	67,90	14,40	39,83	10,10	30,70	59,20
Slovenija	n.a.	n.a.	n.a.	46,55	n.a.	n.a.	n.a.
Portugal	18,40	67,30	14,30	45,89	11,40	33,10	55,40
Grčka	17,40	67,80	14,80	38,38	21,30	24,20	54,50
Hrvatska	19,36	67,52	13,12	23,17	4,80	41,10	54,10
Turska	33,70	62,00	4,30	34,92	44,90	21,70	33,40
Meksiko	37,10	58,00	4,90	35,50	25,70	22,50	51,80
OECD	18,85	66,85	14,35	47,50	5,75	26,25	63,79

SBK

PRVE HRVATSKE NORME

U narodnim novinama broj 22 od 20. ožujka ove godine objavljen je Pravilnik o hrvatskim normama. Međutim, primjena ovog Pravilnika nije obvezna. No, podzakonskim aktima se može definirati obvezatnost primjene određene norme. Očekuje se da će biti do 400 podzakonskih akata koji se trebaju donijeti u roku tri godine, pa će se tako Zakon o normizaciji početi u potpunosti primjenjivati tek u 1999. godini.

U razdoblju od godine dana vrijedit će sve preuzete norme s obveznom primjenom, ali će se u tom roku odrediti koje će norme i dalje ostati obvezne. Gdje je god moguće, prihvaćat će se europske i međunarodne norme.

Prihvaćanjem novog Pravilnika prestaju vrijediti jugoslavenski standardi za osiguranje kvalitete preuzeti 1991. godine kao hrvatski standardi (Narodne novine broj 53/91). Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo objavit će ove norme u posebnom izdanju.

Tako sada hrvatske norme iz područja osiguranja kvalitete imaju sljedeće oznake:

Red. broj	Naziv norme	Hrvatska oznaka norme
1.	Upravljanje kvalitetom i osiguranjem kvalitete - rječnik	HRN EN ISO 8402
2.	Norme za upravljanje kvalitetom i osiguranje kvalitete	HRN EN ISO 9000-1
3.	1. dio Smjernice za izbor i uporabu	
	2. dio: Opće smjernice za primjenu normi: HRN EN ISO 9001, HRN EN ISO 9002 i HRN EN ISO 9003	HRN ISO 9000-2
4.	Sustavi kvalitete - Model za osiguranje kvalitete u zamisli, razvoju, proizvodnji, ugradnji i održavanju	HRN EN ISO 9001
5.	Sustavi kvalitete - Model za osiguranje kvalitete u proizvodnji, ugradnji i održavanju	HRN EN ISO 9002
6.	Sustavi kvalitete - Model za osiguranje kvalitete u završnom pregledu i ispitivanju	HRN EN ISO 9003
7.	Opći kriteriji za rad ispitnih laboratorija	HRN EN 45001
8.	Zahtjevi za osiguranje kvalitete mjerne opreme: 1. dio Sustav mjeriteljskog potvrđivanja mjerne opreme	HRN ISO 10012-1

SBK

NOVA ODLUKA O VISINI NAKNADE ZA OBJEKTE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Početkom travnja ove godine Vlada je donijela odluku o visini naknade za prostore koje koriste objekti za proizvodnju električne energije. Ova odluka je objavljena u Narodnim novinama broj 26 od 3. travnja. U odluci je za svaku elektranu naveden jedinični iznos naknade lp/kWh, te grad ili općina na čijem području su elektrane smještene. Visina naknade za hidroelektrane prikazana je u tablicama 1, 2. i 3. prema proizvodnim područjima za dravsko porječje, primorsko porječje i dalmatinsko porječje, a u tablici 4. za termoelektrane. Obračun naknade s ovim podacima primjenjuje se od 1. svibnja ove godine.

Tablica 1. Hidroelektrane proizvodnog područja dravskog porječja

Elektrana	Jedinični iznos naknade lp/kWh	Lokacija elektrane (Općina ili grad)	Raspodjela %
HE Varaždin	0,3770	Varaždin	14
		Sračinac	22
		Petrijanec	31
		Vinica	8
HE Čakovec	0,3852	Cestica	25
		Mala Subotica	6
		Čakovec	26
		Nedelišće	8
		Varaždin	9
		Trnovec	48
		Bartol	4
HE Dubrava	0,3770	Sveti Đurd	4
		Prelog	43
		Kotoriba	12
		D. Vidovec	2
		D. Dubrava	3
		Sveti Đurd	24
		Mali Bukovec	16

Tablica 2. Hidroelektrane proizvodnog područja primorskog porječja

Elektrana	Jedinični iznos naknade lp/kWh	Lokacija elektrane (Općina ili grad)	Raspodjela %
HE Rijeka	0,3770	Rijeka	34
		Čavle	33
		Jelenje	33
HE Vinodol	0,4017	Vinodolska	22
		Lokve	35
		Fužine	40
		Kraljevica	3
HE Zeleni Vir	0,3689	Skrad	100
HE Senj	0,2951	Senj	22
		Otočac	40
		Perušić	38
HE Sklope	0,3852	Perušić	40
		Gospić	60
HE Gojak	0,3689	Ogulin	100
HE Ozalj	0,3689	Ozalj	100

Tablica 3. Hidroelektrane proizvodnog područja dalmatinskog porječja

Elektrana	Jedinični iznos naknade lp/kWh	Lokacija elektrane (Općina ili grad)	Raspodjela %
HE Peruča	0,4672	Vrlika	55
		Hrvace	35
		Sinj	10
HE Orlovac	0,3032	Otok	100
HE Đale	0,3524	Trilj	4
		Vrlika	41
		Hrvace	27
		Otok	24
		Sinj	4
		Sinj	1
HE Zakučac	0,3524	Vrlika	30
		Hrvace	20
		Otok	17
		Omiš	29
		Trilj	3
		Sinj	1
HE Kraljevac	0,8686	Omiš	10
		Šestanovac	90
HE Miljacka	0,3852	Okalj	50
		Ervenik	22
		Kistanje	28
HE Jaruga	0,3689	Skradin	38
		Drniš	50
		Šibenik	12
HE Golubić i Krčić	0,3524	Knin	100
		RHE Velebit	0,3770
RHE Velebit	0,3770	Gračac	29
		Lovinac	53
		HE Dubrovnik	0,3361
HE Zavrelje	0,3689	Dubrovnik	100

Tablica 4. Termoelektrane

Elektrana	Jedinični iznos naknade lp/kWh	Lokacija elektrane (Općina ili grad)	Raspodjela %
TE-TO Osijek	0,5000	Osijek	100
PTE Osijek	0,5000	Osijek	100
TE Rijeka	0,4262	Kostrena	100
TE Plomin	0,4264	Kršan	100
TE Sisak	0,4262	Sisak	100
PTE Jerkovec	0,3689	Konjščina	100
EL-TO Zagreb	0,4753	Grad Zagreb	100
TE-TO Zagreb	0,4753	Grad Zagreb	100
Ostale elektrane	0,4509		

SBK

REVITALIZACIJA HE ZAKUČAC

U tijeku su radovi na revitalizaciji HE Zakučac. Radovi se odvijaju prema predviđenoj dinamici, a obuhvaćaju:

- izradu podloga za projektiranje, tendera za isporuku opreme i izvedbene dokumentacije revitalizacije
- nabavu hidromehaničke opreme
- nabavu strojarske opreme (turbina, dizalica, itd.)
- nabavu elektroopreme (rasklopna oprema 220 i 110 kV, energetski transformator transformator za vlastitu potrošnju 110/35 kV, energetski kabeli, oprema za upravljanje, itd.)
- građevinske radove na: – rasklopnom potrojenju 110 i 220 kV
– objektima strojarnice

- brani Prančevići
- bazenu Gata
- dovodno-odvodnom sustavu.

U skladu sa zakonskim aktima u travnju je raspisan javni natječaj za isporuku, transport, montažu i puštanje u pogon regulacionog energetskog transformatora 40 MVA, 110/31,5 kV (36,75). Javno nadmetanje objavljeno je 10. travnja u Narodnim novinama broj 27. s rokom za dostavu ponuda do 9. svibnja.

SBK

REKONSTRUKCIJA TS 35/10(20) kV VODNJAN I ZAMJENA RASKLOPIŠTA PERUŠKI

Iz rasklopišta 10(20) kV Peruški napaja se nekoliko seoskih transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV uz istočnu obalu Istre i turističko naselje "Duga uvala". U konačnoj fazi izgradnje ovo turističko naselje će angažirati snagu od oko 5,5 MW. Napajanje rasklopišta Peruški bilo je iz TS 35/10(20) kV Vodnjan preko dalekovoda 10(20) kV, s Alče 95/15 mm² vodičima na željezno-rešetkastim stupovima duljine veće od 13 km. Zbog potrebe za većom snagom u turističkom naselju izgrađen je novi dalekovod s vodičima Alče 120/20 mm², na željeznorešetkastim stupovima, čime je osigurano kvalitetno napajanje, dok će postojeći dalekovod služiti kao pričuva.

Osim dalekovoda potrebno je izvesti rekonstrukciju u transformatorskoj stanici Vodnjan, kao i na rasklopištu 10 kV Peruški, koje ne omogućuje prijelaz na 20 kV napona. To je ujedno i priprema za skori prijelaz s 10 na 20 kV naponsku razinu. Osim toga, na ovom području postrojenja i inače brže stare zbog djelovanja posolice.

U tijeku je rekonstrukcija u transformatorskoj stanici Vodnjan. Rasklopište Peruški će se zamijeniti novim 10(20) kV rasklopištem, koje će udovoljavati novim energetskim potrebama tog područja. Odlučeno je o izvedbi suvremenog postrojenja sastavljenog od kompaktnih sklopnih blokova VDA 24 koje proizvodi "Končar". Prednosti tog postrojenja u odnosu na klasično postrojenje su: nekoliko puta manje dimenzije, visoka pouzdanost i raspoloživost pogona, potpuna neovisnost o vanjskim utjecajima, svi elementi glavnoga strujnog kruga i sklopovi smješteni su u zajedničkom plinonepropusnom kućištu od čeličnog lima, s međusobnom izolacijom mješavinom plinova SF₆ i N₂. Gašenje električnog luka obavlja se u vakuumskim komorama, a ugrađena oprema omogućuje potpunu automatizaciju cjelokupnog postrojenja uz minimalne zahtjeve za održavanjem.

SBK

SANACIJA AKUMULACIJE GUSIĆ-POLJE

U tijeku je revitalizacija HE Senj. Ova hidroelektrana otpočela je s proizvodnjom električne energije 1965. godine. Evo nekoliko osnovnih podataka o tom energetskom objektu:

– instalirana snaga elektrane	216	MW
– instalirani protok	3x20	m ³ /s
– maksimalna godišnja proizvodnja	1 147,7	GWh
– minimalna godišnja proizvodnja	577,7	GWh
– prosječna godišnja konstantna energija	193,7	GWh
– prosječna godišnja varijabilna energija	738,8	GWh

Prema koncepciji energetskog hidroenergetskog potencijala rijeka Like i Gacke, zahvaćene vode Like iz akumulacije Kruščica

Prosječna mjesečna proizvodnja (GWh) HE Senj

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Ukupno
118,6	96,7	88,0	72,7	64,2	53,1	38,3	46,7	81,2	85,3	80,7	107,1	932,5

vode spojnim tunelom Lika–Gacka u Gacku. Vode obiju rijeka dalje se provode kanalom kroz Švičko polje, a zatim gravitacijskim tunelom Gornja Švica–Gusić-polje do Marasa. Izlazom iz tunela vode se kanalom do kompenzacijskog bazena Gusić-polje.

Osnovni podaci o kompenzacijskom bazenu Gusić-polje

– uspor	– maksimalni radni	(m n. m.)	436,5
	– minimalni radni	(m n. m.)	432,0
– volumen	– korisni	hm ³	1,5
– energetska vrijednost korisnog volumena u odnosu na HE Senj		GWh	1,5

Kompenzacijski bazen Gusić-polje opremljen je s preljevnom branom i klapnom, te ulaznim uređajem za tunel Gusić-polje–Hrmostine.

U sklopu revitalizacije HE Senj obaviti će se i radovi na sanaciji ponora kompenzacijskog bazena Gusić-polje. U ovoj fazi predviđa se izrada izvedbenog projekta za sanaciju dna bazena. Sukladno tome sredinom ožujka objavljeno je javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za radove na sanaciji.

SBK

POTPISAN UGOVOR O DUGOROČNIM ISPORUKAMA PLINA

Krajem ožujka potpisan je između INA-e i HEP-a ugovor o dugoročnoj isporuci plina Hrvatskoj elektroprivredi. Ugovorom se utvrđuje suradnja za razdoblje od 20 godina. Vrijednost posla je veća od 1 milijardi i 300 milijuna dolara. Prema tom ugovoru INA će do 2000. godine isporučiti HEP-u 400 milijuna m³ plina godišnje, a nakon tog roka količina plina će biti povećana na 700 milijuna m³ godišnje. Ugovorena je cijena od 10,52 centa po m³. Ta početka cijena plina korigirat će se s vremenom ovisno o cijenama ostalih energenata i stanju na tržištu plina.

Za HEP to znači kontinuiranu i dugoročnu isporuku svih količina plina iz kontinentalnih dijelova zemlje po dogovorenim cijenama i stalnim mjestima isporuke. To će omogućiti HEP-u dugoročno planiranje investicijskog ciklusa sukladno svjetskim trendovima u proizvodnji električne energije. Naime, svjetska iskustva govore da je plin energent budućnosti jer je najrentabilniji i najpovoljniji kako s gospodarskog stajališta, tako i zbog ekoloških zahtjeva.

U Hrvatskoj postoje samo dvije elektrane koje se mogu sa stajališta ekonomičnosti koristiti plin kao gorivo. To su termoelektrane u Jertovcu i Osijeku. HEP namjerava nabaviti nove plinske turbine s visokim faktorom iskoristivosti (minimum 52%).

SBK

OKRUGLI STOL "HRVATSKA ENERGETIKA IZMEĐU ŽELJA I MOGUĆNOSTI"

Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu održan je potkraj ožujka okrugli stol pod nazivom "Hrvatska energetika između želja i mogućnosti": Skupu su bili nazočni brojni ugledni energetski stručnjaci, koji su pokušali rasvijetliti energetsku budućnost Hrvatske do 2010. godine. Okupljeni su energetičari pokušali okvirno dati smjernice mogućeg korištenja različitih energenata. Raspravljalo se o tome kakva je energetska strategija po-

trebna Hrvatskoj, što su prioriteta i kako zadovoljiti očekivani porast potrošnje energije u budućnosti. Predratna potrošnja električne energije u Hrvatskoj bila je oko 15 milijardi kWh, dok je sadašnja potrošnja oko 12 milijardi kWh. Procjenjuje se da će do 2010. godine potrošnja električne energije porasti na oko 20 milijardi kWh, te da se zbog toga moraju izgraditi nove elektrane snage oko 1500 MW. Zato se planira izgradnja hidroelektrana koje će osigurati oko 3,3 milijarde kWh. U velikim gradovima planira se izgradnja objekata snage 400 MW za kogenerativnu proizvodnju toplinske i električne energije za vlastite potrebe manjih i većih gospodarskih subjekata, čime će se umanjiti potražnja električne energije iz elektroenergetskog sustava. Ostatak od 700 MW dobit će se iz termoelektrana na uvozni ugljen. No, odgovor na pitanje kako će Hrvatska razvijati svoj energetski potencijal u idućih petnaestak godina trebao bi dati znanstvenoistraživački Projekt razvoja i organizacije hrvatskog energetskog sektora – PROHES.

SBK

POTPISAN KOLEKTIVNI UGOVOR

Poslovodstvo HEP-a i sindikati HEP-a potpisali su Kolektivni ugovor kojim se zakonski regulira odnos između poslodavca i 14 500 zaposlenik. Nakon više od mjesec dana pregovaranja dogovoren je 40-satni radni tjedan, najniža plaća od 1 250 kuna bruto s dodatkom od 500 kuna za topli obrok. Sve je to obuhvaćeno Kolektivnim ugovorom. Ugovorom je također propisana obvezna isplata nadoknade za godišnji odmor u iznosu 2 000 kuna i božićnica, čiji iznos nije utvrđen. Ugovorom je verificirano sve ono što je i dosad bilo na snazi. Ipak, ovaj ugovor znači korak dalje u stvaranju pravne države i osiguranju prava zaposlenih po uzoru na demokratske zemlje zapada. Sindikat najavljuje nove pregovore krajem ove ili početkom iduće godine. Sljedećim kolektivnim ugovorom trebala bi se ostvariti veća razina prava za zaposlene.

SBK

SURADNJA APO-a I IAEA

Potkraj ožujka Međunarodna agencija za atomsku energiju IAEA sa sjedištem u Beču i Agencija za posebni otpad APO potpisale su "Pismo o namjerama". Ovaj dokument predviđa suradnju na području zaštite od zračenja, sigurnosti i gospodarenja otpadom te projekte tehničke suradnje. Sukladno ovom dokumentu naši će stručnjaci u ime IAEA sudjelovati u provedbi projekata tehničke pomoći ostalim zemljama članicama ove UN-ove agencije. Očekuje se proširenje suradnje na području nuklearne me-

dicine, medicinskog tretmana ozračenog osoblja, te nuklearne sigurnosti kod analize stanja glavnih komponenti nuklearnih elektrana.

Hrvatska je već 35 godina prima tehničku pomoć od ove organizacije, što je osobito došlo do izražaja za vrijeme izgradnje i puštanja u pogon nuklearne elektrane Krško. Sada ova organizacija uključuje i hrvatske stručnjake u davanju tehničke pomoći trećim zemljama.

SBK

ZAMJENA VEZA HE ĐALE – BRANA PRANČEVIĆ

Početkom ožujka objavljeno je javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za izradu, isporuku, transport i montažu opreme i ustupanje radova svjetlovodnog kablenskog prijenosnog sustava HE Đale – brana Prančevići.

Oprema pomoću koje je HE Đale uključena u javni TK-sustav i u TK sustav HEP-a instalirana je prije deset godina. Budući da je proizvođač jamčio trajanje od 7 godina, nastao je problem kako nakon 10 godina osigurati rezervne dijelove i kvalitetan servis. Zbog toga će se dotrajala oprema zamijeniti novim svjetlovodnim kabelom sa svom potrebnom opremom, što će osigurati kvalitetno uključanje u javni TK-sustav i u TK-sustav HEP-a i osigurati kvalitetan prijenos podataka za potrebe daljninskog vođenja.

Planira se da radovi budu dovršeni do listopada ove godine.

SBK

HE PERUČA – REVITALIZACIJA RP 110 kV

Potkraj ožujka raspisano je javno nadmetanje za prikupljanje ponuda za izradu ponudbene dokumentacija – tendera za isporuku i montažu opreme upravljanja, regulacije i zaštite rasklopnog postrojenja 110 kV.

Kako je predviđena revitalizacija HE Peruča, u tijeku je priprema potrebne dokumentacije – od idejnog projekta do izvedbene dokumentacije. U okviru radova na revitalizaciji predviđeni su i radovi na rekonstrukciji i zamjeni postojećega rasklopnog postrojenja 110 kV s novim metalom oklopljenim rasklopnim SF6 postrojenjem 110 kV u zgradi na mjestu sadašnjega rasklopnog postrojenja. Revitalizacija obuhvaća i zamjenu opreme upravljanja, signalizacije, zaštite i mjerenja, pa će tako biti riješeno i upravljanje rasklopištem.

Osim toga, raspisano je i javno nadmetanje za izradu, isporuku, transport i montažu opreme i ustupanje radova svjetlovodnoga kablenskoga prijenosnog sustava HE Peruča – HPT (ATC) Sinj.

SBK

industrogradnja d.d.

PODUZEĆE ZA GRADENJE, PROJEKTIRANJE, KONZALTING, PROIZVODNJU, TRGOVINU, VANJSKO-TRGOVINSKO POSLOVANJE, UGOSTITELJSTVO I TURIZAM, ZAGREB

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

FRANCUSKA SUBVENCIONIRA ELEKTROMOBILE

Francuska vlada i elektroprivreda (EdF) su zaključili da će subvencionirati kupnju elektromobila. Elektrovozila tvrtki Citroen, Peugeot i Renault, koja troše po kilometru struje za 7 do 9 francuskih centima, prodavala bi se po cijeni 79 000 do 92 000 FF. Država će nabavu subvencionirati s 5 000 FF, a EdF sa 10 000 FF. Mnogi su veliki francuski gradovi izrazili spremnost da urede parkirališta s mogućnostima napajanja elektrovozila.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 18

Mrk

TRANSMUTACIJA PLUTONIJA

Francuska organizacija za zbrinjavanje radioaktivnog otpada CEA objavila je da je u sklopu razvojnog programa za saniranje radioaktivnog otpada postigla vrlo povoljne rezultate. Pokusi za transmuciju plutonija, neptunija, americija i kirija u brzim brutreaktorima pokazali su da se potencijalna radioaktivnost nuklearnog otpada može sniziti za faktor 40 do 50 u usporedbi s dotada upotrijebljenim metodama.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 18

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA JOŠ DUGO NEĆE BITI KONKURENTNA

Prema podacima Europske energetske zaklade (FEE), u Parizu, obnovljiva energija za proizvodnju električne energije u dogledno vrijeme neće biti konkurentna proizvodnji iz fosilnih i nuklearnih goriva. U organizaciji Resource Data Int. (RDI) su izračunali, da bi npr. samo u SAD-u trebalo u sljedećih 15 godine s 52 milijarde USD subvencionirati proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora kako bi se ona podvostručila. No, ipak 2010. godine time bi tek 4% američke potrošnje električne energije bilo pokriveno iz obnovljivih izvora.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 18

Mrk

PLINSKA TURBINA OD 60% KORISNOSTI

Tvrtka General Electric najavljuje da će za dvije do tri godine staviti na tržište novu plinsku turbinu korisnosti od 60%. U razvoju je plinska turbina za proizvodnju električne energije snage 480 MW (električnih), koja radi s dvostrukim ciklusom i prema očekivanju postići će navedenu korisnost.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 18

Mrk

PROIZVODNJA FRANCUSKIH ELEKTRANA

Francuska elektroprivreda raspolagala je 1994. godine s 56 komercijalnih nuklearnih elektrana s ukupno instaliranom snagom od 61 044 MW. Njihova je neto-proizvodnja iznosila 341,8 TWh, a to je udio od 75,3% ukupne neto-proizvodnje od 454 TWh, koja se prema prethodnoj godini smanjila za 0,9%. Konvencionalne termoelektrane imale su udio u proizvodnji 7,1%, a hidro-

elektrane i ostale 17,6%. Francuska je 1994. godine uvezla 3,1 TWh električne energije, a izvezla 67 TWh. Energetski potrošak pumpnoakumulacijskih elektrana iznosio je 3,1 TWh, prema 4,2 TWh u prethodnoj godini.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 19

Mrk

NIJE MOGUĆE ODUSTAJANJE OD NUKLEARNE ENERGIJE

Predsjednik Europske energetske zaklade u Parizu i član Europskog parlamenta dr. Linkohr izjavio je da prema najnovijim brižljivim ispitivanjima nije u budućnosti moguće odustati od upotrebe nuklearne energije i ona će ostati važan sastavni dio opskrbe električnom energijom. To traži brz porast stanovništva i rast potrošnje električne energije. Treba također uzeti u obzir smanjenu emisiju ugljičnog dioksida. Stoga Europa mora dalje razvijati sigurnost nuklearnih elektrana i proširivati svoja iskustva širom svijeta.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 20

Mrk

STANJE RAZVOJA FOTOVOLTAIČNIH ČELIJA

Mnogi instituti u svijetu, državni i industrijski, bave se razvojem fotovoltaičnih ćelija. Istražuje se kakvoća i poboljšanje proizvodnog procesa današnjih ćelija na osnovi amorfne, kristalinične i monokristalne silicija, a prave se i brojni pokusi s različitim novim materijalima.

Danas se u modulima konvencionalnih silicijskih ćelija, komercijalne izvedbe, postiže korisnost od 6% (amorfni silicij) do 14%. No u laboratorijskim uvjetima postižu se mnogo veće korisnosti, i to od 13% za amorfni silicij, 17% za tanki film kristalinične silicija i do 24% za monokristale.

Za tzv. tandem-ćelije, koje u složenoj kombinaciji iskorišćuju cijeli sunčan spektar, mogu se teorijski postići korisnost od 35%, a kod trostrukih ćelija čak 40%.

Od novih materijala s kojima se provode ispitivanja treba spomenuti galijev arsenid (GaAs) s kojim je u laboratoriju postignuta korisnost od 25%.

Danas su važno težište ispitivanja tankoslojne ćelije od kristalinične silicija s nosećim materijalom grafitom ili staklom. Istraživanja su još u početku, ali kao rezultat se očekuje znatno pojeftinjenje ćelija.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 19

Mrk

ENERGETIKA KINE

Nakon osnivanja Narodne Republike Kine 1949. godine energetika je bila vrlo slabo razvijena. Cijela proizvodnja primarne energije iznosila je tada jedva 24 milijuna tona ekvivalentnog ugljena. Instalirana snaga elektrana bila je 1,85 GW s godišnjom proizvodnjom 4,3 TWh. U razvojnom razdoblju do 1993. proizvodnja primarne energije povećala se na 1,12 milijarde tona ekvivalentnog ugljena. Od toga otpada 73,8% na ugljen, 18,5% na naftu, 5,6% na zemni plin i 5,6% na vodnu energiju. Kina posjeduje goleme energetske rezerve. Rezerve ugljena procjenjuju se na 800 milijardi tona, uglavnom kamenog ugljena, no nalazišta su nejednoliko razmještena. Rezerve nafte ocjenjuju se na 78,7 mi-

lijardi tona, a zemnog plina na 33 bilijuna m³. Iskoristive vodne snage procijenjene su na 380 GW, uglavnom u zapadnom dijelu Kine. Za sada je iskorišteno samo 12% navedene snage. Što se pak tiče obnovljive energije vjetra, Sunca i geotermalne energije, Kina ima goleme mogućnosti korištenja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 19

Mrk

SVE VEĆI UDIO ELEKTRIČNE ENERGIJE PRI KRAJNJEM KORIŠTENJU ENERGIJE

U krajnjem korištenju energije udio električne energije biva sve veći. Razlog je tome sve veća primjena električne energije i zamjena za ugljen, naftu i plin u proizvodnim procesima koji time ostvaruju štednju energije. Primjer za to je zapadni dio Njemačke, gdje je udio električne energije u krajnjoj energetskej potrošnji iznosio godine 1954. 6%, 1974. 13% a 1994. 18%. U novo priključenom istočnom dijelu taj je udio 1994. iznosio tek 13%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 20

Mrk

ISTRAŽIVAČKI PROJEKT O CRPLJENJU ZEMNOG PLINA UZ OBALU SJEVERNE AMERIKE

Uz morsku obalu Sjeverne Amerike provode se opsežna istraživanja o mogućnosti vađenja plina iz dubokog mora, a da se morskom dnu ne nanese šteta. Istraživanja se obavljaju u sklopu međunarodnog projekta Ocean Drilling Program (ODP) u kojem sudjeluju i njemačke istraživačke organizacije. Njihova je zadaća da surađuju na uzimanju uzoraka iz mora. Plinski se hidrati moraju pod visokim tlakom izvaditi iz mora i tako donijeti u laboratorij na ispitivanje. Rezultati tih ispitivanja očekuju se s velikim zanimanjem, jer pronađu li se ekonomične metode za vađenje plina iz morskih dubina, raspoložive bi bile goleme količine ovog energenta.

Energie Spektrum, god. 11 (1996), br. 1

Mrk

NOVA UDRUGA EUROPSKE ELEKTROINDUSTRIJE

Europa se sve više sjedinjuje, pa tim putem idu i europske elektroindustrijske tvrtke. Početkom studenog 1995. 13 europskih elektrotehničkih tvrtki osnovalo je u Parizu udругu "European Power Supply Manufacturers Association" (EPSMA). Udругa se u prvom redu bavi pravnim propisima, tarifama, trgovačkim ograničenjima, međusobnim vezama, tehnološkim razvojem i stručnom izobrazbom. Udruzi može pristupiti svaka europska elektroproduktivna tvrtka.

Energie Spektrum, god. 11 (1996), br. 1

Mrk

MANJI GUBITAK U PRIJENOSU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Gubici električne energije u prijenosnoj mreži Njemačke i dalje se smanjuju. U zapadnom su dijelu Njemačke gubici u javnoj prijenosnoj mreži iznosili 1993. 17,7 TWh, a 1994. 17,2, što daje sniženje od 4,6% na 4,4%. U istočnom dijelu zemlje gubici se također smanjuju zbog modernizacije i novih dalekovoda, no ipak su još razmjerno veliki. Godine 1993. iznosili su 5,6 TWh, a 1994. 5,4 TWh. Izraženo u postocima daje pad od 9,6% na 9,0%.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 2

Mrk

ISTRAŽIVANJA O ZBRINJAVANJU RADIOAKTIVNOG OTPADA

Švedska i Njemačka sklopile su ugovor o suradnji na znanstvenim istraživanjima u svezi s konačnim zbrinjavanjem nuklearnog radioaktivnog otpada. Time je omogućeno njemačkim znanstvenicima da sudjeluju u istraživanjima na međunarodnom projektu o ovoj problematici u laboratoriju u stijenama švedskog otoka Äspö, na dubini 460 metara. Za razdoblje godina 1995. do 1998. njemačka je vlada odobrila za ova istraživanja svotu od 4 milijuna DEM. Treba još napomenuti da je Njemačka osmi član ove međunarodne istraživačke ekipe.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 22

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA U BAVARSKOJ

Od svih njemačkih zemalja najveći dio električne energije iz obnovljivih izvora ima Bavarska. Glavni je razlog geografski položaj, ali i djelovanje zemaljske elektroprivrede. Četvrtina u Njemačkoj proizvedene električne energije iz sunčanih ćelija proizvedena je u Bavarskoj. Također, petina je proizvedena iz biomase, a čak 60% iz hidroenergije.

Unatoč tome da u bavarskoj javnoj mreži teče oko 1 GWh električne energije iz sunčevih ćelija, to je tek 0,002% potrebne električne energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 94 (1995), br. 22

Mrk

SOLARNE TERMoeLEKTRANE U NOVOJ KOMBINACIJI

Osim u solarnim kolektorima i fotovoltaičkim ćelijama, sunčana se energija može koristiti u solarnim termoelekttranama. Takva vrsta elektrana izgrađena je u Kaliforniji u pustinji Mojave. Na površini oko 1 km² položeni su žljebovi paraboličnih zrcala. U žarištu zrcala smještena je metalna cijev u kojoj cirkulira termoulje koje sunčane zrake ugriju do 400 °C. U izmjenjivaču se toplinom ulja stvara vodena para za pogon turbine. Ukupno je izgrađeno 9 takvih uređaja, ukupne snage 354 MW, s godišnjom proizvodnjom od 800 GWh.

Na rad takvih elektrana isprva se gledalo vrlo optimistički, no nakon bankrota (1991) tvrtke koja je projektirala takva postrojenja nije više izgrađeno ni jedno. Osim opisanih sunčanih termoelekttrana sa žljebastim paraboličnim zrcalima, u nekim su zemljama razvijene solarne termoelekttrane gdje se sunčane zrake sa zrcalnih polja fokusiraju na jedan centralni grijač smješten na tornju. Time se postižu visoke temperature i bolja iskoristivost nego kod žljebastih izvedaba. Treba napomenuti da ni jedan od ovih projekata nije imao komercijalnu primjenu i građen je bez dotacije.

Upravo su u Kaliforniji klimatske prilike za solarne termoelekttrane najpovoljnije, a, osim toga, kad je insolacija najjača i najveća mogućnost proizvodnje, tada je i potrošak električne energije najveći zbog pogona klimatizacije. No, unatoč tome, zbog pada cijene nafte i ugljena prestale su se graditi takve vrste elektrana.

Najnovija su istraživanja, međutim, pokazala, da bi bilo ekonomično uklopiti solarnu energiju u energetske procese kombinirane plinsko-parne termoelekttrane. Projekt predviđa da bi se, kao u prije opisanoj solarnoj termoelekttrani sa žljebastim zrcalima, vrućim uljem stvarala vodena para, a pregrijanje bi se postiglo toplinom izlaznih plinova iz plinske turbine.

U svjetskoj se banci razmatra projekt takve kombinirane termoelekttrane od 128 MW u Meksiku. Solarni bi udio bio 11%. Cijena

cijelog uređaja procijenjena je na 270 milijuna DEM, a cijena proizvedenog kWh na 0,105 DEM.¹

Energija Spectrum, god. 11 (1995), br. 1

Mrk

ISKORIŠTENJE PLINOVA IZ UGLJENIH NASLAGA

Rudarska poduzeća u Saaru (Njemačka), kao i gradska poduzeća u Saarbrückenu nastoje naći mogućnost korištenja plina iz ugljenih naslaga. Godine 1994. izbušen je ugljeni brijeg na dubini 1 770 m i ispunjen cijevima. U cijevi koje su perforirane ubrizgana je pod tlakom voda i pijesak. Time su u ugljenim slojevima nastale pukotine gdje se skuplja plin, koji će se zatim ispumpavati. Nakon završetka prvog test plana planiraju se daljnja bušenja. Pokaže li se pothvat ekonomičnim, poduzeća koja sudjeluju u istraživanju koristila bi se cijelim nalazištem za dobivanje plina.

Energie Spectrum, god. 10 (1995), br. 7/8

Mrk

ZEMNI PLIN SVE VAŽNIJI U GRIJANJU STANOVA U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj se u 1994. godini 12,4 milijuna kućanstava (36 %) grijalo zemnim plinom, a 12 milijuna (34 %) loživim uljem. Te je godine njemačko plinsko gospodarstvo dobilo 900 000 kućanstava kao nove potrošače. Planira se da će do godine 2000. 43 % sviju kućanstava biti priključeno na plinsku mrežu.

Energie Spectrum, god. 10(1995), br. 7/8

Mrk

DESALINIZACIJA VODA ENERGIJOM VJETRA

Na njemačkom otoku Rügen na Baltiku izgrađena je vjetroelektrana snage 300 kW, čija proizvedena električna energija služi za destilaciju morske vode, čime se dobiva odsoljena voda za piće. Prednost je takvog uređaja da se sva proizvedena električna energija može u potpunosti upotrijebiti, prema prilikama brzine vjetrova, bez nekih dodatnih akumulatorskih uređaja. U prosjeku se na taj način dobiva 15 m³ destilata na sat.

Energie Spectrum, god. 10(1995), br. 7/8

Mrk

VELIKE RAZLIKE U CIJENI BENZINA

U posljednjih petnaestak godina svjetske su cijene sirove nafte varirale od nekih 36 USD po barelu do 15 do 18 USD po barelu. No i uz određenu cijenu nafte cijene naftnih derivata u pojedinim su se zemljama vrlo razlikovale. Najbolji primjer daju cijene 1 l bezolovnog benzina 95 oktana, stanje travanj 1995, na benzinskim crpkama nekih zemalja:

Norveška	1,86 DEM	Švedska	1,51 DEM	Grčka	1,14 DEM
Finska	1,67 DEM	Austrija	1,46 DEM	Češka	1,09 DEM
Francuska	1,65 DEM	Švicarska	1,39 DEM	Turska	0,89 DEM
Njemačka	1,57 DEM	Mađarska	1,32 DEM	Poljska	0,72 DEM
Belgija	1,52 DEM	Španjolska	1,28 DEM	Bugarska	0,43 DEM
Italija	1,52 DEM	V. Britanija	1,23 DEM		

Energie Spectrum, god. 10(1995), br. 7/8

Mrk

NISKOTEMPERATURNI SUPRAVODLJIVI KABEL ZA VELIKE STRUJE

Zahvaljujući pokusima britanskih inženjera uspjelo je postići novi svjetski rekord u veličini istosmjernje struje koja se može prenijeti kabelom niskotemperaturne supravodljivosti. Izrađen je prototip kabela duljine 1,5 m kojim se može prenositi 11 067 A. To je deset puta veća struja nego što se može prenositi bakrenim kabelom 1 000 mm². Ovaj prototip treba slijediti kabel duljine 30 m.

Kabel se sastoji od vodiča u obliku vrpce s 2 sloja niskotemperaturne supravodljive keramike na bazi bizmuta. Kabel je izrađen tako da se srebrne cijevi napune keramikom, zatim razvlače i valjaju u plosnate vrpce. Vrpce se razmataju na cijev u kojoj struji tekući helij tako da se temperatura kabela kreće oko 30 do 40 K.

ETZ, god. 117(1995), br. 1/2

Mrk

EKSPERIMENTALNI FUZIJSKI REAKTOR SELI IZ NJEMAČKE U KINU

Fuzijski njemački eksperimentalni uređaj "Asdex", koji je od 1980. do 1990. radio u Max-Planck institutu za fiziku plazme u Garschingu, bit će demontiran i prevezen u Kinu. Tamo će ponovno biti montiran u najvećem kineskom institutu za fiziku SWIP (Southwestern Institute for Plasma Physics) u provinciji Sihuan. Smatra se da će rastavljanje biti završeno do kraja veljače 1996, a trebat će oko pet godina da ponovno posluži eksperimentima. No bit će ugrađeni novi regulacijski i mjerni uređaji.

ETZ, god. 117(1995), br. 1/2

Mrk

CIJENA ENERGIJE IZ FOTVOLTAIČKIH ČELIJA

Prema studiji njemačkog poduzeća Isar-Amperwerke (IAW), na temelju podataka iz oko 40 postrojenja, cijena električne energije iz sunčanih elektrana, vezanih na mrežu, iznosi prosječno 3 DEM/kWh. Druga pak studija, izrađena prema narudžbi "Zele-nih" prognozira da će cijena za koju godinu iznositi samo 1,10 do 1,2 DEM/kWh. Takav je rezultat dobiven na temelju pretpostavke da će se izgraditi potpuno automatizirana tvornica fotovoltaičkih modula godišnje proizvodnje 5 do 20 MW. No stručnjaci su skeptični prema ovako optimističkoj prognozi.

Energie Spectrum, god. 11(1995), br. 3

Mrk

SMIONI AFRIČKI ELEKTROENERGETSKI PROJEKT

Elektroprivrede Egipta i Zaira pokrenule su velik projekt iskorištenja vodnih snaga Zaira. Konzorcij koji čine EdF i Lahmeyer International izradili su predstudiju prema kojoj bi se na rijeci Zair (Kongo) na mjestu Velika Inga izgradila hidroelektrana konačne snage 35 000 MW. Električna bi se energija prenosila, uz više grananja, kroz Kongo, Centralnoafričku Republiku, Čad, Sudan do Egipta. U studiji se zaključuje da bi projekt bio rentabilan osobito ako bi se električna energija iz Egipta prenosila u susjedne zemlje, a na veliku hidroelektranu priključili južni dijelovi Afrike. Stručnjaci traže da se proučava izvedenost projekta i ekološki utjecaj.

Energie Spectrum, god. 11(1995), br. 3

Mrk

¹ Vidi članak: Feretić, Mikuličić, Tomšić: Primjena sunčane energije u elektroenergetici. "Energija", god. 45 (1996), br. 1

PROSJEČNI POTROŠAK ELEKTRIČNE ENERGIJE PO STANOVNIKU U EUROPSKIM KUĆANSTVIMA

Potrošak električne energije u kućanstvima pojedinih zemalja Europe veoma se razlikuje. Razlika je prije svega zbog električnog grijanja prostorija. Dok u Švedskoj pojedini član kućanstva potroši godišnje prosječno (1994) 4 617 kWh, u Portugalu takav potrošak iznosi samo 732 kWh. Prema podacima UNIPED/VDEW specifični su potrošači u pojedinim zemljama Europe po članu kućanstva iznosili:

Švedska	4 617 kWh	Francuska	1 851 kWh	Nizozemska	1 199 kWh
Finska	3 381 kWh	Danska	1 780 kWh	Grčka	1 047 kWh
Austrija	2 493 kWh	V. Britanija	1 717 kWh	Italija	997 kWh
Belgija	2 118 kWh	Njemačka	1 546 kWh	Španjolska	803 kWh
Luksemburg	1 870 kWh	Irska	1 488 kWh	Portugal	732 kWh

Energie Spectrum, god. 11(1996), br. 3

Mrk

UNIŠTENJA ELEKTRANA NA POGON MORSKIM VALOVIMA

Pokusna elektrana Dounrey, na pogon morskim valovima, smještena uz obalu Škotske, uništena je u jesenskoj oluji i potopljena. Prosječna joj je snaga iznosila 2 MW, a vezana je bila na električnu mrežu Velike Britanije. Njezinu je gradnju financijski potpomoglo šest europskih elektroprivreda i Komisija UN u Bruxellesu

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1995), br. 3

Mrk

10 GODINA POSLIJE KATASTROFE ČERNOBILA

Nasuprot različitim senzacionalističkim člancima i podacima o posljedicama katastrofe u Černobilu, prof. dr. A. Becker (Berlin) skupio je najnovije znanstvene i stručne podatke napisane od različitih eksperata i dao sljedeći sažetak o posljedicama katastrofe poslije 10 godina:

1. Prema dosadašnjim spoznajama od posljedica radioaktivnog zračenja umrlo je 30-ak ljudi.
2. Od oko 3 milijuna djece, kod njih 500 nađen je rak štitnjače uzrokovan radioaktivnim jodom. No ta je bolest izlječiva u 90 do 95 % slučajeva.
3. Povećanje drugih slučajeva raka, npr. leukemije ili genetskih oštećenja, nije do sada opaženo.
4. Različite procjene i hipoteze o djelovanju malih doza zračenja niti su dokazane, niti oborene.
5. Ekonomske, političke, psihosomatičke i socijalne pojave nakon nesreće u Černobilu u zemljama bivšeg SSSR-a značajne, su, ali ne i kao posljedica radioaktivnog zračenja.

Profesor naglašava da navedene konstatacije nisu stajališta nekog foruma, već sažetak niza znanstvenih istraživanja.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 3

Mrk

ZEMLJE U RAZVOJU POVEĆAVAJU EMISIJU ŠTETNIH PLINOVA

Prema najnovijim istraživanjima, zagađenje zraka se smanjuje u industrijskim zemljama, ali se povećava u zemljama u razvoju. Pretpostavlja se da će do godine 2020. 70 % emisije sumprnog dioksida i 50 % emisije ugljičnog dioksida u Zemljinu atmosferu dolaziti iz zemalja u razvoju.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 4

Mrk

NAJVEĆA NUKLEARKA U EUROPI

Najveća nuklearna elektrana u Europi nalazi se u Zaporozju u Ukrajini. Nakon stavljanja u pogon šestog nuklearnog bloka elektrana će moći proizvoditi godišnje 45 TWh električne energije, a to je otprilike toliko koliko ukupno troši Švicarska.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 3

Mrk

NOVI NUKLEARNI BLOK U SAD-U

Unatoč nastojanju da se sve više koristi regenerativna energija, u SAD-u se nastavlja gradnjom nuklearnih elektrana. Upravo su vlasti dale zeleno svjetlo za gradnju 110. nuklearnog bloka u zemlji. BLOK će biti građen u nuklearnoj elektrani Watts Bar I.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 3

Mrk

NUKLEARNA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Njemačke su nuklearne elektrane proizvele godine 1995. ukupno bruto 154,1 TWh električne energije. Time je proizvodnja prethodne godine premašena za 1,9 %. Potkraj godine 1995. u pogonu je bilo 19 nuklearki ukupne snage 22 063 MW. Tijekom godine jedna je nuklearna elektrana obustavljena, dok je u 4 elektrane povećana snaga. Vrijeme iskorištenja nuklearnih elektrana u Njemačkoj povećano je od 6 659 h/g u 1994. na 6 970 h/g u 1995.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 3

Mrk

JEDNOLIČNIJE KORIŠTENJE TOPLINSKE ENERGIJE I TOPLANA

Proizvodnja električne energije uz toplinsku energiju za potrebe grijanja već se dugo koristi kao racionalno energetska rješenje. No poteškoća je u tome što se toplana ne može iskorištavati cijele godine. Dok je potreba za električnom energijom više-manje jednolika, toplinska energija za grijanje prostorija nije potrebna u ljetu. Kako bi se i potrošnja topline što više izjednačila, predlaže se ugradnja u toplanu apsorpcijskoga rashladnog uređaja. Upotrijebljenom toplinskom energijom od 1,4 kW dobilo bi se 1 kW rashladne energije. Takav način hlađenja u usporedbi s hlađenjem kompresorom nije samo ekonomičan već i ekološki povoljan. Rashladno sredstvo nije amonijak, već voda. Cljeli proces hlađenja ne iziskuje potrošak električne energije.

Energie Spectrum, god. 11(1995), br. 3

Mrk

ZA VEĆU SIGURNOST RAZNIH NUKLEARNIH REAKTORA

U njemačkom Bundestagu "Zeleni" su predbacili vladi da je potpomaganje razvoja novih ruskih nuklearnih reaktora na vodu pod tlakom bacanje novca. Mnogo bi bilo korisnije da se financira tehnika poboljšanja sigurnosti nuklearki koju bi provodili njemački i zapadnoeuropski instituti. Time bi nastala nova generacija reaktora koja se od zapadnih ne bi mnogo razlikovala.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95(1996), br. 6

Mrk

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 5

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Vladimir Strojny, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1996 – 08 – 28

SADRŽAJ

Tomšić Ž. – Feretić D. – Škanata D. – Kovačević T.: Analiza i planiranje elektroenergetskog sustava pomoću računala – programski paket DECADES (Pregledni članak)	227
Trivić Č. – Radovan Z.: Krivulja troškova elektrana (Stručni članak)	237
Sabolić D.: Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini 400 kV dalekovoda (Prethodno priopćenje)	241
Schenner R.: Problemi analize rezultata mjerenja opterećenja kućanstava (Pregledni članak)	247
Staniša B.: Mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka parnih turbina s Baumanovim stupnjem (Prethodno priopćenje)	251
Abramović B.: Ispitivanja i analiza kvalitete rada plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jertovec (Stručni članak)	255
Vijesti iz elektroprivrede	263
Savjetovanja i konferencije	268
Iz strane stručne literature	274

Fotografija na omotnoj strani
PTE Jertovec

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992, a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišej – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.

6. Svaki članak mora imati:

– **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.

– **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.

– **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.

– **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenoj djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagodivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

ANALIZA I PLANIRANJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA POMOĆU RAČUNALA - PROGRAMSKI PAKET DECADES

Mr. sc. Željko Tomšić — dr. sc. Danilo Feretić — mr. sc. Dejan Škanata —
Tea Kovačević, Zagreb

UDK 621.311.1 : 681.31

PREGLEDNI ČLANAK

U članku se obrađuju nove metodologije planiranja elektroenergetskog sustava koje analiziraju energetske, ekonomske i ekološke karakteristike cjelokupnih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije (od dobivanja primarnog energenta do odlaganja otpada). Dati su osnovni elementi tehnoloških lanaca i njihov utjecaj na okoliš. Ovu metodologiju temeljenu na usporedbi tehnoloških lanaca za planiranje EES koristi programski paket DECADES. U opisu programa dana je njegova struktura, glavne mogućnosti i prikaz izlaznih rezultata.

Ključne riječi: planiranje elektroenergetskog sustava, tehnološki lanci za proizvodnju električne energije, energetika, okoliš, projekt DECADES.

1. UVOD

Analiza postojećeg stanja elektroenergetskog sustava, a osobito analiza njegova budućeg razvoja, zahtijeva primjenu suvremenih metoda. Tek se primjenom takvih metoda mogu uspoređivati rezultati specifičnih analiza sa svjetski priznatim postupcima, posebno kada je riječ o suradnji sa stranim investitorima i financijskim institucijama.

Pri analizama, optimalnu realizaciju elektroenergetskog sustava treba tražiti u kompromisu triju temeljnih komponenta: energetske, ekološke i ekonomske. Ekološka komponenta u posljednjim godinama dobiva sve veću važnost jer ona utječe na sve faze realizacije energetske objekata, a i na njihov pogon. Zaštita okoliša na bitan način uvjetuje energetske učinkovitost i ekonomsku prihvatljivost energetske objekata. Iz naše i svjetske prakse poznato je niz primjera odustajanja od gradnje, obustave gradnje, pa i obustave pogona elektroenergetskih objekata zbog objektivnih ili subjektivnih problema sa zaštitom okoliša.

Danas je osnovni cilj održivih strategija osigurati dovoljnu opskrbu električnom energijom, potrebnu za potporu ekonomskom rastu i povećanju kvalitete života, uz minimiziranje štetnih utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi.

Svi tehnološki lanci goriva u sustavu proizvodnje električne energije uključuju određene rizike po zdravlje i na neki način na okoliš. Ta činjenica, zajedno s pojavom potrebe mnogih zemalja za određivanjem svojih energetske programa za sljedeća desetljeća, daje osnove za porast interesa za primjenu razvijenih alata, podataka i tehnika za komparativnu ocjenu različitih sustava za proizvodnju električne energije, posebice s gledišta zaštite okoliša i zdravlja ljudi.

Na temelju navedenih spoznaja jest niz nacionalnih energetske instituta i međunarodnih institucija, među kojima se osobito ističu Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), UNIDO, OPEC, Ministarstvo energetske USA (US DOE), Svjetska banka (WB), Međunarodna banka za obnovu i razvoj (IBRD), Međunarodna energetska agencija (IEA), Europska unija (EU), Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), Svjetska meteorološka organizacija (WMO), koje su iz raznih razloga zainteresirane za koor-

dinirani razvoj energetske (posebno radi pomoći kod planiranja razvoja energetske u zemljama u razvoju), pokrenulo i sponzoriralo brojne studije za izradu sustavnih metoda potrebnih za energetske, ekonomske i ekološke analize elektroenergetskih objekata i scenarija razvoja elektroenergetike. Jedan od temeljnih rezultata tih istraživanja i studija (u koje su uključeni brojni znanstveni i istraživački centri na području energetske u gotovo svim razvijenim zemljama) jest razrada kompleksnih računarskih programa koji mogu poslužiti kao glavno pomagalo za učinkovite analize elektroenergetskih objekata i scenarija razvoja elektroenergetike.

Jedan od najnovijih programskih paketa za analizu elektroenergetskog sustava jest DECADES/DECPAC, čiju su izradu sponzorirale prije navedene međunarodne organizacije. Računarske programe DECPAC razvio je Argonne National Laboratory (ANL) u SAD, djelomično na temelju svojih ranijih energetske programskih paketa WASP i ENPEP. Osnovna karakteristika DECPAC-a je u pružanju mogućnosti dinamičkog programiranja i ekonomskog optimiranja razvoja elektroenergetskog sustava, uzimajući u obzir ekološki utjecaj svih elemenata tehnološkog lanca za proizvodnju električne energije koji pripadaju svakoj od odabranih energetske alternativa.

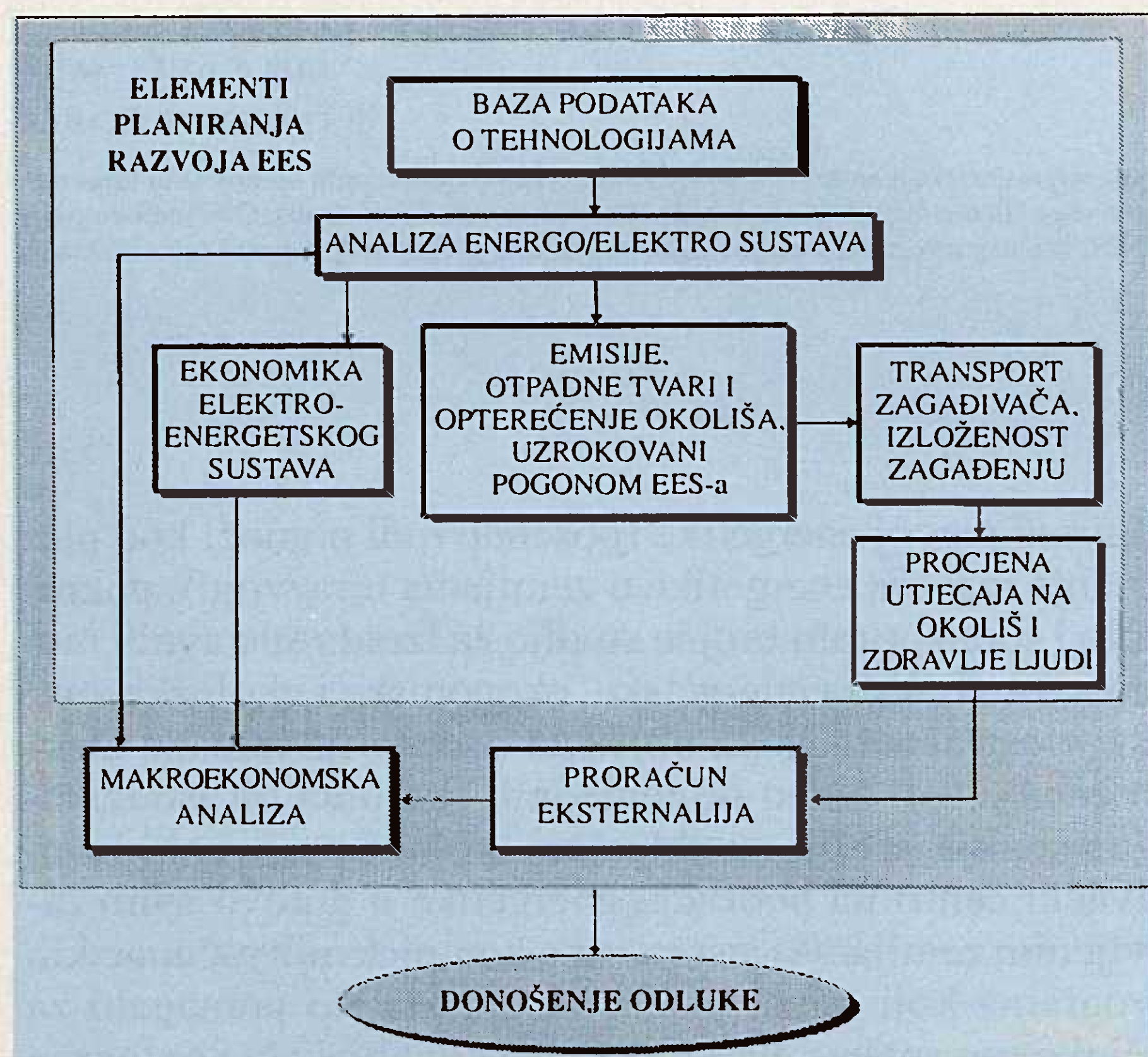
Zavod za visoki napon i energetiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Zagreb (ZVNE FER), aktivno se uključio već prije nekoliko godina na sam početak međunarodnog projekta DECADES sa specifičnim zadatkom da primijeni metode dane u tom projektu u analizi srednjoročnog i dugoročnog razvoja elektroenergetike u Hrvatskoj. Korištenje razvijenih baza podataka i računarske programe omogućuje sustavnu razradu konkretnih scenarija gradnje elektroenergetskih objekata i energetske scenarija za određenu razinu budućeg konzuma od interesa za Hrvatsku.

2. GLAVNI ELEMENTI PROCESA KOMPARATIVNE ANALIZE

Opsežan proces komparativne analize za planiranje i donošenje odluka sastoji se od sljedećeg [1]:

- makroekonomske analize - prognoze ekonomskog rasta
- analize energetskog/elektrosustava
- strukture procjene emisija i ostalih otpada za sve razine lanca proizvodnje električne energije
- zaštite zdravlja i okoliša
- izrade podloga za pomoć donosiocima odluka u izboru strategije razvoja energetskog i elektroenergetskog sektora.

Na slici 1. prikazani su glavni elementi komparativne analize raznih energetskih izvora za proizvodnju električne energije.



Slika 1. Elementi komparativne analize raznih energetskih izvora za proizvodnju električne energije

2.1. Programi za analizu i planiranje EES

Sposobnosti postojećih računala, kao i tržišna orijentacija uzrokovali su značajne promjene u pristupu prognozi porasta potrošnje (potražnje) energije uopće, pa tako i električne energije. Najnovije analize koje se bave ovim prognozama oslanjaju se na ekonomske analize rasta industrijske proizvodnje, rasta životnog standarda i sl. (makroekonomske analize), više se ne definira jedinstvena formula za proračun prognoze porasta potražnje energije, već se svaki od mjerodavnih čimbenika ovog porasta opisuje formulom koja najdosljednije objašnjava porast njegovih zahtjeva. Današnja računala (čak i PC) omogućuju ovakav složen pristup koji može dati mnogo točnije rezultate. Ovisno o količini i kvaliteti ulaznih podataka ovaj pristup može biti iznimno precizan, ili davati samo okvirnu sliku. Budući da su modeli razvijani za primjenu u različitim zemljama s različitim stupnjem razvoja (količine i vrste raspoloživih podataka), redovito se daje mogućnost odabira "detaljnosti" unosa podataka, odnosno odabira preciznosti same prognoze.

Razvijeni su računalni alati za opsežnu analizu energo/elektrosustava radi komparativne analize opcija i strategija proizvodnje električne energije. Ti alati pokazuju tendenciju prožimanju niza interesa i uzimanju u obzir niza utjecaja pri planiranju EES-a, koristeći se mogućnosti današnjih

računala. U programima i programskim paketima, prognoze (srednjoročne i dugoročne) pojavljuju se kao dio kompleksnijih programa za planiranje rasta (širenja) elektroenergetskog sustava. Ti računalni alati mogu se koristiti kao cjelina ili samo po pojedinim modulima (npr. prognoza potražnje (potrošnje) električne energije), ovisno o području interesa.

Računalni alati računaju prognozu konzuma (potražnje električne energije) kao međukorak složenijeg proračuna u kojem dobivena prognoza služi kao osnova za planiranje strategija proizvodnje električne energije. Kod složenijih računalnih alata zadnja faza proračuna je komparativna analiza alternativnih planova i strategija rasta proizvodnje električne energije, dok se ostali zaustavljaju prije ovog koraka, dajući kao krajnji rezultat karakteristike predloženih alternativnih planova ili strategija. U tom slučaju stručnu komparativnu analizu donosi korisnik.

Iako su računalni alati neprocjenjivi u procesu odlučivanja, treba imati na umu da rezultati dobiveni svakim računalnim alatom znatno ovise o pouzdanosti ulaznih podataka i cjelokupnoj dosljednosti primijenjenih pretpostavaka.

3. TEHNOLOŠKI LANCI ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Jedna od bitnih spoznaja vezanih za ekološke analize energetskih objekata jest u potrebi razmatranja cjelokupnog procesa njihove gradnje i njihovog tehnološkog lanca za proizvodnju električne energije, pri čemu je sam rad energetskog objekta tek jedan od elemenata analize. Kada je riječ o gradnji elektroenergetskih objekata, u razmatranje treba uključiti utjecaj na okoliš koji potječe od devastacije zemljišta tijekom i nakon gradnje (što posebno dolazi do izražaja kod akumulacijskih hidroelektrana i obnovljivih izvora energije) i utjecaj na okoliš pri proizvodnji osnovnih materijala koji služe za gradnju objekta (beton i čelik). S druge strane, pri analizi tehnološkog lanca za proizvodnju električne energije u račun treba uzeti ekološke aspekte pri ekstrakciji energenta (ugljena, nafte, plina, urana), preradi energenta, transportu energenta do elektrane, emisije štetnih tvari u zrak, vodotoke i zemljište tijekom pogona elektrane, te odlaganje otpadnog materijala nakon energetske pretvorbe.

U posljednjih dvadesetak godina u svijetu se pristupilo sustavnom radu na procjeni, analizi i usporedbi utjecaja (rizika) na zdravlje ljudi i okoliš od rada postrojenja za proizvodnju električne energije, i to na način da se evaluiraju utjecaji što ih generiraju kompletni tehnološki lanci u proizvodnji električne energije. Velik broj istraživača i institucija sudjelovao je i još uvijek sudjeluje u izradi niza studija na tu temu. Još je tijekom svibnja 1991. godine u Helsinkiju bila održana međunarodna konferencija pod naslovom "Electricity and the Environment" [2] koja je gotovo u cijelosti bila posvećena ovoj temi i koja je zajedno s dokumentima "Agenda 21" koji je prihvaćen na konferenciji u Rijju (srpanj, 1992) i "Second Assessment Report of the International Panel on Climate Change (IPCC)" dala daljnji zamah istraživanjima i razvijanju novih metoda, baza podataka i kompjutorskih kodova u tom području. U svakom slučaju, procijenjeno je da će se u nadolazećem desetljeću, kao jedna od osnovnih podloga u procesu odlu-

čivanja o budućem energetsom razvoju pojedinog područja ili države, koristiti upravo one informacije koje će se temeljiti na usporednim analizama ove vrste. Dakle, osim kriterija ekonomske i tehnološke povoljnosti, kriterija pouzdanosti i raspoloživosti pojedinih postrojenja za proizvodnju električne energije, ravnopravan utjecaj na odluku o budućem energetsom razvitku nekog područja imat će i integralne usporedne procjene utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš, kako od samih postrojenja za proizvodnju električne energije, tako i od cjelokupnih tehnoloških lanaca koji u tom procesu sudjeluju.

3.1. Opis tehnoloških lanaca

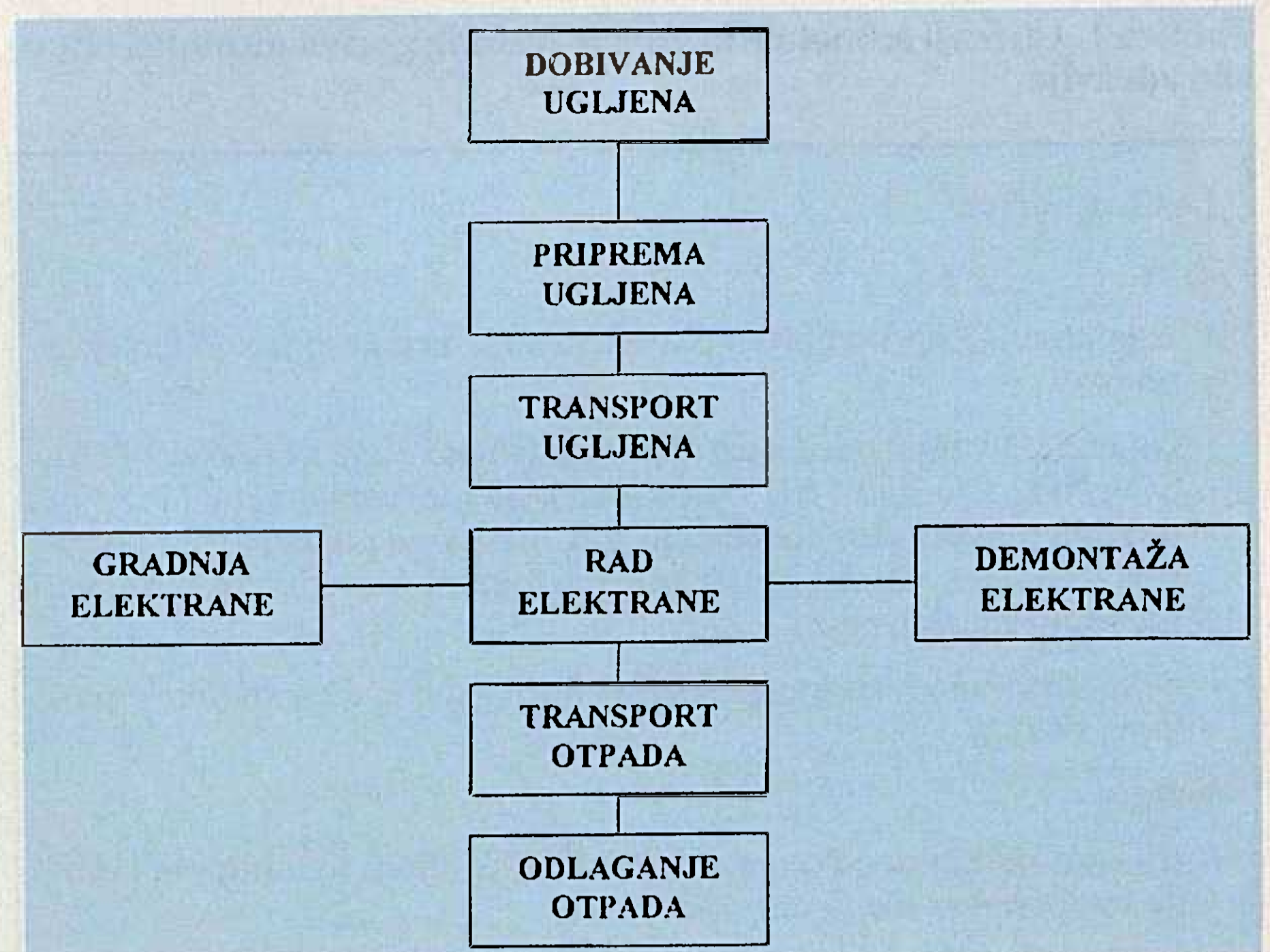
Pod tehnološkim lancem za proizvodnju električne energije razumijevaju se sve aktivnosti nužne za proizvodnju električne energije: od pridobivanja goriva, njegova transporta i konverzije, pa do zbrinjavanja otpada koji tom prilikom nastaje. Nužnost jasnog definiranja različitih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije uzrokovana je potrebom za njihovom komparacijom po pitanjima tehnologije (pouzdanosti rada), ekonomičnosti (cijene proizvedene električne energije) i utjecaja na okoliš (rizici, odnosno eksterni troškovi - engl. externalities).

Za objektivnu komparaciju utjecaja na okoliš različitih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije potrebno je imati pouzdane podatke koji će oslikavati cijeli lanac rizika i utjecaja od različitih energetskih tehnologija. Tehnološki lanac započinje pribavljanjem goriva, nastavlja se njegovom transformacijom u najbolje iskoristivi oblik, svoj vrhunac doseže u procesu konverzije energije i završava konačnim zbrinjavanjem svega proizvedenog otpada. Ovdje se kao temeljno nameće pitanje granica pojedinih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije. Definiranje granica različitih tehnoloških lanaca nije ni u kom slučaju trivijalno ili pak retoričko pitanje. Ono je vrlo sadržajno i još uvijek je predmet brojnih rasprava. Osnovna dvojba jest trebaju li granice tehnoloških lanaca biti određene od točke dobivanja goriva, pa do točke proizvodnje električne energije i zbrinjavanja otpada, ili one trebaju biti proširene tako da obuhvate i osiguravanje resursa potrebnih za izgradnju i rad energetskih postrojenja. Novije analize upravo su predložile pristup prema kojemu se i sama izgradnja energetskih postrojenja zajedno s proizvodnjom svih neophodnih materijala za njihovu izgradnju trebaju na adekvatan način uračunati u tehnološki lanac. Pri tome je važno napomenuti da je navedeni pristup usvojen samo u slučajevima kada proizvodnja određenog materijala za izgradnju elektroenergetskog objekta čini značajan dio u odnosu na standardnu proizvodnju istog materijala.

Tehnološki lanci za proizvodnju električne energije se s obzirom na vrstu goriva dijele na tri osnovne skupine:

- tehnološki lanci fosilnih goriva (ugljen, nafta i plin)
- tehnološki lanac nuklearnog goriva i
- tehnološki lanci obnovljivih izvora energije (vodne snage, solarna energija, energija vjetra, geotermalna energija i energija koja se oslobađa spaljivanjem komunalnog otpada).

Slika 2. shematski prikazuje tehnološki lanac za proizvodnju električne energije u kojem se kao gorivo koristi ugljen.



Slika 2. Shematski prikaz tehnološkog lanca ugljena

3.2. Pregled utjecaja pojedinih tehnoloških lanaca na okoliš

Utjecaji na okoliš od tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije očituju se u sljedećim brojnim područjima:

- utjecajima na kvalitetu zraka, površinskih i podzemnih voda i tla
- utjecajima na zdravlje okolnog pučanstva te na biljni i životinjski svijet
- utjecajima na vizualne i estetske aspekte krajolika i
- utjecajima na ostale prirodne resurse.

Pri tome se utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi od tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije valoriziraju s obzirom na tri varijable:

1. prostornu varijablu,
2. vremensku varijablu i
3. vrstu utjecaja, tj. učinaka na onečišćenje okoliša.

U razmatranju prostorne varijable uglavnom se koristi tzv. 5-razinski model koji utjecaje na okoliš rangira na sljedeće razine:

- lokalne
- regionalne
- fluvijalne
- kontinentalne i
- globalne.

Kad je posrijedi vremenska varijabla, utjecaji na okoliš i zdravlje ljudi najčešće se razmatraju kao kratkotrajni, srednje trajni i dugotrajni dok su vrste utjecaja strukturirane s obzirom na tehnološke lance fosilnih goriva, nuklearnog goriva i obnovljivih (dodatnih) izvora energije.

U tablici 1. prikazani su utjecaji tehnoloških lanaca fosilnih goriva na okoliš, ljudsko zdravlje i biljni i životinjski svijet.

4. DECADES

4.1. Uvod

Kako bi se što bolje obuhvatile sve nove spoznaje u planiranju elektroenergetskog sustava, godine 1993. osnovan je i međuagencijski zajednički projekt baza podataka i me-

Tablica 1. Utjecaji tehnoloških lanaca fosilnih goriva na okoliš i ljudsko zdravlje

<p>Fosilna goriva</p> <p>Zrak</p> <ul style="list-style-type: none"> • izgaranjem fosilnih goriva povećava se koncentracija stakleničkih plinova • izgaranje fosilnih goriva uzrokuje ispuštanje čestica i prašine, H₂O, SO₂, NO_x, CO, CO₂, CH₄, stanovite količine teških metala i radionuklida (ugljen), što onečišćuje zrak, uzrokuje pojavu kiselih oborina i s tim u svezi zakiseljavanje tla, lokalne klimatske promjene i globalno zagrijavanje • nekontrolirano i naglo ispuštanje plinova može dovesti do eksplozije i požara <p>Voda</p> <ul style="list-style-type: none"> • tijekom normalnog pogona elektrane otpadnom se toplinom podiže temperatura rashladne vode • pridobivanje goriva nerijetko ugrožava dostupne izvore pitke vode • nekontrolirano ispuštanje plinova može uzrokovati eksplozije i požare • iskopavanjem ugljena stvara se tekući rudnički otpad (kislina i soli) koji onečišćuje površinske i podzemne vode • ispiranje ugljena uzrokuje onečišćenje površinskih i podzemnih voda • ispuštanje NO_x i SO₂ uzrokuje povećanje kiselosti obližnjih površinskih vodotoka • zalihe ugljena mogu dovesti do onečišćenja vode • ispuštanje nafte tijekom normalnog pogona postrojenja i u slučaju akcidenta onečišćuje površinske i podzemne vode • izgaranjem tekućeg petrolejskog plina stvara se tekući otpad koji također može ugroziti površinske i podzemne vode <p>Tlo</p> <ul style="list-style-type: none"> • aktivnosti oko pridobivanja rude, naftovodi, plinovi i sama postrojenja za proizvodnju električne energije opterećuju resurse tla • odlaganjem kiselih spojeva povećava se kiselost tla • čvrsti otpad, šljaka i pepeo onečišćuju tlo • iskopavanje ugljena uzrokuje slijeganje tla <p>Ljudsko zdravlje</p> <ul style="list-style-type: none"> • proizvodnja i prijenos energije uzrokuju elektromagnetska polja koja nepovoljno utječu na zdravlje ljudi <p>Biljni i životinjski svijet</p> <ul style="list-style-type: none"> • odlaganje kiselih spojeva uzrokuje povećanje kiselosti tla što može ugroziti biljne i životinjske vrste • eksploatacija određenog područja može ugroziti lokalnu biljnu i životinjsku ravnotežu • akcidentalno ispuštanje nafte i plina može ugroziti biljne i životinjske vrste i • naftovodi i plinovodi mogu ometati prirodne migracije <p>Urbane sredine</p> <ul style="list-style-type: none"> • potrošnja fosilnih goriva povećava udio plinova koji uzrokuju efekt staklenika i znatno onečišćuju gradski zrak <p>Resursi</p> <ul style="list-style-type: none"> • pridobivanje i potrošnja fosilnih goriva smanjuje prirodne resurse <p>Krajolik</p> <ul style="list-style-type: none"> • naslage šljake i pepela, otvoreni ugljenokopi, novi rudnici ugljena imaju negativan vizualni utjecaj • bušotine, rafinerije nafte, naftovodi, plinovi zahtijevaju znatan prostor i imaju vrlo negativan vizualni utjecaj na krajolik
--

metodologija za komparativnu analizu različitih izvora energije za proizvodnju električne energije DECADES (Data Bases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation) ko-

jemu je svrha povećanje mogućnosti uključivanja tema zaštite zdravlja i okoliša u komparativnu analizu različitih tehnoloških lanaca proizvodnje električne energije i strategija u procesu planiranja i odlučivanja u području električne energije.

Osnovni smisao međunarodnog programa DECADES jest razviti metodologije i alate koji će omogućiti primjenu koncepta održivog razvitka u području energetike. Ove metodologije temelje se prije svega na usporednoj procjeni cjelovitih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije, a primjenjuju se u fazi planiranja i definiranja strategija kao i procesu odlučivanja o daljnjem energetskom razvoju pojedinog područja ili pak države.

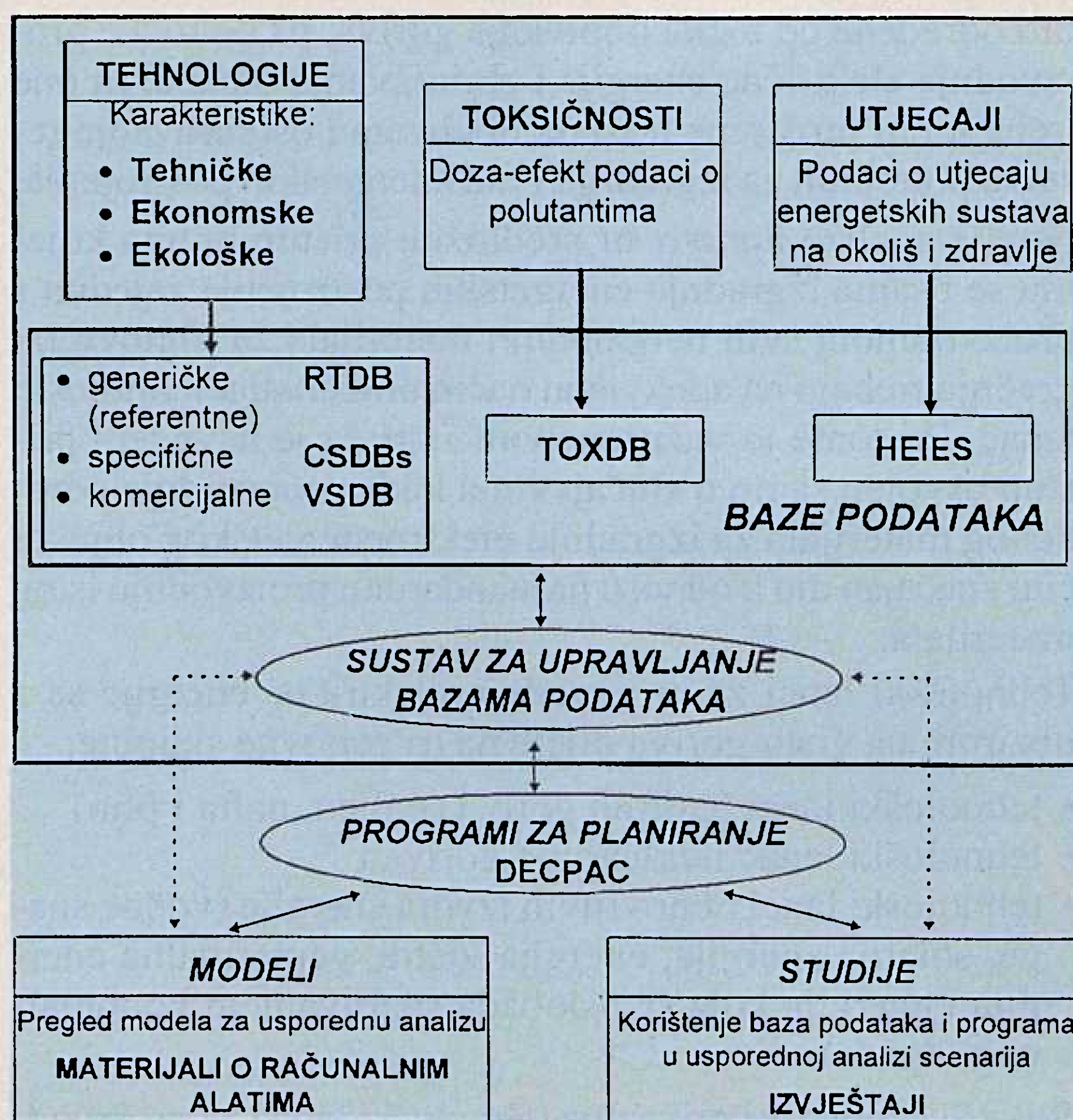
4.1.1. Cilj i namjena projekta DECADES

Cilj projekta DECADES [2] je da - osiguravajući opširne podatke o različitim tehnološkim lancima za proizvodnju električne energije (fosilna goriva, nuklearna energiju i obnovljivi izvori), kao i alate za pristup, rukovanje i obradu informacija - omogući izradu studija za pomoć u planiranju i odlučivanju o razvoju elektroenergetskog sustava. Projekt DECADES ima i namjenu da poboljša mogućnosti usporedne analize u procesu planiranja i odlučivanja za elektroenergetski sektor i da stvori bazu podataka s korisnim informacijama o raznim tehnologijama za proizvodnju električne energije.

Općenito je zamišljeno da se program DECADES razvija u sljedeća tri pravca:

1. razvoju baza podataka
2. razvoju informacijskog sustava i
3. izradi pojedinačnih projekata.

Shematska struktura modela DECADES sastoji se od tri glavne komponente: baze podataka, metodologija - modela i korisničko-grafičkog sučelja. Generalna struktura programa DECADES zajedno s popisom odgovarajućih



Slika 3. Shematska struktura DECADES modela

baza podataka, njihova međusobna povezanost, povezanost s integralnim računalskim paketom DECPAC za analizu i usporedbu mogućih scenarija elektroenergetskog razvoja, kao i uloga pojedinih komponenata u cjelokupnom modelu DECADES prikazana je na slici 3.

4.2. DECADES baze podataka

Namjena je baza podataka da sadrže opširne, pouzdane i najnovije podatke o tehnološkim lancima za proizvodnju električne energije. Baze podataka daju podatke o postojećim, planiranim i eksperimentalnim tehnologijama. Baze podataka koje su razvijene ili se pak još uvijek razvijaju unutar međunarodnog projekta DECADES upravo se temelje na strukturi koja u sebi sadrži podatke o cjelokupnim tehnološkim lancima za proizvodnju električne energije i njihovu utjecaju na zdravlje ljudi i okoliš. U DECADES baze podataka pripadaju:

- RTDB - Reference Technology Data Base - baza podataka o referentnim tehnologijama
- CSDB - Country Specific Data Base - baza podataka za pojedinu državu
- TOXDB - Toxicology Data Base - baza podataka o toksičnosti
- HEIES - Health and Environmental Impacts of different Energy Systems for electricity generation - Baza podataka o utjecaju na zdravlje ljudi i okoliš od različitih tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije
- VSDB - Vendor Specific Data Base - baza podataka o komercijalnim tehnologijama.

4.2.1. Baza podataka RTDB - baza podataka o referentnim tehnologijama

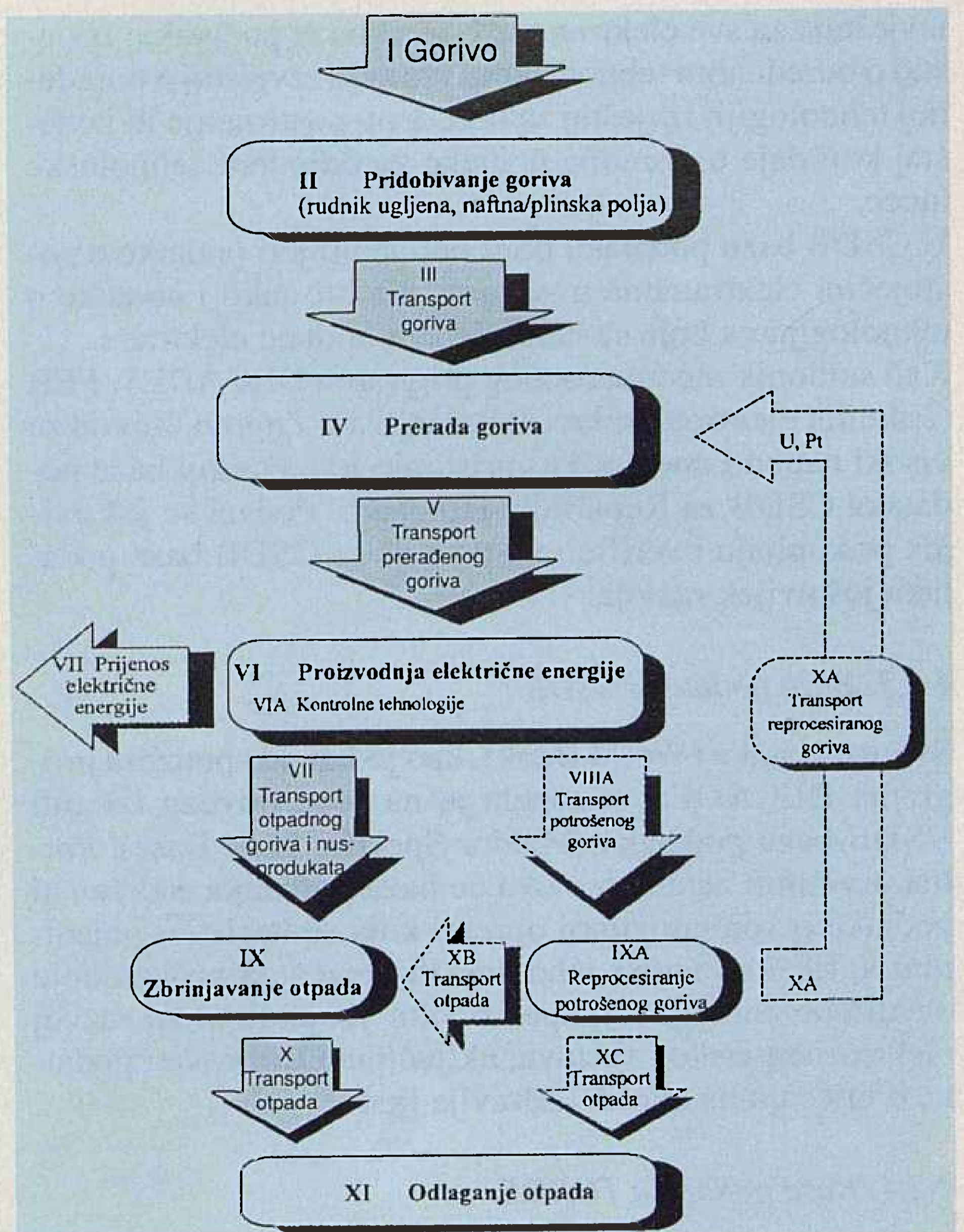
Baza podataka RTDB [4] sadrži generičke tehničke i ekonomske podatke za pojedine tehnološke lance koji se pojavljuju u procesu proizvodnje električne energije, kao i podatke o utjecaju tih tehnologija na zdravlje ljudi i okoliš. Baza podataka RTDB strukturirana je u 11 razina, od kojih svaka opisuje po jednu kariku u lancu proizvodnje električne energije s obzirom na tehničke, ekonomske i okolišne aspekte (ispuštanja u zrak, vodu i tlo, zauzetost prostora, buka i dr.), i to od točke pridobivanja goriva zaključno s gospodarenjem, tj. odlaganjem otpada koji tom prilikom nastaje (slika 4. prikazuje tehnološki lanac ugljena).

S druge pak strane, s obzirom na tehnološke lance kao takve, tj. tehnologije za proizvodnju električne energije, baza podataka RTDB je strukturirana u 3 skupine koje obuhvaćaju više od 130 različitih tehnologija:

1. tehnološki lanci fosilnog goriva (ugljen, nafta, plin), koji su strukturirani s obzirom na tehnologiju konverzije i instaliranu snagu postrojenja;
2. tehnološki lanci nuklearnog goriva (LWR, napredni LWR, PHWR i napredni PHWR); i
3. tehnološki lanci obnovljivih izvora (vodne snage, solarna energija, energija vjetra, geotermalna energija, energija biomase, i energija sagorijevanja komunalnog otpada), koji su također strukturirani s obzirom na tehnologiju i instaliranu snagu.

4.2.2. Baza podataka CSDB

Kao što je to već navedeno, jedan od osnovnih pravaca razvoja programa DECADES sastoji se u izradi pojedinih



Slika 4. Referentni tehnološki lanac ugljena u 11 nivoa

načnih projekata za razne države. Prva zadaća koja se ima realizirati unutar pojedinačnih projekata sastoji se u izgradnji tzv. CSDB baze podataka (baza podataka za pojedinu zemlju) [5] koja treba oslikavati postojeće stanje za analizirani elektroenergetski sustav, i to upravo prema strukturi i sadržaju kakav je razvijen unutar RTDB baze podataka.

CSDB baza podataka omogućuje spremanje podataka o tehnologijama za proizvodnju električne energije u pojedinim zemljama koji su specifični i nisu spremljeni u RTDB. Ovoj bazi podataka imaju pristup i analitički moduli radi izrade analize elektrana, tehnoloških lanaca i scenarija razvoja elektroenergetskog sustava.

Baza podataka CSDB (kao i RTDB) sastoji se od podataka o primarnim energentima i tehnologijama za svaki nivo tehnološkog lanca.

Podaci o energentima unose se kroz poseban modul u programu. U bazu podataka unose se podaci o fosilnim gorivima (kruta, tekuća i plinovita), nuklearnim gorivima i obnovljivim izvorima (biomasa, geotermalna, vodne snage, sunce, vjetar i otpad). Za svako gorivo potrebno je dati fizikalne karakteristike, kemijsku analizu, stehiometrijsku analizu i cijene.

Drugi dio CSDB baze podataka čine podaci o tehnologijama za pojedine nivoje tehnološkog lanca. Nakon što se naprave tehnološki lanci za sve elektrane u elektroenergetskom sustavu, potrebno je za svaku kariku (nivo) tehnološkog lanca pojedine elektrane unijeti podatke o tehničkim, ekonomskim i ekološkim podacima.

Nakon stvaranja baze podataka o svim nivoima tehnoloških lanaca moguće je iz programa dobiti nekoliko vrsta

izvještaja za sve elektrane iz CSDB baze podataka: izvještaj o određenom tehnološkom koraku, izvještaj o određenoj tehnologiji, izvještaj za određeno postrojenje ili izvještaj koji daje usporedne podatke za određene tehnološke lance.

U CSDB bazu podataka potrebno je unijeti podatke o postojećim elektranama u sustavu, ali isto tako i podatke o tehnologijama koje su kandidati za buduće elektrane.

Kao sudionik međunarodnog programa DECADES, FER (Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku) pristupio je izgradnji baze podataka CSDB za Republiku Hrvatsku. Podaci se još uvijek prikupljaju i verificiraju tako da se CSDB baza podataka još uvijek razvija.

4.2.3. Baza podataka VSDB

Svjetska banka (World Bank), kao jedan od sponzora programa DECADES, preuzela je na sebe obvezu izraditi VSDB bazu podataka (Vendor Specific Data Base). Prema prvotnim zamislima ova će baza podataka sadržavati podatke o komercijalnoj opremi koja se koristi u pojedinim karikama unutar tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije i o specifičnim projektima za razvoj elektroenergetskog sustava, uključujući troškove i podatke o utjecaju na okoliš i zdravlje ljudi.

4.2.4. Baza podataka TOXDB

Baza podataka TOXDB - Toxicology Data Base (kao uostalom i baza podataka HEIES) još se uvijek nalazi u fazi razvoja i kao takva još uvijek nije dostupna sudionicima u DECADES programu. Ono što je za sada poznato jest to da će baza podataka TOXDB sadržavati podatke o utjecaju pojedinih (odabranih, tj. relevantnih) onečišćavača na zdravlje ljudi i okoliš (doza efekt). Taj se problem još uvijek nalazi u fazi znanstvenog istraživanja. Ipak, vrlo je vjerojatno da će u rješavanju toga problema biti primijenjena metodologija koju je razvila EPA (US Environmental Protection Agency), a koja se temelji na kategorizaciji toksičnih tvari na tri osnovne kategorije: (a) radioaktivne tvari; (b) kancerogene tvari; i (c) nekancerogene tvari, jer su na toj podjeli razvijene metode procjene rizika na zdravlje ljudi i okoliš. Za izgradnju ove baze podataka koristit će se već postojeće baze podataka razvijene unutar WHO (World Health Organization) i UNEP (United Nations Environmental Programme) organizacija kao i tzv. IRPTC baza podataka (International Register of Potentially Toxic Chemicals). Ono što je još poznato o toj bazi podataka jest da će biti strukturirana tako da će sadržavati u prvom redu numeričke podatke, ali i tekstualne odnosno kvalitativne podatke za sve one onečišćavače za koje numerički podaci neće biti raspoloživi.

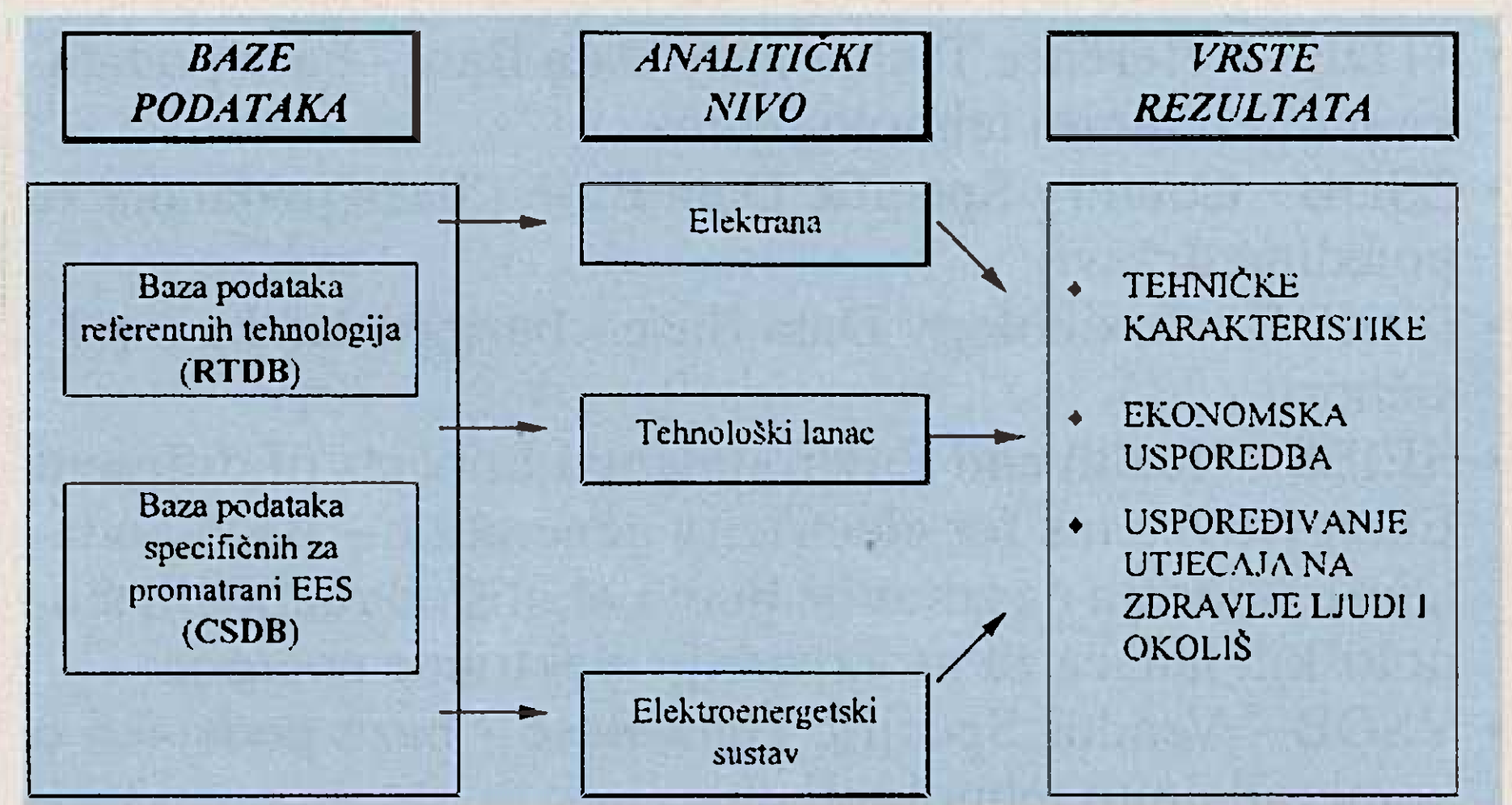
4.2.5. Baza podataka HEIES

Baza podataka HEIES (Impact Data Base) još uvijek je u razvoju. Poznato je da će sadržavati podatke (indikatore) o utjecaju pojedinih postrojenja iz tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije na zdravlje ljudi i okoliš. Te informacije bit će skupljene iz relevantne literature, pojedinih studija, odnosno mjerenja. Ona će biti strukturirana s obzirom na kategoriju rizika za okoliš, a slijedit će

strukturu zadanu unutar baze podataka RTDB. Informacije o registriranim akcidentima bit će također uvrštene u HEIES bazu podataka. Također, ova će baza podataka biti strukturirana tako da će sadržavati numeričke, tekstualne (kvalitativne) i grafičke podatke. Ona će sadržavati i popis referentne dokumentacije.

4.3. DECADES analitičke mogućnosti

Baze podataka nisu dovoljne za izradu detaljnih usporednih analiza tehnoloških lanaca i strategija za proizvodnju električne energije. Takve studije zahtijevaju analitičke alate koju omogućuju analizu tehnoloških lanaca i procjenu utjecaja na okoliš. Usporedna analiza obuhvaćena programskim paketom DECADES može biti na nivou elektrane, tehnološkog lanca ili cijeloga elektroenergetskog sustava (slika 5).



Slika 5. Analitički nivoi analize u DECADES projektu

4.3.1. Analiza i usporedba elektrana

Nekoliko tipova usporedbi može se načiniti koristeći se podacima spremljenima u RTDB/CSDB. Razvijene su mogućnosti izrade niza izvještaja koji istovremeno prikazuju odgovarajuće podatke za više elektrana, te omogućuju njihovu izravnu usporedbu. Tako se npr. može izraditi graf koji pokazuje efikasnosti raznih tipova elektrana i raznih tehnologija iz RTDB ili CSDB (samo za nivo elektrane ili za cijeli tehnološki lanac). Moguće je dobiti i emisije s kontrolnim tehnologijama za razne tipove tehnologija na jednom grafu i bez njih, kao i grafove koji prikazuju razne vrste troškova: od investicijskih troškova, troškova rada i održavanja pa sve do troškova kontrolnih tehnologija. Jedna od opcija je proračun izgaranja za izabranu elektranu. Isto tako, moguće je načiniti proračun utjecaja ugradnje kontrolnih tehnologija za smanjenje emisija. Kao rezultat dobiju se tehnički podaci o potrebnoj snazi za kontrolni uređaj, potrošnji reagenta i količini proizvedenog otpadnog materijala, te ekonomske podatke o fiksnim i varijabilnim troškovima rada i održavanja i kapitalnim troškovima.

4.3.2. Analiza tehnoloških lanaca za proizvodnju električne energije

Metodologija projekta DECADES pokriva tehnološki lanac za proizvodnju električne energije. Ipak, za razliku od analize kompletnog životnog vijeka, drugi i ostali nivoi, npr. proizvodnja materijala za komponente tehnološkog lanca, za sada nisu uključeni u metodologiju.

Primijenjeno je modularno načelo predstavljanja tehnološkog lanca. Svaki korak lanca razmatra se kao posebni modul, koji ima specifične podatke spremljene u bazu podataka tehnoloških lanaca. U želji da se definira korak, specifično postrojenje se odabire iz RTDB ili CSDB. Dodatni podaci kao što su udaljenost za transport, potrebno vrijeme za preradu goriva, specifični konstrukcioni podaci odabranog postrojenja i potrošnja pomoćne energije su spremljeni kao podaci definirani za svaki korak. Gorivo za tehnološki lanac mora biti odabrano iz baze podataka o energetskim izvorima. Isto tako, mogu se spremati i tekstualni podaci za svaki korak tehnološkog lanca. Lanci su grupirani u bazi podataka prema primarnom energentu za proizvodnju električne energije.

Razvijeno je i nekoliko algoritama za računanje bilance mase i emisija u okoliš tijekom životnog vijeka elektrane (i to za svaki nivo tehnološkog lanca za proizvodnju električne energije). Pretpostavljeno je da je tehnološki lanac u ravnoteži. Npr., maseni protok goriva, sporednih produkata i otpada po proizvedenom kWh konstantni su za danu tehnologiju. Jednovremeni utjecaj kao početno uzimanje goriva i odlaganje otpada kod dekomisije su distribuirani na cijeli životni vijek proizvodnje električne energije.

Takva metodologija nudi veliku elastičnost u razmatranju raznih opcija u tehnološkom lancu i može se koristiti za određivanje emisija i troškova. Moguća je izravna usporedba raznih tehnoloških lanaca, a doprinosi emisijama, otpadu i troškovima elektrane koji potječu od ostatka tehnološkog lanca prikazuju se odvojeno.

4.3.3. Analiza elektroenergetskog sustava - modul DECPAC

DECPAC je integrirani programski paket za analizu elektroenergetskog sustava i razvojnih planova, razvijen u Argonne National Laboratory USA kao dio DECADES modela na bazi WASP modela [6].

Primarni cilj modula za analizu elektroenergetskog sustava DECPAC jest da omogući analitičarima alat za pomoć u kompletnoj analizi elektroenergetskog sustava i u procjenjivanju različitih razvojnih strategija za razdoblje od nekoliko sljedećih desetljeća (do 30 godina).

4.3.3.1. Struktura DECPAC programskog paketa

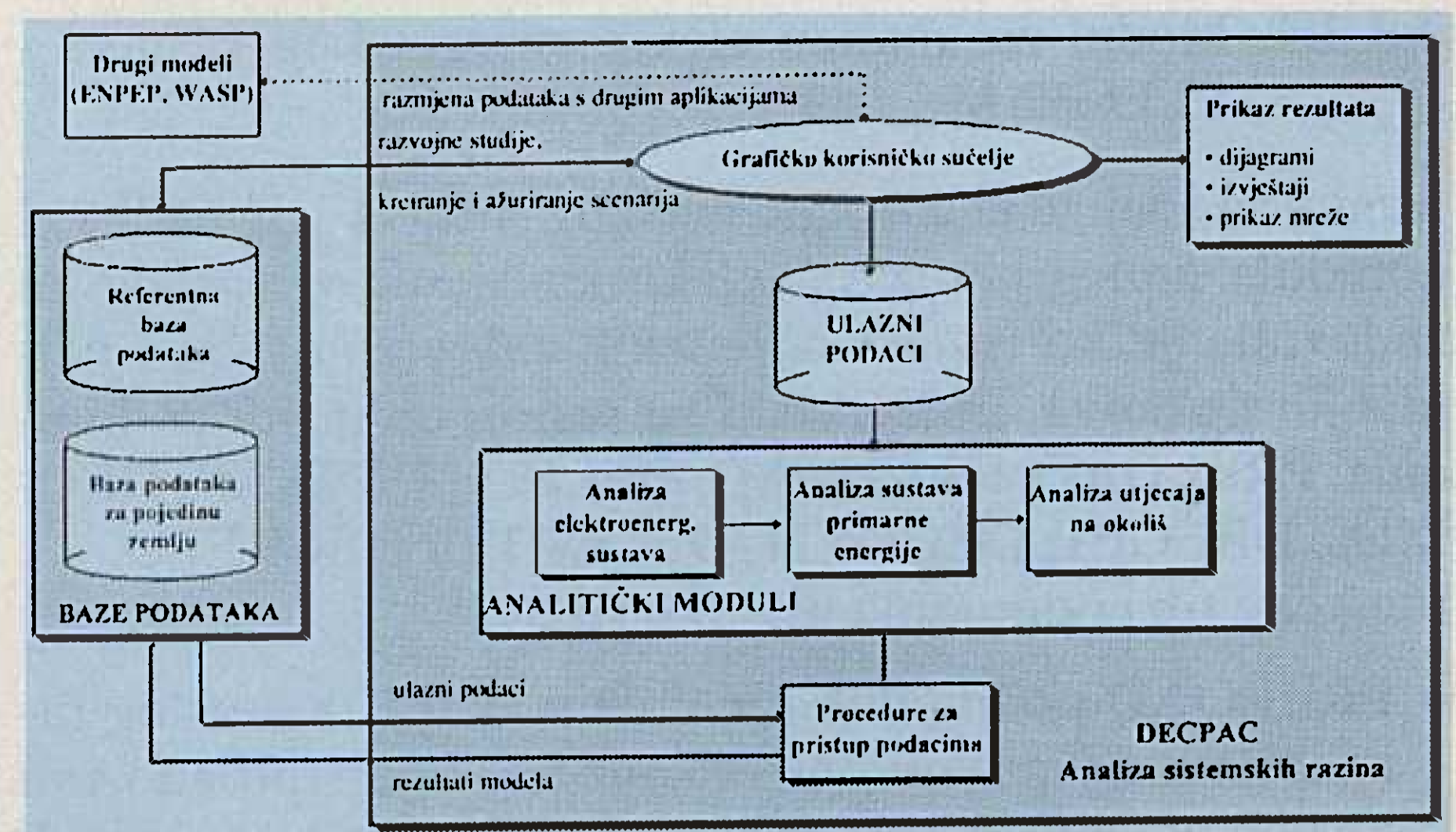
DECPAC povezuje baze podataka s analitičkim modulima kroz dva mehanizma: procedure i grafičko sučelje (slika 6). Informacije uzete iz baza podataka korištenjem rutina za pristup podacima i rezultati dobiveni iz analitičkih modula automatski se prikazuju na ekranu pomoću grafičkog sučelja.

DECPAC analitički alat može se koristiti za rad u jednostavnom modulu radi usporedbe korisnički definiranih tehnoloških lanaca, bez analize kompletnoga elektroenergetskog sustava ili za kompletnu optimizaciju planiranja sustava.

4.3.3.2. Glavne funkcije DECPAC programskog paketa

Glavne funkcije DECPAC programskog paketa jesu:

- pristup i prikaz informacija sadržanih u DECADES modulu, RTDB i CSDB bazama podataka
- omogućiti korisniku pristup i spremanje specifičnih po-



Slika 6. DECPAC programski paket za analizu elektroenergetskog sustava

dataka koji su potrebni za izvršenje modula za analizu sustava, ali nisu isključeni u RTDB ili CSDB, kao što su predviđena buduća potrošnja, diskontna stopa, promjena cijene goriva

- omogućiti prijenos podataka od baza podataka do analitičkih modula
- omogućiti analitičke sposobnosti radi usporedne analize raznih opcija za proizvodnju električne energije i raznih strategija, uzimajući u obzir tehničke, ekonomske i ekološke značajke
- prikaz numeričkih i grafičkih rezultata iz analitičkih modula.

4.3.3.3. Analiza sustava - glavni korak u DECPAC analizi

Glavni cilj analize elektroenergetskog sustava DECPAC programskim paketom i podržavajućim bazama podataka RTDB/CSDB jest da omogući korisniku integrirani alat za prikaz usporednih analiza na nivou postrojenja za proizvodnju električne energije, tehnoloških lanaca i energetskog sustava, ekonomskih parametara i utjecaja na okoliš raznih opcija za proizvodnju električne energije i budućih strategija. Ovaj programski paket omogućuje komparativne studije za različite scenarije razvoja elektroenergetskog sustava u sklopu razdoblja do 30 godina. Grafičko korisničko sučelje prikazuje na ekranu tablice za unos podataka potrebnih za studiju i prikazuje glavne izlazne rezultate u grafičkom obliku.

DECPAC programski paket za analizu sustava sastoji se od tri modula:

1. modula za analizu elektroenergetskog sustava - ELEC-SAM,
2. modula za analizu potrebnih primarnih energenata - PE-SAM,
3. modula za analizu utjecaja na okoliš - ENVIRAM.

DECPAC modul za analizu elektroenergetskog sustava uključuje ove zadatke:

- određivanje ekonomski optimalne razvojne strategije za elektroenergetski sustav i odgovarajuću potrebu za gorivom za proizvodnju električne energije, temeljeći se na elektranama odabranim iz RTDB ili CSDB bazama podataka
- analizu toka energije potrebnog za zadovoljavanje potreba za gorivom u elektroenergetskom sustavu
- određivanje rezultirajućih ekonomskih parametara, utjecaja na okoliš i količine otpada na nivou sustava.

4.3.3.4. Modul za analizu elektroenergetskog sustava - ELECSAM

Modul za analizu elektroenergetskog sustava - ELECSAM određuje strategiju razvoja elektroenergetskog sustava za zadovoljenje korisnički određenih zahtjeva na bazi najmanjih troškova. ELECSAM se sastoji od devet podmodula: PRELOAD, DECLOAD, DECFIX, DECVAR, DECMIX, DECOPT, DECDYN, DECOPT2 i DECREPO.

Funkcije tih podmodula ukratko su ove:

- PRELOAD podmodul obrađuje podatke iz prošlog razdoblja o dijagramu opterećenja zajedno s prognozom vršnog opterećenja (MW) za godine za koje se provodi planiranje. PRELOAD pretvara dane statističke podatke o satnim opterećenjima u tipičnu krivulju trajanja opterećenja.
- Nezavisno DECFIX podmodul uzima podatke iz CSDB baze podataka o tehničkim i ekonomskim karakteristikama i utjecaju na okoliš postojećih elektrana i priprema podatke za druge podmodule koji slijede. Ovaj podmodul računa redoslijed elektrana po ekonomičnosti proizvodnje utemeljenoj na ukupnim troškovima proizvodnje. Zatim određuje načine rada i sposobnosti postojećih hidroelektrana za svako razdoblje hidrološki uvjet. DECVAR radi isto što i DECFIX, ali s elektranama koje su kandidati za eksploataciju u budućnosti.
- Izlazni podaci iz DECLOAD, DECFIX i DECVAR podmodula zajedno s korisnički definiranim nivoom detalja za analizu, koriste se u DECMIX podmodulu za generiranje mogućih konfiguracija sustava za svaku godinu planiranog razdoblja na osnovi očekivanog porasta potrošnje električne energije, postojećih i planiranih elektrana.
- Razne konfiguracije sustava koje rezultiraju iz DECMIX podmodula simulirane su u DECOPT podmodulu radi određivanja troškova proizvodnje električne energije i neisporučene energije.
- DECDYN podmodul koristi podatke koji rezultiraju iz DECOPT podmodula za određivanje razvojnog puta s najmanjim troškovima za elektroenergetski sustav, temeljeći proračune na dinamičkim programskim algoritmima.
- Rješenje koje rezultira iz DECDYN podmodula je resimulirano DECOPT2 podmodulom radi određivanja pridruženih troškova proizvodnje i potreba za gorivima, koja su prošla modul za analizu primarnih energenata.
- DECREPO podmodul sređuje ulazne i izlazne podatke radi kreiranja izvještaja za ELECSAM.

4.3.3.5. Modul za analizu potrebnih primarnih energenata - PESAM

Modul za analizu potrebnih primarnih energenata - PESAM određuje kako potrebna goriva za proizvodnju električne energije mogu biti zadovoljena raznim primarnim energentima. PESAM dopušta ispitivanje promjena u energetskim tokovima i cijenama u cijelom energetskom sektoru, koje su nastale promjenama predviđenog opterećenja, tehnoloških izbora i karakteristika izabranih tehnologija.

PESAM prolazi analizu za svaku godinu. Rezultirajuće rješenje je niz cijena i količina za sve veze u energetskom sektoru za svaku godinu analiziranog razdoblja. Te se in-

formacije dalje prosljeđuju u modul za analizu utjecaja na okoliš - ENVIRAM.

4.3.3.6. Modul za analizu utjecaja na okoliš - ENVIRAM

Modul za analizu utjecaja na okoliš - ENVIRAM računa emisije u zrak, npr. CO₂ i potrebnu površinu za svaki proces na nivou postrojenja, tehnološkog lanca i elektroenergetskog sustava. Dodatno još na nivou elektrane modul omogućuje analizu utjecaja instaliranja tehnologija za kontrolu emisija na emisije u okoliš, povećanje otpada i troškove proizvodnje električne energije. Sekundarni efekti, kao što su povećanje otpada kao rezultat primjene kontrolnih tehnologija, također su analizirani.

ESM podmodul (podmodul za emisije) računa emisije u zrak za nivo proizvodnje električne energije u tehnološkom lancu (nivo VI), koristeći se podacima o karakteristikama goriva (npr. ogrjevna moć, pepeo, sadržaj sumpora, emisijski faktor i dr.) u bazama podataka. S tim podacima ESM računa nekontroliranu emisiju za polutante kao što su čvrste čestice, SO₂, NO_x, CO, CO₂, CH₄ i volatili (NMVOC).

CDSM podmodul (podmodul za kontrolne tehnologije) omogućuje analizu utjecaja primjene kontrolnih tehnologija za smanjenje emisija na emisije iz elektroenergetskog sustava i natroškove proizvodnje električne energije. CDSM računa kontrolirane emisije uzimajući u obzir efikasnost kontrolnih tehnologija. Taj podmodul također računa investicijske troškove, fiksne i varijabile troškove pogona i održavanja, potrošnju reagenta i pridruženo povećanje otpada, internu potrošnju električne energije i utjecaj ugradnje kontrolnih tehnologija na ukupnu toplinsku efikasnost elektrane, tj. neto snagu na pragu elektrane.

IECCSM podmodul (podmodul za troškove ugradnje kontrolnih tehnologija) računa dodatne troškove uzrokovane ugradnjom kontrolnih uređaja u elektranu.

WGSM podmodul (podmodul za otpad iz kontrolnih tehnologija) računa povećanje otpada na svakom nivou lanca, koristeći se podacima o tehnološkim značajkama iz baza podataka i podacima o potrošnji goriva iz podmodula ELECSAM i PESAM. Volumen otpada računa se slijedeći metodu bilance masa.

LUSM podmodul (podmodul za korištenje zemljišta) računa potrebnu površinu zemljišta za pojedine elemente tehnološkog lanca za proizvodnju električne energije i cijelog sustava, koristeći se podacima spremljenima u bazama podataka.

CESM podmodul (podmodul za efikasnost ulaganja u kontrolne tehnologije) omogućuje ekonomsko vrednovanje raznih kontrolnih tehnologija za emisije iz elektrana, odabranih od korisnika.

5. ZAKLJUČAK

Glavna je namjena DECADES/DECPAC programskog paketa da pomoću baza podataka i analitičkih alata omogući integrirani pregled proizvodnih tehnologija, pregled tehnoloških lanaca i energetskog sustava radi usporedne analize ekonomskih i ekoloških parametara raznih opcija za proizvodnju električne energije.

Glavne karakteristike DECPAC modela jesu:

- Model je integriran sa RTDB/CSDB bazama podataka.
- Elektroenergetski model je predstavljen raznim tehnolo-

loškim lancima.

- Studije planiranja mogu koristiti RTDB/CSDB baze podataka.
- Planiranje metodom najmanjih troškova - optimiranje radi se simulacijskim metodama i dinamičkim programiranjem.
- Potrebe primarnih energenata bazirane na razvojnim planovima računaju se uzimajući u obzir sve korake tehnološkog lanca.
- Modul za računanje utjecaja na okoliš računa emisije u atmosferu, otpad pri proizvodnji električne energije i potrebnu površinu zemljišta.
- Moguća je detaljna analiza primjena kontrolnih tehnologija, ukupni troškovi proizvodnje i emisije.

Rezultat svih analiza programom DECPAC može se dobiti u obliku grafičkog ili tekstualnog prikaza. Korisničko grafičko sučelje omogućuje kreiranje niza grafova izlaznih rezultata (ukupna instalirana snaga termoelektrana po godinama, ukupno proizvedena energija, troškovi u sustavu, emisije iz elektrana, zauzeće zemljišta, ulazak i izlazak elektrana iz pogona, potrošnja goriva, troškovi kontrolnih uređaja, kruti otpad, ekonomičnost kontrolnih uređaja, emisije u okoliš sa i bez kontrolnih tehnologija). Na Zavodu za visoki napon i energetiku provedeni su i probni proračuni programskim paketom DECPAC za elektroenergetski sustav Hrvatske za predviđeni konzum do 2017. godine.

LITERATURA

- [1] D. FERETIĆ, V. MIKULIČIĆ, Ž. TOMŠIĆ, D. ŠKANATA: "An Advanced Methodology for Assessment of Different Electrical Energy Development Strategies", The Fifth International Symposium on New Technologies, Proceedings, 290-294, Poreč, September 25-27, 1995.
- [2] Senior Expert Symposium on Electricity and the Environment, Key Issues Papers, Helsinki, 13-17 May 1991.
- [3] DECADES: Inter-Agency Joint Project on Data Bases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation – Project Outline, Working Paper No. 1, July 1993.
- [4] DECADES: Inter-Agency Joint Project on Data Bases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation – Reference Technologies

Data Base (RTDB), Working Paper No., 3, May 1993.

- [5] DECADES Inter-Agency Joint Project on Data Bases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation, Country Specific Data Base (CSDB) User's manual, Working Paper No. 6, IAEA, Vienna 1994
- [6] DECADES: Inter-Agency Joint Project on Data Bases and Methodologies for Comparative Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation – Decades Software Package (DECPAC), Working Paper No. 2, May 1993.

ELECTRIC POWER SYSTEM ANALYSIS AND PLANNING USING COMPUTER-PROGRAMME PACKAGE DECADES

In the paper, new methodologies of electric power system planning are presented, which analyse the energetical, economical and ecological characteristics of the entire technological chains for electric energy production (from primary energy production to waste management). Basic elements of the technological chains are given including impact on the environment. This methodology based on the comparison of technological chains for electric power system planning is used by the programme package DECADES. The programme description consists of displaying its structure, main possibilities and output results.

DIE ÜBERPRÜFUNG UND PLANUNG EINES STROMVERSORGUNGSSYSTEMS DURCH DEN EINSATZ VON RECHENGERÄTEN

Dargestellt werden neue, Energie- Wirtschafts- und Umweltschutzkenn- daten ganzer Verfahrensketten überprüfende Planungsverfahren (von der Erzeugung primärer Energieträger bis zur Abfallversorgung). Angeführt sind die Grundglieder der Verfahrensketten und ihr Einfluss auf die Umgebung. Dieses, sich auf den Vergleich von Verfahrensketten stützende Verfahren der Stromversorgungs-Systemplanung wendet das Programmpaket DECADES an. In der Beschreibung des Programmpaketes wird seine Zusammensetzung gezeigt, sowie seine Hauptmöglichkeiten und die Darstellungsart seiner Endergebnisse.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Danilo Feretić, dipl. ing.
Mr. sc. Željko Tomšić, dipl. ing.
Tea Kovačević, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Zavod za visoki napon i energetiku
Unska 3, 10000 Zagreb,
Hrvatska

Mr. sc. Dejan Škanata, dipl. ing.
ENCONET International
Unska 3, 10000 Zagreb,
Hrvatska

Uredištvo primilo rukopis:
1996 – 08 – 12

industrogradnja d.d.





UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNIČA ELEKTRIČNIH KABELA

KRIVULJA TROŠKOVA ELEKTRANA

Osvrt na tekst *Krivulja troškova elektrana* u časopisu Hrvatske elektroprivrede, *Energija* 1 iz veljače 1996. godine

Čedomir Trivić — Zdenko Radovan, Pula

UDK 621.311.2.003

STRUČNI ČLANAK

Kao polemika na članak istog naslova u *Energiji*, god. 45 (1996.), br. 1 navode se primjeri te dizel SDM koji pokazuju najpovoljnije rezultate. Osim toga prednost je u mogućnosti promjene kapaciteta ne mijenjajući koeficijent toplinskog djelovanja.

Ključne riječi: krivulja troškova, cijena električne energije, sporohodni dizel motor (SDM).

UVOD

U navedenom članku se navodi nekoliko elektrana (tehnologija), između ostalih i TE dizelske snage 55 MW. Mislimo da je trebalo navesti o kojoj je termoelektrani riječ kako se ne bi stvorio pogrešan dojam o toj vrsti elektrana.

Navedena dizelska elektrana snage 55 MW u Hrvatskoj nije izgrađena, već je riječ o skupu malih elektrana u Dalmaciji koje su sastavljene u doba najveće krize, tj. nestašice električne energije na navedenom području. Ti dizelski agregati pogonjeni su malim brzohodnim dizel-motorima, a kao pogonsko sredstvo koristi se skupo dizelsko gorivo D2, koje se u tu svrhu ne koristi više ni na brodovima, jer se tamo koriste teška (jeftinija) goriva. Ovdje je, dakle, bilo riječi o improvizaciji koja ne može biti polazište za ocjenu dizelske TE sa stajališta ekonomičnosti, iskorištenja kapaciteta i cijene električne energije.

Da bi prikaz elektrana (tehnologija) bio potpuniji s troškovnim osobitostima (trošak izgradnje jedinice snage, troškovi pogona, održavanja i goriva), što određuje mjesto i ulogu elektrane u energetsom sustavu, u navedenim prikazima dodali smo i dizelsku TE SDM (sa sporohodnim dizelskim motorima, 3x10K80MC-S) snage 100 MW. U ovoj analizi kao pogonsko sredstvo korišteno je teško gorivo, premda bi ekonomski efekti bili još povoljniji sa TE SDM pogonjenim plinom.

U ovom se prikazu koristila ista metoda kao i u navedenom članku i isti podaci koji su navedeni za prikazane elektrane.

ISKORIŠTAVANJE KAPACITETA

Elektrane sa sporohodnim dizelskim motovima (SDM) mogu raditi kao vršne i temeljne. Stupanj iskorištenja kapaciteta može iznositi i 90%. Taj je visok postotak moguće ostvariti jer se određeni radovi (remonti) mogu vršiti na motoru dok je u pogonu. Zbog usporedbe s drugim elektranama u proračunu smo uzeli stupanj iskorištenja kapaciteta od 75%.

OSNOVNI PODACI

U proračunu su uz dizelske TE SDM korištene slijedeće vrijednosti:

Potrošnja teškog goriva	181.7 g/kWh
Kalorična vrijednost teškog goriva	40 200 kJ/kg
Cijena teškog goriva (90-110 USD/t)	100 USD/t

Iz tablice 1. vidljivo je da je specifična potrošnja topline (kJ/kWh) najmanja kod TE dizel SDM, što je i razumljivo s obzirom na to da od navedenih elektrana dizel-motori imaju najveći stupanj djelovanja.

Troškovi održavanja, uključujući radne sate remonta i proračunatih rezervnih dijelova, odnose se na cijene koje su na snazi, a predstavljaju prosječne godišnje brojke za neograničen period rada. Oko 35% planiranih sati remonta (4050 sati/godišnje) može se obaviti kada motor radi.

Za proračun stalnih kapitalnih godišnjih troškova pretpostavljen je anuitetski faktor prema uvjetima: 6%, 30 godina (0,0726), kao i u tekstu gosp. Marijana Magdića.

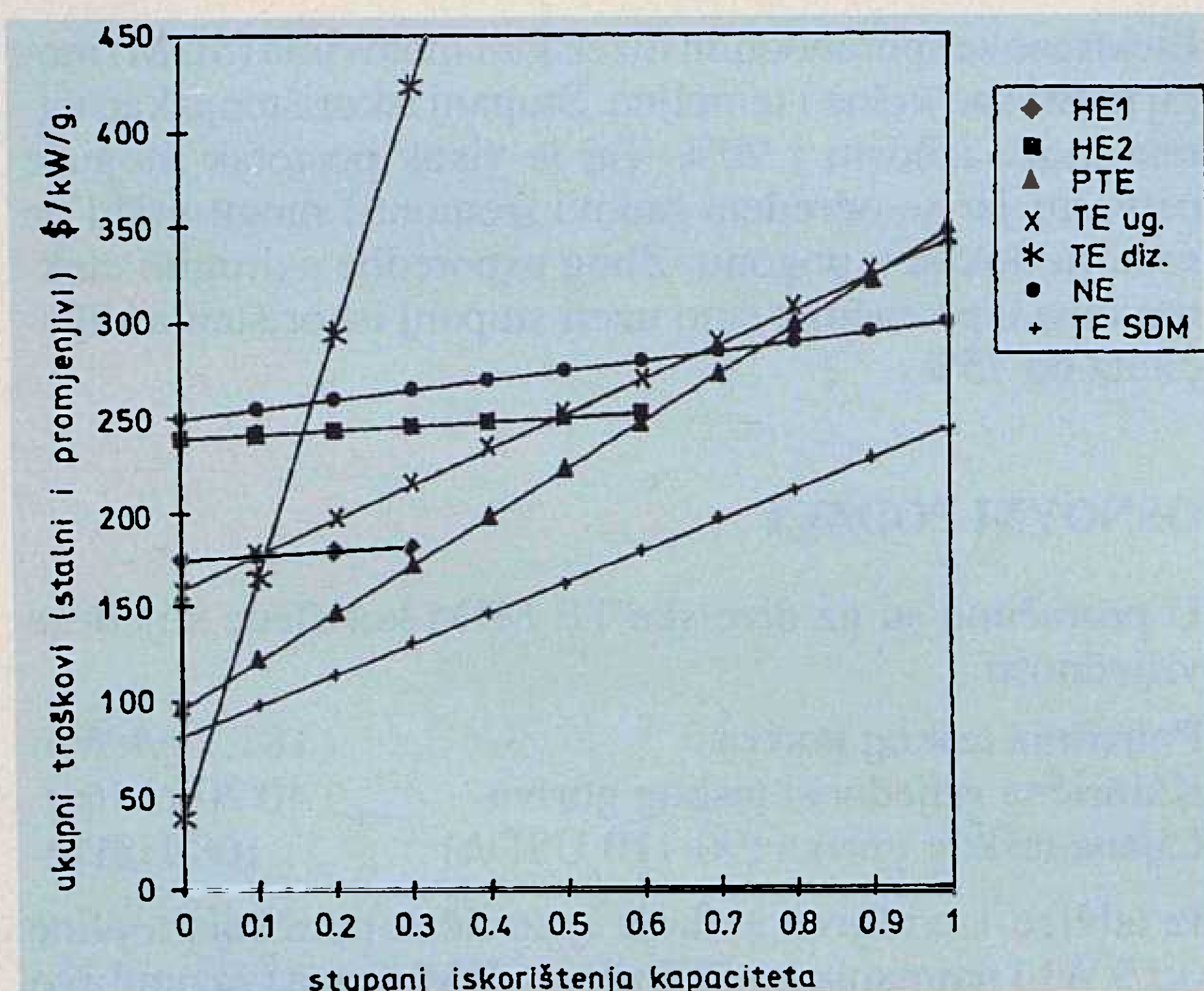
Tablica 1. Osnovni podaci o elektranama

Projekt	MW	Troškovi izgradnje USD/kW	Stalni troš. pog. i odr. USD/kW/g	Promj. troš. pog. i održ. Mills/kW	Spec. pot. topline kJ/kWh	Cijena goriva USD/GJ	Gorivo Mills/kW
HE1	42	2000	29.48	2.57			
HE2	140	2800	34.68	2.57			
PTE	180	950	28.58	0.35	7660	3.70	28.34
TE ugljen	350	1600	43.87	0.35	9880	2.08	20.55
TE dizel	55	300	15.00	0.20	10000	14.64	146.40
NE	1000	1800	118.40	1.00	10700	0.44	4.75
TE dizel SDM	100	1000	9.13	0.20	7300	2.49	18.18

Tablica 2. Stalni i promjenljivi troškovi

Projekt	MW	Stalni troškovi USD/kW/g	Promjenljivi troškovi Mills/kW
HE1	42	174.78	2.57
HE2	140	238.10	2.57
PTE	180	97.60	28.69
TE ugljen	350	160.11	20.90
TE dizel	55	36.79	146.60
NE	1000	249.17	5.75
TE dizel SDM	100	81.78	18.38

Slika 1. prikazuje grafički do sada navedene podatke vezane za ukupne troškove (stalne i promjenljive) pojedinih elektrana čiji međusobni odnos određuje stupanj iskorištenja kapaciteta. Stupanj iskorištenja godišnjih kapaciteta za hidroelektrane određen je količinom vode.



Slika 1. Krivulja troškova elektrana (tehnologija)

Iz slike 1. je nadalje vidljivo da su navedene TE dizel zbog malih troškova izgradnje u području do 4% godišnjih kapaciteta (350 sati godišnje) isplativije od TE dizel SDM, dok su u cijelom ostalom području TE dizel SDM najpovoljnije sa stajališta ukupnih troškova (USD/kW/g).

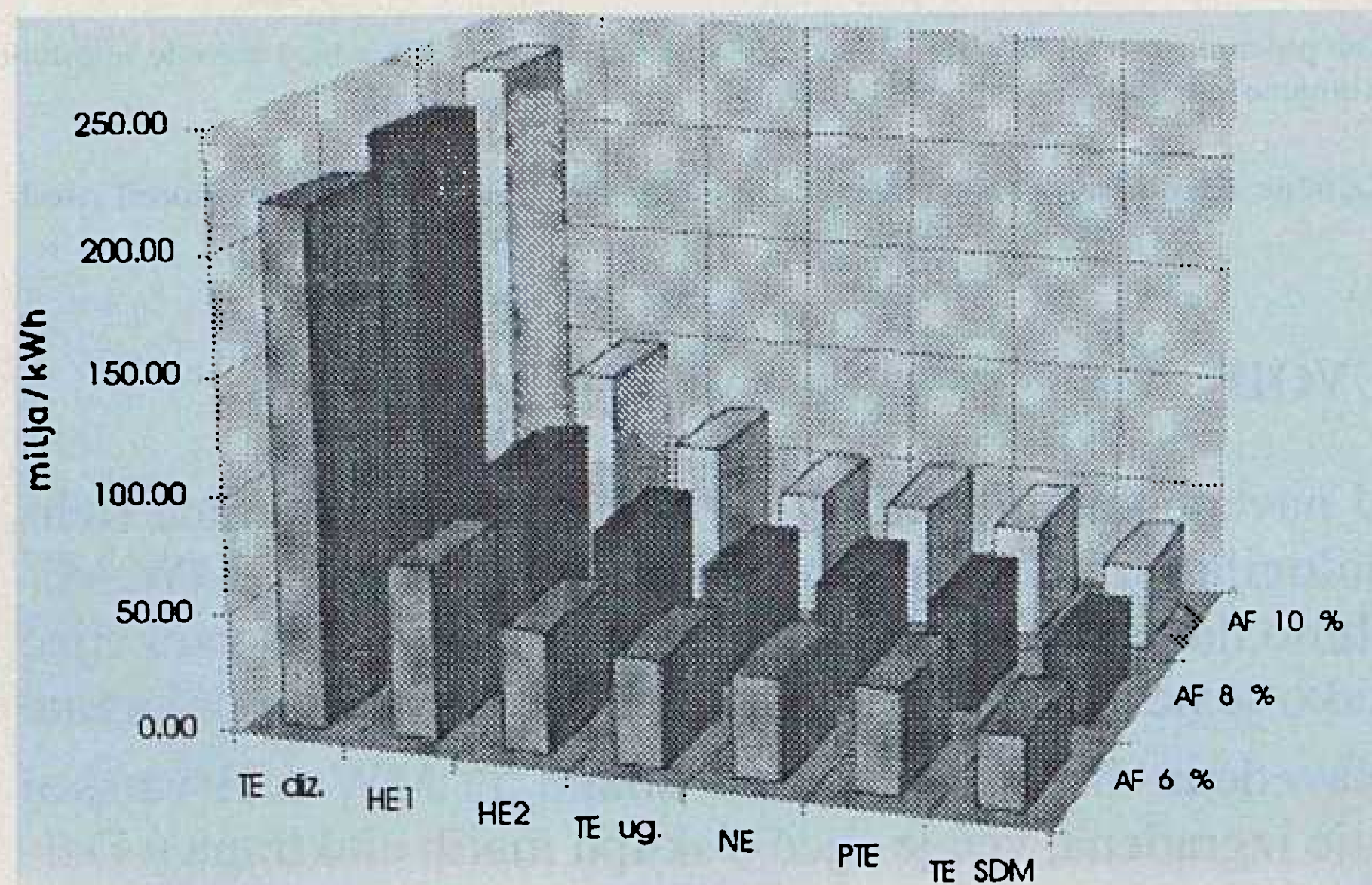
Tablica 3. Cijena električne energije

Projekt	MW	Stupanj iskorištenja kapaciteta %	Stalni troškovi USD/kW/g	Stalni troškovi Mills/kWh	Promjenljivi troškovi Mills/kW	Ukupni troškovi	
						Mills/kWh	relativni tr.
HE1	42	27.97	174.78	71.34	2.57	73.91	1.70
HE2	140	55.00	238.10	49.42	2.57	51.99	1.19
PTE	180	75.00	97.60	14.85	28.69	43.55	1.00
TE ugljen	350	75.00	160.11	24.37	20.90	45.27	1.04
TE dizel	55	5.89	36.79	71.31	146.60	217.91	5.00
NE	1 000	75.00	249.17	37.93	5.75	43.68	1.00
TE dizel SDM	100	75.00	81.78	12.45	18.38	30.82	0.71

CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U tablici 3. proračunati su na temelju podataka o troškovima i podacima o stupnju iskorištavanja kapaciteta troškovi proizvodnje (cijena) električne energije.

Iz tablice 3. i slike 2. vidljivo je da je najniža cijena električne energije ostvarena kod TE dizel SDM. Analizirajući stupanj iskorištenja kapaciteta, koja je funkcija krivulje troškova pojedine elektrane, i količinu raspoložive vode, uz HE1 i TE dizel SDM mogla bi se koristiti i kao vršna elektrana, iako ima prednost pred ostalim u cijelom području stupnja iskorištenja kapaciteta.



Slika 2. Cijena električne energije

Na slici 2. vidljivi su rezultati proračuna ukupnih troškova (Mills/kWh) za anuitetske faktore prema uvjetima: 6%, 8% i 10%, 30 godina.

ZAKLJUČAK

U proračunu troškova elektrana koji su rezultat troškova izgradnje, troškova pogona i troškova održavanja s uključenim gorivom svakako treba razmotriti i TE dizel SDM. Na temelju krivulja troškova i cijene električne energije razmatrana TE dizel SDM daje najpovoljnije rezultate.

Prednost TE dizel SDM jest i u tome što može mijenjati kapacitet rada (snagu) isključivanjem pojedinih jedinica (motora), ne mijenjajući pritom koeficijent toplinskoga djelovanja, tj. cijene kWh električne energije kao kod drugih TE. Uz navedene podatke u tablicama i slikama treba uzeti u obzir vrijeme izgradnje elektrane i udio domaće opreme (SDM, generatori, rasklop, građevinski radovi i ostalo).

POWER PLANT COST CURVE

As a discussion on the paper of the same title published in the Energija, year 45 (1996), Nr. 1, some examples are given and the low speed diesel engine that shows the most convenient results. Beside that the advantage is also the possibility of capacity change not changing the heating efficiency degree.

DIE BETRIEBSKOSTENKURVE DER KRAFTWERKE

Als Beitrag zum Artikel mit dem selben Tittel in der "Energie" Jhrg. 45 (1996), No. 1 werden die, beste Ergebnisse zeigenden, Beispiele für dieses Dieselkraftwerk angegeben. Darüber hinaus besteht als Vorteil die Möglichkeit der Leistungsänderung ohne den thermischen Wirkungsgrad zu ändern.

Naslov pisaca:

Čedomir Trivić, dipl. ing.
Zdenko Radovan, dipl. ing.
Uljanik Strojogradnja d.d.
R. Končara 1
52100 Pula, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-06-18

MALI RJEČNIK SUSTAVA ZA VOĐENJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA

(englesko-njemačko-hrvatski)

Kao doprinos uvijek žednom tržištu stručnih rječnika u prodaji se pojavio trojezični englesko-njemačko-hrvatski rječnik iz područja upravljanja pod nazivom Mali rječnik sustava za vođenje elektroenergetskih postrojenja. Mali rječnik sadrži oko 2 000 terminoloških jedinica iz područja vođenja, a temelji se na službenoj terminologiji sustava PROCONTROL P korištenoj u tehničkoj dokumentaciji, shemama i ekranskim prikazima. Autor hrvatskoga dijela, kao i dopune i revizije engleskog i njemačkog jest Marija Slunjski, prevoditeljica u Hrvatskoj elektroprivredi, Direkciji za upravljanje i prijenos. Redaktori i recenzenti su prof. dr. Vladimir Mikuličić – Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, mr. Florijan Rajić – HEP Zagreb, Nenad Čukman, dipl. ing. – TEB Inženjering Zagreb, mr. Jasenko Fabeta – Senka Labin i gosp. Klaus Dietrich – ABB Mannheim. Lektor za hrvatski jezik bio je profesor Filozofskog fakulteta u Zagrebu dr. Borislav Pavlovski, a programsku podršku dao je ing. Stanislav Juretić iz HEP-a.

Mali rječnik za vođenje elektroenergetskih postrojenja prvi je rječnik stručne terminologije u Hrvatskoj elektroprivredi. Namijenjen je tehničkom osoblju u montažnim i inženjerskim tvrtkama kako bi im olakšao praćenje kataloga, promidžbenih i tehničkih materijala iz sustava za vođenje, kao i prevoditeljima stručne literature iz područja vođenja, upravljanja i regulacije.

ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

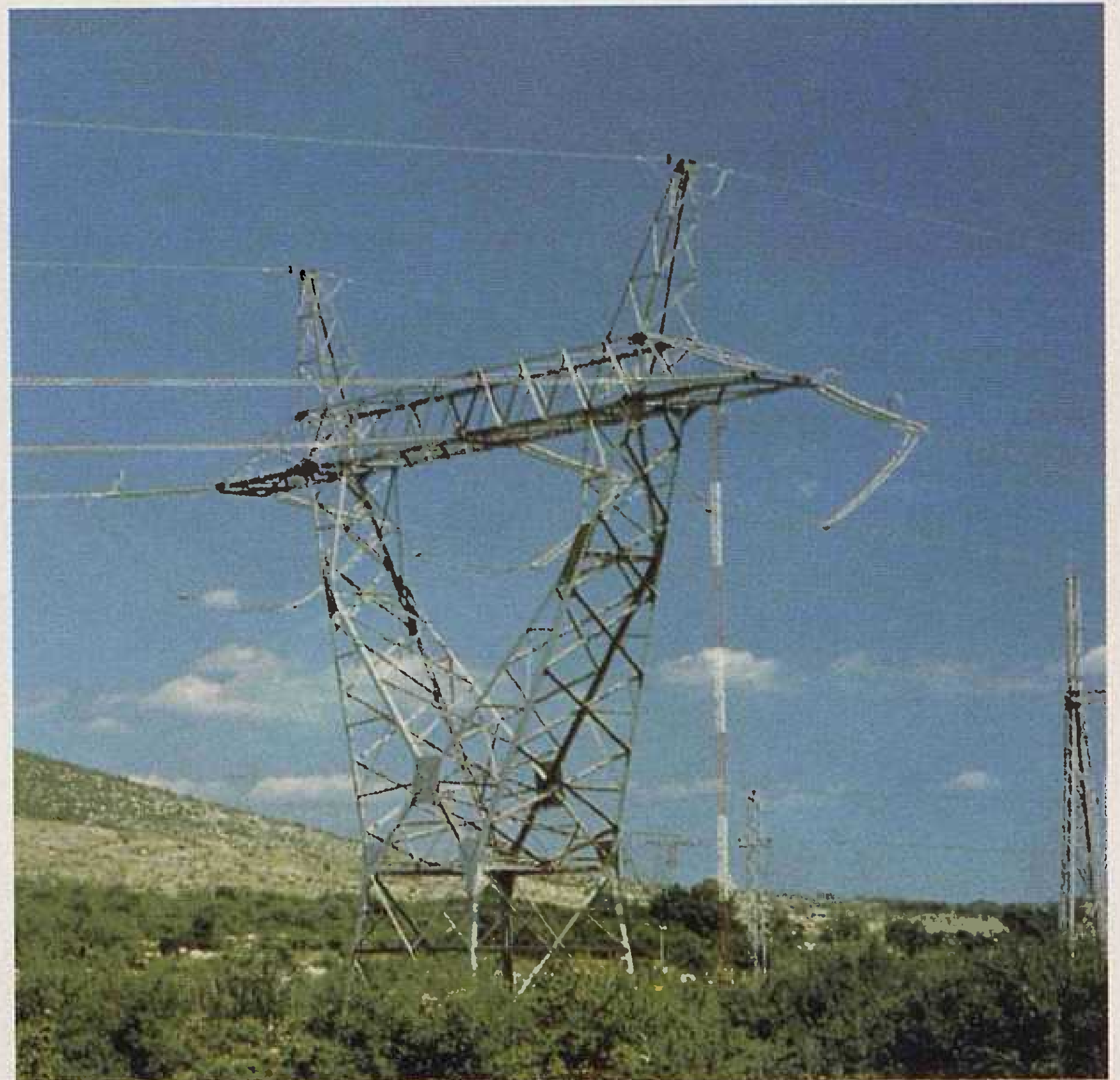
- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brzoi i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.

Gotovo da je pola stoljeća rada i uspjeha iza DALEKOVODA, no nedavna potvrda za kvalitetu, dobivenu certifikatom ISO – 9001/94., od renomirane i u svijetu poznate i priznate tvrtke Lloyd's Register iz Londona, označila je za DALEKOVOD novi iskorak u budućnost. Dobiveni standard potvrđuje rad po svjetskim normama u području proizvodnje, nabave, prodaje, završne kontrole, ispitivanja, ugradnje i servisa što sam DALEKOVOD čini tvrtkom visoko kvalitetne proizvodno-uslužne razine.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

The Quality Management System is applicable to:

*Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.*

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

<p>Approval Certificate No. 200638</p>	<p>Original Approval : 6th March 1995</p> <p>Current Certificate : 6th March 1995</p> <p>Certificate Expiry : 28th February 1998</p>
--	--

N. K. [Signature]
on behalf of LRQA

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

<p><u>Locations:</u></p> <p>Zagreb</p> <p>Velika Gorica</p> <p>Žitnjak</p> <p>Vinkovci</p>	<p><u>Activities:</u></p> <p>Design and company head quarter</p> <p>Manufacture and quality management</p> <p>Installation head quarter</p> <p>Forging</p>
--	--

<p>Certificate Schedule Certificate No. 200638</p>	<p>Page 1 of 1</p> <p>Original Approval : 6th March 1995</p> <p>Current Certificate : 6th March 1995</p> <p>Certificate Expiry : 28th February 1998</p>
--	---

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 511-325
Fax: ++385-1-530-606, 511-754

PROCJENA UVJETA ELEKTROMAGNETSKE IZLOŽENOSTI ŽIVIH BIĆA U BLIZINI 400 kV DALEKOVODA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.315.1 : 628.518
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Prikazan je postupak računanja električnog i magnetskog polja u blizini dalekovoda napona 400 kV procjenom najlošijeg slučaja. Dan je detaljan prikaz rezultata i sugerirana je metoda laboratorijskog simuliranja ekspozicijskih uvjeta za potrebe in vitro bioloških istraživanja učinaka izlaganja živih stanica takvim poljima.

Ključne riječi: dalekovod 400 kV, električno polje, magnetsko polje, parametri polarizacije.

Uvod

Istraživanja bioloških učinaka polja koja proizvodi visokonaponska prijenosna mreža dobivaju sve veću važnost otkad se u nas i u svijetu pojavljuju otpori gradnji takvih objekata, koji pak imaju kapitalnu važnost za stanovništvo. Na temelju mnogobrojnih istraživanja poduzetih do sada u svijetu može se s visokim stupnjem sigurnosti utvrditi da pravi problemi zapravo uopće nisu u visokonaponskom sustavu (vidjeti npr. [1], [2], [3]). Proučavanja na staničnoj razini omogućuju identificiranje eventualnih smetnji u fiziološkim i biokemijskim procesima žive stanice, što se može upotrijebiti u tumačenju zapažanja na životinjskim i ljudskim populacijama.

Ovaj rad nastao je zbog potrebe za utvrđivanjem ekspozicijskih uvjeta u okolini dalekovoda napona 400 kV, a radi omogućavanja budućeg izvođenja pokusa s jednostaničnim preparatima u laboratorijskim uvjetima, jer je u stvarnoj sredini, na otvorenom, gotovo nemoguće kontrolirati biološke varijable, poput npr. temperature okolice. Upotrijebljena je metoda procjene najnepovoljnijeg mogućeg slučaja sa stajališta bioloških utjecaja niskofrekventnih polja. Kako su blizu linija trofaznog sustava električna i magnetska polja općenito eliptički polarizirana, bilo je potrebno istražiti njihove maksimalne i efektivne vrijednosti, komponente u horizontalnom i vertikalnom smjeru, aksijalni odnos, te nagib glavne osi elipse polarizacije. iz tih je parametara moguće predložiti tehničko rješenje za ekspoziciju npr. bakterijskih ili krvnih preparata u laboratoriju. Interesantno je načiniti usporedbe s važećim preporukama [1], [4].

1. OPIS RAČUNSKOG MODELA

Proračun se odnosi na prostor u blizini električnog voda napona 400 kV, što je najviša prijenosna razina u našoj zemlji. Primijenjena je metoda najgoreg slučaja, a ona uključuje sljedeće najvažnije pretpostavke:

- Vodljivost tla u računima uzeta je kao beskonačna, što će dovesti do precjenjivanja polja. U stvarnosti dalekovodi prolaze najrazličitijim terenima, među kojima,

međutim, ima i onih koji se relativno korektno mogu zamijeniti takvim modelom [5], pa je njegova primjena opravdana.

- Visina linijskih vodiča iznad zemlje uzeta je kao minimalna moguća prema tehničkim propisima, a to je u ovom slučaju 7+2 m, pa je svugdje rabljeno $h=9$ m.
- Linijski su vodiči modelirani kao beskonačno dugi cilindrični štapovi polumjera R . To je opravdano jer je raspon između stupova i do nekoliko stotina metara, a u okolini točke minimalne visine vodiča iznad tla njihova je zakrivljenost vrlo mala. Zbog toga se nije računala srednja visina vodiča kao u [5]. Horizontalne dimenzije čovjeka, kao i bilo koje životinje, zanemarive su prema rasponu stupova. Promatra se, dakle, polje u sredini između dva stupa.
- Geometrijski razmještaj linijskih vodiča ovisi o vrsti stupa. Najgori mogući slučaj predstavlja horizontalni raspored vodiča, jer su pritom sva tri na istoj visini (u ovom slučaju minimalnoj), za razliku od npr. bačvastog rasporeda. Razmak vodiča od $d=10.4$ m uzet je iz konkretnih podataka o dalekovodu Tumbri-Ernestinovo [6].
- U proračunu se uzimala vrijednost napona od 400 kV, što daje amplitudu prema zemlji od 327 kV. Električno polje zbog njega prisutno je uvijek do je vod pod naponom i kreće se unutar dopuštenih tolerancija, koje nije potrebno posebno uzimati u obzir.
- Kako su promjeri vodiča mnogo manji od međusobnog razmaka i visine iznad zemlje, njihovo je međudjelovanje zanemareno, što, međutim, ograničava valjanost metode izračunavanja na prostor relativno udaljen od njih. Premda bi se u blizini vodiča vjerojatno pojavile velike greške u procjeni polja, to nije važno jer je pristup ljudima ionako zabranjen na manje od 4 m. Utjecaj vodova i drugih predmeta u blizini može se formalno uzeti u obzir izračunavanjem potencijalnih koeficijenata, odnosno razdiobe kapaciteta među vodičima. Međutim, u [5] i [6] se vidi da debalans kapaciteta u linearnom rasporedu vodiča nema takvu vrijednost koja bi znatno utjecala na rezultate, pogotovu ne uz primjenu prepleta.
- Vrijednost polja izračunate ovdje dobro se poklapaju s mjenjenim vrijednostima na 400 kV dalekovodu u [7], a

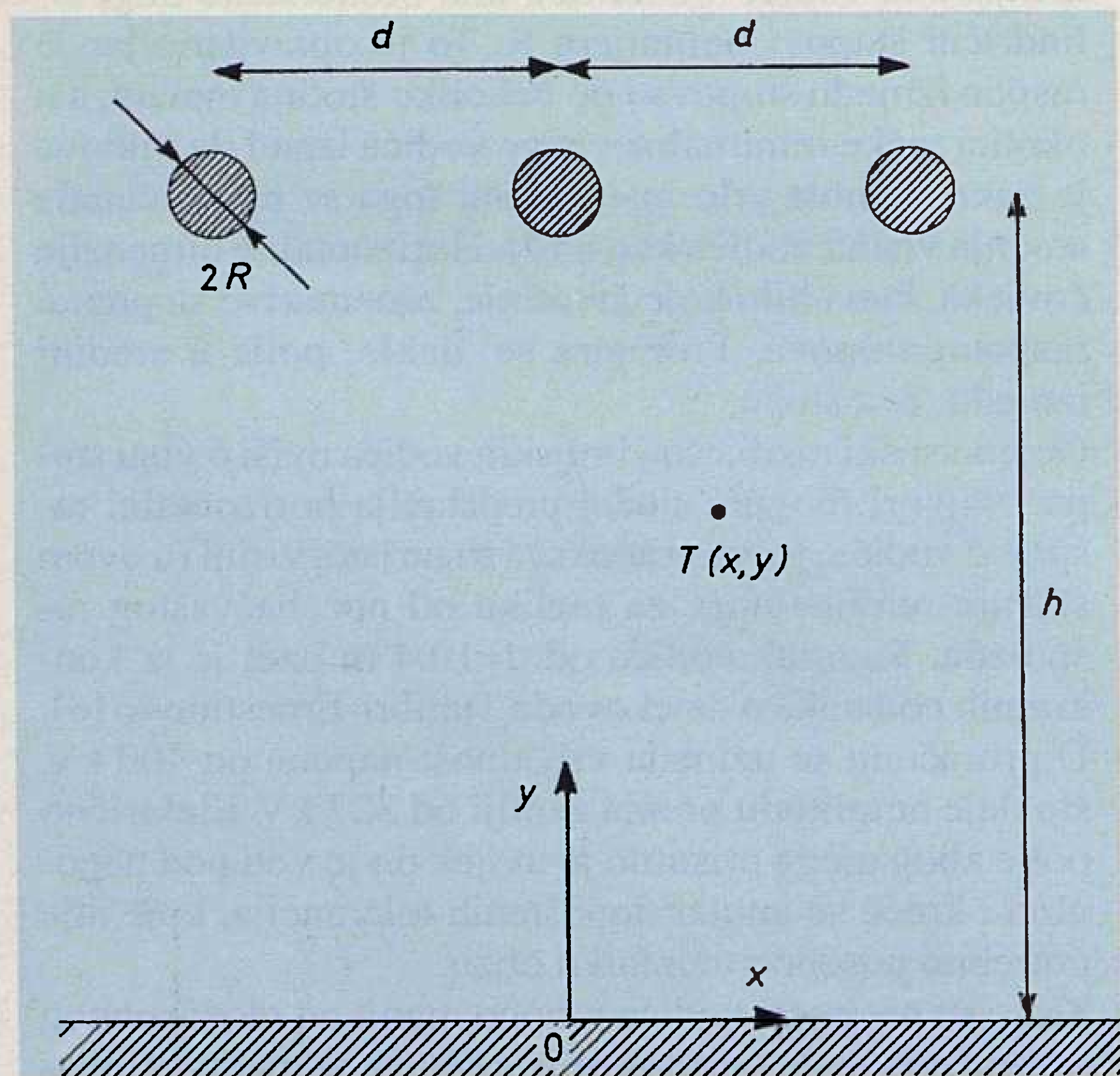
nalaze se na granici ili ispod zaštitnih vrijednosti preporučениh od IRPA. Zbog toga ne treba očekivati nekakve spektakularne rezultate od bioloških istraživanja. Čini se, barem zasad, da boravak u blizini dalekovoda ove naponske razine nije opasan dokle god smo izvan zone neposredne opasnosti od električnog udara.

2. PRORAČUN ELEKTRIČNOG POLJA

Slika 1. prikazuje situaciju s tri vodiča trofaznog sustava iznad idealno vodljivog tla, čije se djelovanje uzima u obzir preko suprotno nabijenih zrcalnih slika vodova. Potencijal zemne površine jednak je nuli. Poznat je napon između svakog vodiča i zemlje: taj je jednak faznom naponu, čija je amplituda U_{\max} očito jednaka $\sqrt{2} \times 400 / \sqrt{3} = 327$ kV. Vršna vrijednost doprinosa pojedinog vodiča potencijalu točke $T(x,y)$ lako se dobije kao:

$$\varphi_i = \frac{U_{\max}}{2 \ln \frac{2h-R}{R}} \cdot \ln \frac{[x-(i-2) \cdot d]^2 + (y+h)^2}{[x-(i-2) \cdot d]^2 + (y-h)^2}; \quad i=1,2,3 \quad (1)$$

Sa i je označen redni broj linijskog vodiča slijeva nadesno u koordinatnom sustavu sa slike 1. Kao polumjer vodiča R uzima se elektrostatski ekvivalent [5], ako je on građen od



Slika 1. Skica situacije

n paralelno vučenih užeta radiusa r , u poprečnom presjeku jednoliko rasmještenih po kružnici polumjera S :

$$R = S \cdot \sqrt[n]{\frac{n r}{S}} \quad (2)$$

Kudikamo najčešći postavi imaju $n=2$, odnosno $n=3$. Centar ekvivalentnog vodiča odgovara središtu konfiguracije. Doprinos pojedinog vodiča komponentama polja u promatranoj točki računa se kao:

$$e_{ix} = \frac{\varphi_i(x,y) - \varphi_i(x+\Delta,y)}{\Delta} \cdot \cos[\omega t + (i-1) \cdot 120^\circ] = E_{ix} \cdot \cos[\omega t + (i-1) \cdot 120^\circ] \quad (3)$$

$$e_{iy} = \frac{\varphi_i(x,y) - \varphi_i(x,y+\Delta)}{\Delta} \cdot \cos[\omega t + (i-1) \cdot 120^\circ] = E_{iy} \cdot \cos[\omega t + (i-1) \cdot 120^\circ] \quad (4)$$

Δ je korak koji se u numeričkom postupku odabire dovoljno malim s obzirom na gradijent potencijala u prostoru. U računu je korišten korak od $10 \mu\text{m}$, što daje vrlo točne komponente polja. Komponente ukupnog polja računaju se dalje ovako:

$$E_x = \sum_{i=1}^3 e_{ix} = A \cos \omega t + B \sin \omega t \quad (5)$$

$$E_y = \sum_{i=1}^3 e_{iy} = C \cos \omega t + D \sin \omega t \quad (6)$$

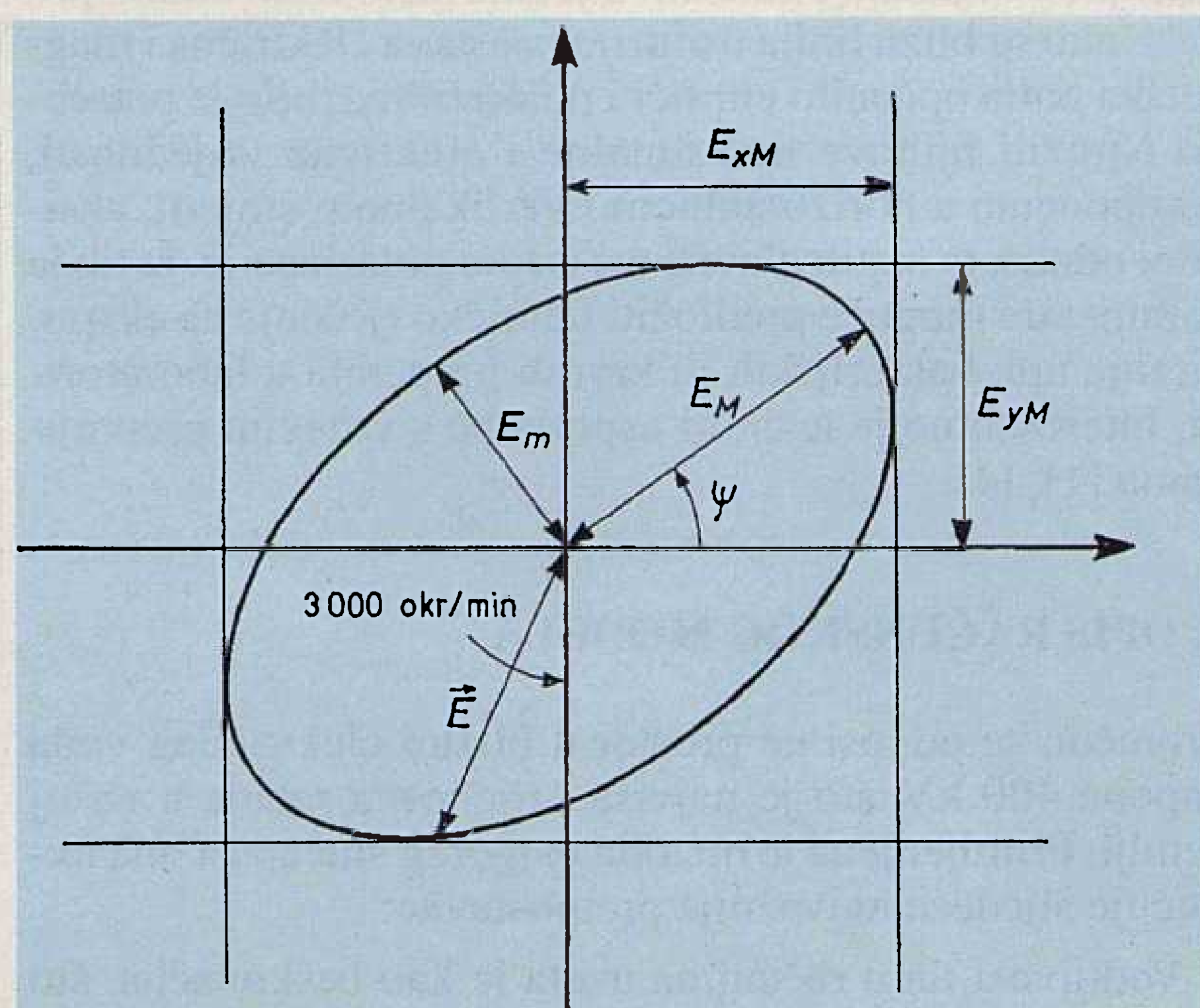
gdje se konstante lako izvode kao:

$$\left. \begin{aligned} A &= E_{1x} - (E_{2x} + E_{3x}) / 2 \\ B &= \sqrt{3} (E_{3x} - E_{2x}) / 2 \\ C &= E_{1y} - (E_{2y} + E_{3y}) / 2 \\ D &= \sqrt{3} (E_{3y} - E_{2y}) / 2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Zbog postojanja prostornog i vremenskog pomaka polja od svakog vodiča nastaje očito eliptički polarizirano (rotaciono) električno polje, prikazano na slici 2. Ono je opisano prostornim komponentama E_x i E_y s amplitudama E_{xM} i E_{yM} i faznim pomakom određenim kvadraturnim komponentama A, B, C i D . Rezultanta rotira prvom sinkronom brzinom od 3 000 okr/min.

Vremenska funkcija jakosti ukupnog polja određena je kao:

$$E^2 = E_x^2 + E_y^2 = (A^2 + C^2) \cos^2 \omega t + (B^2 + D^2) \sin^2 \omega t + (AB + CD) \sin 2 \omega t, \quad (8)$$



Slika 2. Eliptički polarizirano električno polje

pa je efektivna vrijednost dana sa:

$$E_{ef} = \sqrt{\frac{1}{2\pi_0} \int_0^{2\pi} E^2 \cdot d(\omega t)} = \sqrt{\frac{A^2+B^2+C^2+D^2}{2}}. \quad (9)$$

Svaka kvadraturna komponenta unosi svoju snagu. Deriviranjem i izjednačavanjem s nulom (8) dobiju se vrijednosti ωt pri kojima kvadrat jakosti polja ima ekstremne vrijednosti:

$$\omega t = \pm \lambda = \pm \frac{1}{2} \text{Arcsin} \frac{2(AB+CD)}{\sqrt{(A^2+C^2-B^2-D^2)^2+4(AB+CD)^2}}. \quad (10)$$

Treba uzeti λ koji maksimizira (8), pa je najveća jakost polja jednaka prema (5) i (6):

$$E_M = \sqrt{(A \cos \lambda + B \sin \lambda)^2 + (C \cos \lambda + D \sin \lambda)^2}, \quad (11)$$

a nagib glavne osi elipse definiran je sa:

$$\tan \Psi = \frac{C \cos \lambda + D \sin \lambda}{A \cos \lambda + B \sin \lambda}. \quad (12)$$

Uvrstivši $-\lambda$ u (5) i (6), dobili bismo minimalno poja E_m (mala poluos elipse), ali se to pokazalo nedovoljno točnim, jer za velike aksijalne odnose dolazi u (5) i (6) do oduzimanja sličnih vrijednosti veličina ovisnih o broju λ , koji je do tada prošao dug put izračunavanja i pritom nagomilao neku malu računsku pogrešku, što je prouzročilo veliku nesigurnost razlike. Bolje je koristiti se aksijalnim odnosom (omjerom E_M/E_m) koji se uočavanjem elementarnih energetskih odnosa veličina sa slike 2. može izraziti kao:

$$AO = \frac{1}{\sqrt{2 \left(\frac{E_{ef}}{E_M} \right)^2 - 1}}. \quad (13)$$

Ako je $E_M/E_{ef} = \sqrt{2}$, aksijalni odnos je beskonačan, odnosno radi se o linearno polariziranom polju. Kada su efektivna i maksimalna vrijednost iste, AO je jednak 1, i riječ je o kružno polariziranom polju. Ostali slučajevi se nalaze negdje između.

3. PRORAČUN MAGNETSKE INDUKCIJE

Prema situaciji na slici 1 mogu se napisati amplitude doprinosa svakog pojedinog vodiča indukciji u točki $T(x,y)$:

$$B_{ix} = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \left[\frac{h-y}{r_{ig}^2} + \frac{h+y}{r_{id}^2} \right] \quad (14)$$

$$B_{iy} = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \left[\frac{x-(i-2) \cdot d}{r_{ig}^2} - \frac{x-(i-2) \cdot d}{r_{id}^2} \right] \quad (15)$$

gdje su:

$$r_{ig}^2 = [x-(i-2) \cdot d]^2 + (y-h)^2 \quad (16)$$

$$r_{id}^2 = [x-(i-2) \cdot d]^2 + (y+h)^2 \quad (17)$$

Dalje je postupak potpuno analogan onom opisanom za električno polje, pa se mogu koristiti izrazi od (3) do (13), tako da se svugdje umjesto oznaka polja E umetnu simboli indukcije B . Zbog toga nema potrebe ponovno opisivati metodu proračuna.

4. REZULTATI NUMERIČKOG POSTUPKA

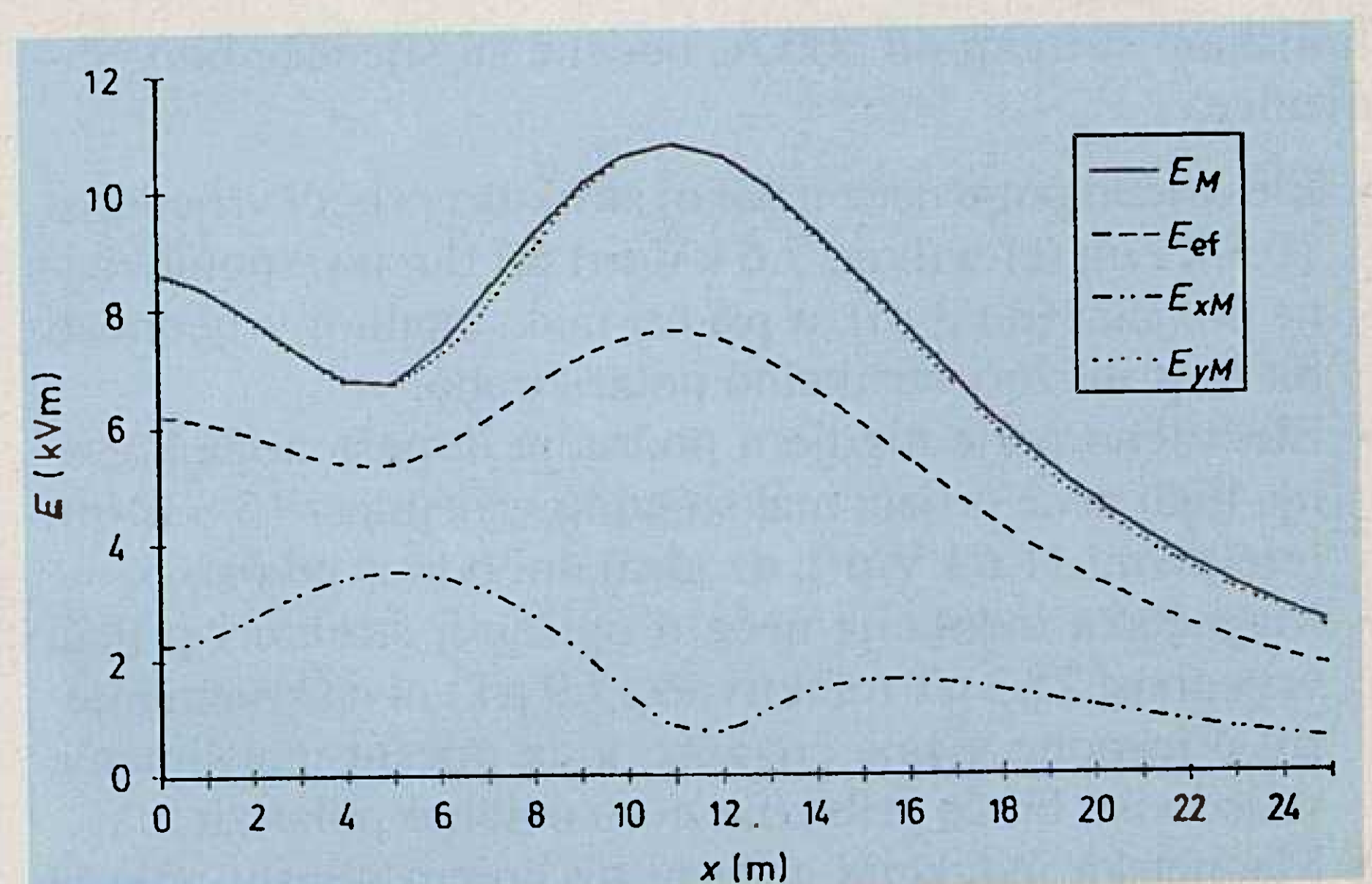
Proračuni su izvedeni pažljivo i detaljno, korištenjem programa načinjenih u jeziku Forth, počevši od srednjeg vodiča dalekovoda ($x=0$) na jednu stranu, jer u sistemu vlada simetrija. Snimljene su karakteristike E i B na visinama 1, 1.5 i 2 m iznad tla u koracima od po 1 m, sve do točke udaljene 25 m od ishodišta, okomito na smjer pružanja voda. Nadalje su u koracima od po 25 m promatrane iste veličine sve do 100 m od središta. Osim toga su izračunate i karakteristike polja na rubu zone dopuštenog približavanja ($y=5$ m), sve do $x=12$ m. Podaci su grafički obrađeni i djelomice prikazani na slikama 3-12. Prostorni nagibi elipsi dani su uvijek tako da im je vrijednost između 0 i 90° , bez obzira na koju stranu (lijevu ili desnu) bile nagnute. Na primjer, kut od 94° prikazan je kao 86° , a -3.7° odgovara $+3.7^\circ$. Mehanički i električki parametri bili su uvijek ovakvi: $h=9$ m; $d=10.4$ m; $U_{max}=327$ kv, $I_i=707$ A (to je amplituda najveće efektivne struje od 500 A pronađene u [6]; $R=7.82$ cm (efektivno). Podaci za dalju zonu (bočno 25 do 100m) dani su samo ilustrativno i skraćeno u tablici 1.

Tablica 1. Električno i magnetsko polje u daljoj zoni, na visini 2 m iznad tla

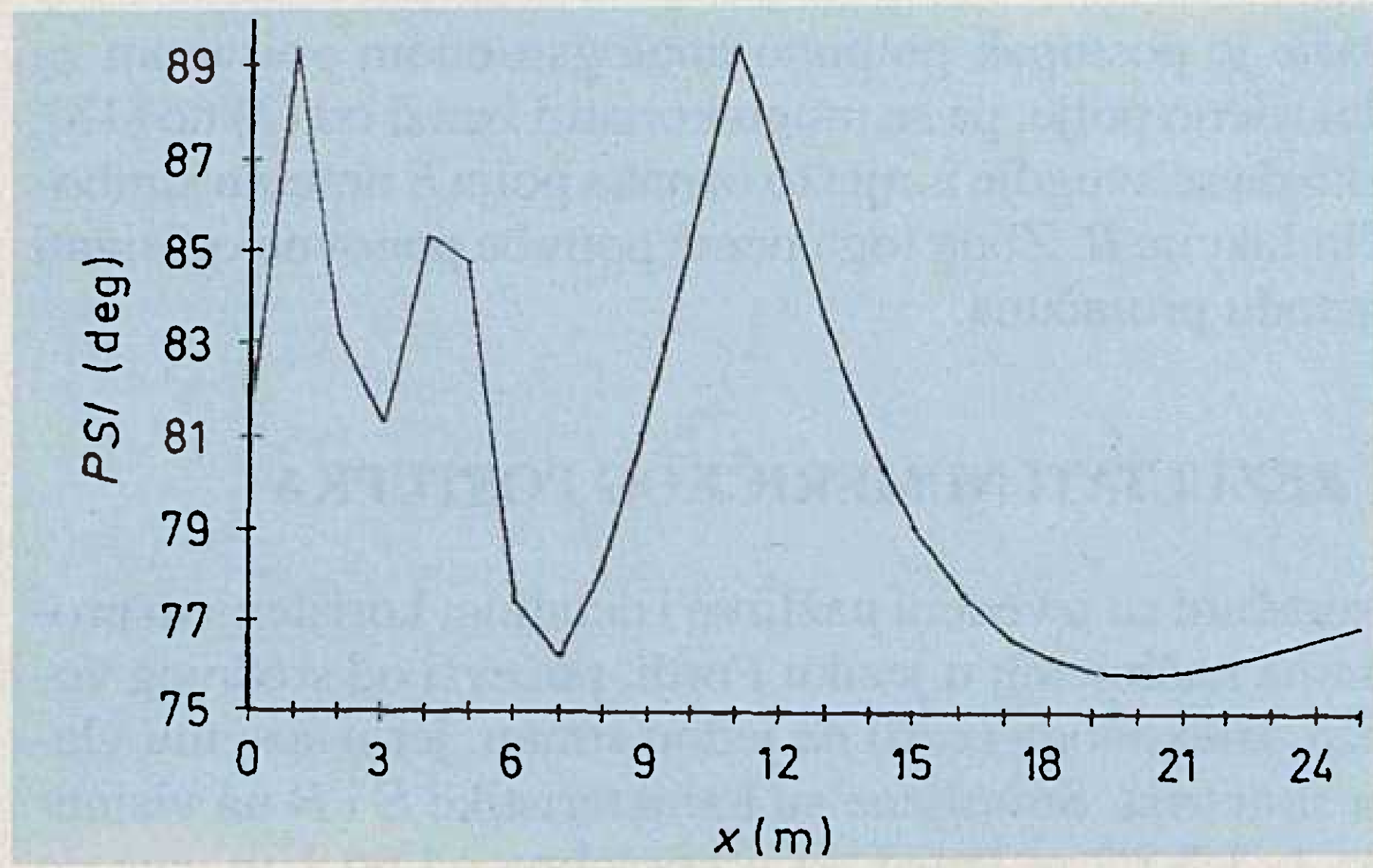
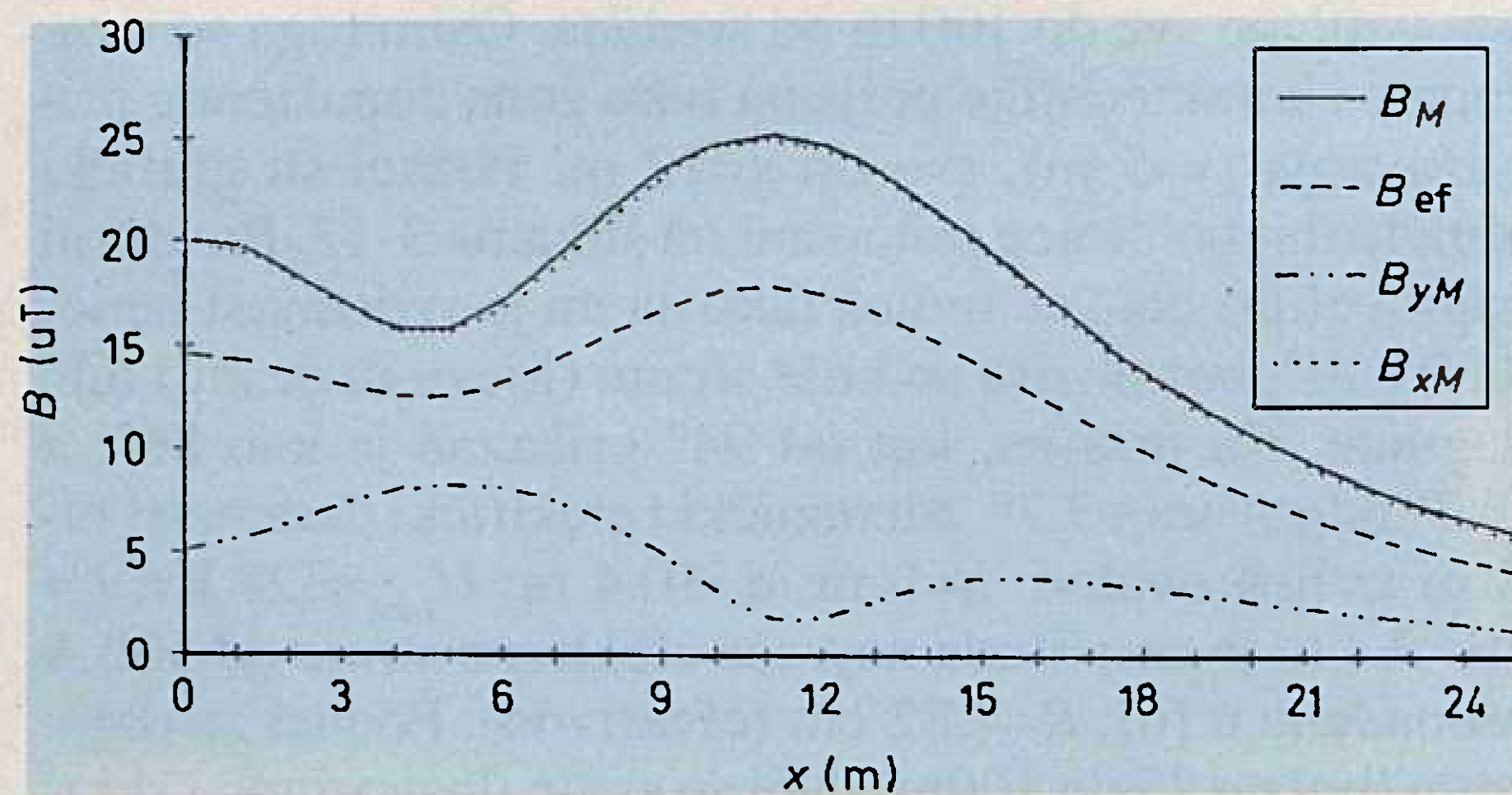
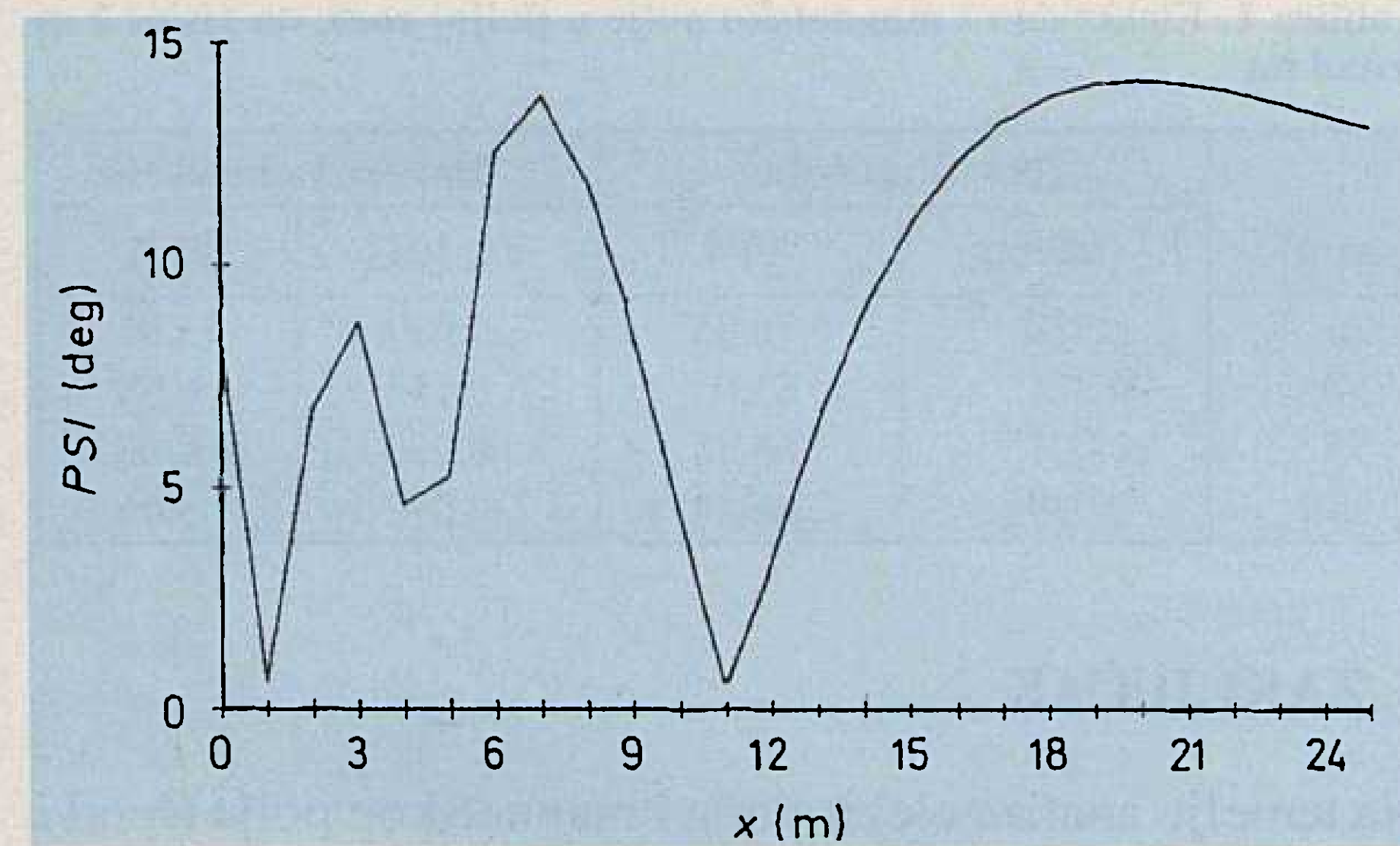
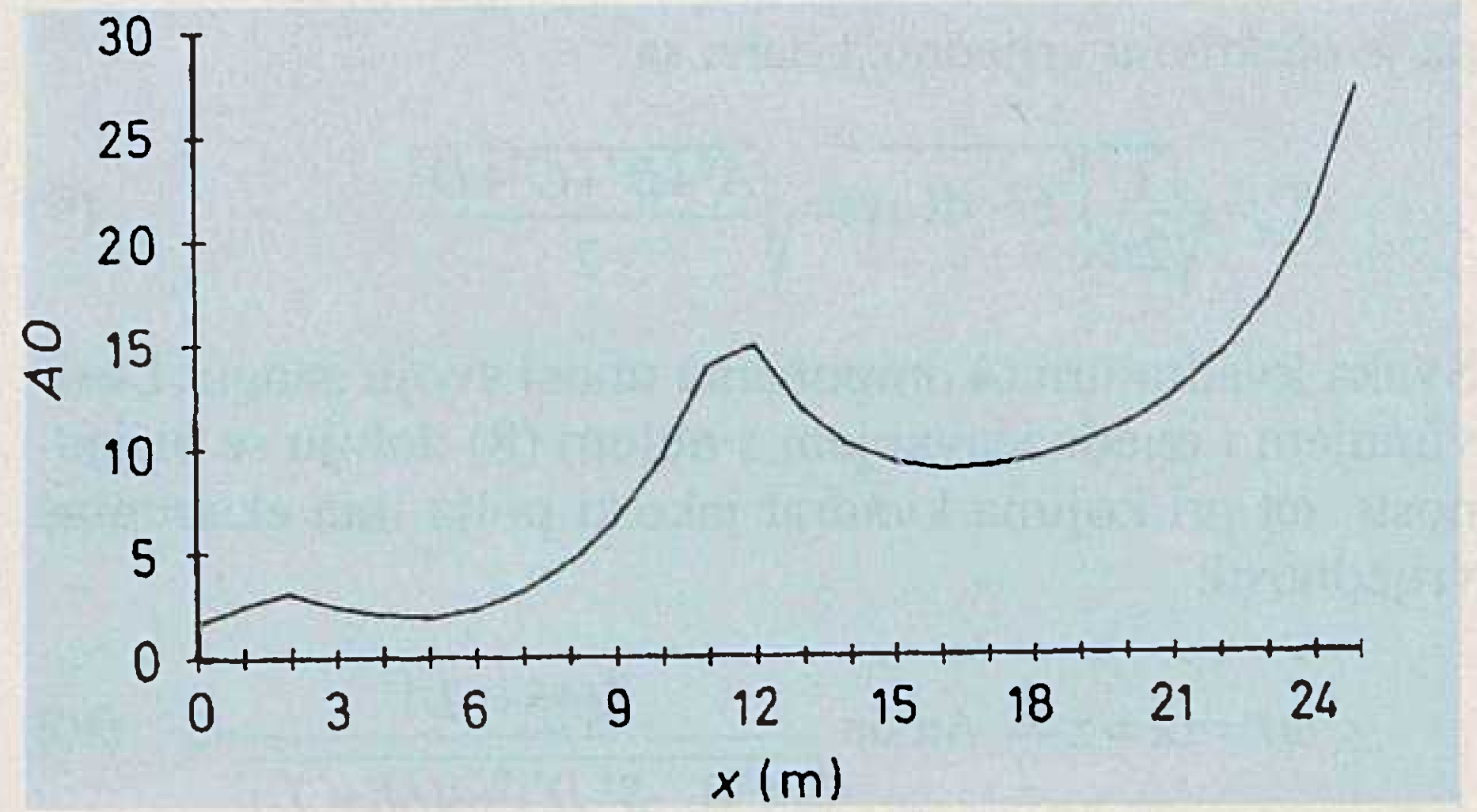
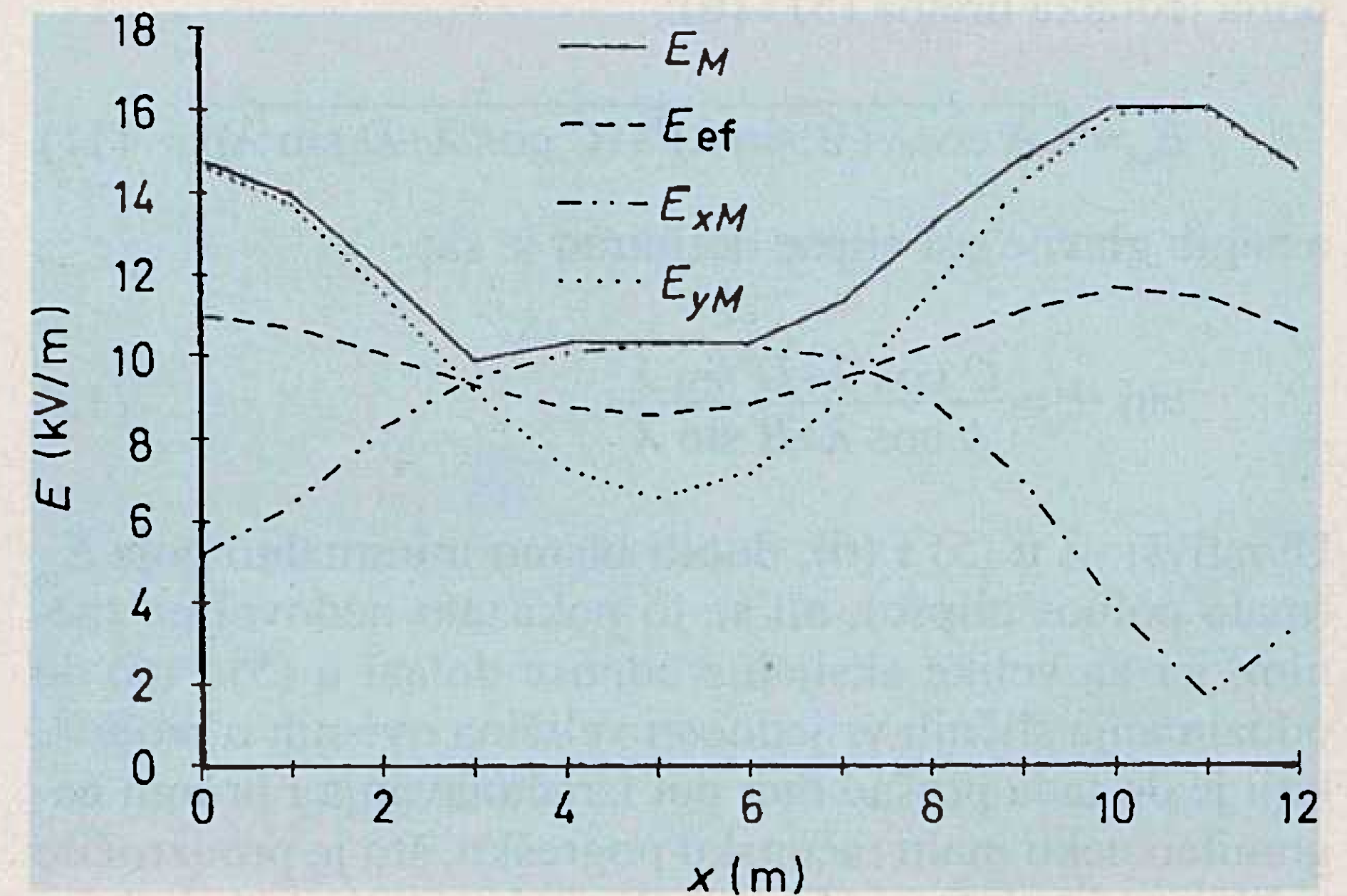
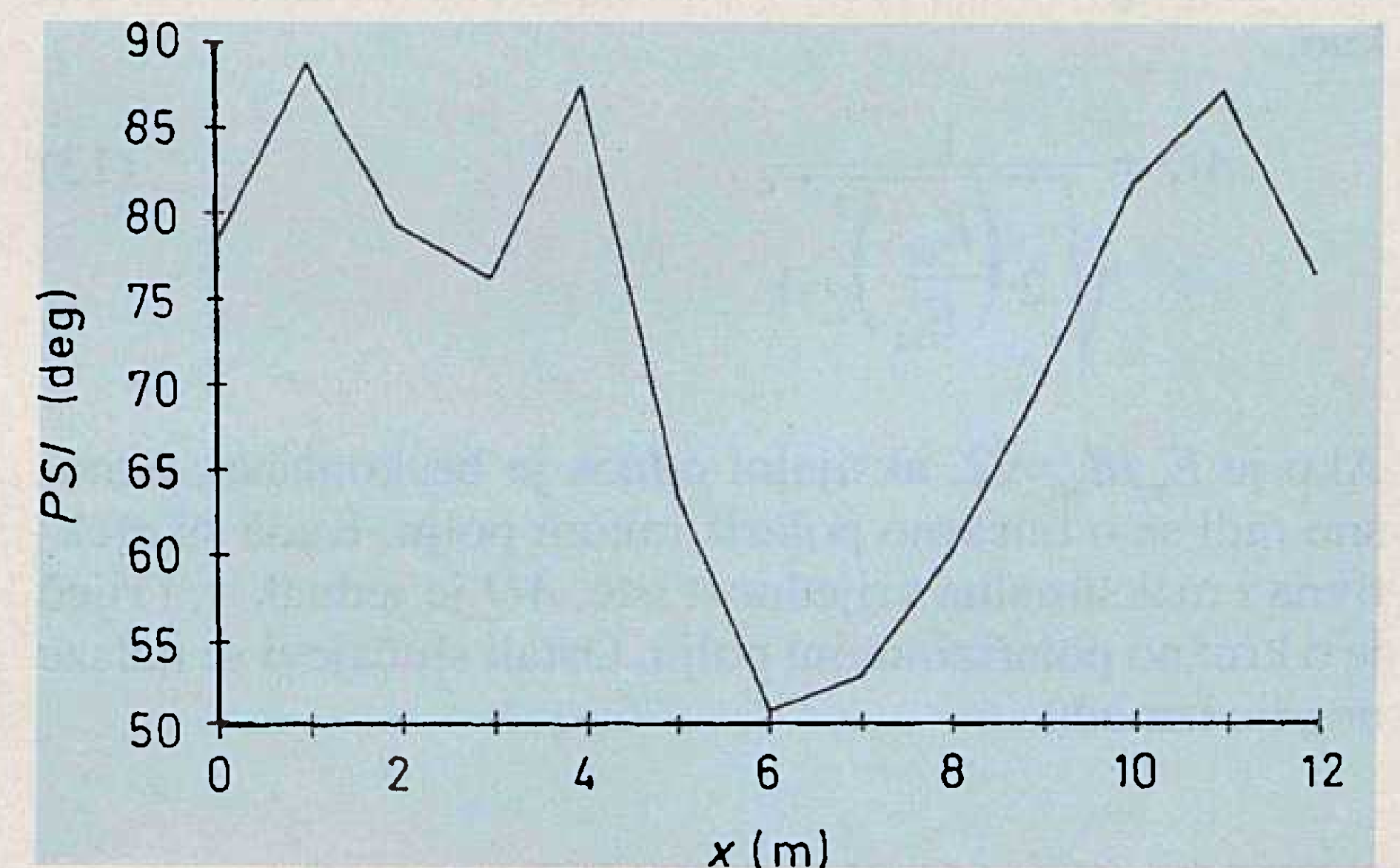
x[m]	Električno polje		Magnetska indukcija	
	E_M [kV/m]	Ψ [°]	B_M [μT]	Ψ [°]
25	2.570	76.95	6.039	13.05
50	0.321	83.02	0.754	6.98
75	0.093	85.38	0.220	4.62
100	0.039	86.54	0.092	3.46

5. ZAKLJUČAK

Na temelju analize električnog i magnetskog polja ispod i pored dalekovoda linijskog napona 400 kV opterećenog

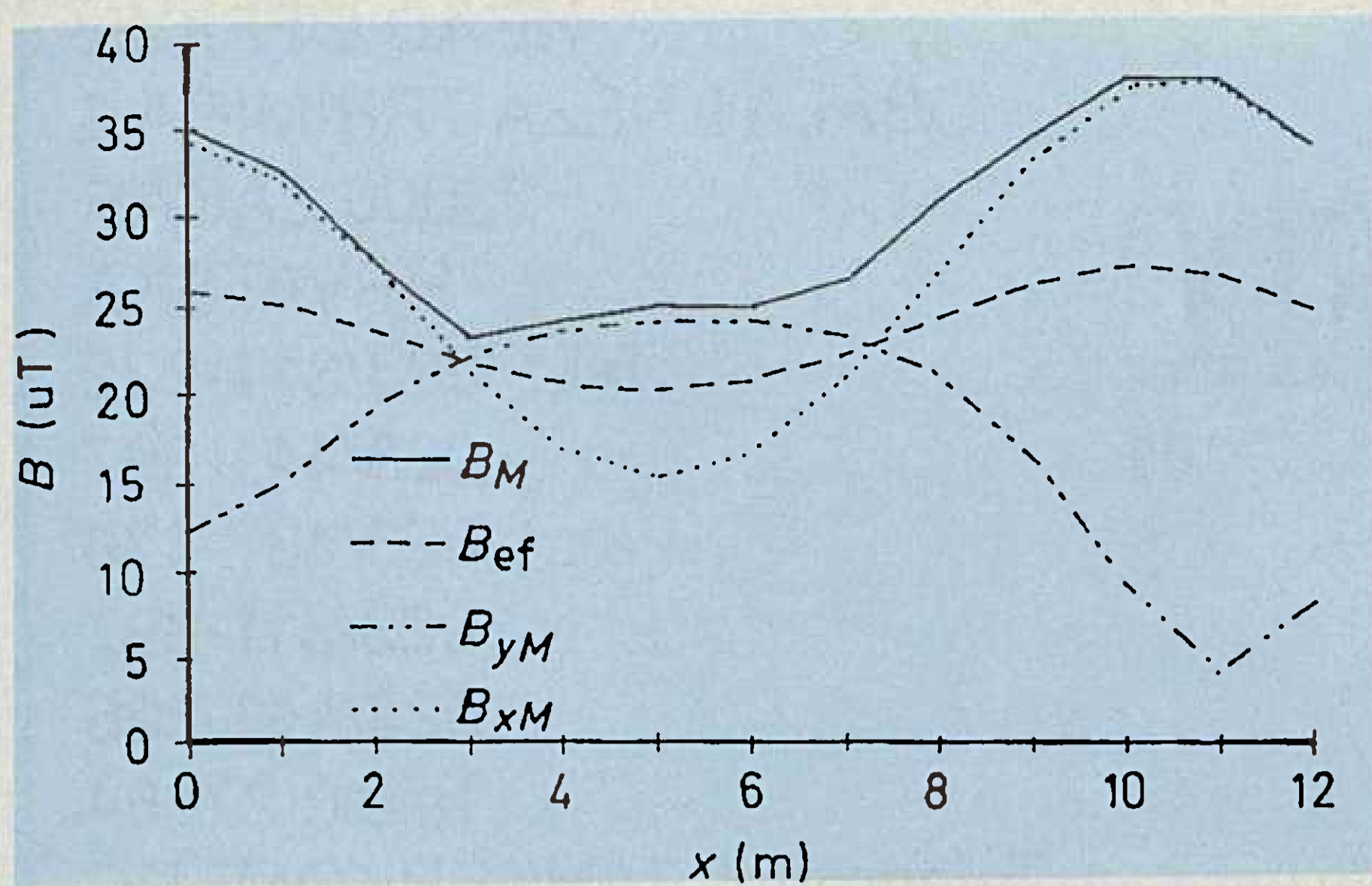


Slika 3. Električno polje na visini $y = 2$ m iznad tla

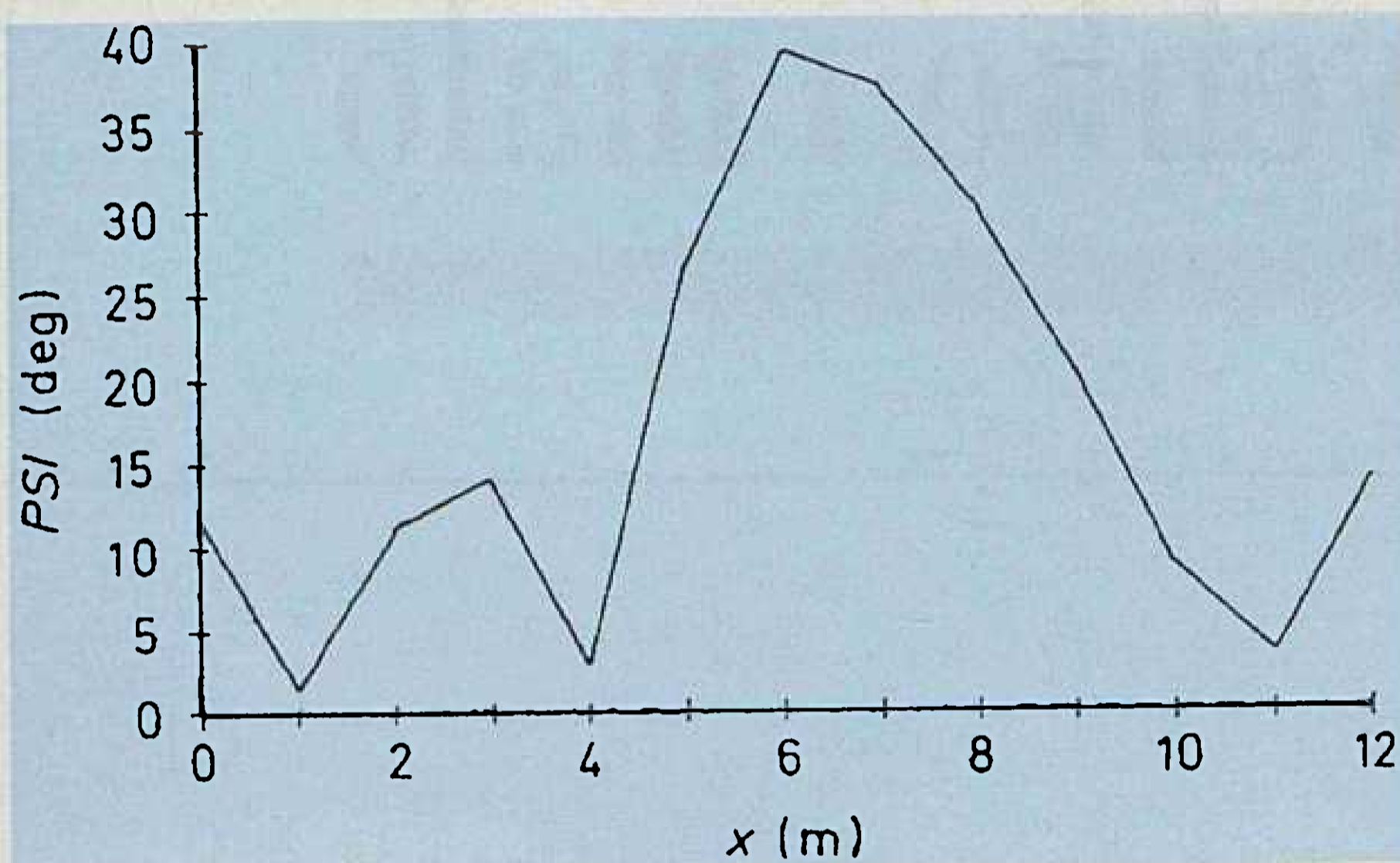
Slika 4. Prostorni nagib glavne osi polarizacije električnog polja na visini $y = 2$ mSlika 5. Magnetska indukcija na visini $y = 2$ mSlika 6. Prostorni nagib glavne osi polarizacije magnetskog polja na visini $y = 2$ mSlika 7. Aksijalni odnos elipse polarizacije električnog i magnetskog polja na visini $y = 2$ mSlika 8. Električno polje na rubu zone dozvoljenog približavanja; $y = 5$ mSlika 9. Prostorni nagib glavne osi polarizacije električnog polja na rubu zone dozvoljenog približavanja; $y = 5$ m

linijskom strujom od 500 A, uočene su sljedeće bitne činjenice:

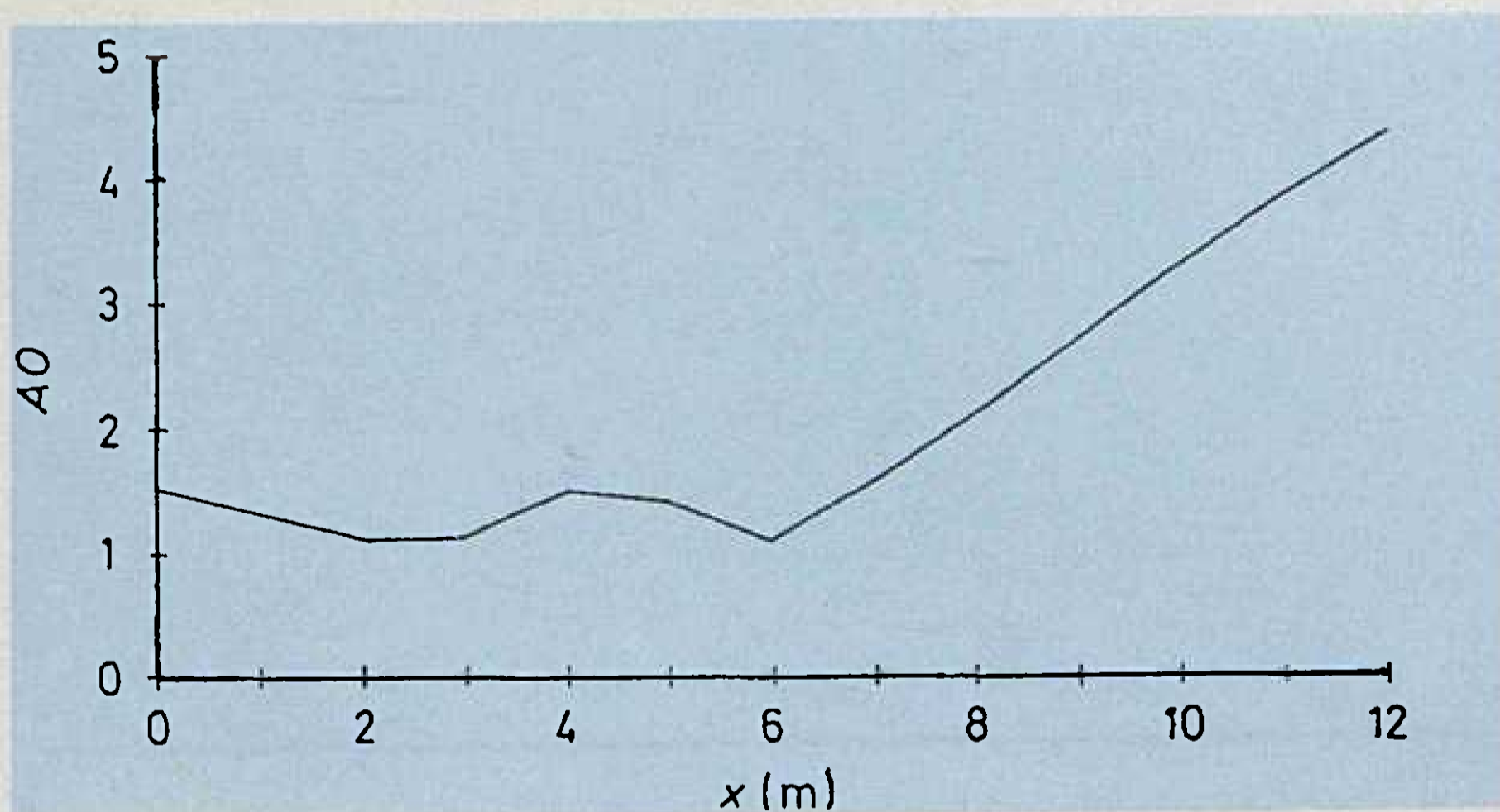
- Električno polje neće u danoj strukturi prijeći vrijednost 10.8 kV/m (efektivno 7.6 kV/m) pri tlu, u rasponu visine čovjeka (do 2 m), a pri toj maksimalnoj vrijednosti bit će približno vertikalno polarizirano.
- Električno polje nigdje u području dopuštenoga kretanja ljudi neće prijeći maksimalnu vrijednost 15.8 kV/m (efektivno 11.6 kV/m), uz aksijalni odnos od oko 3.
- Magnetska indukcija neće u opisanoj strukturi prijeći vrijednost 25.3 μ T (efektivno 17.9 μ T) ni na kojem mjestu u rasponu visine čovjeka, a na mjestu maksimalne vrijednosti bit će približno horizontalno polarizirana.
- Magnetska indukcija neće ni na kojem mjestu gdje je dopušten pristup ljudima prijeći vrijednost 37 μ T (efektivno 27.3 μ T), pri čemu će aksijalni odnos biti oko 3.
- U daljoj zoni, na udaljenosti većoj od 100 m od središnjeg vodiča dalekovoda, električno polje neće prijeći vrijednost 0.04 kV/m (efektivno 0.028 kV/m), a magnetska indukcija neće biti veća od 0.092 μ T (efektivno 0.065 μ T), pri čemu će vektor električnog polja biti polariziran vertikalno, a vektor magnetske indukcije horizontalno.
- Za veće udaljenosti ova metoda općenito ne može dati pouzdane rezultate ako trasa dalekovoda skreće, a teren na njoj doživljava znatnije promjene.
- Na osnovi izračunatih veličina može se utvrditi da je za laboratorijsko ispitivanje bioloških utjecaja ovakvoga visokonaponskog voda dostatno sagraditi uređaj koji će na istom mjestu proizvesti okomito usmjerene linearno



Slika 10. Magnetsko polje na rubu zone dozvoljenog približavanja; $y = 5$ m



Slika 11. Prostorni nagib glavne osi polarizacije magnetskog polja na rubu zone dozvoljenog približavanja; $y = 5$ m



Slika 12. Aksijalni odnos elipse polarizacije električnog i magnetskog polja na rubu zone dozvoljenog približavanja; $y = 5$ m

polarizirane vektore električnog polja vršne vrijednosti do 12 kV/m, i magnetske indukcije vršne vrijednosti do 27 μ T. To bi se realiziralo pločastim kondenzatorom smještenim unutar Helmholtzovih svitaka [8]. Tehničkih zapreka nema praktički nikakvih jer su vrijednosti polja dostatne male.

LITERATURA

- [1] I. PLAČKO: "Istraživanje utjecaja električnog i magnetskog polja na žive organizme", Energija, 5/1994. Vol 43. Zagreb, 1994.
- [2] Z. J. SIENKIEWICZ, R. D. SAUNDERS, C. I. KOWALCZUK: "Biological Effects of Exposure to non-ionising Electromagnetic Fields and Radiation, II. Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields", National Radiological protection board, Oxfordshire UK, Feb. 1991.
- [3] Biological Effects of nonionising Electromagnetic Radiation (a Digest of Current Literature), Vol. XI, no4, June 1988, US navy & Information Ventures Inc, Arlington, Virginia, 1988.
- [4] IRPA/Inirc Guidelines: Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields, Health Physics, Vol. 58, No. 1, 1990.
- [5] Z. SMRKIĆ et. al: "Studija o radiosmetnjama zbog pojave korone na visokonaponskim vodovima (I faza)", Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, 1979.
- [6] Z. SMRKIĆ et. al: "Studija o radiosmetnjama zbog pojave korone na visokonaponskim vodovima (II faza)", Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, 1981.
- [7] L. KORPINEN, J. PARTANEN: "Effects of 50 Hz Electromagnetic Fields on the Human Heart (Abstract)", The First World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine - Abstract Book, page 79, Lake Buena Vista, USA, June 1992.
- [8] V. BEGO: "Mjerenja u elektrotehnici", Tehnička knjiga Zagreb, 1989.

ESTIMATION OF ELECTRO-MAGNETIC INFLUENCE ON LIVING BEINGS NEAR 400 kV NETWORK LINES

A calculation procedure of electric and magnetic field near 400 kV network lines is presented using the estimation of the worst case. Detailed review of results is given and the method of laboratory simulation of exposition circumstances is suggested for the needs of "in vitro" biological research of effects on living cells exposed to those fields.

DIE BEURTEILUNG DER ELEKTROMAGNETISCHEN EINWIRKUNGSBEDINGUNGEN AUF LEBEWESSEN IN DER NÄHE DER 400 kV-FREILEITUNGEN

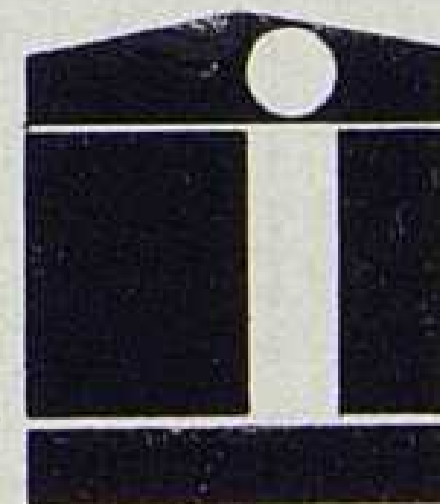
Mittels Wertschätzung des ungünstigsten Vorfalles wird das Berechnungsverfahren des elektrischen und magnetischen Feldes in der Nähe einer 400 kV-Freileitung gezeigt. Zwecks "in vitro" Erforschung der Folgen von Blossstellung lebender Zellen solchen Feldern wird, nebst ausführlicher Darstellung der Rechnungsergebnisse, das Verfahren der laborgerechten Nachahmung von Eiwirkungsbedingungen vertreten.

Naslov pisca:

mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-07-26.

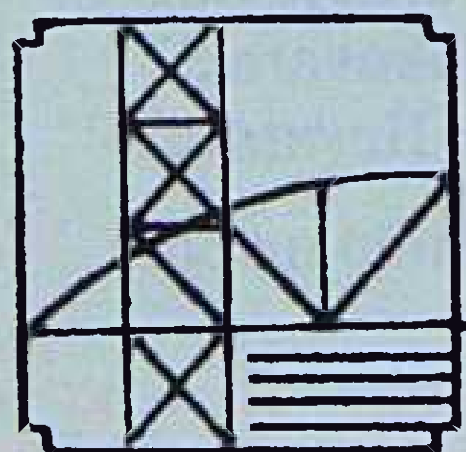
industrogradnja d.d.





HEAD OFFICE:
OBALA KNEZA TRPIMIRA 2
23000 ZADAR
HRVATSKA
Tel.: 023/311-222
023/441-897
Fax.: 023/437-470
023/311-897
023/441-826
Telex: 27164
Telegrams: TANKERKOMERC

Trgovina na veliko i malo



Konstruktor d.d.
ZA GRADITELJSTVO - RIJEKA

Strossmayerova ul. 11
POŠT. PRETINAC 193
TEL.©: (051) 216-777
TELEFAX: (051) 217-388
(051) 217-934

ŽIRO RAČUN 33800-601-11438

PROBLEMI ANALIZE REZULTATA MJERENJA OPTEREĆENJA KUĆANSTAVA

Mr. Rihard Schenner, Zagreb

UDK 64.011 : 624.3
PREGLEDNI ČLANAK

Analiziraju se formule koje se koriste za određivanje vršne snage grupe kućanstava. Raspravljen je problem interpretacije rezultata mjerenja i usporedba s formulama.

Ključne riječi: opterećenje kućanstava, rusckova formula, distribucijska mreža.

Uvod

Mjerenja opterećenja kućanstava provode se zbog upoznavanja sa sadašnjim stanjem i određivanja normativa za planiranje mreža. Redovito se nastoje odrediti konstante izraza za izračunavanje vršnog opterećenja grupe kućanstava iz [1]. Pri tome mogu nastati problemi koji su ovdje analizirani.

Spomenuti izraz ne koristi se svuda pa ćemo se i na to osvrnuti.

1. RUSCKOVA FORMULA

Izraz iz [1] često se naziva po autoru i Rusckova formula. Ona je određena na osnovi statističke teorije odnosno normalne razdiobe i slijedećeg je oblika

$$P_n = P_1 \cdot (f_{nc} \cdot n + (1 - f_{nc}) \cdot \sqrt{n}) \text{ kW}, \quad (1)$$

gdje je

$$\begin{aligned} P_n & - \text{vršno opterećenje grupe od } n \text{ kućanstava - kW} \\ P_1 & - \text{vršno opterećenje jednog kućanstva - kW/k} \\ f_{nc} & - \text{faktor istodobnosti kad } n \text{ teži u neizmjereno.} \end{aligned}$$

Izraz (1) je dosta poznat i ne treba ga detaljnije objašnjavati. Teorijski on vrijedi za jednaka kućanstva, što znači jednaku opremljenost kućanskim električnim aparatima. Izbor takvih kućanstava može biti jedan od problema pri mjerenju.

U pravilu se mjere opterećenja niskonaponskih izvoda i transformatora 20/0.4 kv. To znači opterećenje grupe od 20 do 300 kućanstava. Konstante Rusckove formule teško se mogu izmjeriti. Određivanje vršnog opterećenja jednog kućanstva P_1 znači mjerenje na brojilu. To se ponekad radi, ali zbog kontrole brojila. Produkt $P_1 \cdot f_{nc}$ dobio bi se kod vrlo velikog broja kućanstava, što je gotovo nemoguće zbog utjecaja ostale potrošnje. To znači da se konstante P_1 i f_{nc} određuju računski.

U tu se svrhu traži minimum sume kvadrata odstupanja a izraz (1) se pretvara u:

$$\begin{aligned} P_n & = A \cdot n + B \cdot n \sqrt{n} \text{ kW} \\ P_1 & = A + B \\ f_{nc} & = A/P_1 \end{aligned} \quad (2)$$

Kontrola da korelacija uopće postoji jest indeks korelacije. On teži prema 1 što je ona veća. Prema [2] tumači se veličina indeksa korelacije na sljedeći način:

- indeks korelacije između 0.5 i 0.7 znači da veza ima praktičnu vrijednost
- indeks korelacije od 0.7 do 0.9 znači usku vezu
- indeks korelacije veći od 0.9 znači vrlo usku vezu.

To se navodi zbog dosta često pogrešne interpretacije značenja indeksa korelacije, pa se smatra da veći indeks korelacije znači i veću točnost. To ne mora biti tako, jer već iz gornjeg tumačenja proizlazi da ne treba razlikovati rezultate s indeksom većim od 0.9. Kod ovakvih analiza praktično su uvijek oni veći od 0.95. To je važno zbog dvaju razloga:

- Često se koriste neke druge funkcije za određivanje vršnog opterećenja kućanstva sa obrazloženjem većeg indeksa. Vrlo često te funkcije imaju eksponencijalni oblik i vrijede samo za određeni broj kućanstava, redovito onaj izmjereni. Kada se n približava 1 ili neizmjereno, dobivaju se nelogični rezultati. U prilog korištenja Rusckove formule jest njezin logičan oblik prema pojavi koju prikazuje, a kada se već ulaže trud u mjerenja, ne bi se to smjelo zanemariti zbog jednostavnosti obrade.
- Ako se i analizira Rusckova formula, može se, i uz visoke faktore korelacije, doći do nelogičnih vrijednosti za P_1 i f_{nc} i uz točno mjerenje i matematičku obradu. Razlog je nepoznavanje točnih uvjeta kod mjerenih kućanstava, jer nije poznato da li je uopće vrijeme vršnog opterećenja, određena kućanstva mogu imati nenormalno mala ili velika opterećenja zbog nekih momentanih razloga i slično. Na niskom naponu su odstupanja od nekih prosjeka vrlo velika, a to je problem u analizi rezultata.

Prvo će se analizirati utjecaj manjih promjena rezultata u odnosu na očekivanje. U tu svrhu zadane su odnosno izmjerene vrijednosti opterećenja za razne brojeve kućanstava, koja najbolje odgovaraju za $P_1 = 6.0 \text{ kW}$ i $f_{nc} = 0.148$ (tabl. 1).

Zatim su se ti isti izmjereni podaci aproksimirali s manjim P_1 uz određivanje f_{nc} sa najboljim indeksom korelacije. Rezultati su u tabl 2.

Tablica 1. Izmjerene i izračunate vrijednosti opterećenja uz $P_1 = 6.0 \text{ kW}$ i $f_{nc} = 0.148$

Broj kućanstava	Izmjereno opterećenje kW	Izračunato opterećenje kW
10	26	25.0
20	39	40.6
30	56	54.6
40	67	67.8
50	83	80.5
60	90	92.9
70	106	104.9
80	115	116.8
90	131	128.4
100	138	139.9

Tablica 2. Aproksimacija izmjerenih podataka iz tabl. 1 s $P_1 = 6.0: 5.5: 5.0$ i 4.5 kW

Opterećenje P_1 kW	Faktor f_{nc}	Indeks korelacije	Opterećenje uz	
			$n=10$ kW	$n=100$ kW
6.0	0.148	0.997668	25.0	139.9
5.5	0.173	0.998386	23.9	140.6
5.0	0.204	0.997638	22.8	141.8
4.5	0.241	0.996484	21.6	142.6

Uz dosta velike promjene P_1 i f_{nc} dobilo se malo odstupanje indeksa korelacije, ali također i izračunatih rezultata. Uz $n=10$ odnosno $n=1000$ ta odstupanja su najveća. To znači da se zbog nepoznatih razloga odstupanja mjerenja od nekog prosjeka mogu dobiti i različite vrijednosti za P_1 i f_{nc} .

Da se to pokaže, promijenili su se podaci iz tabl. 1, i to za $n=10$ vrijedi $P_n = 20 \text{ kW}$ i za $n=100$ vrijedi $P_n = 144 \text{ kW}$. Vrijednosti indeksa korelacije za taj slučaj nalaze se u tabl. 3.

Tablica 3. Aproksimacija izmjerenih podataka iz Tab. 1 sa $P_1 = 5.0, 5.5, 5.0$ i 3.5 kW uz promjenu za $n=10, P_n = 20 \text{ kW}$ i $n=100, P_n = 144 \text{ kW}$

Opterećenje P_1 kW	Faktor f_{nc}	Indeks korelacije	Opterećenje uz	
			$n=10$ kW	$n=100$ kW
6.0	0.150	0.997687	25.1	141.9
5.5	0.177	0.998147	24.0	142.6
5.0	0.207	0.998303	22.9	143.1
4.5	0.245	0.997973	21.8	144.2

Promjena u faktoru f_{nc} praktično nema, a indeksi korelacije gotovo su jednaki za sva četiri slučaja. Najveći je uz $P_1 = 5 \text{ kW}$ i $f_{nc} = 0.207$, i te konstante dobile bi se s tim promijenjenim ulaznim podacima.

Ovim kratkim ispitivanjima htjelo se pokazati da malim promjenama ulaznih podataka može doći do većih promjena konstanti P_1 i f_{nc} od nekih očekivanih. Slični podaci dobiju se povećanim P_1 i smanjenim f_{nc} . Time nastupa problem koje vrijednosti prihvatiti kao najrealnije ako se primijete neke nelogičnosti, odnosno na koji način korigirati rezultate.

Veličina P_1 je lakša za kontrolu. Ona raste s potrošnjom kućanstva, a ti podaci prikupe se prilikom mjerenja. Također su poznate veličine osigurača i slično, pa postoje barem granice za procjenu. Opterećenje P_1 može se pro-

cijeniti na više načina. Jedan je i veza potrošnje aparata i opterećenja. Potrošnja za određenu namjenu pojedinih električnih kućanskih aparata s opterećenjima i zastupljenošću nalazi se u tabl 4. Podaci za potrošnju i zastupljenost pojedinih aparata su prema [3], odnosno to je i prijedlog za izradu normativa u [4], a opterećenja su prema katalogu. U [3] su rezultati ispitivanja iz 10 europskih zemalja, pa se mogu smatrati dosta realnima.

Tablica 4. Potrošnja energije za pojedine namjene u kućanstvu, zastupljenost i opterećenja aparata (prijedlog veličina za izradu normativa)

Aparat odnosno namjena	Potrošnja kWh/g	Zastupljenost %	Opterećenje kW
hladnjak	400	95	0.150
ledenica	600	65	0.200
perilica	400	90	2.100
aparat za sušenje rublja	350	20	3.300
aparat za pranje suđa	350	30	2.100
televizija	100	100	0.120
mali aparati	400	100	1.000
rasvjeta	350	100	0.700
ukupno	2 950		9.670
topla voda*	1 800		2.000
topla voda**	1 300		20.000
električni štednjak	800		2·1.0+2·2.0+2.4
ukupno*	2 600		
ukupno**	2 100		
sveukupno*	5 500		
sveukupno**	4 250		

* Podaci za tlačne bojlere.

** Podaci za Njemačku s protočnim bojlerima.

Prema potrošnji i energetsom napajanju može se odrediti i sastav aparata i procijeniti vršno opterećenje, odnosno koliko aparata može biti istodobno uključeno.

Druga je mogućnost izračunavanja vršnog opterećenja prema izrazima iz literature. Tako se u [5] navodi sljedeći izraz:

$$P_1 = 0.29 \cdot W_1 + 2.5 \cdot \sqrt{W_1} \text{ kW}, \quad (3)$$

gdje je

P_1 - vršno opterećenje jednog kućanstva kW,
 W_1 - godišnja potrošnja jednog kućanstva MWh/g.

Za potrošnju 1 000 kWh/g dobije se 2.8 kW, a za 5 000 kWh/g oko 7.0 kW vršnog opterećenja. Vršno opterećenje ne raste linearno s potrošnjom. To je i logično zbog namjene aparata, jer se ne koriste svi u isto vrijeme. Izraz (3) vrijedi za kućanstva bez priprema tople vode s protočnim bojlerima (snaga oko 20 kW) i grijanja prostorija električnom energijom, što znači do potrošnje približno 5 000 kWh/g.

Usporedbom vrijednosti iz tabl 4. i izračunatog opterećenja od 7.0 kW za 5 000 kWh/g, može se primijetiti da je to možda premalo s obzirom na instaliranu snagu, ali je teško odrediti koliko. Zato ipak trebaju mjerenja i ovo što se navodi služi samo kao pomoć, ako se primijeti da rezultati obrade mjerenja možda nisu logični. Specifičnosti pojedinih područja su sigurno zbog primjene ukapljenog plina za kuhanje, kod rasvjete i slično.

Veličine za f_{nc} , koje se navode u literaturi, variraju ovisno o potrošnji između 0.15 i 0.2 odnosno 0.2 i 0.25. U njemačkoj literaturi te vrijednosti variraju prema raznim izvo-

rima od 0.1 do 0.25, da bi se u [6] preporučile vrijednosti od 0.2 do 0.25. Međutim, i u [6] se upozorava na razne specifičnosti, pa se vrijednosti mogu i korigirati.

Na kraju je potrebno napomenuti da su realne vrijednosti opterećenja na brojilu kućanstava nešto veće od spomenutih i to za približno 10% do 15% zbog analize s prosječnim kućanstvom.

2. OSTALI IZRAZI ZA ODREĐIVANJE VRŠNOG OPTEREĆENJA GRUPE KUĆANSTAVA

Osim Rusckove formule koriste se i drugi izrazi. Jedan od takvih nalazi se u [6] i ima oblik:

$$P_n = P_1 \cdot (f_{nc} \cdot n + (1 - f_{nc}) \cdot \sqrt[n]{n}) \text{ kW} \quad (4)$$

gdje je

P_n - vršno opterećenje grupe od n kućanstava - kW
 P_1 - vršno opterećenje jednog kućanstva - kW/k.
 f_{nc} - faktor istodobnosti kad n teži u neizmerno.

Izraz je nastao iz Rusckove formule, ali je promjena u eksponentu drugog dijela izraza. U izrazu (49) koristi se četvrti, a ne drugi korijen kao kod Rusckove formule. U [6] se predlažu za korištenje u planiranju mreža vrijednosti prema tabl. 5.

Tablica 5. Vrijednosti za P_1 i f_{nc} i razne tipove kućanstva prema [6] i izrazu (4)

Tip kućanstva	Vršno opterećenje - P_1 kW	Faktor f_{nc}
1	30.0	0.06
2	8.5	0.20
3	5.5	0.25
4	4.5	0.20

Svi tipovi kućanstva su bez električnog grijanja prostori-ja.

Tip 1 - svi aparati su električni uz protočni bojler za pripremu tople vode (snaga od 18 kW do 24 kW).

Tip 2 - svi aparati su električni sa pripremom tople vode tlačnim bojlerom.

Tip 3 - za pripremu tople vode ne koristi se električna energija.

Tip 4 - za pripremu tople vode i kuhanje ne koristi se električna energija (osnovni električni aparati).

Uz jednake P_1 i f_{nc} razlika prema Rusckovoj formuli je u području praktične primjene između $n=1$ i velikog broja kućanstava. Prema izrazu (4) dobivaju se manje vrijednosti, do 20%. Međutim, ako se zna za probleme s određivanjem tih veličina, može se postaviti pitanje je li uputno koristiti se tim izrazom u analizama. To se zbog toga može smatrati ilustracijom razvoja Rusckove formule. Pri tom treba uzeti u obzir veliko njemačko iskustvo s mjerenjima i analizama na tom području.

Zanimljiva je usporedba vršnih opterećenja P_1 iz tabl. 5. i prema izrazu (3) iz [5]. Za tipove kućanstva 3 i 4 uz potrošnju 3.300 kWh/g, $P_1=5.5$ kW odnosno 2 500 kWh/g. $P_1=4.7$ kW veličine su gotovo jednake. Određena je razlika kod tipa 2 s potrošnjom 5 100 kWh/g, gdje se formulom dobije $P_1=7.1$ kW, a prema tabl. 5 $P_1=8.5$ kW.

Sasvim drugi pristup jest traženje funkcije koja se najbolje prilagođava ulaznim podacima. U tu svrhu obično se koristi eksponencijalna funkcija oblika:

$$P_n = A \cdot n^B \text{ kW} \quad (5)$$

gdje je

P_n - vršno opterećenje grupe od n kućanstava:
 A, B - konstante.

Takav izraz vrijedi redovito samo za određen broj kućanstava. Konstanta A je matematički P_1 , ali je ona takve veličine da to ne može biti. Ako se analizira slučaj velikoga broja kućanstava, najbolje je analizirati udio opterećenja jednog kućanstva u opterećenju grupe, pa treba izraz (5) podijeliti sa n . Budući da je eksponent odnosno konstanta B zbog djelovanja faktora istodobnosti manja od 1 a veća od 0, udio opterećenja stalno opada. Međutim, u realnosti taj udio teži nekoj srednjoj vrijednosti, jer se gubi utjecaj faktora istodobnosti. Te manjkavosti brane se uglavnom dobrom aproksimacijom u granicama potrebnim za projektiranje.

To znači da izraz za vršno opterećenje grupe kućanstava mora imati član za osiguranje djelovanja faktora istodobnosti kod manjeg broja n (eksponencijalni član) i linearni član kad se opterećenja približavaju srednjoj vrijednosti.

3. ZAKLJUČAK

U članku se analiziraju problemi koji se mogu pojaviti u analizi rezultata mjerenja, opterećenja grupe kućanstava i primjenom Rusckove formule. U takvim slučajevima predlažu se kontrole veličine P_t prema literaturi i korekcije rezultata ili ponavljanje mjerenja.

Danas ima već dosta podataka iz literature, pa se normativi za planiranje mreža mogu približno odrediti bez mjerenja. Međutim, električne mreže su sve skuplje, a uvijek ima raznih specifičnosti pojedinog područja. Prvenstveno to je standard, pa energetska politika države, klimatski uvjeti, običaji stanovništva i slično. Zbog toga će se mjerenja i definiranje normativa pomoću njih uvijek isplatiti. Primjeri specifičnosti su rasvjeta, znatna primjena ukapljenog plina za kuhanje u Zagrebu i široj okolici, korištenje električne energije za grijanje prostori-ja u Dalmaciji i Primorju zbog klime i odnosa cijena energenata odnosno energetske politike države, pitanje potrošnje za pripremu tople vode i slično.

Na kraju se predlaže primjena Rusckove formule ili neke slične s eksponencijalnim i linearnim članom. Jednostavnijim funkcijama ne prikazuje se u prvom smislu veza opterećenja i broja kućanstava. Organizacija mjerenja i svi ostali problemi zahtijevaju znatno više vremena od matematičke obrade.

LITERATURA

- [1] RUSCK: "The Simultaneous Demand in Distribution Network Supplying Domestic consumers", ASEA Journal 29 (1956) N.5, S. 59-61
- [2] V. SERDAR: "Udžbenik statistike", Školska knjiga, Zagreb
- [3] O. KOFOD, M. LANGE-HUSKEN, Essen, J. g. PARADINAS, Madrid, L. VOLDHAUG, Drammen: "Untersuchungenvon Haushaltskurven in europäischen Ländern", Elektrizitätswirtschaft, Jg 87 (1988), Helft 18

- [4] R. SCHENNER: "Metodologija za planiranje sanacije i razvoja mreža niskog napona", I.E.E. 1995.
- [5] E. LAKERVI: "E. HolmesElektricitz distribution network design", P. Peregrinus Ltd., 1989.
- [6] VDEW (hrsg) Planung und Betrieb städtischer Niederspannungsnetze. VDEW, Frankfurt 1984

PROBLEMS OF ANALYSING DOMESTIC LOAD MEASUREMENT RESULTS

In the paper an analysis of formulas used for the peak power calculation of the domestic group is given. The problem of measurement results interpretation is discussed as well as the comparison with formulas.

PROBLEME DER ÜBERPRÜFUNG VON ERGEBNISSEN DER HAUSHALTSBELASTUNGSMESSUNGEN

Beurteilt im Artikel werden die zur Bestimmung der Spitzenleistung einer Gruppe von Haushalten benutzten Formeln. Besprochen wird das Problem der Deutung von Messergebnissen und deren Vergleich mit den Formeln.

Naslov pisca:

mr. Rihard Schenner, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu i
energetiku
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-04-11.

ISPRAVAK

U broju 4, na str. 187, pogrešno je otisnut naslov članka mr. Dubravka Lukačevića. Ispravan naslov glasi: **PLINSKO-PARNI ENERGETSKI BLOK KAO ELEKTROENERGETSKI IZVOR.**

Ispričavamo se mr. Lukačeviću zbog nehотиčne pogreške, a naše čitatelje molimo da ovaj ispravak uzmu u obzir.

Uredništvo

MOGUĆNOSTI MODERNIZACIJE I REKONSTRUKCIJE NISKOG TLAKA PARNIH TURBINA S BAUMANOVIM STUPNJEM

Branko Staniša, Karlovac

UDK 621.165.58

PRETHODNO PRIOPĆENJE

Za povećanje propusne moći i snage niskog tlaka višekučisnih parnih turbina, uz istu duljinu rotorskih lopatica zadnjeg stupnja, koristio se je dvodijelni Baumanov predzadnji stupanj niskog tlaka. U ovom radu iznesene su mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka parnih turbina s dvodijelnim Baumanovim predzadnjim stupnjem. Modernizacijom i rekonstrukcijom povisuje se stupanj korisnosti i povećava snaga turbine.

Ključne riječi: parna turbina, Baumanov stupanj, modernizacija, rekonstrukcija.

1. UVOD

Prethodnih godina neki su se proizvođači turbina za povećanje propusne moći i snage svojih turbina, bez povećanja duljine lopatice zadnjeg stupnja koristili dvodijelni predzadnim stupnjem. Taj stupanj predložio je Bauman, pa je po njemu nazvan Baumanovim stupnjem. Primjenom Baumanova stupnja mogla se povećati protočna količina pare kroz niski tlak turbine i adekvatno tome povećati snaga za 1,5 puta a da se ne poveća duljina lopatica zadnjeg stupnja [1]. Npr., snaga turbine 1 200 MW primjenom predzadnjeg Baumanova stupnja mogla bi se povećati na 1 800 MW, a da se ne poveća duljina lopatica zadnjeg stupnja niskog tlaka.

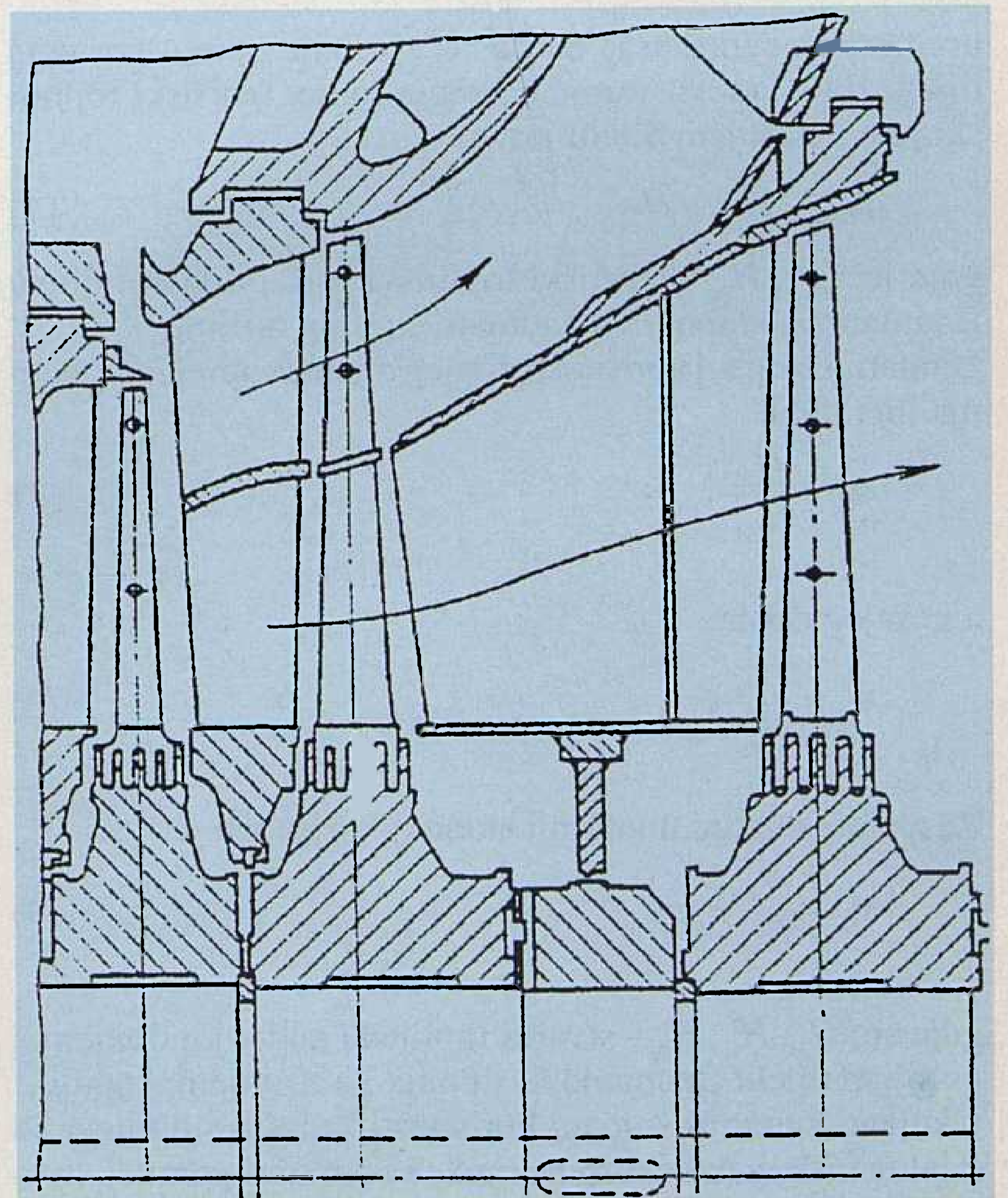
Zbog nižeg stupnja korisnosti Baumanova stupnja u odnosu prema običnom turbinskom stupnju i zbog složenosti njegove izrade, razvoj povećanja snage parnih turbina nije išao primjenom Baumanova stupnja već povećanjem duljine lopatica zadnjeg stupnja niskog tlaka, tako da se već od 1960. godine u razvojnim koncepcijama povećanja snage parnih turbina ne primjenjuje Baumanov predzadnji stupanj niskog tlaka.

U posljednje se vrijeme starije izvedbe niskih tlakova parnih turbina s Baumanovim predzadnjim stupnjem moderniziraju i rekonstruiraju ugradnjom običnog turbinskog stupnja. Hrvatska elektroprivreda ima turbinu snage 125 MW u TE Plomin i dvije turbine po 210 MW u TE Sisak s Baumanovim stupnjem. U ovom radu dane su osnovne tehničke karakteristike Baumanova stupnja i mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka turbina s Baumanovim stupnjem. Modernizacijom i rekonstrukcijom povećava se stupanj korisnosti i snaga turbine.

2. OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE BAUMANOVA STUPNJA

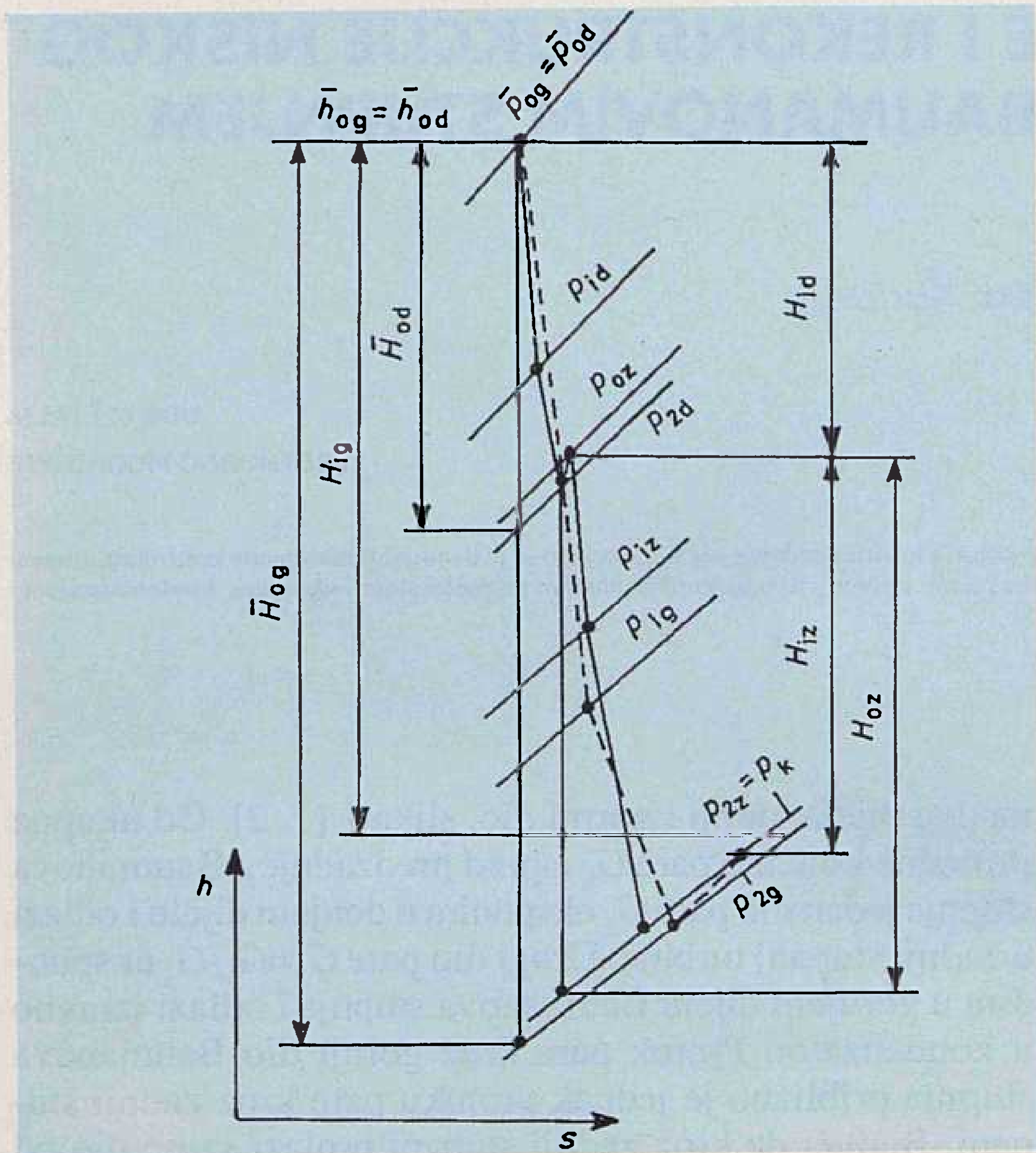
Baumanov predzadnji stupanj primjenjivao se radi povećanja izlazne površine zadnjih stupnjeva turbine i s time povećanje protoka pare i snage niskog tlaka. Taj stupanj ima pregradu koja razdvaja statorske i rotorske lopatice

na dva dijela: donji i gornji dio, slika 1 [1, 2]. Od ukupne protočne količine pare G_k ispred predzadnjeg Baumanova stupnja jedan dio pare G_d eksponira u donjem dijelu i odlazi u zadnji stupanj turbine. Drugi dio pare $G_g = G_k - G_d$ eksponira u gornjem dijelu Baumanova stupnja i odlazi izravno u kondenzator. Protok pare kroz gornji dio Baumanova stupnja približno je jednak protoku pare kroz zadnji stupanj. Budući da kroz zadnji stupanj prolazi samo dio od ukupne količine pare adekvatno tome se smanjuje duljina njegovih lopatica l_z .



Slika 1. Uzdužni presjek kroz zadnje stupnjeve niskog tlaka turbine s Baumanovim predzadnjim stupnjem

Na slici 2. prikazan je proces ekspanzije pare u predzadnjem Baumanovom i zadnjem stupnju turbine. Punom crtom označen je proces ekspanzije pare u donjem dijelu Baumanova stupnja i zadnjem stupnju turbine. Isprekida-



Slika 2. Proces ekspanzije pare u Baumanovom predzadnjem i zadnjem stupnju turbine u h, s dijagramu za vodenu paru (- totalni parametri)

nom crtom označen je proces ekspanzije pare u gornjem dijelu Baumanova stupnja. Prema tome, teorijski toplinski pad u gornjem dijelu jest

$$H_{og} \approx H_{od} + H_{oz} \quad (1)$$

gdje je: H_{od} , H_{oz} - teorijski toplinski pad u donjem dijelu Baumanova stupnja i u zadnjem stupnju turbine.

Unutarnji stupanj korisnosti donjeg dijela Baumanova stupnja ima oblik

$$\eta_{id} = \frac{H_{id}}{H_{od}}, \quad (2)$$

a gornjeg dijela

$$\eta_{ig} = \frac{H_{ig}}{H_{og}}. \quad (3)$$

Za zadnji stupanj unutarnji stupanj korisnosti je

$$\eta_{iz} = \frac{H_{iz}}{H_{oz}}, \quad (4)$$

gdje su: H_{id} , H_{ig} , H_{iz} - stvarni toplinski padovi u donjem i gornjem dijelu Baumanova stupnja i u zadnjem stupnju. Ukupan unutarnji stupanj korisnosti zadnjih stupnjeva ili cijelog niskog tlaka turbine može se odrediti pomoću izraza [3]

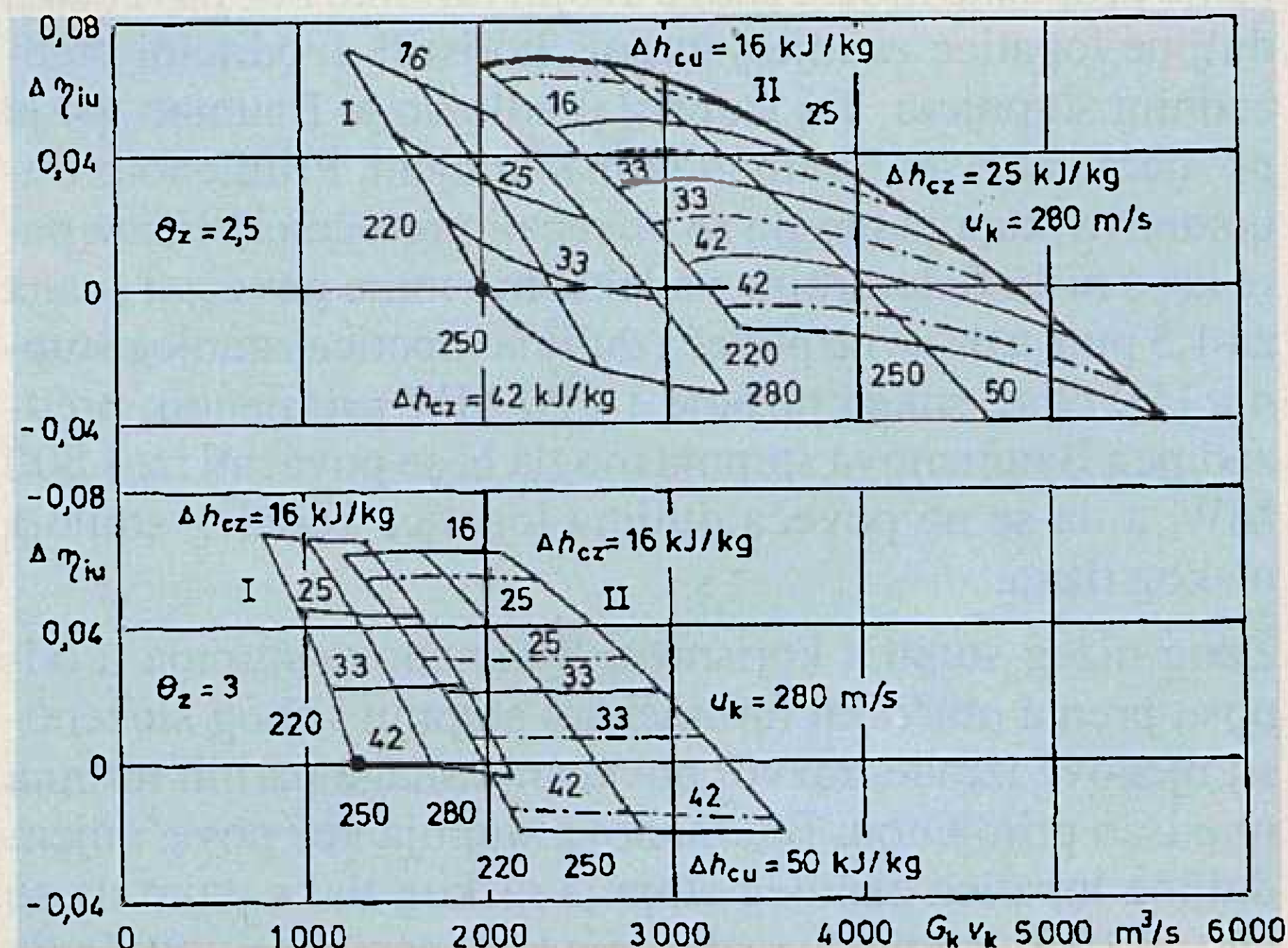
$$\eta_{iu} = \frac{H_i}{H_o}. \quad (5)$$

Gubici energije zbog izlazne brzine c_2 kroz ukupnu površinu zadnjeg stupnja i gornjega dijela Baumanova stupnja mogu se odrediti pomoću izraza

$$\Delta h_c = \frac{G_g \Delta h_{cg} + G_z \Delta h_{cz}}{G_k} \quad (6)$$

gdje su: $\Delta h_{cg} = c_{sg}^2/2$, $\Delta h_{cz} = c_{2z}^2/2$ - gubici energije zbog izlazne brzine u gornjem dijelu Baumanova stupnja i u zadnjem stupnju.

Usporedbu koncepcije niskog tlaka turbine s običnim i Baumanovim predzadnjim stupnjem može se provesti pri jednakoj protočnoj količini pare G_k i jednakim gubicima zbog izlazne brzine pare Δh_c . U tom slučaju radi o dvama različitim zadnjim stupnjevima. Koncepcija s običnim predzadnjim stupnjevima ima zadnji stupanj s duljim lopaticama i adekvatno tome veća naprežanja i veću opasnost od erozije. Usporedba razlike unutarnjeg stupnja korisnosti ($\Delta \eta_{iu}$) grupe zadnjih stupnjeva niskog tlaka turbine s običnim protočnim dijelom (I) i protočnim dijelom s Baumanovim predzadnjim stupnjem (II), pri različitim obodnim brzinama na korjenu lopatice (u_k) i gubicima izlazne brzine iz zadnjeg stupnja (Δh_{cz}) u ovisnosti volumenog protoka pare u kondenzator ($G_k \cdot v_k$) za zadnji stupanj s odnosom $\Theta_z = d/l_z = 2,5$ i $\Theta_z = 3$, prikazana je na slici 3 [1, 2].



Slika 3. Usporedba ekonomičnosti ($\Delta \eta_{iu}$) grupe zadnjih stupnjeva niskog tlaka turbine s običnim protočnim dijelom (I) i protočnim dijelom s Baumanovim predzadnjim stupnjem (II), pri različitim obodnim brzinama u_k i gubicima izlazne brzine Δh_c u ovisnosti volumenog protoka pare u kondenzator ($G_k \cdot v_k$) za zadnji stupanj s $\Theta_z = 2,5$ i $\Theta_z = 3$

Pri proračunu je usvojen ukupan izentropski pad $H_o = 420$ kJ/kg. Razlika unutarnjeg stupnja korisnosti računata je pomoću izraza

$$\Delta \eta_{iu} = \eta_{iu} - \eta_{io}, \quad (7)$$

gdje je: η_{iu} - ukupan unutarnji stupanj korisnosti; η_{io} - unutarnji stupanj korisnosti s običnim stupnjevima pri $u_k = 220$ m/s i $\Delta h_{cz} = 42$ kJ/kg (početna usporedna vrijednost u dijagramu slika 3 označena s točkom).

Iz slike 3. vidljivo je da kroz niski tlak turbine s Baumanovim predzadnjim stupnjem može proći veći volumeni protok pare pri jednakom odnosu srednjeg promjera stupnja i duljine zadnjih lopatica Θ_z . Razlika u protočnom volumenu veća je pri manjem odnosu Θ_z .

Prednost Baumanova dvodijelnog predzadnjeg stupnja u određenom razdoblju razvoja parnih turbina bila je u tome što je omogućavao kod postojeće granične duljine lopatica zadnjeg stupnja povećanja snage turbine za 1,5 puta. Ako se nije željela povećati snaga primjenom Baumanova stupnja mogao se smanjiti broj kućišta niskog tlaka za 0,5 puta i adekvatno tome smanjiti gabariti turbine i njezina temelja [4]. Međutim, iz dijagrama slike 3, vidljivo je da primjena Baumanova predzadnjeg stupnja ne rješava problem većeg povećanja snage kondenzacijskih parnih turbina.

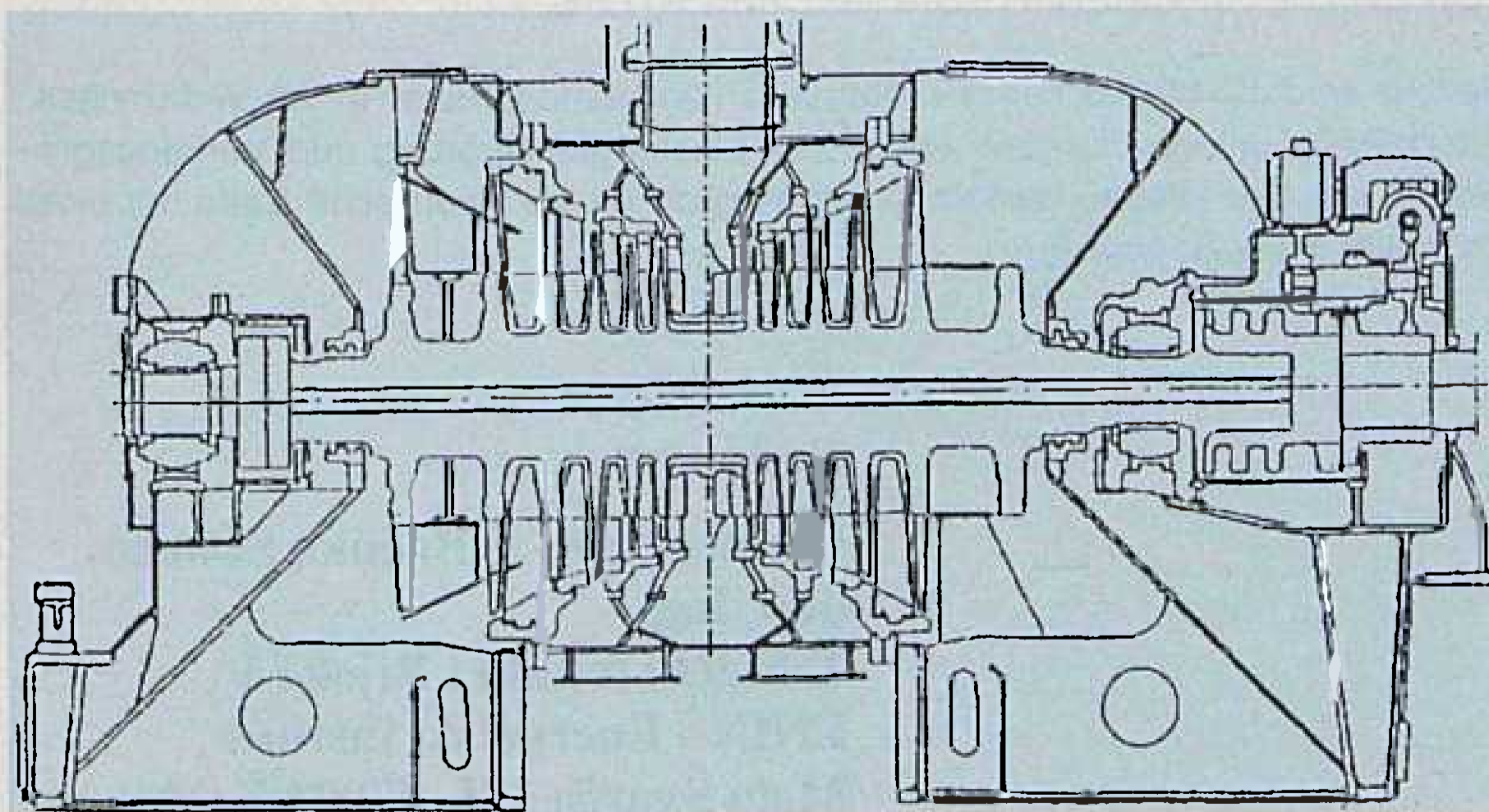
Korištenje Baumanova stupnja popraćeno je smanjenjem ekonomičnosti protočnoga dijela niskog tlaka turbine u odnosu prema običnom stupnju pri jednakim gubicima zbog izlazne brzine Δh_c zbog sljedećih uzroka:

- U statorskim i rotorskim lopaticama gornjega dijela Baumanova stupnja zbog velikog toplinskog pada nastaje veći Machov broj i odgovarajući tome se povećavaju gubici energije.
- Povećavaju se gubici na korijenima lopatica Baumanova stupnja i zadnjeg stupnja zbog smanjenja njihove relativne duljine, kao i zbog povećanja aksijalnog razmaka između stupnjeva.
- Nastaju dodatni gubici prostrujavanja pare iz donjega dijela u gornji dio Baumanova stupnja zbog razlike u izlaznom tlaku.

U posljednje vrijeme Baumanov predzadnji stupanj više se ne primjenjuje uglavnom zbog smanjene ekonomičnosti, složenosti njegove izrade i osiguravanja vibracijske pouzdanosti. Kod starijih koncepcija parnih turbina koje imaju Baumanov stupanj, obično se u tijeku modernizacije i rekonstrukcije izvodi njegova zamjena običnim stupnjem.

3. REKONSTRUKCIJA NISKOG TLAKA TURBINE S BAUMANOVIM STUPNJEM

U Hrvatskoj elektroprivredi je s Baumanovim predzadnjim stupnjem instalirana trokućišna kondenzacijska parna turbina s međupregrijanjem pare snage 125 MW Plomin i dvije trokućišne kondenzacijske turbine snage po 210 MW TE Sisak. Osnovni tehnički podaci tih turbina dani su u prijašnjim radovima [5, 6, 7]. Za povećanje stupnja korisnosti niskog tlaka turbine 125 MW TE Plomin može se s minimalnom rekonstrukcijom Baumanov predzadnji stupanj zamijeniti običnim stupnjem, a zadnji stupanj odstraniti (slika 4). Na slici 4. je radi usporedbe pri-



Slika 4. Uzdužni presjek kroz postojeći lijevi i rekonstruirani desni protočni dio niskog tlaka turbine snage 125 MW TE Plomin

kazana lijeva strana dvoprotočnoga niskog tlaka turbine postojeća, a desna rekonstruirana. U toj rekonstrukciji niskog tlaka turbine zamjenjuje se na lijevoj i desnoj strani protoka pare razdjelna stijenka predzadnjeg stupnja novim profilima statorskih lopatica. Također se zamjenjuju rotorske lopaticice predzadnjeg stupnja novim profilima. Razdjelna stijenka sa statorskim lopaticama i rotorske lopaticem zadnjeg stupnja se odstranjuju.

Za poboljšanje aerodinamike strujanja pare na ulazu u protočne dijelove niskog tlaka dodaje se semitrični uvodnik pare u niski tlak. Takvom se rekonstrukcijom niskom tlaku turbine smanjuje jedan stupanj, a zapravo pola stupnja jer kroz zadnji odstranjeni stupanj protječe približno pola od količine pare ispred prednjeg Baumanova stupnja, pa se ne može očekivati znatno povišenje stupnja korisnosti. Rekonstrukcijom niskog tlaka povisio bi se stupanj korisnosti, što bi smanjilo specifičnu potrošnju topline parnoturbinskog postrojenja $\Delta q \leq 0,5\%$. Vrijednost Δq se određuje pomoću izraza:

$$\Delta q = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \quad (8)$$

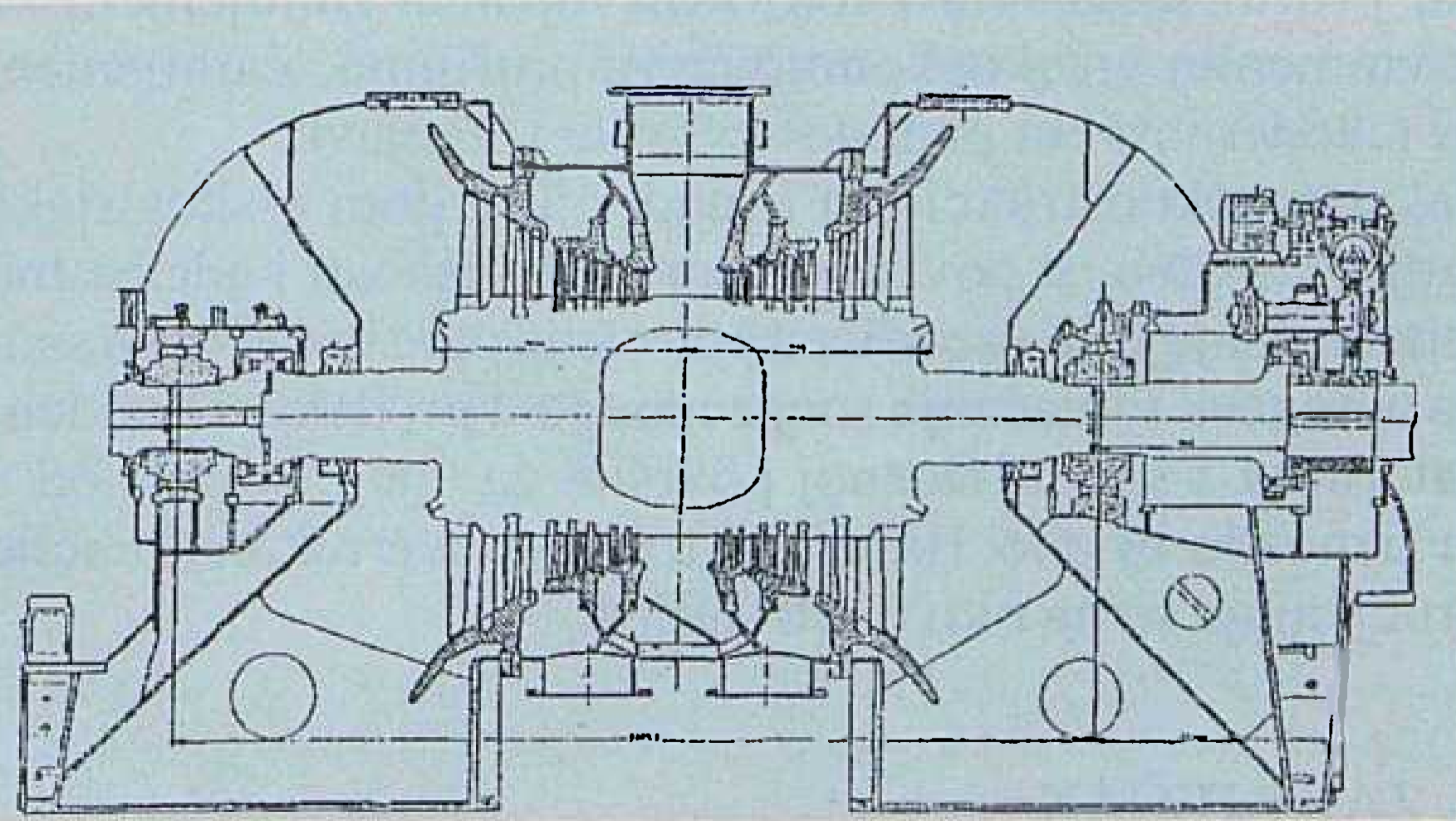
gdje je: q_1, q_2 - specifična potrošnja topline prije i nakon rekonstrukcije.

Specifične topline parnoturbinskog postrojenja s međupregrijanjem pare q_1 i q_2 s uzimanjem u obzir ubrizgavanja vode u međupregrijač za regulaciju temperature pare mogu se odrediti jednadžbom

$$q = \frac{Q_1 - G_o(h_o - h_v) + G_m(h_m - h_1) + W_m(h_m - h_{vm})}{P_{el}} \quad (9)$$

gdje je: Q_1 - dovedena toplina u parnoturbinsko postrojenje; P_{el} - električna snaga; G_o - protočna količina svježe pare; h_o - entalpija svježe pare; h_v - entalpija napojne vode na ulazu u parni kotao; G_m - količina međupregrijanja pare; h_m, h_1 - entalpija međupregrijane pare na ulazu u srednji tlak i entalpija pare na izlazu iz visokog tlaka turbine; W_m - količina vode ubrizgane u međupregrijač; h_{vm} - entalpija vode ubrizgane u međupregrijač.

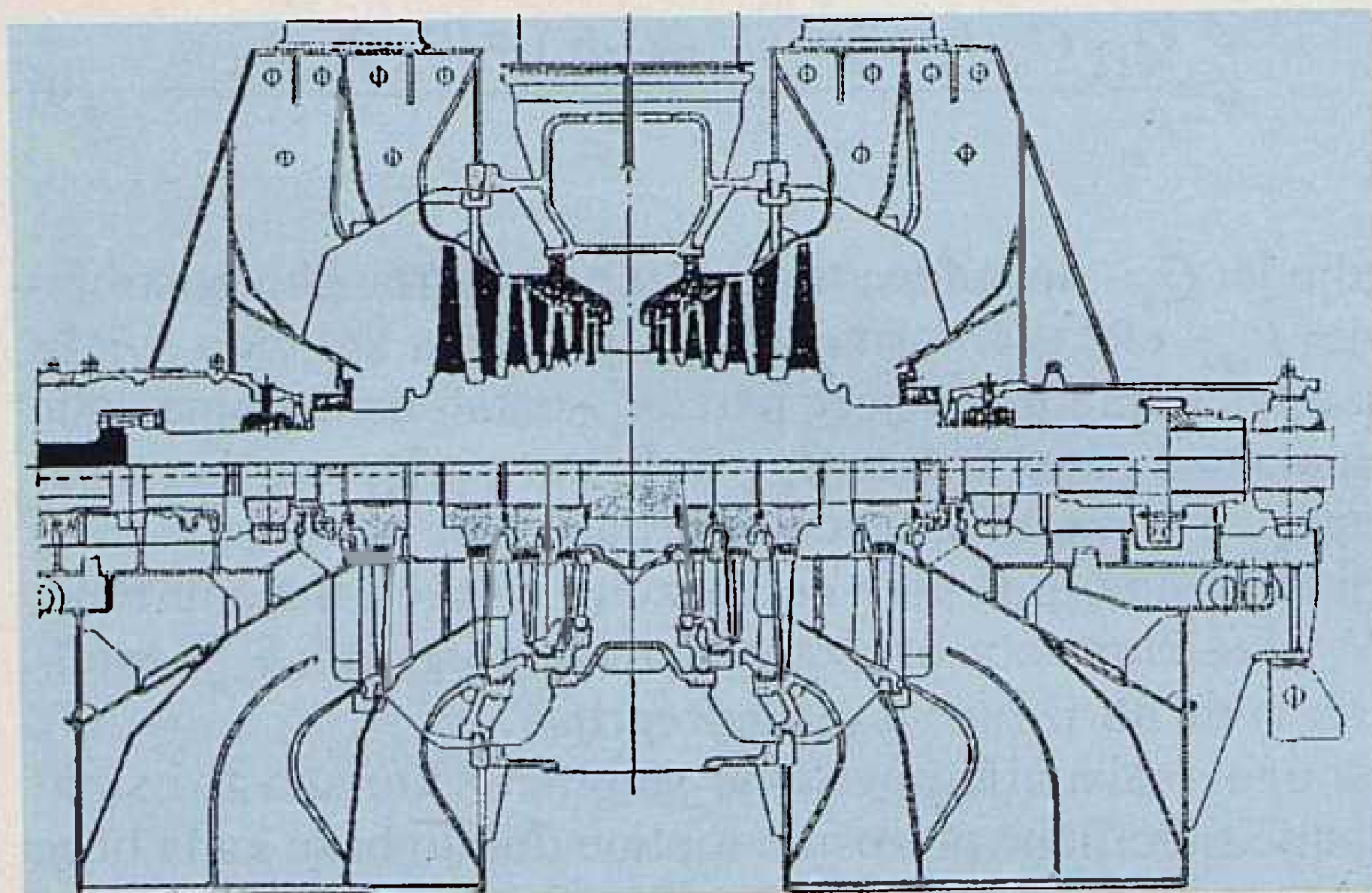
Mnogo značajnije povišenje stupnjeva korisnosti i smanjenje specifične potrošnje topline dobilo bi se kada bi se rekonstrukcijom Baumanova stupnja zamijenio cijeli protočni dio niskog tlaka turbine. Na slici 5. prikazan je primjer moguće zamjene cijeloga protočnoga dijela niskog tlaka turbine snage 125 MW: Tom rekonstrukcijom i modernizacijom zamijenile bi se statorske lopaticice s unu-



Slika 5. Uzdužni presjek kroz rekonstruirani i zamijenjeni protočni dio niskog tlaka turbine snage 125 MW

tarnjim kućištima i kompletnim rotorom niskog tlaka turbine. Stari profili statorskih i rotorskih lopatica zamijenili bi se suvremenim visokoekonomičnim profilima. Od starog niskog tlaka turbine ostalo bi samo vanjsko kućište. Takvom rekonstrukcijom i modernizacijom znatno bi se povisio stupanj korisnosti niskog tlaka turbine, koji bi omogućio smanjenje specifične potrošnje turbinskog postrojenja za $\Delta q \geq 3,4\%$.

Međutim, to rješenje rekonstrukcije nije dosta pouzdano, jer se vanjsko kućište niskog tlaka turbine 125 MW TE Plomin u dosadašnjem radu pokazalo nedovoljno krutim. Zbog nedovoljne krutosti zavarne konstrukcije vanjskog kućišta na kojeg se oslanjaju ležajevi, ta turbina je imala velike probleme s dinamikom rotora niskog tlaka. Problem se djelomično riješio povećanjem zračnosti u međustupnim i vanjskim labirintnim brtvama. U novoj konstrukciji turbina 125 MW problem je riješen tako da se ležajevi rotora niskog tlaka turbina oslanjaju na betonski temelj. Turbine snage 210 MW nisu imale problema s krutosti niskotlačnog kućišta. Na tim turbinama bilo bi povoljno u tijeku revitalizacije i modernizacije rekonstrukcijom Baumanova stupnja zamijeniti cijeli protočni dio niskog tlaka (slika 6). Radi usporedbe, gornja polovica uzdužnog presjeka prikazana je s novim rekonstruiranim i moderniziranim protočnim dijelom, a donja polovica s postojećim protočnim dijelom. Ovdje su rekonstrukcijom i modernizacijom zamijenjene statorske lopatice s njihovim nosači-



Slika 6. Uzdužni presjek kroz postojeći donji dio i rekonstruirani gornji dio niskog tlaka turbine snage 210 MW.

ma i rotorske lopatice na kompletnim vratilom niskog tlaka. Profili statorskih i rotorskih lopatica zamijenjeni su suvremenim visokoekonomičnim profilima. Zamijenjeni su također brtveni prstenovi vratila i ležajevi.

Takvom rekonstrukcijom i modernizacijom niskog tlaka turbine znatno se povisuje stupanj korisnosti i adekvatno tome smanjuje se specifična potrošnja pare i povećava snaga agregata. Povećanje snage agregata pri tlaku u kondenzatoru od 5 kPa i izlaznoj površini zadnjeg stupnja od 8 m² iznosilo bi oko 10 MW. Troškovi ove rekonstrukcije procjenjuje se na oko $6 \cdot 10^6$ DEM.

4. ZAKLJUČAK

Primjena dvodijelnog Baumanova predzadnjeg stupnja niskog tlaka višekučišnih kondenzacijskih turbina omogu-

ćilo je pedesetih godina povećanje snage za 1,5 puta pri istoj graničnoj duljini lopatica zadnjeg stupnja. Međutim, zbog nižeg stupnja korisnosti i složenosti izrade u odnosu na običan stupanj turbine, Baumanov stupanj se već od 1960. godine nije primjenjivao u novim koncepcijama višekučišnih turbina velikih snaga.

Danas se na starijim turbinama zbog povišenja stupnja korisnosti Baumanov predzadnji stupanj u tijeku modernizacije i revitalizacije zamjenjuje običnim stupnjem. U mnogim se slučajevima za što veće povišenje stupnjeva korisnosti zamjenjuje cijeli protočni dio niskoga tlaka turbine. Pri tome se ugrađuju statorske i rotorske lopatice sa suvremenim visokoekonomičnim profilima. Zamjena kompletnog protočnog dijela niskog tlaka je posebno povoljna u tijeku revitalizacije na turbinama koje su pri kraju ili im je prošao projektni vijek trajanja.

LITERATURA

- [1] A. V. ŠCEGLJAEV: "Parovne turbine", Energija, Moskva 1976.
- [2] M. E. DEJČ, B. M. TROJANOVSKIJ: "Untersuchung und Berechnung axialer Turbinenstufen", VEB Verlag Technik Berlin 1973.
- [3] J. A. MARČENKO i dr.: "Issledovanie ekonomičnosti cilindra niskoga davljenija turbini K-200-130 LMZ do i posle modernizacii", Teploenergetika (1977) 3, 46-51.
- [4] B. M. TROJANOVSKIJ, E. V. MAJONSKIJ, K. K. ALEKSANDROV, K. NOJMAN: "O proektirovanii kondensacionnih parovih turbin sa stupenajami Baumana", Teploenergetika (1967) 8, 39-43.
- [5] B. STANIŠA: "Rekonstrukcija i modernizacija parnih turbina snage 125 MW", Zbornik tehničkog fakulteta Rijeka 9 (1988) 281-291.
- [6] B. STANIŠA: "Erozija rotorskih lopatica turbina snage 210 MW instaliranih u našoj zemlji", Elektroprivreda 35 (1982) 3/4, 74-81.
- [7] B. STANIŠA: "Mogućnost rekonstrukcije kondenzacijskih parnih turbina u toplofikacijske", Sedmo stručno savjetovanje o termoelektranama Jugoslavije, Ohrid 1985., Zbornik radova 3.1., 1-11.

MODERNISATION AND RECONSTRUCTION POSSIBILITIES OF THE LOW PRESSURE STEAM TURBINE BY BAUM'S DEGREE

The possibility of steam turbine construction in the Croatian National Electricity is presented in order to increase the power and the efficiency degree. The reconstruction is realised by the exchange of Baum's degree with a normal one.

MODERNISIERUNGS- UND UMBAUMÖGLICHKEIT DES NIEDERDRUCKTEILES VON DAMPFTURBINEN MIT BAUMSCHER STUFE

Gezeigt wird die Möglichkeit des Umbaus von Dampfturbinen in der Verbundgesellschaft Kroatiens mit dem Zweck der Leistungssteigerung und Wirkungsgraderhöhung. Der Umbau besteht in der Möglichkeit die Baum'sche Stufe mit einer normalen Stufe zu ersetzen.

Naslov pisca:

Izv. prof. dr. sc. Branko Staniša,
dipl. ing.
Tehnički fakultet Rijeka i
ENIN - Energetski institut
Mala Švarča 155, 47000 Karlovac
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-04-17

ISPITIVANJA I ANALIZA KVALITETE RADA PLINSKIH TURBINA I KOMBI BLOKOVA U PTE JERTOVEC

Bojan Abramović, Zagreb

UDK 621.165 : 621.311.22

STRUČNI ČLANAK

U sklopu ostvarenja cjelovitog projekta aktualizacije postojećih normativa potrošaka topline goriva termoelektrana i toplana u vlasništvu HEP-a, stručnjaci EKONERGA – Instituta za energetiku i zaštitu okoliša – proveli su, u suradnji s predstavnicima elektrane, kompleksna normativna ispitivanja plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jertovec. U članku se daje ukratko način provedbe ispitivanja, pregled konačnih rezultata, te osvrt na ostvarenu kvalitetu rada glavnih komponenti postrojenja i KOMBI blokova u cjelini. Korištenjem konačnih rezultata, postavljenog matematičkog modela (za obračun potrošaka topline goriva) i odgovarajućih pretpostavaka analizirana je opravdanost ulaganja u kapitalni remont plinske turbine PT5.

Ključne riječi: plinske turbine, KOMBI postrojenja, ispitivanja, normativi, energetsko-ekonomska analiza.

1. UVOD

Normativnim značajkama termoenergetskog postrojenja definira se potrošak topline goriva po jedinici proizvoda (električne energije, a u slučaju toplane i topline), te se koriste kao osnova za obračun troškova proizvodnje. Osim toga, sustavno praćenje normativnih značajka u termoelektranama omogućuje uočavanje mogućeg narušavanja kvalitete energetskog procesa i pravovremeno poduzimanje odgovarajućih mjera radi uštede goriva.

S obzirom na to da troškovi goriva čine i najveći promjenljivi trošak u termoenergetskim postrojenjima, isplativost ulaganja u postavljanje normativa i uvođenja sustava kontinuiranog praćenja procesa nije upitna. Zbog navedenih razloga HEP je pristupio realizaciji cjelovitog projekta aktualizacije postojećih normativa potrošaka topline goriva termoelektrana i toplana u svom vlasništvu.

U sklopu tog projekta provedena su cjelovita normativna ispitivanja plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jertovec. Ispitivanja su organizirali i proveli stručnjaci EKONERGA – Instituta za energetiku i zaštitu okoliša – u suradnji s djelatnicima elektrane, [1]. Provedeno je ukupno 32 ispitivanja, u razdoblju od 16. 5. 1995. do 14. 6. 1995. Ispitivanja su obuhvatila sve osnovne dijelove postrojenja bloka, te vlastiti potrošak električne energije i topline, a provedena su prema odgovarajućim DIN propisima VDI / VDE preporukama.

Budući da je PTE Jertovec namijenjena za poluvršni i vršni način rada, njezina proizvodnja znatno varira i ovisi o uvjetima i stanju u elektroenergetskom sustavu. Kao posljedica toga primjenjuju se dva načina rada: s plinskim turbinama u samostalnom radu (kada se ne očekuje duži kontinuirani rad) i rad KOMBI blokova. Zbog navedenog sledila je i potreba za izradom normativa potroška topline goriva za samostalni rad plinskih turbina i KOMBI blokove kao cjeline. U članku se ukratko daje način provedbe ispitivanja, pregled konačnih rezultata te osvrt na ostvarenu kvalitetu rada glavnih komponenata postrojenja i KOMBI blokova u cjelini. Korištenjem konačnih rezultata, postavljenog matematičkog modela (za obračun potrošaka

topline goriva) i odgovarajućih pretpostavaka analizirana je opravdanost kapitalnog remonta plinske turbine PT5.

2. KRATAK OPIS POSTROJENJA

PTE Jertovec namijenjena je isključivo za proizvodnju električne energije. Glavne komponente postrojenja su: dvije plinske turbine (oznake PT4 i PT5), dva kotla na otpadnu toplinu (oznake K5 i K6) i dvije kondenzacijske parne turbine (oznake TA2 i TA3), [2, 3]. Toplina ispušnih plinova izgaranja iz plinskih turbina koristi se u kotlovima K5 i K6 gdje se proizvodi para za parne turbine. Navedena postrojenja povezana su u blokovsku vezu, te čine dva KOMBI bloka u sljedećim kombinacijama: BLOK 1: PT4-K5-TA2 i BLOK 2: PT5-K6-TA3. Glavne komponente KOMBI blokova identične su izvedbe i osnovnih tehničkih značajka danih u nastavku. Shematski prikaz postrojenja PTE Jertovec dan je na slici 1.

2.1. Plinski turboagregat

Plinski turboagregat sastoji se od plinske turbine i preko reduktora spojenog generatora.

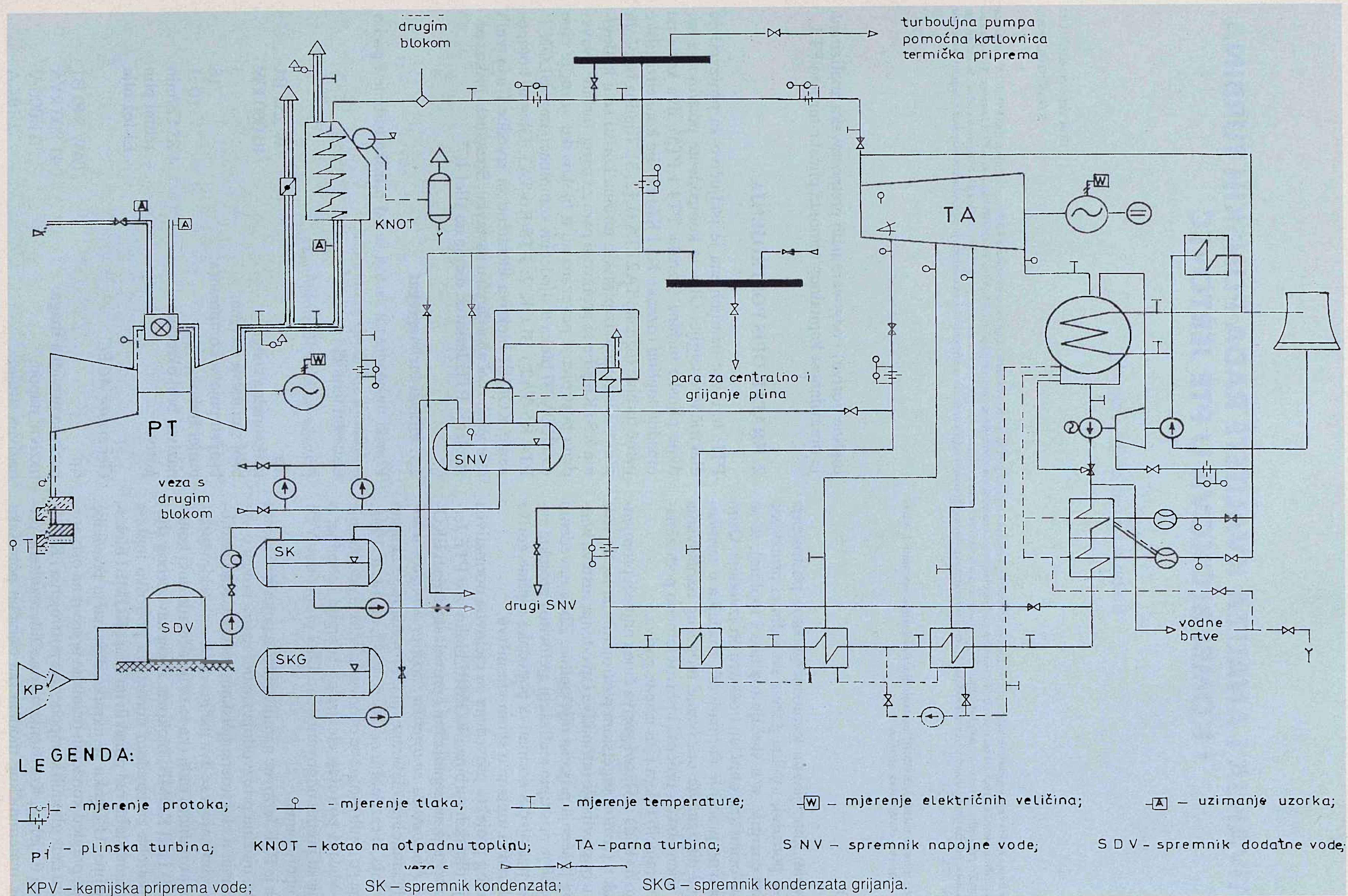
Osnovni tehnički podaci:

Plinska turbina Westinghouse

tip:	W 251 B1
maksimalna snaga:	40 000 kW
broj stupnjeva turbine:	3
broj stupnjeva kompresora:	18
omjer tlakova:	10 : 1
nazivni broj okretaja:	4 854 o/min
gorivo:	- zemni plin - El-lož ulje

Generator ACEC

tip:	TAW 840 B1
nazivna prividna snaga:	41 800 kVA
nazivni napon:	11 000 V
nazivna struja:	2 194 A



Slika 1. Shematski prikaz postrojenja PTE Jertovec

nazivni faktor snage:	$\cos \phi = 0.85$
broj okretaja:	3 000 o/min
maksimalna snaga pri niskoj temperaturi:	48 000 kVA

2.2. Kotao na otpadnu toplinu

Kotao na otpadnu toplinu viseće je izvedbe, s prisilnom cirkulacijom i sljedećim ogrjevnim površinama: pregrijač pare, isparivač i zagrijač vode.

proizvođač:	Cockerill, Belgija
učin:	58 t/h
temperatura pare:	440 °C
tlak pare:	40.21 bar

2.3. Parni turboagregat

Parni turboagregat sastoji se od kondenzacijske parne turbine i trofaznog generatora izravno spojenog s turbinom.

Parna turbina

proizvođač:	Jugoturbina – Karlovac
trajna snaga:	12 500 kW
broj okretaja:	3 000 o/min

Generator

proizvođač:	“R. Končar” Zagreb
tip:	S 160/185
nazivna prividna snaga:	16 000 kVA
nazivni napon:	10 500 kV
nazivna struja:	880 A
faktor snage:	$\cos \phi = 0,8$

3. NAČIN PROVEDBE ISPITIVANJA

Ispitivanja su provedena u skladu s propisima DIN 4341 za plinske turbine [4], DIN 1942 za kotlove [5], DIN 1943 za parne turbine [6]. Mjerenja tlakova, diferencijalnih tlakova, temperatura i električnih veličina, kao i svi proračuni provedeni su također prema odgovarajućim DIN propisima i VDI / VDE preporukama. Veličine stanja radnih medija određene su prema ISO preporukama [7].

Na postrojenju KOMBI bloka definirano je ukupno 80 mjernih mjesta (vidjeti sliku 1), na koja su postavljeni kontrolni mjerni instrumenti u vlasništvu EKONERGA. Mjerenjem su obuhvaćeni tokovi mase i energije koji prelaze postavljene bilančne granice i svi relevantni tokovi unutar samog ciklusa. Kao kontrolni mjerni instrumenti korišteni su pretvarači tlaka i diferencijalnog tlaka klase 0.05 do 0.25 %, otporni termometri klase prema DIN 43760, termoparovi (DIN 43710), pretvarači struje, napona i snaga klase 0.2 do 0.5 % i instrument za mjerenje sadržaja kisika u dimnim plinovima točnosti očitavanja 2 %.

Mjerni instrumenti bili su priključeni na automatsku mjerne stanicu Hewlett-Packard, koju čine jedinica za prikupljanje podataka i upravljanje HP3497A i digitalni voltmetar HP3456A podržani računalom HP Vectra 486/33 s mjernim koprocesorom HP 82324. Očitavanja svih mjernih veličina provođena su svakih 40 sekundi. Osim toga, tijekom ispitivanja očitavan je niz pogonskih mjernih instrumenata radi kontrole njihove ispravnosti. Radi utvrđivanja količine goriva tijekom ispitivanja očitavana su broji-

la plina u plinskoj stanici, odnosno EL-ulja u kontejneru plinske turbine na ispitivanjima s EL-uljem kao gorivom. Na svim ispitivanjima uzimani su uzorci goriva.

Ispitni režimi rada postrojenja tijekom ispitivanja dogovorno su definirani od izvođača i naručitelja na način da svojim brojem i vrstom, što je moguće bolje, pokrivaju područje rada bloka i plinske turbine u samostalnom radu.

4. REZULTATI ISPITIVANJA

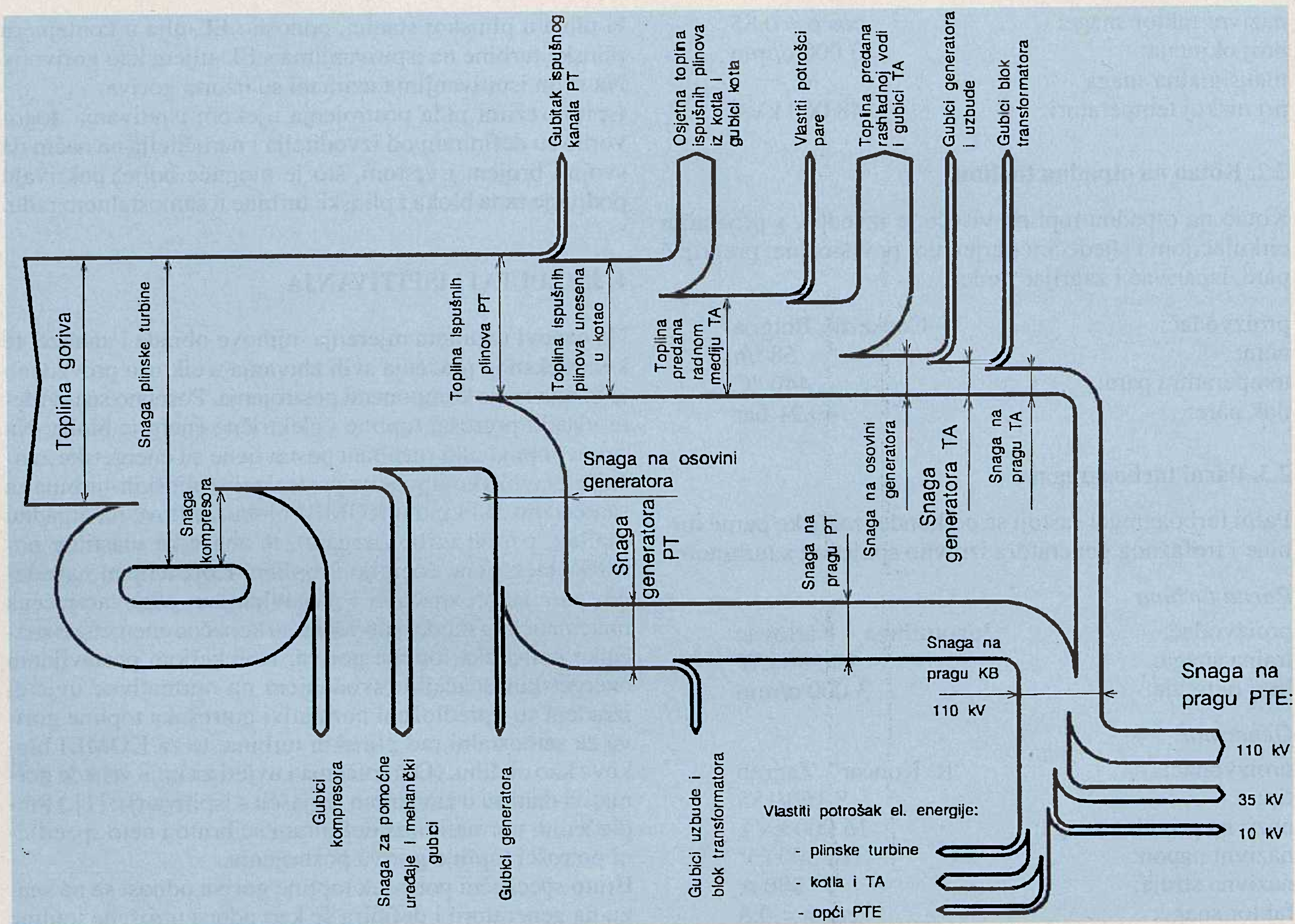
Na osnovi rezultata mjerenja, njihove obrade i analize, te kompleksnog praćenja svih zbivanja u ciklusu provedeno je bilanciranje komponenti postrojenja. Posebno su utvrđeni vlastiti potrošci topline i električne energije bloka. Na osnovi obrađenih rezultata postavljene su energetske značajke glavnih komponenti postrojenja (plinskih-turbina za samostalni rad i rad u KOMBI bloku, kotlova na otpadnu toplinu, parnih turboagregata), te značajke vlastitog potroška električne energije i topline. Korištenjem navedenih parcijalnih značajki i postavljanjem odgovarajućega matematičkog modela utvrđene su konačne energetske značajke potrošaka topline goriva. Korekcijom postavljenih energetskih značajki (svodenjem na normativne uvjete) izrađeni su i predloženi normativi potrošaka topline goriva za samostalni rad plinskih turbina, te za KOMBI blokove kao cjelinu. (Ograničenja i uvjeti za koje vrijede normativi dani su u završnom izvješću s ispitivanja, [1].) Predloženim normativima definirani su bruto i neto specifični potrošci topline goriva postrojenja.

Bruto specifični potrošak topline goriva odnosi se na snagu na generatoru i definira se kao odnos utrošene topline goriva i snage na stezaljkama generatora. Neto specifični potrošak topline goriva predstavlja odnos utrošene topline goriva i snage na pragu elektrane. Proces pretvorbe energije goriva u električnu energiju prikazan je Sankeyjevim dijagramom na slici 2.

4.1. Plinske turbine u samostalnom radu

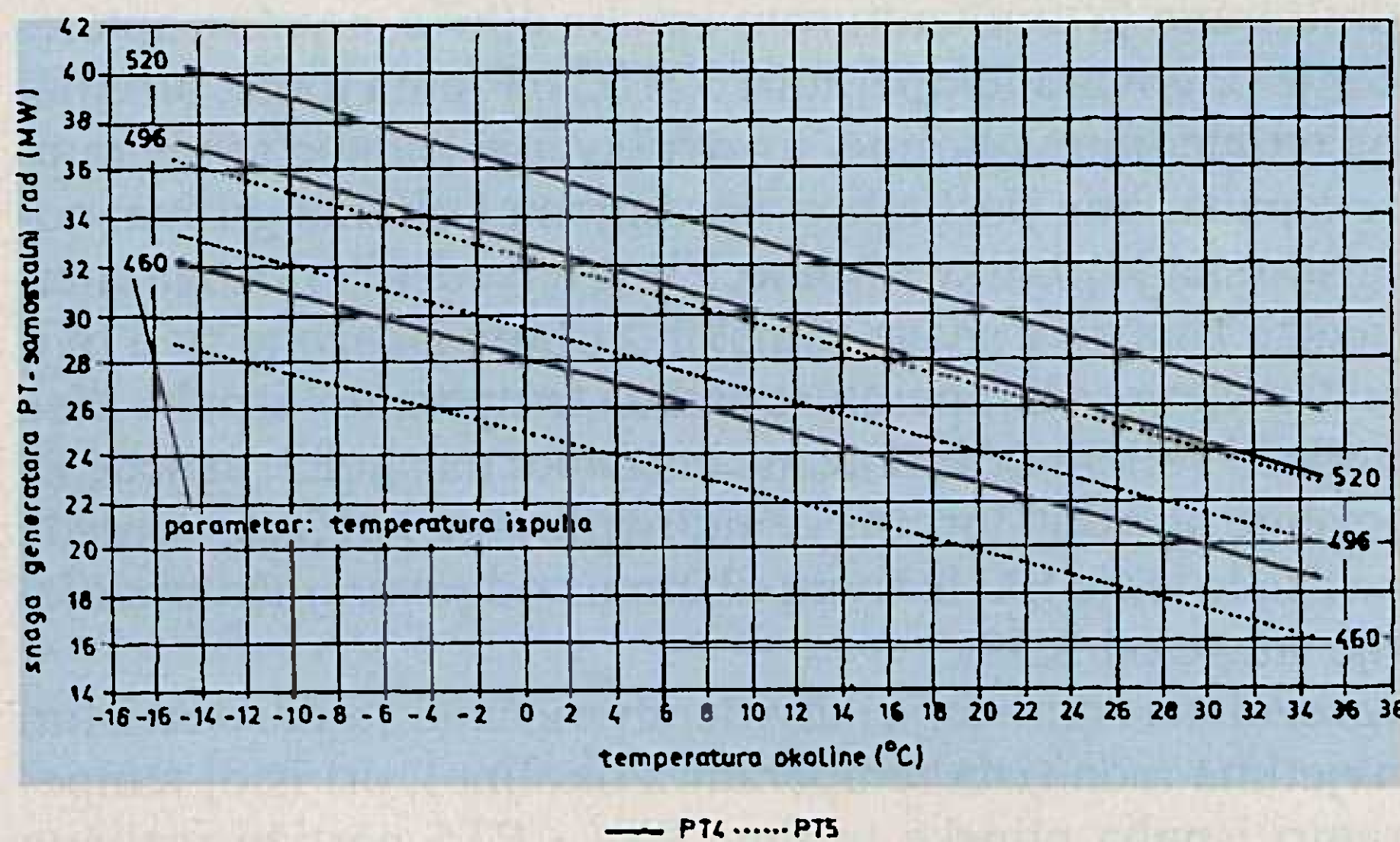
Uvjeti rada plinske turbine mijenjaju se ovisno o temperaturi okolice, i to ponajviše zbog rada kompresora (porast temperature okolice ima za posljedicu smanjenje dobavne količine zraka za izgaranje). Regulacija opterećenja plinske turbine (odnosno regulacija količine goriva) vrši se na osnovi temperature ispuha dimnih plinova (kao vodeće veličine), pri čemu se odnos gorivo/zrak održava u zahtjevanim granicama. (Temeljno opterećenje plinske turbine definirano je temperaturom ispuha 496°C, a vršno opterećenje odgovara temperaturi 521°C). Prema tome, promjena temperature okoline, uz održavanje zadane temperature ispuha, ima posljedicu i promjenu količine goriva, odnosno snage plinske turbine. Zbog navedenih razloga energetske značajke snage plinskih turbina iskazane su u ovisnosti vanjske temperature zraka i temperature ispuha (kao vodeće veličine). Prikazane značajke na slici 3. vrijede za loženje plinskih turbina zemnim plinom. Isti izrazi koriste se i za loženje EL-loživim uljem uz odgovarajuće smanjenje snage od 3.5%.

Iz rezultata ispitivanja i utvrđenih značajki slijedi da u istim uvjetima rada (ista temperatura okoline), pri istoj temperaturi ispuha plinske turbine PT4 i PT5 postižu različita opterećenja. Pri temeljnom opterećenju snaga PT5 je za cca 3 MW niža od snage PT4. Analiza rezultata mjerenja po-

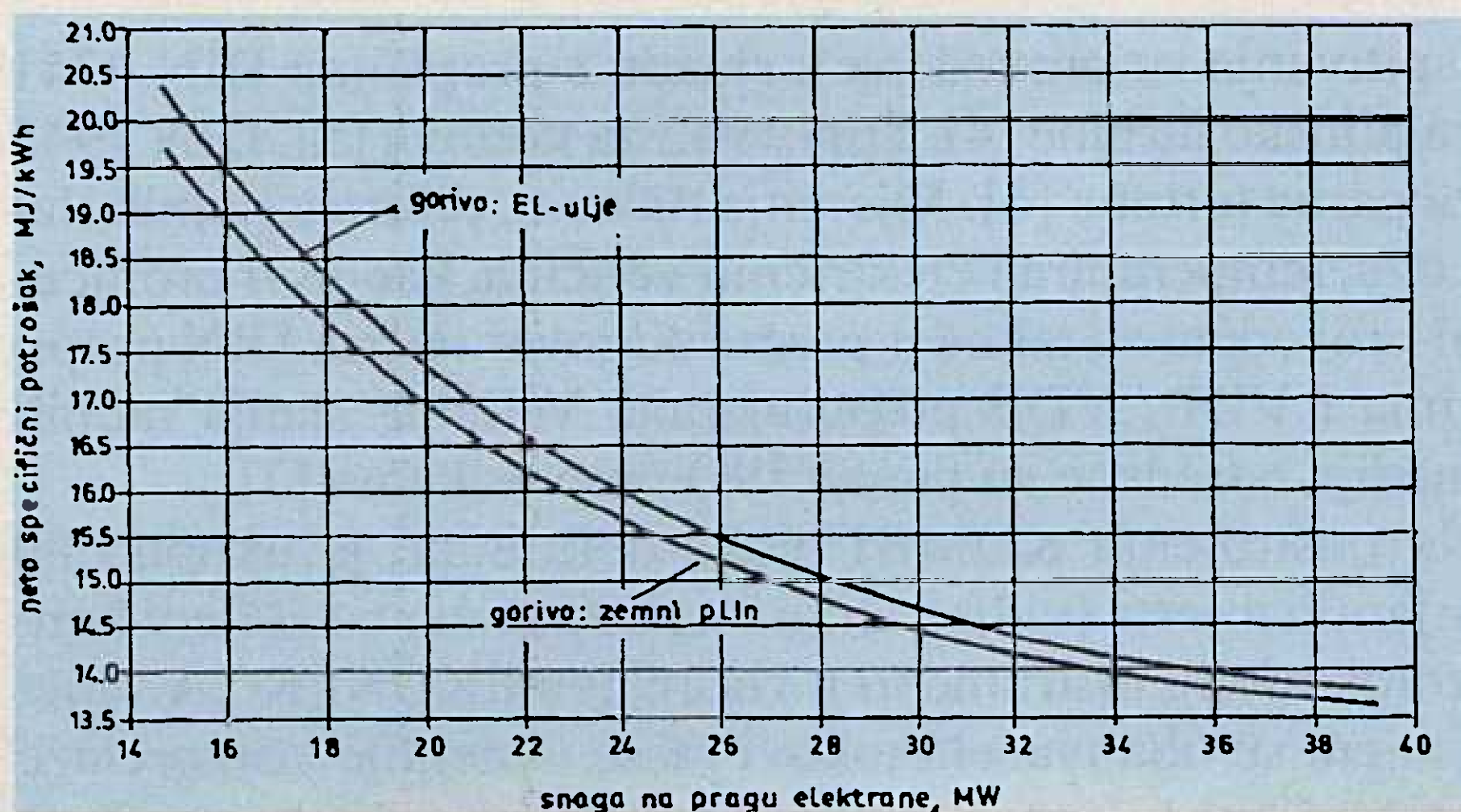


Slika 2. Principijelni Sankeyjev dijagram toka energije KOMBI bloka (nije u mjerilu)

kazala je kako je glavni uzrok sniženoj snazi PT5 lošiji rad kompresora, koji daje niže dobavne količine zraka za izgaranje u odnosu na kompresor PT4, uz istovremno smanjenje dobavne visine. Taj efekt u krajnjem slučaju može se poistovjetiti i s efektom promjene temperature zraka na usisu, jer dominantni utjecaj na rad plinske turbine ima promjena dobavne količine zraka. Zbog tog razloga, a imajući na umu način rada plinskih turbina, ne treba očekivati značajnije utjecaje na ostale energetske značajke. Zbog navedenog postavljena je zajednička značajka potroška topline goriva za obje turbine. Rezultati ispitivanja



Slika 3. Energetske značajke snage na generatoru plinskih turbina u samostalnom radu pri loženju zemnim plinom



Slika 4. Energetske značajke neto specifičnog potroška topline goriva plinskih turbina u samostalnom radu

(odstupanja od utvrđene značajke) potvrdili su ispravnost ovakvog pristupa. Na osnovi značajke potroška topline goriva i utvrđene ovisnosti vlastitog potroška električne energije o snazi na generatoru PT, postavljena je energetska značajka neto potroška topline goriva plinskih turbina u samostalnom radu u ovisnosti od snage na pragu elektrane (dijagramski prikaz na slici 4). Na priloženom dijagramu uočava se povoljan utjecaj korištenja plina kao goriva. Pri loženju plinske turbine zemnim plinom postižu se, ovisno o opterećenju, za 1 do 3% niži specifični potrošci u usporedbi s korištenjem EL-loživog ulja.

4.2. KOMBI blokovi

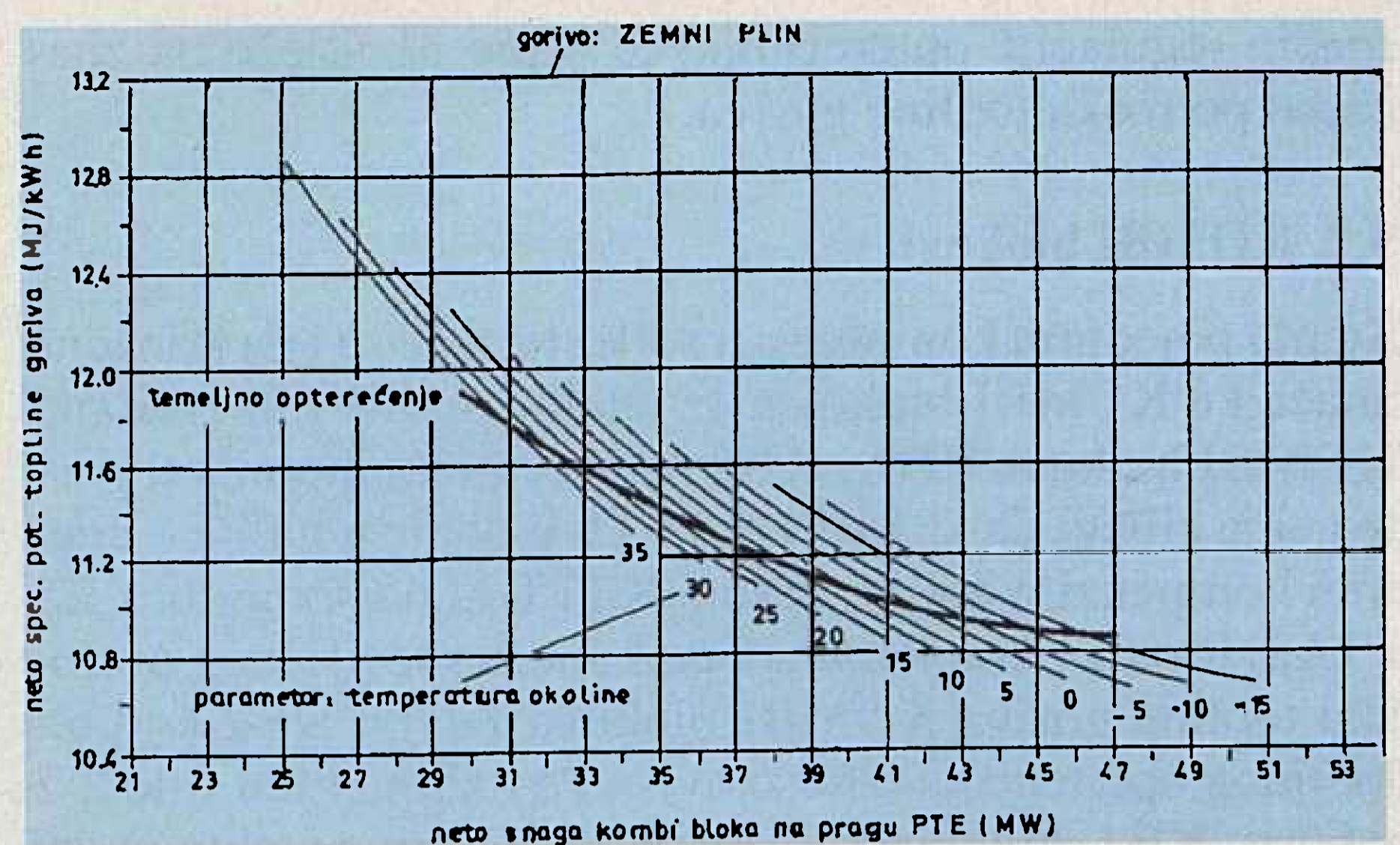
Efikasnost pretvorbe energije u procesu KOMBI bloka definirana je značajkama glavnih komponenta bloka, vlastitog potroška te njihovim međusobnim ovisnostima. Radi utvrđivanja energetske značajke KOMBI blokova postavljene su značajke: plinskih turbina za rad u KOMBI bloku, kotlova na otpadnu toplinu, parnih turbina, te vlastitih potrošaka električne energije i topline.

Način rada plinske turbine istovjetan je bilo da je riječ o samostalnom radu ili o radu u kombi spoju. Razlika postoji jedino u uspostavljenom stanju na ispuhu turbine, što je posljedica uvođenja dimnih plinova u kotao. To rezultira povećanim protutlakom na ispuhu plinske turbine zbog otpora strujanja kroz kotao, što ima kao posljedicu smanjenje snage plinske turbine. Za potrebe utvrđivanja energetske značajke KOMBI bloka koriste se značajke plinskih turbina u samostalnom radu uz smanjenje snage od 0.8%. Taj iznos utvrđen je na osnovi rezultata ispitivanja i tipskih podataka o gradijentu promjene snage (0.22%/°H₂O).

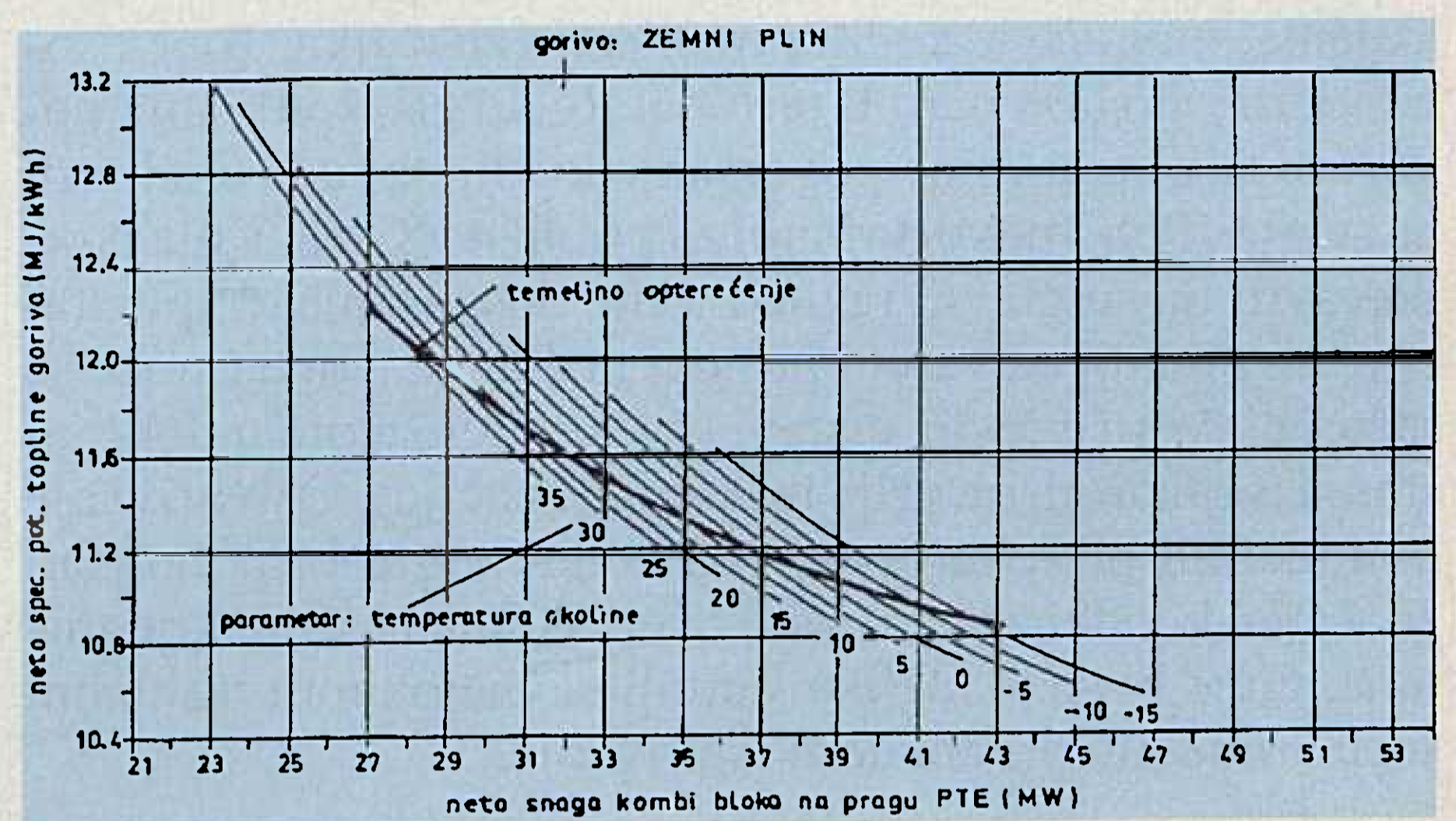
Energetskim značajkama kotla na otpadnu toplinu obuhvaćene su predane topline radnom mediju kotla i proizvodnja pare kotla. Opterećenje kotla ovisi u prvom redu o značajkama i režimu rada plinske turbine (raspoloživa toplina koja se dovodi kotlu sadržana je u ispušnim dimnim plinovima plinske turbine). Osjetno manje na rad kotla utječe i postrojenje parne turbine (temperaturni nivo dimnih plinova na izlazu iz kotla određuje temperatura napojne vode na ulazu kotao, jer je zagrijač vode zadnja ogrjevna površina u toku dimnih plinova). Zbog toga su ove značajke postavljene u ovisnosti temperature okoline i temperature ispuha plinske turbine (veliĉine koje definiraju snagu plinske turbine, odnosno koliĉinu dimnih plinova), te temperature napojne vode na ulazu u kotao. Rezultati ispitivanja (iz kojih slijede navedene znaĉajke kotlova K5 i K6) upućuju na bolju iskoristivost K6, u odnosu na K5, koja se očituje u ostvarivanju nižih izlaznih temperatura dimnih plinova uz istu temperaturu i protok napojne vode na ulazu u kotao. Ipak, veza bolje PT4 i lošijeg K5 u konaĉnici rezultira većom proizvodnjom pare za približno 3.7% pri temeljnim opterećenjima plinskih turbina.

Proizvedena svježa para u kotlu koristi se za pogon parne turbine i za podmirenje vlastitog potroška pare. Energetske znaĉajke parne turbine TA 2 i TA 3, definirane su ovisnošću potroška pare, odnosno specifiĉnog potroška pare o snazi na generatoru TA. Jasno je da potrošak pare turbinskog ciklusa ne ovisi samo o proizvodnji elektriĉne energije već i o stanju i uvjetima rada turbine, te sadrĉaju energije svježe pare. (Najznaĉajniji utjecaj na znaĉajke parnih turbina ima rad kondenzatora, karakteriziran svojom znaĉajkom izmjene topline, temperaturom i koliĉinom rashladne vode.) Utvrđene znaĉajke parnih turbina svedene su na ista uvjetna stanja. Potrebno je napomenuti da je sustav otplinjavanja vode u kontekstu postavljanja energetske znaĉajke izdvojen iz turbinskog ciklusa i tretiran kao potrošaĉ pare vlastitog potroška. Usporedba utvrđenih znaĉajki ukazuje na kvalitetniji rad parne turbine TA3. Naime, za istu koliĉinu pare na ulazu, TA3 proizvede otprilike 3% više elektriĉne energije u odnosu na TA2.

Utvrđenim parcijalnim znaĉajkama i njihovim odgovarajućim matematiĉkim modeliranjem, dolazi se do konaĉnih energetske znaĉajke KOMBI bloka. Te znaĉajke iskazane su kao ovisno neto specifiĉnog potroška topline gori-



Slika 5a. Znaĉajka neto specifiĉnog potroška topline goriva bloka KB1



Slika 5b. Znaĉajka neto specifiĉnog potroška topline goriva bloka KB2

va o snazi na pragu elektrane. Na slikama 5a i 5b dijagramski su prikazane dobivene relacije za KB1 i KB2 pri loženju plinskih turbina zemnim plinom. Kao parametar uzeta je temperatura okoline.

5. OSVRT NA REZULTATE ISPITIVANJA

5.1. Plinske turbine u samostalnom radu

Iz usporedbe postavljenih energetske znaĉajki s tipskim vrijednostima i prije utvrđenom znaĉajkom (ispitivanja provedena 1978. godine) moguće je uočiti degradaciju postrojenja zbog dosadašnje eksploatacije, a koja se očituje u povećanju potroška topline goriva i nižim snagama plinske turbine za istu temperaturu okoline.

Povećanje potroška topline goriva u odnosu na rezultate ispitivanja provedena 1978. (gorivo El-ulje) iznosi od 0,4 do 1 MJ/kWh (odnosno 3 do 6%) ovisno o snazi plinske turbine. Za područje rada pri snagama od 31 do 35 MW (temeljno i vršno opterećenje po tipskoj znaĉajci) i za temperaturu zraka od 15°C pogoršanje specifiĉnog potroška iznosi približno 9% u usporedbi s tipskim vrijednostima. U odnosu na tipske znaĉajke plinska turbina PT4 kod temeljnog opterećenja postiže za otprilike 2 do 6 MW manje snage, ovisno o temperaturi okoline i vrsti goriva. Ove su razlike kod PT5 veće i iznose 5 do 8 MW. Uočene razlike u kvaliteti rada plinskih turbina PT4 i PT5, pri čemu se misli na ostvarene snage u istim uvjetima, rezultat su lošijeg rada kompresora, odnosno manjih koliĉina zraka za izgaranje i omjera kompresije. Zbog navedenih razloga

(način regulacije opterećenja) to bitno ne utječe na značajku potroška topline goriva.

5.2. KOMBI blokovi

Stanja pojedinih komponenti reflektirat će se i na konačne značajke KOMBI blokova. Iz analiza utvrđenih značajki KOMBI blokova KB1 i KB2, te glavnih komponenti postrojenja slijedi da se lošiji rad PT5 u odnosu na PT4 djelom kompenzira boljim radom K6 i TA3 u usporedbi s K5 i TA2. Razlike konačnih značajki neto specifičnog potroška topline goriva KOMBI blokova KB1 i KB2 kod temeljnog opterećenja iznose ovisno o režimu rada 1 do 2% u korist KB1. Prema tome, lošiji rad PT5 nije u potpunosti anuliran boljim radom sprege K6-TA3.

Usporedbom dobivenih rezultata i tipskih podataka, kao i na plinskim turbinama i na ostalim komponentama postrojenja, moguće je uočiti pogoršanje značajka. To je osobito izraženo kod parnih turbina. Rezultati ispitivanja pokazuju za obje turbine pogoršanje kvalitete rada u odnosu na stanje 1958. (nove turbine) za približno 8.5%. Valja pretpostaviti da su glavni razlozi tome dosadašnja eksploatacija, ali i manji ostvareni protoci rashladne vode (može se računati da su cijevni sustavi oba kondenzatora u dobrom stanju s obzirom na prije izvršenu sanaciju). Ostvarivanje nominalnih protoka rashladne vode moglo bi poboljšati značajke kondenzatora, a što bi utjecalo na hladni kraj turbine, čime bi se te razlike samnjile. Cjelokupni rashladni sustav nije bio predmetom ispitivanja.

6. ANALIZA OPRAVDANOSTI KAPITALNOG REMONTA PT5

Analiza konačnih rezultata ispitivanja nameće potrebu za razmatranjem opravdanosti mogućih zahvata na postroje-

nju radi poboljšanja efikasnosti rada i uštede goriva. Koristeći se utvrđenim energetske značajkama glavnih komponentata postrojenja i njihovim kombiniranjem u postavljenom matematičkom modelu, moguće je procijeniti efekte (u smislu energetske uštede) koji bi se postigli odgovarajućim zahvatima. Uzevši u obzir ostvarene razlike u kvaliteti rada pojedinih komponenti i udio proizvedene električne energije plinskog, odnosno parnog ciklusa u ukupnoj proizvodnji bloka, nameće se zaključak da bi najveće efekte dobili kapitalnim remontom plinske turbine PT5 (zahvat koji je već izvršen na PT4).

Uz pretpostavku da se remontom, PT5 dovede u stanje PT4 (premda bi se moglo očekivati i veće poboljšanje imajući na umu eksploataciju PT4 nakon remonta), analizirane su energetske uštede koje bi rezultirale iz takvog zahvata. Analiza je provedena uz korištenje značajka postavljenih za loženje plinske turbine zemnim plinom. Budući da postavljena značajka kotla K6 vrijedi za uvjete rada PT5, što znači manju količinu dimnih plinova pri istoj temperaturi okolice i temperaturi ispuha, ona je svedena na bolje uvjete rada (veću količinu dimnih plinova) koji bi nastupili nakon remonta PT5. Ta korekcija provedena je uz pretpostavku nepromijenjenosti toplinskog pada ispušnih plinova kroz ogrjevne površine kotla.

Rezultati dobiveni primjenom postavljenoga matematičkog modela i kombinacijama značajka PT4-K6-TA3 dani su tablično u nastavku. Podaci vrijede za temeljno opterećenje plinske turbine (uobičajeni režim rada) i različite temperature okolice (odabrane su karakteristične godišnje temperature).

Osim poboljšanja glede povećanja snage i smanjenja specifičnog potroška, remont PT5 rezultirao bi i znatnim smanjenjem pogonskih troškova (zahvat bi uključio i ugradnju uređaja za čišćenje kompresora), zatim povećanom

Tablica 1. Poboljšanja rada KB2 nakon remonta PT5 (rezultati energetske analize) Opterećenje plinske turbine: temeljno (temperatura ispuha 496 °C)

Gorivo: ZEMNI PLIN

Temp. okolice	Snaga na pragu elektrane		Neto specifični potrošak		Povećanje snage		Smanjenje spec. potroška	
	sadašnje stanje	nakon remonta	sadašnje stanje	nakon remonta	MW	%	kJ/kWh	%
°C	MW	MW	kJ/kWh	kJ/kWh	MW	%	kJ/kWh	%
-15	42.408	46.480	10886	10806	4.072	9.6	80	0.7
-4	39.237	43.081	11037	10883	3.844	9.8	154	1.4
12	34.560	38.116	11366	11120	3.556	10.3	246	2.2
21	31.936	35.297	11609	11318	3.361	10.5	291	2.5

Tablica 2. Energetsko-ekonomska analiza opravdanosti remonta na PT5

Ulazni podaci		Rezultati remonta	
Temperatura ispuha:	496°C	Povećanje snage na pragu:	3.556 MW
Temperatura okolice:	12°C	Smanjenje spec. potroška:	246 kJ/kWh
Ukupna invest. ulaganja:	2 960 000 DEM	Smanjenje troškova održavanja:	118 400 DEM/god.
Stopa aktualizacije:	8%	Povećanje raspoloživosti:	220 h/god.
Cijena el. energije:	10.85 pfk/kWh	Produženi radni vijek:	6 do 7 godina
Cijena topline goriva: (za Hd=33200 kJ/Nm ³)	6.19 DEM/GJ		
Rezultati provedene analize		Povrat Invest. ulaganja kroz uštede u pogonu za:	
Pretpostavljeni sati rada godišnje:		- nominalno	8 037 sati rada
- sadašnje stanje	2200 h	- aktualizirano (8%/god.)	10 070 sati rada
- stanje nakon remonta	2420 h		
Ukupna ostvarena ušteta:	891 238 DEM/god.		

raspoloživosti i produženjem radnog vijeka plinske turbine.

Korištenjem rezultata postavljenog matematičkog modela i odgovarajućih procjena moguće je na relativno jednostavan način analizirati opravdanost promatranog zahvata, odnosno utvrditi vrijeme potrebno za povrat investicije kroz uštede u pogonu. Ovaj proračun proveden je za temeljno opterećenje plinske turbine i temperaturu okolice 12°C (prosječna godišnja temperatura). Prema dosadašnjem iskustvu usvojeno je smanjenje stalnih troškova od približno 120 000 DEM godišnje (za pretpostavljeni broj sati rada), dok je povećanje raspoloživosti vrednovano povećanim angažmanom postrojenja za 10%. Ukupna investicija ulaganja procjenjena su na osnovi prije provedenog remonta na PT4. Usvojene cijene električne energije i goriva dane su, zajedno s ostalim ulaznim podacima, u tablici 2. Cijena topline goriva od 6.19 DEM/GJ vrijedi za donju ogrjevnu vrijednost od 33 200 kJ/Sm³. Rezultati provedenog proračuna dani su u nastavku tablice. Za pretpostavljeni broj sati rada godišnja ušteda u pogonu nakon remonta iznosila bi otprilike 890 000 DEM. Uz usvojenu stopu aktualizacije (8%/god.) slijedi da bi se povrat ukupnih ulaganja u remont PT5 ostvario za oko 4 godine, odnosno 10 070 sati rada postrojenja.

7. ZAKLJUČAK

Normativne značajke termoenergetskog postrojenja koriste se kao osnova za obračun troškova goriva i praćenje kvalitete energetskog procesa radi unapređenja tehničke, energetske i ekonomske efikasnosti postrojenja. Rezultati normativnih ispitivanja plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jertovec, provedenih radi utvrđivanja normativa potrošaka topline goriva, upućuju na pogoršanje kakvoće rada postrojenja zbog dosadašnje eksploatacije. Utvrđene relacije i postavljeni matematički model poslužili su kao osnova za provedbu energetsko-ekonomske analize opravdanosti kapitalnog remonta plinske turbine PT5. Dobiveni rezultati pokazuju da bi se, uz usvojene pretpostavke, povrat dodatnih investicijskih ulaganja ostvario za oko 10 100 sati rada postrojenja nakon remonta.

LITERATURA

- [1] "Kompleksna normativna ispitivanja plinskih turbina i postrojenja KOMBI blokova u PTE Jertovec", EKONERG - Institut za energetiku i zaštitu okoliša, Zagreb, 1995.

- [2] B. STANIŠA, A. ČESAREVIĆ, R. AKŠAMIJA: "Razvoj izgradnje, problematika eksploatacije i dalje mogućnosti primjene plinskih turbina u energetskom sistemu Jugoslavije", *Elektroprivreda* u (1991) 7/8, 248-259.
- [3] B. STANIŠA: "Mogućnost rekonstrukcije parnih turbinskih postrojenja u kombiniranim plinsko-parna turbinska postrojenja", *Zbornik tehničkog fakulteta Rijeka* 13 (1993) 301-311.
- [4] DIN 4341 "Ambahmerregeln für Gosturbinen", 1979.
- [5] DIN 1942 "Abnahmerersuche an Dampferzeugern", 1994.
- [6] DIN 1943 "Warmetechnische Abnahmerersuche an Dampfturbinen", 1971.
- [7] ISO "Propertis of Water and Steam in Si-Units", 1979.

TESTING AND OPERATION QUALITY ANALYSIS OF GAS TURBINES AND COMBINED UNITS IN THE GAS - THERMAL POWER PLANT JERTOVEC

In the frame of the entire project of normative actualisation for the average fuel heat rate in TPP's and heat-district plants' owned by HEP (Croatian National Electricity), EKONERG (Energy Research and Environmental Protection Institute) team together with the representatives of the plant realised a complex normative testing of gas turbines and combined units of the gas TPP Jertovec. In the paper, a short survey of the testing procedure is given, as well as the final results and a review of the realised quality of the main facility components operation and combined units as a whole. Using final results of the mathematical model (for the calculation of the average fuel heat rate) and corresponding assumptions, investment justifiability into capital maintenance of the PT5 gas turbine is analysed.

PRÜFUNGEN SOWIE DIE QUALITÄTSUNTERSUCHUNG DES GASTURBINEN-UND KOMBIBLÖCKE - BETRIEBES IM GASKRAFTWERK "JERTOVEC"

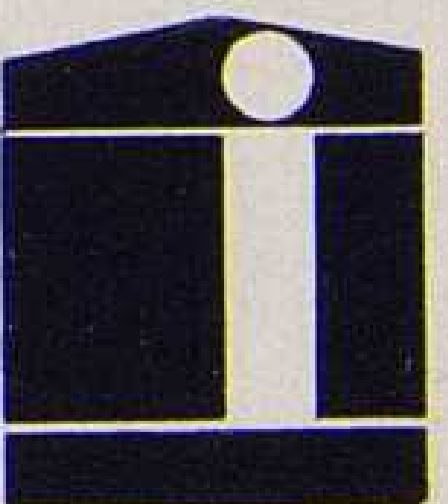
Im Rahmen der Durchführung des Projektes der Feststellug von reelen normativen Brennstoffwärme-Verbrauchswerten (Gas- Dampf- und Wärme-Kraftwerke der kroatiscen Elektrizitätswirtschaft umfassend) haben Fachleute des Institutes für Energetik und Umweltschutz "EKONERG", zusammen mit Vertretern des Betreibers, umfassende normgerechte Prüfungen der Gasturbinen und Kombiblöcke im Gaskraftwerk "Jertovec" vollzogen. Im Artikel wird die Durchführungsart der Messungen, die Übersicht der Endergebnisse und ein Rückblick auf die erreichte Arbeitsqualität von Hauptbestandteilen sowie der gesamten Kombi-Block Einheiten kurz dargestellt. Die Endresultate des für die Auswertung des Brennstoffwärmeverbrauches erstellten mathematischen Modells und entsprechende Voraussetzungen nutzend, wurde die Berechtigung der Invevestierung in die Generalüberholung der Gasturbine 5 untersucht.

Naslov pisca:

Bojan Abramović, dipl. ing.
EKONERG, Institut za energetiku
i zaštitu okoliša
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-08-20.

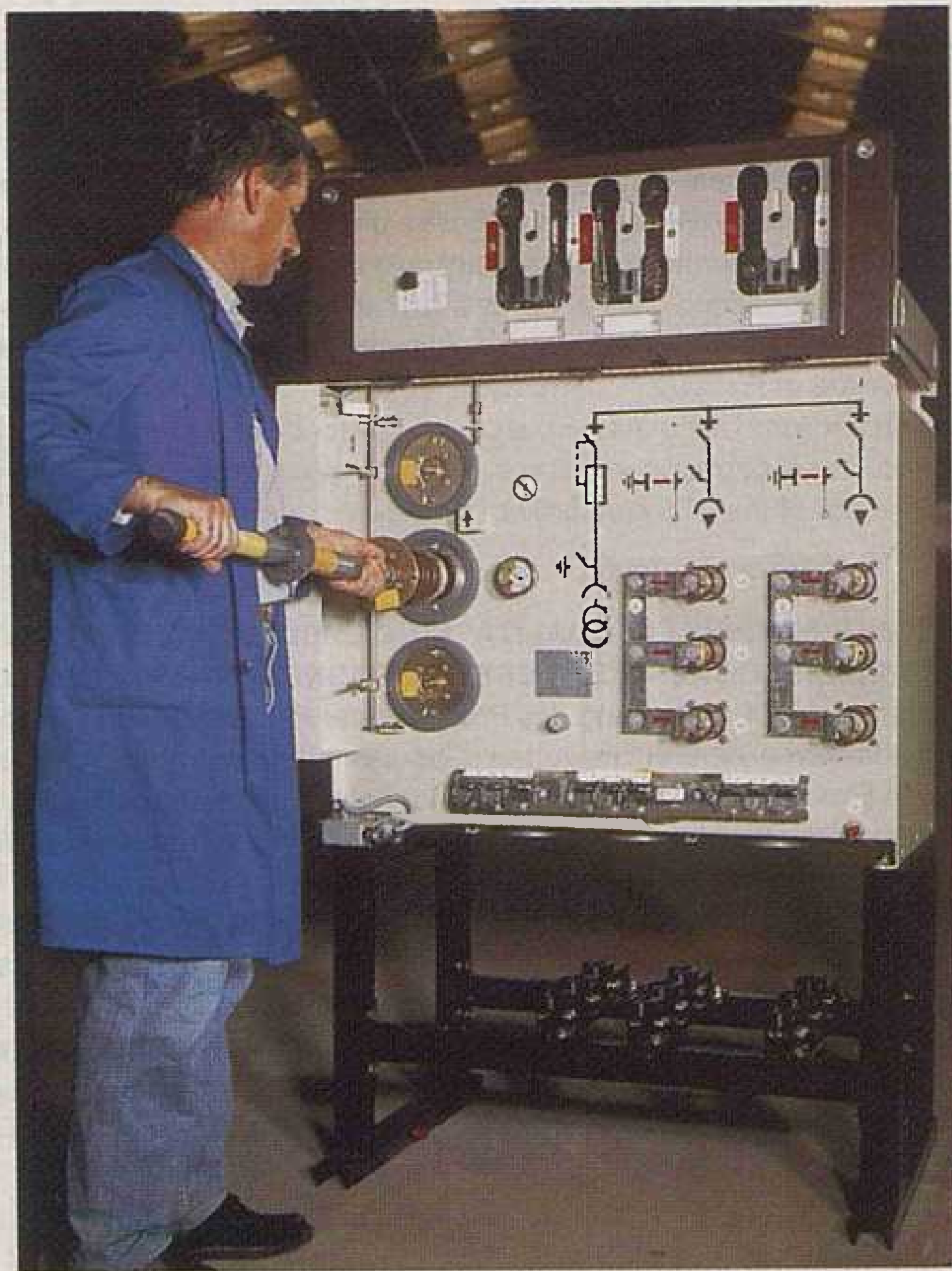
industrogradnja d.d.



SKLOPNI BLOKOVI ZA DISTRIBUCIJU I INDUSTRIJU

IZOLIRANI PLINOM SF6 tip KAPEX

24 kV - 630A/25 kA

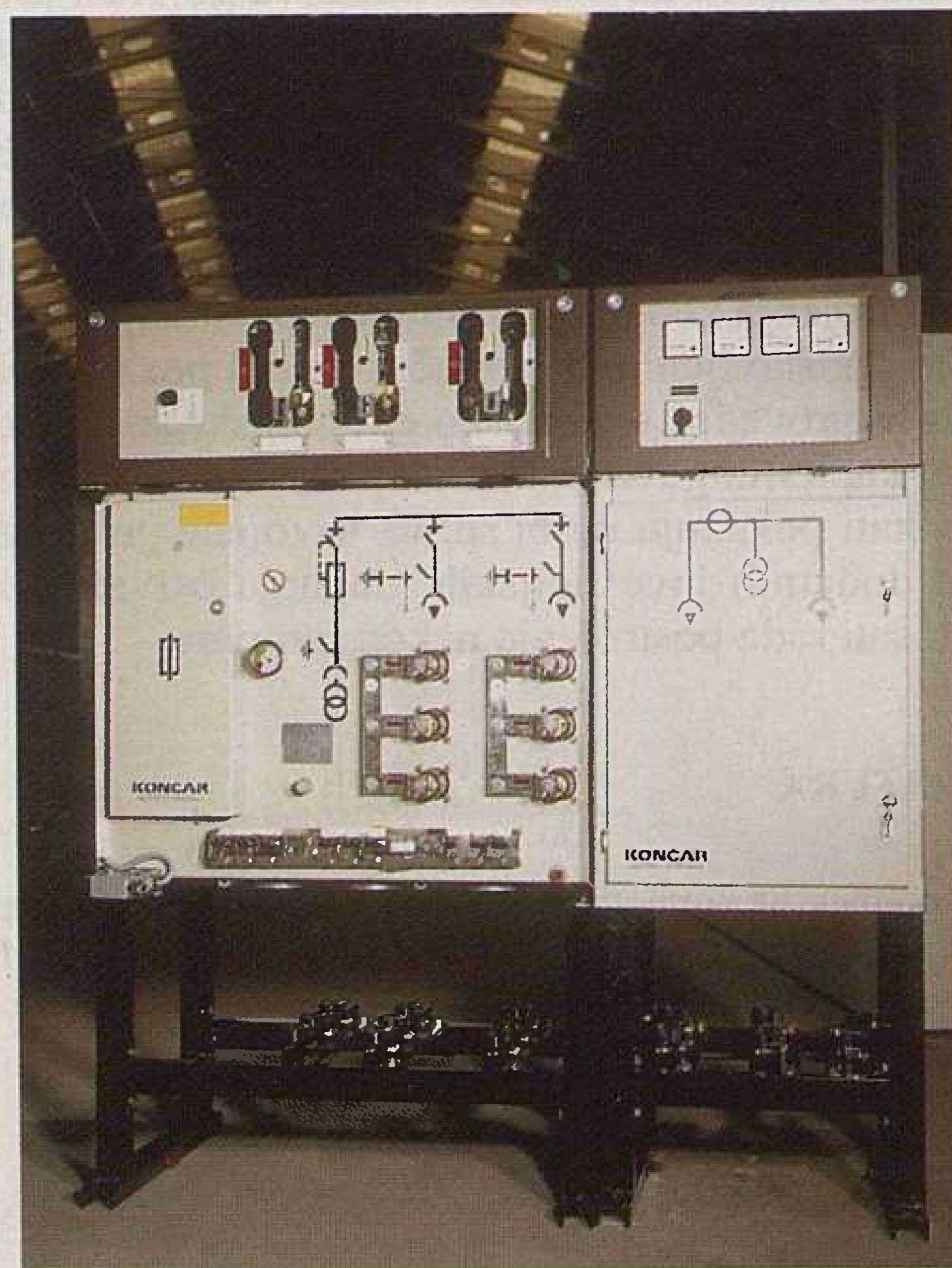


* *okosnica transformatorskih stanica tip KTS, MTS i VTS*

* *više od 700 polja u distribucijskoj mreži Hrvatske*

* *izvedba s mjernim poljem*

* *mogućnost realizacije različitih shema u industriji i distribuciji*



Visoka kakvoća izvedbe • bez održavanja !

KONČAR • SKLOPNA POSTROJENJA

10361 SESVETSKI KRALJEVEC, Industrijska 10

telefon 01/747 233, 747 366 - fax 01/746 764

OSNOVNI STATISTIČKI POKAZATELJI ZA RAZDOBLJE I-III. 1996.

Mjesečno statističko izvješće 4/1996. Državnog zavoda za statistiku prikazuje statističke podatke za prvo tromjesečje ove godine. Izabrani su najvažniji podaci za elektroprivrednu djelatnost:

- indeksi fizičkog rasta proizvodnje
- proizvodnja električne energije
- broj zaposlenih u elektroprivredi
- bruto plaća i
- neto plaća po zaposlenom u elektroprivredi.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje skupni su indeksi proizvoda prema usvojenoj nomenklaturi. Ponderacijski koeficijenti društveni su proizvod za jediničnu proizvodnju određenog proizvoda i korigiraju se svake godine na razini grane u skladu s preporukom statističkog ureda UN.

Znak "Φ" ispred brojčane vrijednosti označava godišnji prosjek. Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za elektroprivrednu djelatnost prikazani su u tablici 1.

U tablici 2. osim ukupne proizvodnje električne energije prikazane su količine električne energije proizvedene u hidroelektranama i termoelektranama. Zbog usporedbe prikazani su podaci

za 1993., 1994., 1995. i 1996. godinu. U 1996. godini obuhvaćeno je razdoblje od I. do III. mjeseca.

Podaci o radnicima prema tablici 3. iskazani su kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvještajem sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Godišnji prosjek broja zaposlenih izračunat je kao aritmetička sredina dvaju polugodišnjih stanja. Podaci o zaposlenima koji se odnose na mjesečno stanje, rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvještaja.

Podaci o prosječnim neto-plaćama po zaposlenom u elektroprivredi prikazani su u tablici 4. U zaposlene se ubrajaju svi zaposleni bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme. Pod prosječnim neto-plaćama po zaposlenom razumijevaju se primanja zaposlenih po osnovi redovnog radnog odnosa. Osim isplata za stvarno izvršeni rad, obuhvaćene su i ostale isplate koje ulaze u neto-plaće, tj. naknada za godišnji odmor, državne blagdane i neradne dane utvrđene zakonom, bolovanja do 42 dana, odsutnost za stručno obrazovanje, obnašanje vojne obveze i naknade za topli obrok.

Bruto-plaća po zaposlenom u elektroprivredi prikazana je u tablici 5. Bruto-plaća obuhvaća sve vrste neto-isplata, tj. plaće iz radnog odnosa u koje su uključena i zakonom propisana obvezna izdvajanja, a to su doprinosi (stopa 23,85%), porezi i prirezi.

Tablica 1.

	1993/Φ 1995.	1994/Φ 1995.	I-III.1995./ I-III. 1994.	I-III 1996./ I-III.1995.	1995./Φ1995.					1996./Φ1995.		
					II.	III.	IV.	XI.	XII.	I.	II.	III.
Indeks fizičkog obujma proizvodnje	103,2	95,3	100,2	122,8	102,6	113,3	88,7	105,6	121,0	158,1	138,4	120,2

Tablica 2.

Proizvodnja električne energije	1994.	1995.	I-III.		1995.				1996.		
			1995.	1996.	II.	III.	IV.	XII.	I.	II.	III.
ukupno MWh	8 716 727	9 145 654	2 586 609	3 175 032	781 633	863 400	750 600	922 815	1 204 636	1 054 494	915 902
hidroenergija MWh	5 425 994	5 614 448	1 622 782	2 256 482	453 231	611 203	466 060	546 669	928 587	727 272	600 623
termoenergija MWh	3 290 733	3 531 206	963 827	918 550	328 401	252 197	284 540	376 146	276 049	327 222	315 279

Tablica 3.

	Prosjek		1994.		1995.						1996.		
	1993.	1994.	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	XI.	XII.	I.	II.	III.
Broj zaposlenih (u tisućama)	16,3	16,0	16,0	16,0	16,1	16,0	15,9	15,9	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1

Tablica 4.

	Prosjek		Prosjek I-II.		1995.						1996.	
	1994.	1995.	1995.	1996.	I.	II.	X.	XI.	XII.	I.	II.	
Neto-plaća po zaposlenom (u kunama)	1 350	2 032	2 037	2 711	1 892	2 183	1 920	2 669	2 226	2 336	3 086	

Tablica 5.

	Prosječne bruto plaće po zaposlenom u kunama					Indeksi bruto plaće po zaposlenom		
	XII. 1995.	I-XII. 1995.	I. 1996.	II. 1996.	I-II. 1996.	XII.1995./ XI. 1995.	I. 1996./ XII. 1995.	II. 1996./ I. 1995.
Bruto-plaća i indeksi bruto-plaće po zaposlenom	3 567	3 197	3 775	5 248	4 512	80,9	105,8	139,0

SAVJETOVANJE O ENERGETSKIM INSTALACIJAMA

Kako je već objavljeno u energiji, god 45 (1996), br. 2, Ministarstvo gospodarstva i Savez elektrotehničkih inženjera pripremali su savjetovanje o problematici energetske instalacije u obnovi nakon ratnih razaranja. Savjetovanje je održano od 24. do 26. travnja ove godine u Zagrebu u Ministarstvu gospodarstva.

Kako je bilo i najavljeno, sudionici su upoznati s razmjerima ratnih šteta kako na stambenim, tako i na gospodarskim objektima. Većinu energetske instalacije na tim područjima morat će se ponovno izgraditi. Obuhvaćene su:

- elektroenergetske instalacije
- plinske instalacije
- instalacije grijanja i hlađenja
- zaštita i zaštitne mjere te
- obnovljivi izvori i osiguranje kvalitete i primjena normizacije.

O stanju elektroenergetskih instalacija govorili su elektroprivrednici s područja koja su bila najviše ratom ugrožena, kao što su distribucijska područja Elektre Zadar, Šibenik, Križ, te distribucijsko područje Slavonski Brod.

Stručnjaci su naglasili osnovne probleme: nedostatak novca, nepostojanje jasnih prioriteta i nemogućnost pristupa instalacijama na terenu jer još nisu uklonjene mine. To nisu jedini problemi, jer je nužno odrediti i način sanacije, te tipizaciju opreme i objekata. Također je potrebno raščistiti odnose potrošač - elektroprivreda, odnosno utvrditi koliki će dio troškova svaki od njih snositi.

Istaknuto je da pri obnovi, koja je počela prošle godine, obnovljene instalacije trebaju omogućiti visok stupanj iskorištenja energenata.

Zaključeno je da je svrha savjetovanja da se definiraju ponašanja svih sudionika u obnovi, koja bi Vlada RH trebala potvrditi kao obvezatni kriterij pri odlučivanju o gospodarskoj obnovi.

SBK

ODRŽAN OKRUGLI STOL O RAZVOJNIM ENERGETSKIM OPCIJAMA

Pod pokroviteljstvom Ministarstva gospodarstva, a u organizaciji Hrvatskoga energetskeg društva i CIGRE - Studijskog komiteta 37 - Planiranje i razvoj elektroenergetskog sustava, održan je Okrugli stol 25. lipnja ove godine u Zagrebu. Termoelektrane na uvozni ugljen kao jedna od razvojnih opcija bile su tema za raspravu. povezane su bile sve relevantne institucije čiji su predstavnici pripremili referate. Evo pregleda autora i njihovih referata:

Red. broj	Institucija i predstavnik	Naziv referata
1.	Institut "Hrvoje Požar" Granić, G., Pešut D.	- Energetske potrebe Hrvatske s naglaskom proizvodnji električne energije
2.	INA, Kolundžić, Sourek	- Mogućnosti dobave plina i raspoložive količine za proizvodnju električne energije
3.	Ekenerg, Malbaša N.	- Status i perspektiva ugljena u proizvodnji električne energije
4.	Državna uprava za zaštitu okoliša Jelić-Muck, Odak	- Zahtjevi zaštite okoliša u razmatranju izgradnje termoelektrana na uvozni ugljen u Hrvatskoj
5.	Saborski odbor za prostorno uređenje, Livada	- Procedura pri gradnji TE na uvozni ugljen, utjecaj lokalne zajednice i zaštita lokalnog stanovništva
6.	Urbanistički institut Hrvatske, Villi	- Moguće lokacije za izgradnju TE na uvozni ugljen

SBK

PRVO SAVJETOVANJE O ELEKTRODISTRIBUCIJSKOJ DJELATNOSTI

CIGRE - Studijski komitet 31 - Distribucijske mreže organizirao je Prvo savjetovanje o elektrodistribucijskoj djelatnosti Hrvatske elektroprivrede od 12. do 14. svibnja ove godine u Lovranu. Na savjetovanju se raspravljalo o distribucijskim problemima, koji su svrstani u nekoliko skupina:

- uvjeti isporuke električne energije
- baždarenje mjerila za električnu energiju,
- nazivni napon 400(230) V u niskonaponskoj mreži
- obnova oštećene mreže za vrijeme rata
- planiranje mreža uz primjenu GIS-a (Geographic Information System - Geografski informacijski sustav)
- ugradnja RMU postrojenja "VDA24" u rasklopištu 10(20)kV Peruški te
- primjena distribucijskih kabela u sustavima posebne namjene.

Način obračuna i naplata električne energije, priključivanje objekata bez građevne dozvole i ugovora o isporuci električne energije, neovlaštena potrošnja električne energije, priključivanje malih elektrana u distribucijsku mrežu - teme su o kojima se raspravljalo. Konstatirano je da bi se domaća rješenja trebala usuglasiti sa zapadnoeuropskom praksom na razini ministarstva.

Na temelju iznesenih činjenica o stvarnom stanju postojećih baždarnica u HEP-u, konstatirano je da ne postoji mogućnost redovitog baždarenja prema sadašnjim propisima, jer su postojeći kapaciteti nedovoljni, oprema zastarjela, rezervni dijelovi skupi s neadekvatnim rokovima isporuke, te niska kvalifikacijska struktura ljudi koji obavljaju te poslove.

Prelazak sa sadašnjeg napona na nazivni napon 400(230) v predstavlja usklađivanje nazivnih napona niskonaponskih mreža s međunarodnim normama.

Tijekom obnove nailazilo se na niz problema. Radila su se privremena rješenja i sanacije.

Programski paket GIS integrirani je sustav kartografije i relacijskih baza podataka uz podršku računala. Zavod za visoki napon i energetiku Fakulteta za elektrotehniku i računarstvo istražio je njegove mogućnosti. Na temelju takvog iskustva u primjeni može se zaključiti da postoje velike mogućnosti primjene u djelatnosti distribucije električne energije.

Primjena RMU sklopne aparature "VD24" u rasklopištu Peruški realizirali su zajednički Končar i HEP.¹

ELKA je proizvela prema novoj konstrukciji distribucijske kabele za nazivne napone 0,6/1 kV do 30/35 kV, koji se mogu primijeniti za sustave posebne namjene (HTV, Ministarstvo obrane i sl.) u uvjetima atmosferskih pražnjenja. Za razliku od prijašnjih kabela, novi kabeli umjesto izolacijskog plašta imaju plašt od odgovarajućega slabovodljivog materijala iznad kojeg se postavlja električni ekran od metalnog vodiča otpornog na koroziju. Ispitivanja su pokazala da su pogodni za izvedbu distribucijske mreže za napajanje objekata za posebnu namjenu u teškim geološkim uvjetima.

SBK

SAVJETOVANJE O ENERGETSKOJ I PROCESNOJ TEHNICI

Drugo Međunarodno znanstveno stručno savjetovanje "Energetska i procesna postrojenja" održano je od 22. do 24. svibnja u Dubrovniku. Na savjetovanju su prezentirani brojni radovi koji su većinom pisali o problematici termoeenergetskih i procesnih postrojenja u Hrvatskoj elektroprivredi. Problematika o kojoj se raspravljalo može se svrstati u nekoliko tematskih cjelina:

¹ Vidjeti Energija, god. 45 (1996), br. 5, str.

- energetska i procesna postrojenja
- zaštita okoliša
- ispitivanje, praćenje i sanacija postrojenja
- sustavi grijanja, hlađenja i klimatizacije postrojenja
- revitalizacija i modernizacija postrojenja
- gospodarenje energijom
- propisi i norme
- upravljanje, rukovanje i održavanje.

Vidljivo je da se uglavnom raspravljalo o djelotvornijem radu postojećih energetskih i procesnih postrojenja, a malo o razvoju novih postrojenja. Radovi su sabrani u zborniku, koji sadrži obilje vrijedne znanstvene i stručne građe o toj problematici.

SBK

ZAŠTITA OKOLIŠA

Peti lipanj - Svjetski dan zaštite okoliša - obilježen je skupom, čiji je glavni pokrovitelj bila Hrvatska elektroprivreda. Skup je održan u Opatiji od 31. svibnja do 2. lipnja 1996. godine. Na skupu su se okupile osim državnih institucija koje se bave ovom problematikom i brojne druge organizacije i poduzeća koji se bave problematikom zaštite okoliša.

Na skupu je održan Okrugli stol. Hrvatska elektroprivreda je tom prigodom obznanila svoju politiku zaštite okoliša. Predstavljena je tzv. "Izjava o temeljnim načelima plana zaštite okoliša" u kojoj je na sažet način prikazan pristup problemu zaštite okoliša sa stajališta elektroprivredne djelatnosti. Prema "Izjavi" Hrvatska će elektroprivreda:

- upotrebljavati resurse racionalno, smanjivati emisije u zrak, vode i tlo, te količinu ili štetnost proizvedenog otpada
- održavati na svakoj lokaciji gdje se nalaze HEP-ovi objekti, sustave trajne kontrole, redovne preglede pokazatelja zaštite okoliša i sigurnosnih sustava, te objavljivati dobivene rezultate
- čuvati biološko-ekološke i druge prirodne kvalitete okoliša u okolici HEP-ovih objekata provodeći mjere zaštite flore i faune, te prirodne i kulturno-povijesne baštine
- poticati upotrebu obnovljivih izvora energije i kogeneracijskih procesa, te razvojne i istraživačke napore prema čistijim i djelotvornijim tehnološkim rješenjima u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije
- pokazivati povećanu osjetljivost i brigu za zaštitu okoliša obrazovanjem i osposobljavanjem osoblja, suradnjom sa tijelima državne uprave i lokalne samouprave, te s institucijama i udruženjima građana što se brinu o zaštiti okoliša
- zahtijevati od suradničkih tvrtki, isporučitelja opreme, konzultantskih i projektantskih tvrtki, te drugih poslovnih partnera da razviju politiku zaštite okoliša u skladu s ovim načelima
- zagovarati racionalnu upotrebu i štednju energije kod svojih potrošača i na planu državne politike.

Time se hrvatska elektroprivreda javno obvezala da će poštivati ekološke norme, makar sustavi zaštite okoliša bili skupi i komplicirani za provedbu.

SBK

Tablica 2. Struktura potrošnje električne energije po mjesecima

Mjeseci 1995.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Σ
Distribucija	1 073.2	887.4	974.4	829.0	757.0	717.8	763.9	742.9	756.1	834.7	984.6	1 077.6	10 407.8
Direktni potrošači	39.1	34.3	51.4	57.4	52.4	49.4	59.3	52.5	48.1	53.1	40.8	45.2	583.7
Gubici	32.9	34.8	36.2	28.4	27.0	28.5	32.2	29.8	34.2	37.4	37.5	50.4	409.3
Ukupna potrošnja	1 145.2	956.6	1 062.0	914.8	836.4	796.2	855.4	825.2	838.4	934.2	1 062.9	1 173.2	11 400.8

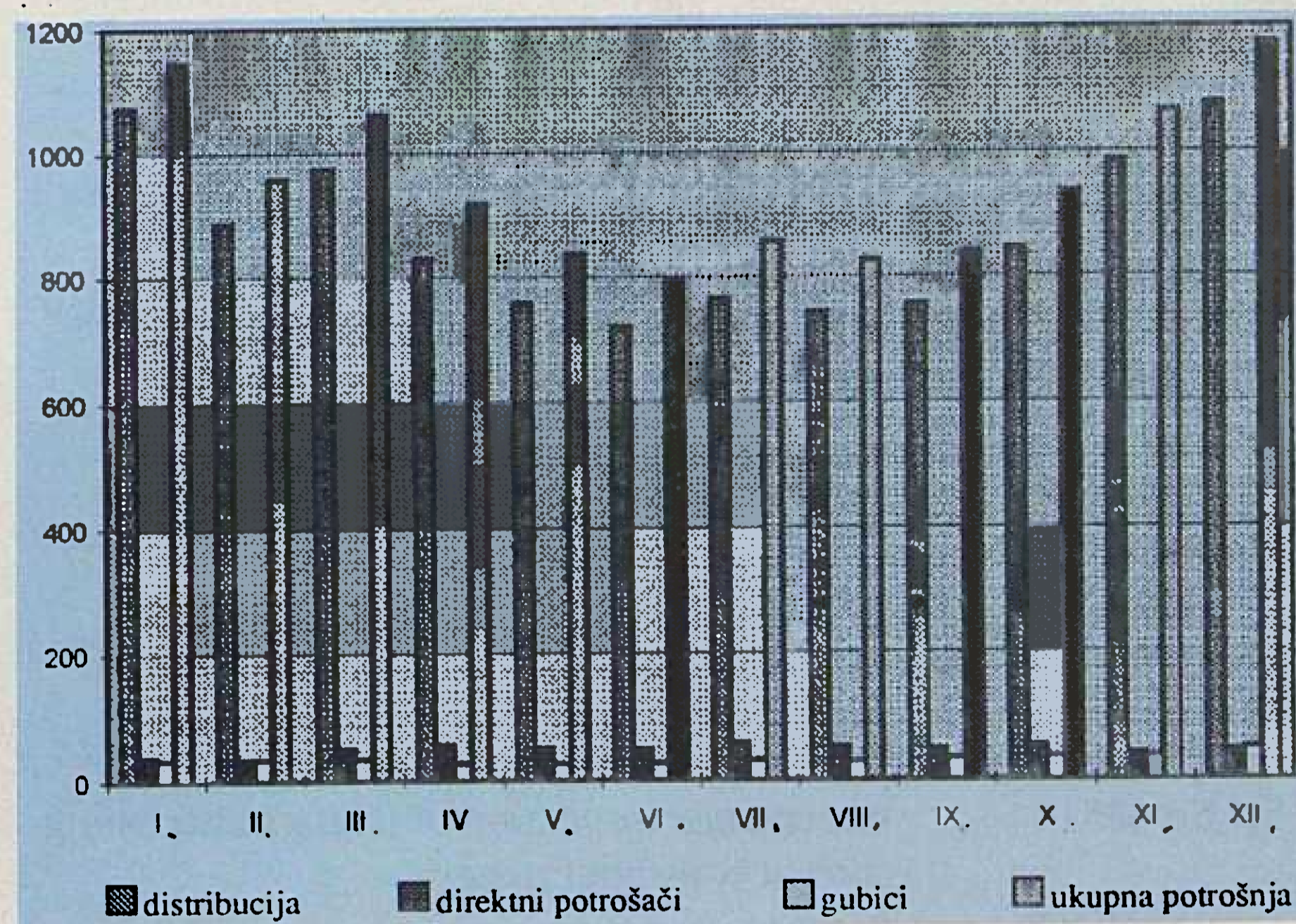
ELEKTROENERGETSKA BILANCA ZA 1995. GODINU

Tablica 1.

I. Proizvodnja električne energije		GWh
1. Ukupna proizvodnja HE		5 163.8
• protočne HE		1 286.2
• akumulacijske HE		3 820.7
• proizvodnja malih HE		56.9
2. Ukupna proizvodnja TE		5 015.7
• proizvodnja konvencionalnih TE		2 663.8
• proizvodnja NE Krško (HEP)		2 279.2
• proizvodnja DE ²		72.7
Ukupna proizvodnja u HE i TE		10 179.5
3. Uvoz		2 111.9
Ukupno raspoloživo (1+2+3)		12 291.4
II. Potrošnja električne energije		GWh
1. Isporuka distribuciji		10 407.8
2. Isporuka direktnim potrošačima		583.7
3. Gubici prijenosa		409.3
Ukupno (1+2+3)		11 400.8
4. Izvoz		890.5
Ukupno isporučeno (1+2+3+4)		12 291.4

U 1995. godini ostvarena je proizvodnja električne energije u elektranama RH u iznosu 10 179.5 GWh, a uvezeno je 2 111.9 GWh, pa je ukupno raspoloživa energija iznosila 12 291.4 GWh. Ukupna potrošnja s gubicima u mreži prijenosa iznosila je 11 400.8 GWh, dok je izvezeno 890.5 GWh (tablica 1).

U tablici 2. i na dijagramu prikazana je struktura potrošnje električne energije po mjesecima u 1995. godini.



Struktura potrošnje električne energije po mjesecima

SBK

² DE - dizelske elektrane Vinkovci, Šibenik, Zadar i Split.

GWh

DIN-NORME U HRVATSKOJ NORMIZACIJI

Budući da su DIN-norme i dosada bile najviše u upotrebi u svakodnevnoj praksi hrvatskoga gospodarstva, posebno u područjima gdje ne postoje ni međunarodne ni europske norme, zatražena je suglasnost DIN-a za njihovo preuzimanje kao hrvatskih normi (prevođenje, metoda prve stranice, obavijest o prihvaćanju). Krajem 1995. godine Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo potpisao je ugovor o prevođenju i preuzimanju dijela njemačkih normi DIN u hrvatsku normizaciju sa DIN (deutsches Institut für Normung e.V).

Tim ugovorom je dano pravo DZNM-u da prevede DIN norme na hrvatski jezik i da ih u tom obliku distribuiraju u Hrvatskoj ili da ih preuzme kao hrvatske norme u hrvatsku normizaciju.

Prodaja DIN-normi i drugih publikacija na hrvatskom tržištu obavljat će se putem njemačke tvrtke Beuth Verlag kao izdavačke kuće za DIN-norme. Uvjeti u kojima će se nabavljati norme bit će regulirane posebnim ugovorom između DZNM i Beuth Verлага, koji je u pripremi.

SBK

PRIPREMA HRN ZA OPREMU ZA MJERENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I UPRAVLJANJE POTROŠNJOM

Osnovno područje rada HEK TO 13 (Hrvatska elektrotehnička komisija - Tehnički odbor 13) je donošenje hrvatskih normi iz područja mjerenja električne energije i upravljanje potrošnjom. Ovaj Odbor sudjeluje u radu odgovarajućeg europskog odbora CENELEC TC 13 i međunarodnog odbora IEC TC 13, pa će sudjelovati u izradi usklađenih europskih i IEC normi iz svog područja, koje se mogu usvajati kao nacionalne norme. Odbor je utvrdio prijedlog najnužnijih europskih i IEC-normi koje treba kao hrvatske norme prihvatiti. To su:

Red. broj CENELEC/IEC	Naziv
1. IEC 50 (301,302,303)	International Electrotechnical Vocabulary. • Chapter 301: General terms o measurement in electricity; • Chapter 302: Electrical measuring instruments; • Chapter 303: Electronic measuring instruments
2. EN 61036	Alternating current static watt-hour meters for active energy (classes 1 and 2)
3. EN 61037	Electronic ripple control receivers for tariff and load control
4. En 61038	Time switches for tariff and load control
5. En 60514	Acceptance inspection of Class 2 alternating-current watt-hour meters
6. EN 60387	Symbols for alternating-current watt-hour meters
7. EN 60521	Class 0.5, 1 and 2 alternating-current watt-hour meters
8. EN 60687	Alternating-current static watt-hour meters for active energy (classes 0,2 S and 0,5 S)
9. EN 61107	Data exchange for meter reading, tariff and load control. Direct local data exchange
10. IEC 736	Testing equipment for electrical energy meters
11. EN 61142	Date exchange for meter reading, tariff and load control. Local bus data exchange
12. IEC 211	Maximum demand indicators, class 1,0
13. IEC 50(691)	International Electrotechnical vocabulary Chapter 301: Tariffs for electricity

14. IEC 50(321)	International Electrotechnical vocabulary Chapter 321: Instrument transformers
15. HD 472 S1	Nominal voltages for low public electricity supply systems
16. HD 553 S2	Current transformers
17. IEC 185/A2	Current transformers
18. HD 554 S1	Voltage transformers
19. IEC 185/A2	Voltage transformers

Predloženi popis normi može se prema potrebi dopuniti.

SBK

ZAKON O NORMIZACIJI

U Narodnim novinama broj 55/96 objavljen je novi Zakon o normizaciji. Tim se Zakonom uređuje sustav normizacije, temeljni zahtjevi za proizvode, procese i usluge, sustav ocjenjivanja sukladnosti, isprave koje moraju imati proizvodi u prometu, donošenje propisa za provedbu ovog Zakona te nadzor nad njegovom primjenom.

Prema ovom zakonu Sustav normizacije je definiran kao izrada, izdavanje, objava i primjena normi u Republici Hrvatskoj.

Norma je isprava namijenjena općoj i opetovanoj upotrebi kojom se određuju pravila, značajke proizvoda, procesa i usluga radi postizanja najpovoljnije razine uređenosti.

Temeljnim zahtjevima smatraju se zahtjevi koje mora zadovoljiti proizvod, proces ili usluga da bi se postigla zaštita života i zdravlja ljudi, zaštita okoliša i potrošača.

Sustav ocjenjivanja sukladnosti obuhvaća ispitivanje, potvrđivanje (certifikaciju), dobavljačevu izjavu o sukladnosti, tehnički nadzor i ovlašćivanje (akreditaciju) laboratorija i pravnih osoba za provedbu potvrđivanja te pravnih osoba za provedbu tehničkog nadzora.

Zakonom se utvrđuje da hrvatske norme nose oznaku "HRN" i izdaje ih i objavljuje Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo. Njihova primjena nije obvezatna. Hrvatske norme mogu se izdavati i na način da se prihvate međunarodne norme, europske norme ili norme normizacijskih ustanova drugih država.

Za pripremu prijedloga hrvatskih normi osnivaju se tehnički odbori kao stručna radna tijela. Obavijest o izdanim hrvatskim normama objavljuje se u glasilu Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo.

Propise iz ovog Zakona treba donijeti u roku tri godine od dana njegova stupanja na snagu. Do donošenja ovih propisa ostaju na snazi propisi doneseni na temelju Zakona o standardizaciji (Narodne novine br. 53/91., 26/93., 29/94. i 25/96), osim odredaba koje su u suprotnosti s odredbama ovog Zakona. U postojećim propisima koji ostaju na snazi oznaka "JUS" mijenja se u naziv "HRN", a slovna i brojčana oznaka ostaju iste.

Stupanjem na snagu ovog zakona prestaje vrijediti Zakon o standardizaciji (Narodne novine br. 53/91., 26/93., 29/94. i 25/96.).

SBK

PRAVILNIK O OBRAZOVANJU

Hrvatska elektroprivreda je donijela Pravilnik o obrazovanju, koji je objavljen u Biltenu HEP-a broj 55. od 24. srpnja 1996. godine. Pravilnikom su utvrđeni ciljevi i načela politike obrazovanja, financiranje, te prava i obveze obiju strana. Odnosi se reguliraju putem ugovora koji se sklapaju za sljedeće vrste obrazovanja:

- doškoloavanje (srenje, više, visoko)
- poslijediplomski studij i doktorat znanosti
- stipendiranje učenika i studenata
- stručno osposobljavanje
- specijalizacije i tečajeve

- prekvalifikacije
- stručnu praksu zaposlenih te
- obrazovanje rukovoditelja (management).

Prestaje vrijediti Pravilnik o izobrazbi i stručnom usavršavanju radnika koji je objavljen u Biltenu HEP-a broj 10. od 6. srpnja 1992. godine.

Studentima i učenicima s kojima je sklopljen ugovor o stipendiranju dodjeljuje se mjesečna stipendija kako slijedi:

Godina	% prosječne plaće HEP-a u prethodnom tromjesečju		
	studenti	učenici srednje škole	učenici osnovne škole
I.	50	20	-
II.	60	30	-
III.	70	40	-
IV.	80	50	-
V.	80	-	-
I.-VIII. razreda			15

Uz stipendije isplaćuje se i postotak na prosjek ocjena kako slijedi:

Prosjek ocjena	% prosječne plaće HEP-a u prethodnom tromjesečju
3,5-4,0	5
4,1-4,5	10
4,6-5,0	15

SBK

TS 35/10 kV KORČULA PUŠTENA U POGON

Završena je rekonstrukcija i transformatorska stanica TS 35/10 kV Korčula, instalirane snage 2x4 MW, puštena je u pogon. Ovo je jedna u nizu transformatorskih stanica TS 35/10 kV koje je trebalo ili treba rekonstruirati prema programu Jadranski otoci 35 kV. Obavljena je zamjena postojećih ćelija 35 kV-nog napona novim sklopnim blokovima 35 kV. Montirano je 10 novih sklopnih blokova 10 kV i nova sekundarna oprema.

Postrojenje 35 kV sastoji se od jednostrukih izoliranih sabirnica i energetske polja: dva transformatorska, dva dalekovodna i dva mjerna polja. Postrojenja 10 kV sastoji se od jednostrukih sekcioniranih sabirnica i energetske polja: dva transformatorska, dva mjerna, spojnog polja, polja kućnog transformatora i dalekovodnih polja. Postrojenja 35 kV i 10 kV izvedena su sklopnim blokovima tip BIP 38, 24 i 12 kV koje je proizveo Končar - Sklopna postrojenja. Ti sklopni blokovi se odlikuju:

- smanjenim dimenzijama
- povećanom kakvoćom i povećanom životnom dobi svih sastavnih dijelova
- povećanom podobnošću za pogon i održavanje
- većom pouzdanošću pogona
- povećanom sigurnošću osoblja pri pogonu i održavanju, te
- povećanom sigurnošću osoblja pri pojavi električnog luka.

Imaju ugrađen izvlačivi vakuumski prekidač, numerički sustav upravljanja, zaštite, signalizacije i mjerenja, te regulaciju relativne vlažnosti prostora sklopnih blokova.

Kao centralna jedinica upravljanja služi osobno računalo s implementiranim programskim SCADA sustavom, na koje je priključen pisaoč. Nadzor i upravljanje sustavom odvija se preko ekranskih prikaza: jednopolnih shema, tablica i lista. Sustav omogućuje pohranjivanje kronoloških lista, te kreiranje i izdavanje izvještaja.

SBK

TS 110/35 kV KRK UKLJUČENA U SUSTAV DALJINSKOG UPRAVLJANJA

Transformatorska stanica TS 110/35 kV Krk izgrađena je 1980. godine. Posada uklopničara obavljala je nadzor i izvršenje manipulacija. Rasklopište 110 kV opremljeno je glavnim i pomoćnim sabirnicama. Iz njega se napajaju 110 kV vodovima transformatorske stanice TS 110/20 kV Rab, 110/35 kV Lošinj, TS 110/35 kV Crikvenica, te RP 110 kV Omišalj.

Sa 35 kV-ne strane napaja se otok Krk, otoci Cres i Lošinj (kao rezerva), te Kreljevica i TS 110/35 kV Krasica.

110 kV dio TS 110/35 kV Krk uključen je u sustav daljinskog upravljanja 1995. godine iz CDU Pehlin. Ove godine u travnju je uključen i 35 kV dio u sustav daljinskog vođenja iz Dispečerskog centra DP Elektroprimorje Rijeka. Daljinske stanice za upravljanje tipa DS 2000 proizveo je Končar. Time je osigurano vođenje cjelokupnog 35 kV dijela postrojenja i razvoda vlastite potrošnje, te nadzor mrežnih i kućnih transformatora, kao i pomoćnog napajanja.

SBK

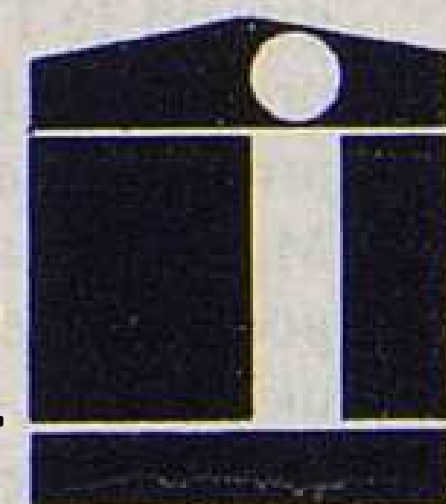
ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ ENERGIJE VJETRA

Dosadašnja istraživanja mogućnosti korištenja energije vjetra za proizvodnju električne energije pokazala su da u Hrvatskoj ima tridesetak potencijalnih lokacija za izgradnju vjetroelektrana³. Godine 1990. izrađen je elaborat "Određivanje potencijalnih zajedničkih makrolokacija za pilot vjetroelektranu i solarnu fotonaopnu elektranu na području Dalmacije". U tijeku je izrada studije "Studija o mogućnosti proizvodnje električne energije iz energije vjetra u Republici Hrvatskoj", koju radi Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu. Također je u tijeku izrada prethodne studije izvodljivosti izgradnje vjetroelektrane u Hrvatskoj, s pilot-programom od 24 vjetrogeneratora. Ovu studiju radi tvrtka MATEC (Marketing und Technologie consult) iz Republike Njemačke. Od potencijalnih lokacija odabrano je područje Komiže na otoku Visu te je obavljen obilazak. Uvidom na terenu ustanovljeno je da je najpogodnija lokacija Stupišće zbog djelovanja zapadnih i južnih vjetrova, obrasla makijom, uz put, a u blizini je i električna mreža 10 kV. Na toj lokaciji je moguće izgraditi vjetroelektranu s četiri vjetrogeneratora pojedinačne snage oko 300 kW. Tako će se u prethodnoj studiji izvodljivosti obraditi ova lokacija. Na njoj će se instalirati anemograf za mjerenje karakteristika vjetra.

SBK

³ Vidjeti: Energija, god. 45(1996), br. 2, str. 92

industrogradnja d.d.



JESU LI HRVATSKOJ POTREBNE TERMOELEKTRANE NA UVOZNI UGLJEN KAO JEDNA OD RAZVOJNIH OPCIJA

Izvešće s Okruglog stola održanog 25. lipnja u Zagrebu

U Zagrebu je 25. 6. 1996. u organizaciji Studijskog komiteta 37 - Planiranje i razvoj elektroenergetskog sistema HK CIGRE i Hrvatskog energetskeg društva i pod pokroviteljstvom Ministarstva gospodarstva održan Okrugli stol s približno 200 sudionika. Na Okruglom stolu prezentirano je šest poznatih referata. U daljem tekstu dat ćemo kratki osvrt na te referate i na diskusiju koja je uslijedila.

1. Granić, Pešut, Institut "Hrvoje Požar"

ENERGETSKE POTREBE HRVATSKE S NAGLASKOM NA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

U uvodu referat podsjeća na posljedice rata koje će još dugo utjecati na razvoj gospodarstva u Hrvatskoj.

Svoj razvitak Hrvatska treba temeljiti na načelima "održivog" razvitka, racionalnog gospodarenja energijom i prilagodbe europskim standardima. Pri tome su posebno važna ekonomska konkurentnost, energetska sigurnost i zaštita okoliša. Efikasnost energetske proizvodnje i potrošnje realizirat će se djelovanjem tržišta, međutim kontinuirana opskrba energijom radi postizanja nacionalne sigurnosti, korištenje obnovljivih izvora i zaštita okoliša osigurat će se konkretnim mjerama države.

Razmatrajući prikaz mogućih prilika u elektroenergetskom sustavu (EES) Hrvatske do 2010. godine, referat te godine predviđa manjak snage od 1 340 MW.

Razvitak EES-a Hrvatske treba temeljiti na sljedećem:

- koristiti plin u proizvodnji električne energije samo u postrojenjima koja omogućuju visok stupanj korisnosti (kombinirani procesi i kogeneracija).
- pripremiti izgradnju TE na uvozni ugljen (jedne ili više)
- pripremiti izgradnju nekoliko HE koje zadovoljavaju ekološke i ekonomske kriterije

Do 2000. godine glavne aktivnosti u razvitku EES-a su sljedeće:

- završetak izgradnje TE Plomin 2
- revitalizacija svih većih elektrana uključujući i Plomin 1
- zamjena dvaju starih blokova i uvođenje kombiniranog procesa u TE-TO Zagreb
- izgradnja jedne i priprema izgradnje druge kombinirane plinske TE snage oko 180 MW
- priprema i izgradnja TE na uvozni ugljen snage oko 350 MW
- priprema nekoliko HE.

Dakako da postoje i odgovarajući prioriteti u izgradnji prijenosne i distribucijske mreže koje ovaj referat ne razmatra.

Realizacija ovog programa ovisi o tome:

- koliko će biti plina raspoloživo za proizvodnju električne energije
- hoće li se osigurati lokacije za izgradnju TE na uvozni ugljen
- koliko će potencijalnih HE zadovoljiti tražene uvjete.

Za godinu 2030. predviđa se godišnja potrošnja električne energije od 36 TWh. Od toga bi se iz malih autonomnih izvora moglo proizvesti dodatnih 4,5 TWh u odnosu na 2010. g., dok bi se iz javne mreže trebalo pružiti 30,5 TWh.

Maksimalna snaga te godine predviđa se 5 000 MW: Budući da te godine neće biti u pogonu ni jedan danas postojeći termoobjekt, uključujući i NE Krško, i uz pretpostavljenu iskoristivost od 8 TWh hidroenergije, manjak snage 2030. g. iznosio bi 3 360 MW.

S obzirom na današnji stupanj i trend razvoja tehnologija za proizvodnju električne energije za pokrivanje dodatnih potreba ravnopravno će konkurirati tehnologije temeljene na prirodnom plinu, ugljenu i nuklearnoj energiji.

Treba posebno naglasiti da će osim energetskih, tehnoloških i ekoloških karakteristika značajnu ulogu u odabiru imati kriterij sigurnosti opskrbe i mogućnosti nabave pojedinih energenata.

Do 2015. g. proizvodnja električne energije iz prirodnog plina i ugljena dosegla bi 50 % ukupnih potreba, pa bi dosljedno kriteriju sigurnosti trebalo do 2020. g. angažirati nuklearnu elektranu snage 500 do 700 MW. Još jednu takvu jedinicu trebat će angažirati do 2030. godine.

Osnovna superponirana mreža u 2030. godini zamišlja se kao trostruka veza 400 kV na potezu Osijek-Zagreb-Rijeka-Split uz 10 transformatorskih stanica 400/110 kV i potrebnim brojem interkonekcija sa susjednim zemljama u okviru UCPTTE mreže.

Najvažniji zaključci ovog referata su sljedeći:

- Republika Hrvatska se treba dugoročno zaštititi da ne ovisi o jednom energentu niti o jednom pravcu dobave energenata. Također je nužno prostorno dislocirati izvore.
- Treba riješiti plinifikaciju preostalog dijela Hrvatske, a priori tetni zadatak je osiguranje potrebnih količina plina.
- Za dugoročni razvoj EES izgradnja TE na uvozni ugljen ne isključuje izgradnju TE na plin i obrnuto.
- Najhitnije treba razjasniti problem izgradnje TE Plomin 2 nužno hrvatskom EES-u.
- U izgradnji svih izvora treba poštivati sve zakonske uvjete zaštite okoliša.
- Potrebno je osigurati partnerstvo lokalne zajednice i njezinu financijsku odštetu.
- Za pokriće potreba električnom energijom u 2030. g. ravnopravno će konkurirati tehnologije temeljene na prirodnom plinu, ugljenu i nuklearnoj energiji.
- Kriterij sigurnosti opskrbe i mogućnosti dobave pojedinih energenata ima posebno značajnu ulogu.

2. Kolundžić, Sourek, INA, d.d.

MOGUĆNOST DOBAVE PLINA I RASPOLOŽIVE KOLIČINE ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

U uvodnom referatu tvrdi se da se ugljen i plin ne mogu suprotstavljati na temelju dostupnosti, pouzdanosti opskrbe, pa niti po cijeni. Odluke su kompleksne. Imaju svoje unutarnjo-političke i vanjsko-političke dimenzije. Razmišljanje "ili-ili" vjerojatno će strategiju razvoja energetike usmjeriti točki ravnoteže i razmišljanju "i-i".

No prvo bi energetskom strategijom trebalo utvrditi temeljne pravce razvoja energetike, čime se određuju i razvojne mogućnosti prirodnog plina.

Za 2010. g. predviđa se, ukupna potrošnja plina u iznosu 3 916 mil. m³, od čega 1 345 m³ uvoza iz Rusije. Razliku od 1 479 mil. m³ treba pokriti iz novih izvora.

Za elektroprivredu je ugovoreno 700 mil. m³/g, a moguće je ugovoriti još 300 mil. m³/g. Pitanje je, je li to dovoljno. Međutim, svako daljnje ugovaranje nabave riskantno je bez jasne energetske strategije države u kojoj su poznate cijene i pariteti.

Za nove izvore plina u obzir dolaze prema redosljedu prioriteta:

- plin iz Adria LNG projekta
- povećanje uvoza iz Rusije
- plin iz Alžira i transmediteranskog plinovoda
- plin iz Sjevernog mora.

Sigurnost nabave ugovorenih količina plina danas su vrlo visoke, a cijena se bazira na cijeni konkurentnih energenata. S obzi-

rom na povećanu potražnju, očekuje se blagi porast cijene. Kao zaključak može se utvrditi:

- U svojim dugoročnim razvojnim planovima (do 2010. g.) INA nudi 1 milijardu m³/g plina za proizvodnju električne energije.
- Pravodobnim dugoročnim ugovaranjem ponuđena se količina može povećati do 50 %.
- Za navedene količine INA je u mogućnosti osigurati pouzdanu opskrbu.

3. Malbaša, EKONERG

STATUS I PERSPEKTIVA UGLJENA U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Godine 1965. svjetski bi se energetičari opredijelili za tekuće gorivo koje će prevladati u elektroenergetskoj budućnosti.

Nakon naftne krize u 1975. g. oni bi se opredijelili za nuklearnu energiju.

Nakon nezgode u NE Otok triju milja 1979. g., sigurnosne mjere su znatno povećane, svi reaktori su ponovno ispitani i prilagođeni, a cijena kapitala naglo je porasla. Zato bi se energetičari 1985. g. opredijelili za **štednju energije i obnovljive izvore**. Osobito nakon eksplozije reaktora u Černobilu 1986. godine.

I konačno, što kažu energetičari, 1995. g? Dio ih se uvukao pod političke skute svojih državnih administracija jer su valjda shvatili da je energetika zapravo politika i ništa više, a dio bi se okrenuo prema zaštiti okoliša kao hit-temi. Oni su postali komotni oportunisti i logično se okrenuli **plinu**.

U ovom kratkom povijesnom prikazu organizirane elektroenergetike nikad se kao dominantna značajka budućnosti ne spominje **ugljen**, a upravo je ugljen cijelo to vrijeme, u posljednjih 30 godina, a i prije toga, bio stožerno gorivo s gotovo fantastičnom disperzijom. Samo se nekoliko zemalja u svijetu ne koristi ugljenom u elektroenergetici.

Da paradoks bude veći cijelo to razdoblje postojala su tehnološka rješenja jeftinija od onih s ugljenom i kvalitetnija s obzirom na zaštitu okoliša. Također su uvijek postojala rješenja prihvatljivija javnosti i rješenja s boljim iskorištenjem goriva. Pa ipak udio ugljena u proizvodnji električne energije uvijek je bio iznad 35 % u zemljama OECD-a, a danas je oko 40 %. Proizvodnja električne energije u TE na ugljen od 1973. g. se u zemljama OECD-a popela s 1 500 TW/g na 3 000 TWh/g u 1995. godini.

Glavna prednost ugljena jest u sigurnosti dobave, a to je značajka važnija i od cijene. Od svih zaliha, goriva, na ugljen otpada više od 60 %, a i te se zalihe, za razliku od zaliha nafte i plina, nalaze mahom u politički stabilnim zemljama.

U daljnjem tekstu su dani podaci o udjelu ugljena u proizvodnji električne energije u pojedinim dijelovima svijeta, status ugljena u europskim zemljama 1992. g. (bez zemalja bivšeg SSSR-a). Također je dan pregled starosti elektrana i njihov radni potencijal, pa je vidljivo da je u Europi u pogonu 750 blokova ukupne snage 120 000 MW puštenih u pogon prije 1975. g. i 850 blokova ukupne snage 145 000 MW puštenih u pogon prije 1980. g. Svi će ti blokovi biti zbog starosti i neekonomičnosti izvan pogona 2010. g. Sigurno je da će se na tim lokacijama, kao izvanredno vrijednim resursima, graditi nove jedinice na ugljen. Tome treba dodati i nove blokove u istočnoj Europi. Revitalizacija tih blokova, što je politika i u Hrvatkoj, prema autoru već pripada prošlosti, jer je izuzetan tehnološki razvoj posljednjih deset godina donio nove znatno produktivnije mogućnosti.

U članku se dalje daju podaci o emisiji sumpornog dioksida, SO₂, dušičnih oksida, NO_x, čestica pepela, ugljičnog dioksida, CO₂, i konačno se spominje, samo kao minoran problem otpadnih voda u TE.

Posebno poglavlje posvećeno je novim tehnološkim rješenjima, i to:

- sustavu izgaranja ugljena u atmosferskom cirkulirajućem fluidiziranom sloju CFB

- sustavu izgaranja ugljena u pretlačnome stacionarnom fluidiziranom sloju PSFB
- integralnom sustavu kombiniranih postrojenja s rasplinjavanjem ugljena IGCC.

Uzme li se u obzir tehnološki napredak u izgradnji TE na plin, kao i u izgradnji nuklearnih elektrana, nije lako dati prognozu budućeg razvoja. Na njega će osobito utjecati:

- privatizacija i deregulacija
- smanjenje i ukidanje subvencije domaćem ugljenu u Europi
- svjetski tretman emisije Co
- opća ekonomska kretanja u svijetu
- prihvaćanje javnosti
- stabilnost energetskog tržišta i kretanje cijena goriva.

Udio ugljena od 70 % u proizvodnji električne energije u Europi odnosno 60 % u svjetskim razmjerima, može se u sljedećim godinama nešto smanjiti, ali njegova je dominacija u sljedećih 20 godina sigurna. Plina ipak nema toliko, a potreban je u znatnim količinama industriji i općoj potrošnji da bi dugoročno ugrozio ugljen. U tim okolnostima i energetičari su postali iskusniji i nisu više jednoznačni. Govore o plinu, rade uglavnom na ugljen, a misle o nuklearnoj energiji.

4. Jelić-Mück, Odak, Državna uprava za zaštitu okoliša

ZAHTJEVI ZAŠTITE OKOLIŠA U RAZMATRANJU IZGRADNJE TERMOELEKTRANA NA UVOZNI UGLJEN U HRVATSKOJ

Razmatranje i određivanje zahtjeva zaštite okoliša u odnosu na moguću izgradnju TE na uvozni ugljen trebalo bi provesti u tri razine:

- određivanje strateško/programskih planskih zahtjeva
- izbor moguće lokacije
- određivanje mjera zaštite okoliša u odnosu na neposredno ulaganje na odabranoj lokaciji.

Do sada se praktička iskustva svode samo na treći korak, pa je izostalo načelo prevencije.

Ovaj članak zato ocjenjuje dostignuti stupanj razvijenosti propisa, metoda i postupaka zaštite okoliša, ističe manjkavosti i predlaže drukčiji pristup.

Na području usklađivanja dugoročnih projekcija energetskog razvitka sa zahtjevima zaštite okoliša u Hrvatskoj suradnja nadležnih tijela nije sadržajno, institucionalno ni zamišljena ni provedena. Brzi razvitak domaćega normativnog instrumentarija, npr. Zakon o zaštiti okoliša, Zakon o zaštiti zraka, Zakon o otpadu itd. kao i potvrđeni međunarodni ugovori, obećavaju da će se problem zaštite početi razmatrati na sve tri navedene razine. Dakako, očekuje se da se uz strategiju zaštite okoliša izradi i energetska strategija Hrvatske pa će strateški pristup biti zastupljen na objema područjima.

Bitna su strateška opredjeljenja pri tome:

- strukturne mjere koje će istodobno riješiti više problema u okoliš (npr. očuvanje energije)
- prevencija koja je uvijek jeftinija od čišćenja ili ublažavanja već nastale štete
- povoljan odnos troškova i učinaka (cost-benefit) što može dati prednost provođenju niza manjih učinkovitih i ekonomičnih zahvata na postojećim pogonima pred skupim jednokratnim novim zahvatima.

Sa stajališta zaštite okoliša važna su sljedeća pitanja dugoročnoga energetskog razvitka:

- ocjena mogućih korištenja raspoloživih energetskih izvora i potencijala u odnosu prema zahtjevima okoliša i prostora. Ocjenju treba temeljiti na kriterijima raspoloživosti, dostupnosti, tržišnih uvjeta, racionalnosti, učinkovitosti i prostornih mogućnosti uzimajući u obzir domaće propise i međunarodne ugovore
- razmatranje mogućnosti ušteda, očuvanja energije i stvaranje

uvjeta za izbor najprikladnijih dugoročnih usmjerenja u odnosu na prostor i okoliš. Tako će npr. povećanje cijena energije na tržišnu razinu imati dvojak utjecaj na onečišćenost zraka:

- poticat će štednju energije i
- prouzročit će promjenu udjela energenata
- korištenje dopunskih izvora
- brižljivo planiranje prijenosnih sustava
- stalan razvitak i unapređivanje strateškog instrumentarija.

U svezi s lokacijom TE na uvozni ugljen autori postavljaju neke dileme:

- budući da nemamo energetske strategije, je li Studija prostornoplanskih podloga bazirana na realnim energetskim potrebama
- kako se na području zaštite okoliša događaju krupne promjene, postoji mišljenje da bi se današnji zahtjevi znatno razlikovali od onih uključenih u Studiju
- je li opravdana usvojena snaga TE od 2x350 MW
- bi li trebalo razmotriti varijantu s većim brojem manjih TE lociranih uz npr. industrijska postrojenja
- bi li trebalo preispitati stavove spram prijenosne mreže uzimajući u obzir njezino trajno zauzimanje prostora.

Na kraju se ocjenjuje da procjena utjecaja na okoliš (PUO) kao zakonski postupak od 1984. g. još uvijek nije dovoljno afirmiran i nije uključen u sve potrebne dijelove društvene organiziranosti.

5. Livada, Saborski odbor za prostorno uređenje

PROCEDURA PRI GRADNJI TE NA UVOZNI UGLJEN, UTJECAJ LOKALNE ZAJEDNICE I ZAŠTITA LOKALNOG STANOVNIŠTVA

Prostornim planom republike Hrvatske, koji je stupio na snagu 1989. g., utvrđena je temeljna namjena prostora. Tim dokumentom predviđa se do 2000. g. gradnja novih elektroenergetskih objekata ukupne snage 1 840 MW, jer se smatralo da će te godine konzumirati više od 23 000 GWh. Međutim, tim dokumentom nisu određene lokacije novih objekata.

Ovaj prostorni plan vrijedi dok se ne donesu novi prostornoplanski dokumenti koji su u pripremi, i to:

- strategija prostornog uređenja
- program prostornog uređenja.

Treba ipak reći da Prostorni plan predviđa tri vrste lokacija za nove, TE, i to:

- u blizini rudnika ugljena
- u blizini velikih gradova kao elektrane-toplane
- na obalnom području i uz plovne putove.

U daljnjem tekstu referat navodi potankosti o lokacijskoj dozvoli, o posebnim dodatnim uvjetima za gradnju TE, o građevnoj dozvoli, o samom građenju, o uporabnoj dozvoli te konačno o radu TE.

U zaključku se citiraju nadležnosti pojedinih organa s obzirom da su TE energetske građevine od posebne važnosti za državu. Te su nadležnosti sljedeće:

- Sabor R. H. utvrđuje lokacije za gradnju TE u dokumentima prostornog uređenja.
- Stručna komisija koju imenuje Vlada R. H. ocjenjuje studiju utjecaja na okoliš.
- Nadležna državna tijela izdaju posebne uvjete u postupku pribavljanja lokacije, građevne i uporabne dozvole.
- Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i stanovanja izdaje lokacijsku, građevnu i uporabnu dozvolu.

Provedba mjera zaštite okoliša u tijeku građenja i rada TE isključiva je obveza "Hrvatske elektroprivrede odnosno drugih elektroprivrednih subjekata.

Jedinice lokalne samouprave i uprave putem svojih predstavničkih tijela daju mišljenje na prijedloge dokumenata prostornog uređenja na državnoj razini, ali o tome ne odlučuju samostalno. Način sudjelovanja lokalnog stanovništva, ali i javnosti na čijem

se području planira gradnja TE u postupku, procjene utjecaja na okoliš određuje Vlada Republike Hrvatske posebnim propisom, čije donošenje već kasni godinu dana. Do donošenja tog propisa primjenjuje se postupak javne rasprave.

Na kraju referata sistematiziran je popis pravnih propisa koji reguliraju navedenu materiju.

6. Villi, Urbanistički institut Hrvatske d.d.

MOGUĆE LOKACIJE ZA IZGRADNJU TE NA UVOZNI UGLJEN

Izbor prikladnih lokacija za gradnju energetskih objekata izuzetno je složen problem. Idealne lokacije nema i svako rješenje ima stanovite prostorne, ekonomske, ekološke, ali i društvene aplikacije. Najbolje je rješenje kad se, uz udovoljenje stručnim zahtjevima može postići i zadovoljavajuća javna suglasnost.

U dosadašnjim prostornoplanskim dokumentima, s izuzetkom HE, nisu predviđene lokacije za elektroenergetske objekte, što postaje ograničavajući čimbenik razvoja elektroenergetike, a time i gospodarstva.

Izrada stručnog pregleda mogućih lokacija za elektroenergetske objekte s prostorno-planskog aspekta složen je, ali uobičajen stručni problem koji se rješava standardnim stručnim postupcima. Nužni su, međutim, neki preduvjeti koji se mogu svesti na:

- definirana polazišta o potrebama za energijom i mogućim rješenjima
- definirane okvire istraživanja potrebnih za analizu i ocjenu prikladnosti mogućih rješenja ponajprije s prostornog i ekološkog aspekta
- definiran postupak stručne, upravne i društvene verifikacije dobivenih rezultata.

Da bi se omogućila daljnja istraživanja razvoja energetike potrebno je, između ostalog, u strategiji i programu prostornog uređenja Hrvatske dugoročno odrediti prostore za elektroenergetske objekte. Moguća rješenja analizirana su u studiji "Prostorno-planerske podloge, istraživanja i ocjena podobnosti lokacija za TE i NE na prostoru Hrvatske".

Izrada Studije započela je 1988. g., a provodi se u nekoliko faza. Svrha Studije je priprema stručnih podloga za pokretanje postupka utvrđivanja lokacija elektroenergetskih objekata od interesa za R. Hrvatsku. Prijedlog završnog izvještaja završen je 1992. g. Na žalost, proces verifikacije odgođen je iz objektivnih razloga sve do kraja 1995. g. Nastavak postupka definiran je programom potrebnih aktivnosti čiji je nositelj Vlada Republike Hrvatske odnosno Hrvatska elektroprivreda.

Kao polazišta Studije postoje četiri programa razvitka:

- izgradnja HE
- izgradnja TE na plin
- izgradnja TE na ugljen
- izgradnja NE.

Hrvatska elektroprivreda utvrdila je polazne veličine objekata iz kojih proizlaze kriteriji za izbor lokacija.

Te polazne vrste i veličine objekata jesu:

- NE snage 2x1000 MW odnosno 2x600 MW
- TE-To snage 340 MW
- kombinirana plinska TE snage 2x360 MW
- odlagalište radioaktivnih otpadnih tvari srednje i niske aktivnosti za sve potrebe u sljedećih 50 godina.

Sam stručni postupak izbora lokacija svodi se na dvije faze. U prvoj fazi se metodom eliminacijskih kriterija odbacuju područja koja su po barem jednoj karakteristikama neprihvatljiva. Kao rezultat dobivaju se potencijalna područja lokacija. U drugoj fazi prelazi se na vrednovanje i uspoređivanje relativnih odnosa između mogućih rješenja. Ta faza je podijeljena u tri podfaze:

Izbor parametara i kriterija

Usporedbeni kriteriji za izbor lokacija bili su:

A – tehničko-tehnološki aspekt

- B – sigurnost objekta
 C – sigurnost i prihvatljivost uže lokacije
 D – prihvatljivost šire lokacije.

Za način vrednovanja izabrana je metoda PROMETHEE kojom su dobiveni sljedeći težinski faktori za pojedine aspekte i objekte:

	A	B	C	D
NE	11,6%	23,5%	47,5%	17,5%
TE na ugljen	25,4%		48,2%	26,4%
TE na plin	60,0%		40,0%	
Odlagalište	8,0%	30,0%	52,5%	9,5%

Vrednovanje potencijalnih područja i identifikacija potencijalnih lokacija

U ovoj su fazi revidirana potencijalna područja podijeljena na homogena manja područja – potencijalne makrolokacije. Korištenjem usporedbenih kriterija s pripadajućim težinskim faktorima eliminirane su one makrolokacije koje su evidentno lošije.

Usporedba potencijalnih lokacija i izbor preferentnih lokacija

U ovoj su podfazi prikupljeni detaljni podaci i pregledane potencijalne lokacije. Obilaskom terena provjerene su i korigirane referentne točke svake lokacije. Na temelju ocjena ključnih karakteristika dio lokacija je odbačen, a preostale su vrednovane korištenjem usporedbenih kriterija.

Rezultat su preferentne lokacije koje se predlažu za pokretanje postupka uvrštenja u strategiju i program prostornog uređenja Republike Hrvatske.

U daljnjem tekstu navode se postupci verifikacija i prateće odluke Vlade R. H. u razdoblju od 1989. do 1993. godine.

U nastavku je sažeto prikazan provedbeni postupak i dobiveni rezultati za TE na uvozni ugljen. Osnovni podaci za TE su:

- broj jedinica i snaga generatora 2x350 MW
- broj sati rada maksimalnom snagom 5500–6000 h/g
- godišnja prosječna proizvodnja 3,5–3,9 TWh
- snaga vlastite potrošnje bez ODP s ODP 2x28 MW
- gorivo – donja ogrjevna vrijednost 2x38–2x42 MW
- uvozni kameni ugljen prihvatljive kvalitete 25 MJ/kg
- prosječna potrošnja 1,5–1,6 Mt/g

Značajke lokacije nužne za izgradnju sigurnog, pouzdanog, ekološki prihvatljivog i ekonomski rentabilnog termoenergetskog objekta jesu:

- povoljna hidrogeološka i seizmička svojstva
- raspoloživost dovoljnih količina rashladne vode u okviru mogućnosti njezina rentabilnog transporta
- mogućnost priključka TE na mrežu
- dovoljno prostora za fizički smještaj TE zajedno s deponijom ugljena i objektima zaštite okoliša
- prostorna i ekološka mogućnost smještaja deponija šljake i pepela na lokaciji TE ili na udaljenosti rentabilnog transporta
- mogućnost rentabilne dopreme ugljena korištenjem poznate tehnologije transporta i po mogućnosti postojeće prometne infrastrukture.

Rezultat tako provedenih postupaka su 19 potencijalnih područja za termoelektrane na uvozni ugljen. One se nalaze u primorskom dijelu Hrvatske te u porječjima Kupe, Save i Une, te Duna i Drave. Na tih 19 potencijalnih područja daljnjom obradom dobiveno je više od 90 potencijalnih makrolokacija.

Korištenjem programa PROMETHEE odbačene su evidentno loše lokacije, a u daljnju obradu uzete su 34 potencijalne lokacije za koje je prikupljena detaljna dokumentacija. One su još jednom uspoređene višekriterijalnom analizom i rezultat je 9 potencijalnih lokacija, od kojih su tri grupirane u jednu preferentnu lokaciju. Odabrane potencijalne lokacije predlažu se kao "Preferentne lokacije" za uvrštenje u Strategiju i Program prostornog uređenja Republike Hrvatske.

U diskusiji koja se je vodila o prezentiranim referatima sudjelovalo je dvadesetak sudionika. Svi su se složili s nužnom plinifikacijom i korištenjem plina za široku potrošnju. Kad je riječ o gorivu za termoelektrane mišljenja su se razlikovala u širokom dijapazonu. Bilo je onih koji isključivo podržavaju plin do onih isključivo za ugljen. Većina je ipak prihvatila obje varijante kao realno rješenje koje zadovoljava sve kriterije.

Tako je zaključak koji se nameće, uzevši u obzir i ekonomske i ekološke i tehnološke i geostrateške činitelje, da dilema plin – ugljen ne postoji i da su nam nužne obje varijante, no da se ne smije zanemariti ni nuklearna opcija u budućnosti.

Studijski komitet 31 HK CIGRE i Hrvatsko energetska društvo donijeli su poslije Okruglog stola mišljenja i preporuke koje ovdje navodimo. Budući da su oba društva nevladine i neprofitne organizacije, njihovi zaključci nikog ne obvezuju, ali imaju, nadajmo se, stručnu i moralnu težinu.

Polazeći od obveza Republike Hrvatske, kao samostalne i neovisne države, da osigura svom gospodarstvu i građanima sigurnu dobavu i proizvodnju energije, zdrav život i sačuvani okoliš, uvažavajući karakteristike međunarodnog tržišta energije, geopoložaj Hrvatske i moguće sigurnosne i ekološke rizike kratkoročnog i dugoročnog karaktera;

Uvažavajući neospornu činjenicu da je Republika Hrvatska siromašna primarnim oblicima energije, te da će glavninu svojih potreba zadovoljavati uvozom energije svih oblika;

Opredjeljujući se za tržišno gospodarstvo, ekonomske cijene energije i trajnu skrb o energetskej efikasnosti od proizvodnje do potrošnje energije;

Određujući se za odgovorno planiranje prema načelima održivog razvoja, u kojem će zaštita okoliša i trajna skrb o ekosustavu biti sastavna komponenta svih promišljanja o razvoju Republike Hrvatske;

Zalažući se za javnost rada, pravodobno i kvalitetno sudjelovanje javnosti u pripremi i donošenju odluka za sve rizične objekte za okoliš, za partnerske i odgovorne odnose između državnih i regionalnih vlasti i energetskih poduzeća, te za stvaranje sustava nadzora koji će osigurati provedbu svih zakonskih i ugovornih obveza,

Upravni odbor Hrvatskog energetskog društva i

Studijski komitet 37 hrvatskog komiteta CIGRE-a upućuju javnosti

“Mišljenja i preporuke”

1. Potrebno je u što kraćem vremenu izraditi i dopuniti zakonske i podzakonske propise koji će zaokružiti sustav planiranja i donošenja odluka za izgradnju energetskih objekata, te način donošenja odluka i sudjelovanja javnosti (primjerice, norme i postupak provođenja javne rasprave o studiji utjecaja na okoliš).
2. Potrebno je u primjerenom roku izraditi i staviti javnosti na uvid strategijske i programske dokumente o razvoju Republike Hrvatske, njenog gospodarstva, korištenja prostora, energetskog razvoja i zaštite okoliša.
3. Osiguranje lokacija za izgradnju potrebnih energetskih objekata važan je korak za stabilnu i pouzdanu opskrbu energijom i potpora samostalnosti naše države. U postupku priprema lokacija potrebna je kvalitetna i odgovorna suradnja državnih organa i lokalnih zajednica.
4. Za otvaranje energetskog sektora uvjetima tržišnog gospodarstva i privatnom kapitalu potrebno je razgraničiti razine odgovornosti državne uprave, investitora (HEP-a, INE ili drugih pravnih osoba) i lokalne zajednice. Moguće rješenje je

preko instituta koncesije, gdje državna uprava štiti interese lokalne zajednice, preuzimajući odgovornost za kvalitetu lokacije i proceduru u njezinu odobravanju.

5. Za umrežene sustave (električnu energiju i prirodni plin) potrebno je osigurati višestruke veze s umreženim sustavima europskih zemalja, kako bi se povećala pouzdanost dobave energije u Hrvatsku.
6. Potrebno je posvetiti posebnu pozornost osiguranja dovoljnih količina prirodnog plina, jer prirodni plin ima posebnu zadaću u restrukturiranju energetskega sektora, povećanju energetske efikasnosti i smanjenju onečišćenja.
7. U razdoblju do 2010. godine potrebno je ravnomjerno podržavati izgradnju termoelektrana na ugljen i plin, kao dva programa koji se međusobno nadopunjavaju, koji ispunjavaju kriterij diverzifikacije goriva, povećavaju pouzdanost sustava i omogućavaju iskorištenje komparativnih prednosti jednog i drugog energenta i međunarodnog tržišta. Osim izgradnje termoelektrane na ugljen i plin, potrebno je iskoristiti dio ekonomski i ekološki prihvatljivog hidropotencijala i podržavati izgradnju kogeneracija u gospodarstvu.
8. Za razdoblje nakon 2010. godine, a za moguće potrebe nove snage koje se procjenjuju na 3300 MW, uz daljnje iskorištenje dijela ekološki i ekonomski prihvatljivog hidropotencijala i izgradnje kogeneracija u gospodarstvu, ravnopravno će se natjecati tehnologije temeljene na ugljenu, prirodnom plinu i nuklearnom gorivu. Struktura nove izgradnje ovisit će o tehnološkom razvoju u tom vremenu, sigurnosti rada elektrana, zahtjevima zaštite okoliša, odnosima na međunarodnom tržištu energije i prihvatljivosti pojedinih opcija razvoja.
9. Najnovija tehnološka rješenja termoelektrana na ugljen zadovoljavaju i najstrože kriterije zaštite okoliša u najrazvijenijim zemljama Europe, koje prednjače u mjerama zaštite okoliša. Termoelektrane izgrađene po tim rješenjima mogu biti jedna od razvojnih opcija razvoja elektroenergetskog sustava Hrvatske.
10. Potrebno je u što kraćem vremenu utvrditi kriterije prihvatljivosti termoelektrana, izražene preko graničnih vrijednosti onečišćenja, a poštujući stanje, razlike i osjetljivost ekosustava pojedinih područja.
11. Raspravu o potencijalnim lokacijama za izgradnju termoelektrana na ugljen potrebno je voditi javno, strpljivo i argumentirano. Velika je odgovornost na državnoj i lokalnoj upravi, te Saboru Republike Hrvatske, da se odaberu one lokacije koje su po svim kriterijima zadovoljavajuće.
12. **Hrvatskoj su potrebne termoelektrane na uvozni ugljen kao jedna od razvojnih opcija.**

Za HED
predsjednik

dr. sc. *Goran Granić*

Za Studijski komitet 37

predsjednik

Ante Jelčić, dipl. ing.

Z. Cvetković, HK CIGRE

SEMINAR ZA PROJEKTANTE I IZVOĐAČE MUNJOVODNIH INSTALACIJA (Maribor 1996.)

Vrlo aktivno Slovensko društvo za geoelektriko, statično električno in strelovode u Mariboru održalo je 18. travnja 1996. na Fakultetu za elektrotehniku, računarstvo i informatiku u Mariboru seminar s gornjim naslovom i tematikom. Osnovni je cilj bio približiti europske standarde i koncepte rješavanja zaštite od udara munja i prenapona projektantima i izvođačima u Sloveniji. Zbog toga je predstavljen i prijedlog novog suvremenog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje s komentarom. Naglašeno je da su praksa zaštite i odgovarajuća standardizacija i u Europi u stal-

nom razvoju zbog potenciranog napretka elektronske tehnologije u svim područjima ljudskog bivanja i djelovanja. Zbog izražene želje za ulaskom na europsku tehničku i tehnološku razinu treba se približiti i prilagoditi odgovarajućim standardima i konceptima rješavanja problematike zaštite u razvijenim zemljama. Posebno je istaknuta potreba temeljite i konstruktivne promjene razmišljanja, rješavanja i djelovanja na području zaštite od udara munja i prenapona. Dakako da je ovisno samo o stručnjacima koji projektiraju i izvode tu zaštitu koliko će vremena biti potrebno za tu promjenu i ulazak u svijet suvremene tehnike i tehnologije.

Temeljni sadržaj seminara činili su ovi referati, prikazi i predavanja, skupljeni u "Zbornik referata" s posebnom oznakom: 30 godina SDGSS (tj. Slovenskog društva za geoelektriko, statično električno in strelovode). Ovdje su naslovi sadržaja zbornika prevedeni na hrvatski.

1. **Putovi razvoja elektronske tehnologije**
Mr. Franc Herceg, dipl. inž., Stojna Maribor.
2. **Optika i njezina uloga u smanjivanju utjecaja prenapona**
Mr. Gerhard Angleitner, dipl. inž., FERI Maribor.
3. **Konstrukcija energetskega kabela, sigurnog od djelovanja munje u ekstremno zahtjevnim uvjetima**
Dr. Jože Pungertl, dipl. el. inž., SDGSS Maribor, i
Zdravko Pamić, dipl. el. inž., ELKA Zagreb.
4. **Prijedlog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje s komentarom**
SDG SS Maribor, Grupa suradnika autora.

U program seminara uključeno je još i ovo:

- **Zakonska regulativa u području elektroenergetike na snazi od 1.1. 1996. nadalje**
Marjan Kern, dipl. inž., Republ. elektroenergets. inspektor.
- **Zaštita od atmosferskih udara**
Prof. dr. Maks Babuder, dipl. inž., Institut Milan Vidmar, Ljubljana.
- **Predstavljanje proizvodnih programa:**

Seminaru je prisustvovalo 60 prijavljenih sudionika, projektanta i izvođača zaštite od munja i prenapona, te stanovit broj studenata FERI Maribor. Iz R. Hrvatske bila su dva sudionika.

O tematici razmjerno širokog opsega problematike seminara vođena je veoma živa i opsežna rasprava i razmjena iskustava - uz brojna pitanja autorima predočenih tema.

U prvom referatu prikazana je kratka povijest i sadašnji pregled jakostnih elemenata elektronike, uz brojne crteže, kao i njihova budućnost, po tipovima s obzirom na njihovu komercijalnu upotrebljivost te osnovne električne karakteristike kao što su napon, struja i kontaktna frekvencija. Kratko su naznačeni i trendovi njihova razvoja. Za nove poluprovodničke elemente (SIT-tranzistor, SITH-tiristor i MCT-tiristori) autor je naglasio da oni još nisu postigli komercijalan uspjeh jer se još razvijaju i previsoka im je cijena.

Prema programu seminara republički elektroenergetski inspektor Marjan Kern dao je pregled zakonske materije iz cjelokupnog područja elektroenergetike. Naglasio je da stari YU propisi, koji još nisu zamijenjeni novim slovenskim propisima, načelno i dalje vrijede.

U drugom referatu o optičkim komunikacijama autor je vrlo zorno prikazao područja elektromagnetskih valova. Opisani su izvori najčešćih smetnji u izvođenju i pogonu informacijskih mreža i navedene osnovne prednosti te karakteristike optičkih sustava u telekomunikacijama. Autor zaključuje da je razvoj telekomunikacija već sada tijesno povezan s razvojem optičkih sustava prijenosa.

Zbog smrtnog slučaja u obitelji prof. dr. M. Babuder nije mogao održati svoje predavanje, pa je u program "uskočio" voditelj seminara. dr. Zvonimir Krulc (iz Zagreba).

Dr. Zvonimir Krulc dao je najprije kratki osvrt na (ne)djelatnost

Hrvatskoga društva za geoelektiku i gromobrane, što postoji zapravo samo još formalno. Postoji stanoviti interes za djelovanje u području zaštite od munje i prenapona među stručnjacima u Rijeci i Poreču. U Splitu su pak neki stručnjaci pod vodstvom prof. S. Miluna planirali (još 1995. god.) održavanje savjetovanja o elektromagnetskoj kompatibilnosti. Ovom izvjestitelju nije poznato današnje stanje odnosnih priprema. Na višoj razini učinjeni su već prijevodi IEC-propisa (normi) "Zaštita objekata od munje". Prema informaciji iz Istre, u tom je dijelu Hrvatske nastavljena praksa korištenja odnosno obnavljanja radioaktivnosti gromobrana kojim – kako je i u nas već dobro poznato – davno otpisani i odbačeni u Europi. Prema informaciji u dnevnom tisku da je udar munje u dio mosta na rijeci Savi između Hrvatske i Bosne pobudio eksploziju i rušenje dijela mosta, ovaj izvjestitelj smatra da se može govoriti o potrebi uvođenja ratne ili vojne prakse izvođenja zaštite od udara munje. Čestitajući Slovenskom društvu 30 godina postojanja i veoma uspješnoga djelovanja, prisjetio se i prof. dr. Voklera Fritscha iz Beča, poznatoga europskog geoelektričara i znanstvenika zaštite od munja, koji je dao velik doprinos razvoju odgovarajuće teorije i prakse te discipline elektrotehnike u Sloveniji i Hrvatskoj.

U trećem referatu o posebnom energetskom kabelu dr. Jože Pungert prikazao je, uz brojne crteže i tablice, pojave prenapona na kablovima zbog udara munje u sam kabel ili njegovu blizinu. Prikazana je i konstrukcija, kao i praktična izvedba odnosno polaganje kabela i kablovskih glava. Navedena su i električna mjerenja na kablama, kao i prikaz kvalitete sigurnih kabela od udara munje. Svakako treba naglasiti da su predmetni sigurnosni kabeli urađeni u suradnji s tvrtkom "ELKA", Zagreb (ing. Zdravko Pamić).

Prije predavljanja prijedloga novog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje (četvrti referat odnosno materijal u spomenutom zborniku) ing. Boris Žitnik dao je opsežan osvrt na već poznate i razmatrane standarde IEC 1024. Spomenuo je i VDE propise i naglasio da je glavna dilema i poteškoća u strogom prihvaćanju

europske suvremene tehnologije i razmišljanja o izvođenju zaštite, a ne ići po starom načinu razmišljanja. IEC preporuke su općenite i razmjerno kompleksne, ali nema pojedinačnih praktičnih rješenja. Svakako će trebati prihvatiti strane jezike, posebice engleski, kao i odgovarajuće izraze i pojmove.

Glavni koautori i suradnici u izradi Prijedloga pravilnika za zaštitu od djelovanja munje, ing. Boris Žitnik i ing. Aleš Napast, vrlo su detaljno, uz brojne crteže, prikazali sadržaj tog pravilnika. Tekst pravilnika sa crtežima i tablicama ima 25 stranica a glavna poglavlja su ova:

- Izrazi i definicije
- Opće odredbe za munjovode
- Vanjski sustav zaštite od djelovanja munje
- Uzemljivački sustav
- Materijali i mjere
- Unutarnji sustav zaštite od djelovanja munje
- Projektiranje, održavanje i kontroliranje sustava
- Zaštita od munje na specifičnim objektima.

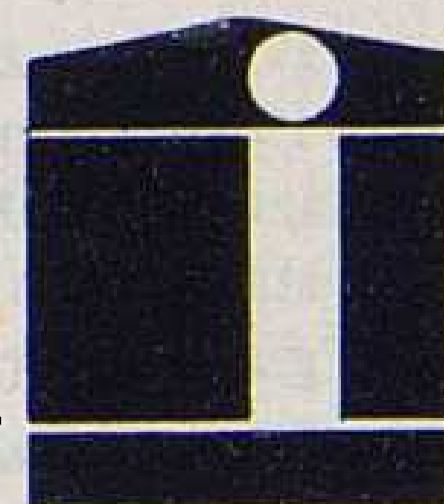
Posebice je naglašeno da pri određivanju zaštitnog prostora treba kombinirati različite metode određivanja (zaštitni kut, LPS kugla i metoda mreže). Spomenuta je i važnost koordinacije izolacije. Dana je i procjena troška sigurne zaštite od udara munje po suvremenim standardima, i to oko 8 % ukupne investicije.

U predavljanju proizvodnih programa zaštite od udara munje posebice su se istaknuli proizvođači tvrtke ISKRA ZAŠTITE, Ljubljana.

Na kraju, ovaj izvjestitelj želi na temelju ovog prikaza referata, predavanja i opsežnih rasprava na tom seminaru naglasiti da predavljanje i razmatranje problematike zaštite od udara munja i prenapona može poslužiti i našim elektroenergetskim stručnjacima za unapređenje rada u predmetnom području elektrotehničke znanosti i prakse u Hrvatskoj. To bi mogao biti i poticaj za slične akcije i rad u području zaštite od udara munje i prenapona.

Dr. Zvonimir Krulc, Zagreb

industrogradnja d.d.



ZEMNI PLIN ZA POGON ELEKTROMOBILA

Prvi europski proizvođač koji je počeo od 1995. serijski proizvoditi automobile na pogon zemnim plinom jest njemačka tvornica BMW. Proizvedena su dva tipa, usporedo za plin i benzin.

Što se sigurnosti i kakvoće tiče, plinski pogon odgovara konvencionalnom benzinskom. Nema ograničenja narudžaba, dobave, garancije i servisa. Makar zemni plin ima manju energetska vrijednost od benzina (razlika po cilindru 50% smanjenja snage), u praksi se ne osjeća ni smanjenje snage, niti smanjenje komfora. Plinski je pogon ekološki mnogo ugodniji. Emisija CO₂ i NO_x manja je za 5 do 90%, a karcinogenih spojeva, kao benzola, formaldehida, olova i čađi, gotovo i nema. Emisija ugljičnoga dioksida reducirana je za 20%. U vožnji od 200 do 250 km, koju je moguće prijeći jednim punjenjem plinom, zagađenje atmosfere u naseljenim mjestima osjetno se smanjuje. Pogon plinom je, doduše, skuplji od benzinskog pogona, ali se amortizira dužim životnim vijekom vozila. Tvrtka Rhenoy prva je uvrstila nove plinske BMW automobile u svoj vozni park.

I tvrtke i država potpomažu uvođenje vozila za zemni plin, bilo da datiraju nabavu vozila, bilo izgradnju stanica za punjenje. Klima za takva vozila je dobra, no za sada je najveća poteškoća manjak stanica za punjenje plinom. Treba još napomenuti da se u svibnju 1998. organizira u Kölnu 6. svjetska konferencija o vozilima na plinski pogon, koja će pripomoći da se takva vozila što više i brže uključe u promet.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 2

Mrk

NORVEŠKI ZEMNI PLIN ZA NJEMAČKU

Norveški koncern Norsk Hydro drugi je po veličini u proizvodnji nafte i plina u toj zemlji. Proizvodnja koncerna u 1994. iznosila je ukupno 11,5 milijuna tona ekvivalentne nafte. Te je godine Norveška isporučila Njemačkoj 9,9 milijardi m³ zemnog plina. Dobava se stalno povećava, a planira se da bi godine 2005. iznosila 26 milijardi m³.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 2

Mrk

AUSTRIJA MODERNIZIRA HIDROELEKTRANU NA DUNAVU

Hidroelektrana Ybbs – Persenbeug na Dunavu (Austrija) bit će modernizirana nakon 35 godina rada. Bit će ugrađen sedmi agregat i to cijevni generator, najveći tog tipa u svijetu. Generator je izradila i montirala austrijska tvrtka ELIN. Time će postojeća snaga strojeva porasti od 200 MW na 246 MW, a prosječna godišnja proizvodnja od 1 282 GWh na 1 358 GWh.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 2

Mrk

POVEĆANA POTROŠNJA ZEMNOG PLINA U NJEMAČKOJ

Potrošnja zemnog plina u Njemačkoj porasla je u 1995. prema 1994. godini za 9 %. U istočnom dijelu Njemačke povećanje je iznosilo čak 30 %, dok u zapadnom 5,5 %. Uzrok ovakvog porasta potrošnje zemnog plina jesu vremenske prilike i razvoj mogućnosti priključka.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 2

Mrk

KORIŠTENJE OTPADA UMJETNIH MATERIJALA

Reciklaža otpada umjetnih materijala stalan je predmet rasprave. Iznimka nije ni novi postupak korištenja u visokim pećima čeličana. Umjesto teških ulja kao sredstva redukcije pri proizvodnji sirovog željeza u visokim pećima, koriste se otpaci umjetnih materijala. Postupak su razvili inženjeri čeličane u Bremenu i primjenjuju ga vrlo uspješno od 1994. godine. Dakako da su se za navedeni postupak zainteresirale i ostale čeličane, ali se time postavlja problem odgovarajućih količina potrebnog otpada. U stručnim se krugovima raspravlja o ekološkoj prednosti reciklaže i spaljivanja u visokim pećima.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 2

Mrk

POVEĆANJE SIGURNOSTI RUSKIH NUKLEARKI

Grupa inozemnih institucija, zajedno s ruskim nadležstvom Gosatomnadzor, procijenit će potrebne mjere za povećanje sigurnosti 8 nuklearnih blokova. Ovaj projekt obuhvaća financijski volumen od 900 000 ECU. Rusi su se obvezali da će povećati sigurnost svojih nuklearnih elektrana i za to im je Europska banka za obnovu i razvoj stavila na raspolaganje 75 milijuna ECU.

Spomenutih 8 nuklearnih blokova najstariji su takvi uređaji u Rusiji, a nalaze se: 4 bloka kod St. Petersburga, 2 u Murmansku i 2 u Novovoronežu.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 7

Mrk

UPRAVLJANJE FUZIJSKIM EKSPERIMENTOM NA DALJINU

Između njemačkog eksperimentalnog centra za nuklearnu fuziju, Max Planck institut, u Garchingu, kraj Münchena, i Berlina ugrađen je nov uređaj putem kojega se može pratiti i upravljati fizijskim eksperimentom nazvanim Asdex Upgrade. Zbog daljinske veze u praćenju ovog eksperimenta mogu također sudjelovati i manji instituti bez fuzijskih uređaja. Na taj način oni iz svojih sjedišta sudjeluju u radu. Osnovni cilj eksperimenta Asdex Upgrade jest promatranje i mjerenje osobina plazme ioniziranog vodika. Novi su uređaji upravo predviđeni za tu zadaću i omogućuju praćenje zbivanja u unutrašnjosti prostora plazme.

Krajnji cilj istraživanja jest mogućnost dobivanja energije fuzijom jezgara atoma vodika u budućim nuklearnim elektranama.

ETZ, god. 117 (1996), br. 6

Mrk

PREPORUČENO VEĆE KORIŠTENJE BIOMASE

Njemačka je vlada preporučila povećanje upotrebe biomase za energetske svrhe. Prema procjeni, u Njemačkoj bi se moglo 8,5 % kranje korištene energije dobiti iz biomase. Danas taj postotak iznosi samo 1 %. U obzir dolazi u prvom redu i potreba drva i drvnih otpadaka osobito u blok-toplanama. To bi bilo korisno i s gledišta šumskog gospodarstva, kao i gledišta onečišćenja atmosfere. Nastoji se, da se biomasa izuzme iz planiranog poreza koji traži EU za energente.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 7

Mrk

POJEFTINJENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Od početka 1996. u Njemačkoj je snižena cijena električne energije za 15 %, što će prema mišljenju njemačke vlade vrlo povoljno utjecati na privredu. Vlada je odbila prijedlog da se dobivena razlika novca upotrijebi za ekološku modernizaciju i otvaranje novih radnih mjesta. Također nije prihvaćen prijedlog "Zelenih" da se uvede energetska porez.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 8

Mrk

SUMPORNI HEKSAFLUORID I EKOLOGIJA

Kako je sumporni heksafluorid (SF₆) našao široku primjenu u visokonaponskoj tehnici, postavilo se pitanje eventualne njegove štetnosti na okoliš. Ekološko značenje neke kemijske supstancije procjenjuje se prema toksičnosti (otrovnosti), razgradnji, biološkom gomilanju i štetnosti u atmosferi. Ispitivanja su pokazala da SF₆ u dosadašnjoj primjeni nema nikakvo loše djelovanje na organizme u vodi i na tlu. Nađeno je da je taj plin vrlo utjecajan na efekt staklenika, no zbog vrlo male emisije ne dolazi do izražaja. Svakako treba razmišljati o nužnosti njegove reciklaže, a kao dielektrik koristiti zrak gdje je god to prostorno moguće.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 8

Mrk

FAKTOR VIŠKA KORISNE ENERGIJE

Da se uzmogne koristiti neki sustav za dobivanje energije, potrebno je pri izgradnji upotrijebiti znatne količine materijala za čiju su proizvodnju i izgradnju sustava potrebne stanovite količine energije. Postavlja se pitanje, osobito za sustave koji koriste obnovljivu energiju male prirodne gustoće, ukoliko je vrijeme njihova rada potrebno da se amortizira energija utrošena za njihovu gradnju i koliko će još energije moći dodatno proizvesti tijekom svoga radnog vijeka. Da se upotpuni ovaj energetski lanac, treba još dodati energiju potrebnu za razgradnju sustava nakon njihova radnog vijeka.

Na takav se način počelo gledati na energetske sustave sedamdesetih godina. Rađene su prilično složene energetske bilance, pa je između ostalog uveden pojam "faktor viška korisne energije" (njemački: Erntefaktor). Definiran je odnosom godina rada potrebnih za energetska amortizaciju prema ukupnim godinama radnog vijeka sustava. Taj je faktor vrlo malen za fotovoltaičke elektrane, a najveći za hidroelektrane, što pokazuje sljedeći pregled.

Sustav	Radni vijek (god.)	Godine energetske amortizacije	Faktor energetske viška
solarni grijač vode	20	0,3 do 0,8	25 do 67
solarne elektrane			
– s monokristalnim	20	4,2 do 7,1	3 do 5
– s amorfnim	26	2,6 do 4,6	4 do 8
eolske elektrane	20	0,2 do 1,9	12 do 90
hidroelektrane	30/60	0,2 do 0,3	87 DO 220
nuklearne elektrane	30	0,2 do 0,8	29 do 45

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 8

Mrk

RAZVOJ GORIVIH ČELIJA

Gorive su ćelije vrlo privlačan izvor električne energije, pa se danas mnogo ulaže u njihov razvoj. Iskoristivost goriva u njima je vrlo visoka i doseže do 65 %, emisija štetnih plinova je neznatna, a rade bez buke jer nemaju pokretnih dijelova. Svojom modularnom konstrukcijom omogućuju decentraliziranu proizvodnju električne energije i vrlo široku primjenu.

Tehnički razvojni centar GEC Alsthom u Statfordu (V. Britanija) dobio je doprinos od 9,4 milijuna ECU od Europske komisije u okviru Joule-Programa za razvoj nuklearne tehnologije. GEC Alsthom surađivao bi se s EdF iz Francuske, British Gas iz V. Britanije i Eniriceiche iz Italije na trećoj fazi razvoja gorivih ćelija s črvstom oksidom i vodikom kao gorivom. Takav se tip ćelija naziva visokotemperaturnim ćelijama ili SOFC (Solid Oxide Fuel Cell). U prve dvije razvojne faze radio je konzorcij organizacije iz Njemačke, Nizozemske i Britanije. Predviđa se da bi takve gorive ćelije, snage do nekih 1 MW, mogle raditi u kombinaciji sa sustavima za grijanje i proizvodnju električne energije.

Znanstvenici njemačkog razvojnog centra Jülichu rade također na izgradnji gorivih ćelija tipa SOFC. Njima je uspjelo konstruirati ćeliju 6 puta veću, koja time daje 6 puta jaču struju od dosadašnjih ćelija istog tipa. Time se ujedno snizuje cijena ćelije računajući po strujnoj jedinici. Na sniženje cijena utječe i činjenica da ćelije razvijene u Jülichu rade pri nižoj temperaturi, tj. umjesto na 1000 °C rade na 800 °C.

U istom se centru radi i na usavršavanju gorivih ćelija predviđenih za pogon vozila. Na kraju treba spomenuti da se vodik kao gorivo može posredstvom određenog kemijskog procesa izravno dobiti iz zemnog plina, dakle zemni se plin može upotrijebiti kao pogonsko gorivo za gorive ćelije SOFC.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 8

Mrk

IZDACI NJEMAČKE ELEKTROPRIVREDE ZA OČUVANJE OKOLIŠA

Prema podacima Saveza njemačkih elektrana (VDEW), u razdoblju 1983. do 1994. u zapadnom je dijelu Njemačke utrošeno oko 28 milijardi DEM u uređaje elektrana za zaštitu okoliša. To iznosi oko 38 % sviju investicija koje su za elektrane utrošene u tom razdoblju. Na očuvanje atmosfere otpada 21,9 milijardi DEM. Na zbrinjavanje otpada elektroprivreda je utrošila 3,2 milijarde DEM, za zaštitu voda 2,5 milijarde DEM, a za zaštitu protiv buke 0,7 milijardi DEM.

Nakon ujedinjenja mnogo je investirano za zaštitu okoliša i u istočnom dijelu Njemačke. U razdoblju od 1991. do 1994. godine utrošene su 2 milijarde DEM, a to je 39 % ukupno utrošenih investicija u elektrane istočnog dijela zemlje. Najveći dio utrošen je na očuvanje čistoće atmosfere, a to je 1,98 milijarde DEM.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 9

Mrk

ENERGENTI ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

U proizvodnji električne energije javnih elektrana u Njemačkoj, tijekom 1995. godine bili su sljedeći udjeli pojedinih energenata:

– nuklearna energija	34 %
– smeđi uglje	29 %
– kameni ugljen	26 %
– zemni plin	5 %
– energija vode	5 %
– ostalo (nafta, smeće, vjetar i sunce)	1

Treba spomenuti da su zapadnonjemačke termoelektrane trošile domaći i uvozni ugljen. Budući da je domaći ugljen znatno skuplji od uvoznoga njegova je uporaba subvencionirana. Od 1981.

do 1995. godine ukupna je subvencija iznosila 95 milijardi DEM. Glavni dio te sume, tj. 57 milijardi DEM, platili su potrošači putem povećane cijene električne energije. Taj je dodatak nazvan "Kohlepfenning". Daljnjih 7 milijardi plaćeno je iz javnih sredstava, a ostatak od 31 milijarde DEM uplatili su proizvođači električne energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 9

Mrk

POVEĆAN BROJ NUKLEARNIH ELEKTRANA U SVIJETU

U svijetu je posljednje godine ušlo u pogon 7 novih nuklearki, pa je ukupno bilo u pogonu 439 nuklearnih blokova. Nuklearne su elektrane proizvele 17 % ukupno u svijetu proizvedene električne energije. Od 60 nuklearnih elektrana, koje se danas nalaze u izgradnji 32 % gradi se u Aziji. Japan, Južna Koreja i Indija žele povećati svoju proizvodnju električne energije putem nuklearki. Prema planu, do godine 2000. trebao bi se povećati broj reaktora u Aziji od sadašnjih 79 na oko 100. Njihova ukupna snaga iznosila bi 74 GW, po prilici 25 % više nego danas. Tada bi pojedine azijske zemlje imale broj nuklearnih blokova kako slijedi:

Kazahstan	1 blok	Kina	5 blokova
Iran	2 bloka	Japan	55 blokova
Pakistan	1 blok	J. Koreja	14 blokova
Indija	14 blokova	Tajvan	6 blokova

ETZ, god. 117 (1996), br. 74

Mrk

RAZVOJ OBNOVLJIVE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Provođenjem programa "1000 krovova" (vidjeti *Energija*, god. 40 (1990)), br. 1 i god. 43 (1994), br. 1), s 2 000 fotovoltaičkih uređaja, vršne snage od oko 5 MW Njemačka je u vrhu glede iskorištenja sunca na krovovima kuća. Statistike pokazuju da je prosječna godišnja proizvodnja energije 700 kWh/kW, a kod osobito dobrih uređaja doseže i 900 kWh po instaliranom kW vršne snage čelija. U pogonu se pokazalo da su solarni uređaji pouzdani i s mehaničkog i s električnog gledišta. Slaba su točka bili presmjerivači, uređaji za davanje energije u javnu mrežu, no i to je danas sređeno.

Mala postrojenja snage 1 do 3 kW stoje danas oko 25 000 DEM po kompletno instaliranom kW. Sve su ugradnje na neki način financijski stimulirane.

U Njemačkoj se također znatno razvilo energetska iskorištenje vjetra. Posljednje godine izgrađeno je oko 1 000 novih vjetroelektrana, ukupne instalirane snage oko 490 MW. Time je ukupna snaga svijetle vjetroelektrana dosegla oko 1,1 GW u 3 500 postrojenja. Tom instaliranom snagom Njemačka još nije dostigla SAD s instaliranom snagom od 1,7 GW, ali je prestigla Dansku s instaliranih 0,6 GW u vjetroelektrana. Osim same proizvodnje u vjetroelektranama, u Njemačkoj se razvila i industrija za proizvodnju takvih postrojenja ponajviše nazivne snage 500 kW. U svezi s iskorištenjem vjetra otvoreno je oko 5 000 radnih mjesta, od toga 1 400 u proizvodnji postrojenja. Cijena vjetroelektrana osjetno je pala u posljednjih šest godina. Od 6 000 DEM/kW do 10 000 DEM/kW, na oko 1 500 DEM/kW:

Naročito mnogo novih postrojenja izgrađeno je u sjevernonjemačkoj saveznoj državi Schleswig-Holstein, gdje su atmosferske prilike za iskorištenje vjetra posebno povoljne. Ukupna instalirana snaga vjetroelektrana poduzeća Winkra-Energie iznosi 6,45 MW. Do godine 2010. trebalo bi u Schleswig-Holsteinu biti instalirano 1,2 GW za iskorištenje vjetra. Predviđena je izgradnja postrojenja MW-klase čime će se bolje iskoristiti povoljne lokacije. Početkom 1996. u pogon je puštena prva vjetroelektrana japanske proizvodnje "Mitsubishi MWT 450 MW", koja će se tijekom pogona svestrano ispitivati u njemačkim prilikama.

ETZ, god. 117 (1996), br. 7

Mrk

ENERGETSKA BUDUĆNOST U 21. STOLJEĆU

Nedavno je u Bonnu (Njemačka) održan znanstveni stručni skup o energetskim prilikama u 21. stoljeću. Tom je prilikom izneseno nekoliko zanimljivih tvrdnji i mišljenja koja ukratko ovdje iznosimo. U budućnosti će za dobavu energije biti odlučna dva činitelja: onečišćenje atmosfere i ekonomičnost. U nastojanju da se što više smanji emisija ugljičnoga dioksida, trebat će se u sljedećim stoljećima što više koristiti nuklearnom energijom. To više što je danas postignuta vrlo visoka sigurnost takvih postrojenja. Napredak tehnike konvencionalnih postrojenja vrlo je velik. Postrojenja s parnim turbinama već postižu korisnost od 50 %, a kombinirane plinsko-parne elektrane do 60 %. Elektrane s ugljenom kao gorivom imaju korisnost do nekih 47 %. Vrlo će ekonomične biti visokotemperaturne plinske turbine koje su upravo u tijeku razvoja.

U sljedećim će desetljećima čovječanstvo morati povećati korištenje obnovljive energije. No danas je cijena takve energije toliko visoka da je gospodarstvo teško prihvaća i nema veliko energetska značenje. U Njemačkoj, npr., takva vrsta energije ima u domaćoj dobavi udio od samo 1 %.

ETZ, god. 117 (1996), br. 7

Mrk

DOPUNSKA STRUČNA IZOBRAZBA

Današnji stalni napredak tehnike, tehnologije, informatike i organizacije traži stalno praćenje i prilagođavanje stručnjaka i djelatnika različitih struka tim promjenama. Jednom naučeno nije više dovoljno za uspješni rad u struci, pa je dopunska izobrazba neophodna.

Njemački statistički zavod prikupio je podatke o opsegu dopunske izobrazbe u raznim djelatnostima u Njemačkoj. Pokazalo se da se najviše djelatnika u području bankarstva i osiguranja dopunski usavršavalo, čak njih 50 %. Sljedeći pregled pokazuje, za nekoliko struka, postotak djelatnika koji su tijekom službe nastojali steći dodatna znanja:

Struka	Postotak
bankarstvo i osiguranje	50 %
energija i vodoopskrba	47 %
rudarstvo	33 %
trgovina	25 %
industrija	23 %
građevinarstvo	17 %
ugostiteljstvo	14 %

ETZ, god. 17 (1996), br. 8

Mrk

HIGHVOLT – VISOKONAPONSKA MJERNA TEHNIKA

Tvrtka Siemens promijenila je ime svoje poslovne grane "Hochspannungsprüftechnik" (visokonaponska ispitna tehnika) u Dresdenu (Njemačka) u "HIGHVOLT Prüftechnik, Dresden GmbH". Poduzeće je osnovano 1904. godine kao tvrtka Koch und Sterzel AG, a nakon Drugoga svjetskog rata dobila je naziv TuR kao tvornica transformatora i rentgenskih aparata. Godine 1991. preuzeo ju je Siemens.

Tijekom svog postojanja tvornica je proizvodila vrhunske uređaje iz područja visokonaponske mjerne tehnike. Godine 1923. izrađen je prvi u svijetu mjerni visokonaponski izmjenični ispitni uređaj od 1 MV, a 1956. takav uređaj od 3 MV, snage 12,6 MVA. Uspjesi posljednjih godina, kao i obnovljeni proizvodni program naveli su na promjenu imena ovoga uspješnog i specijaliziranog poduzeća.

ETZ, god. 117 (1996), br. 8

Mrk

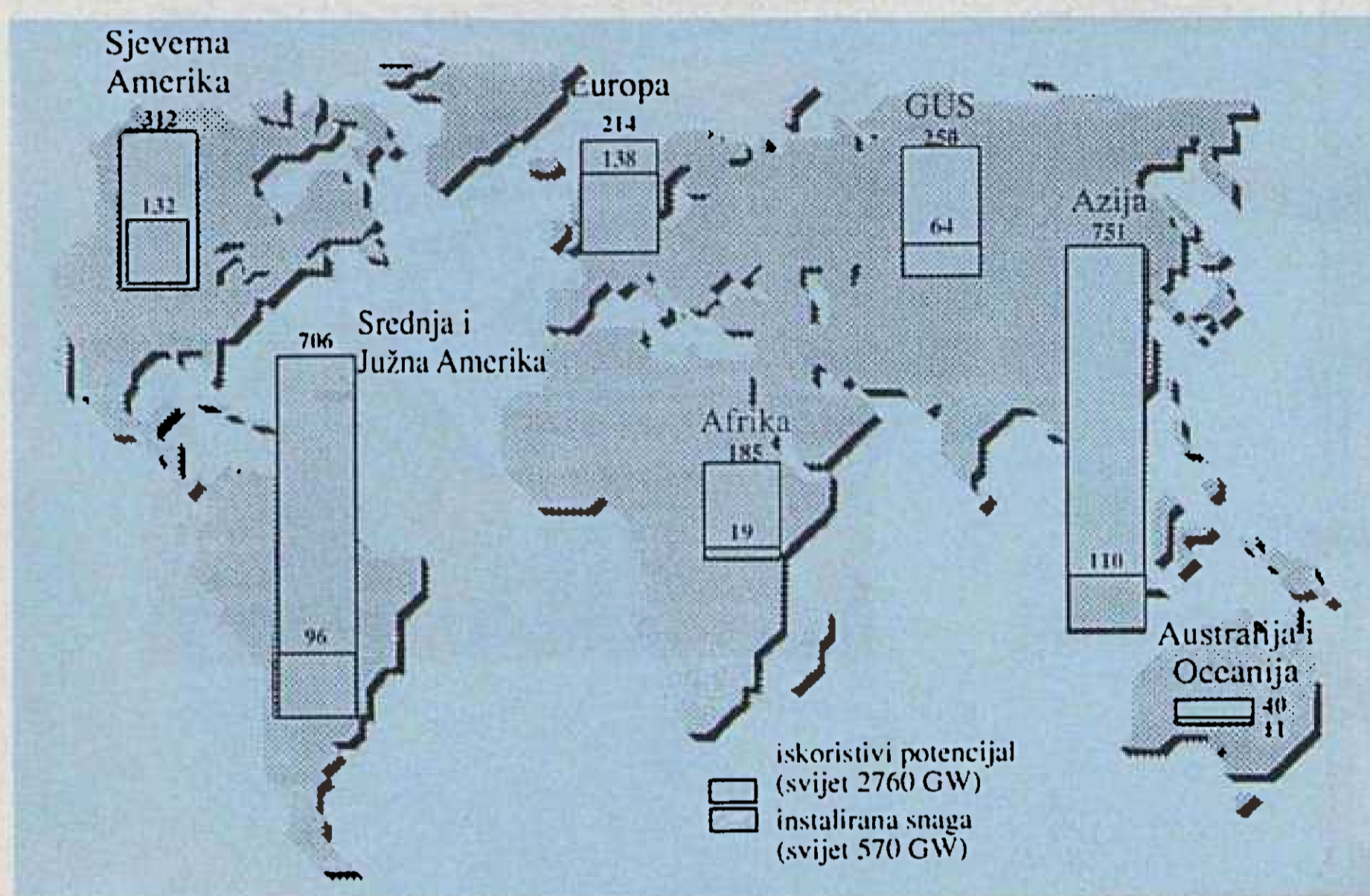
STRUJA IZ VODE

Od davnina čovjek se koristi snagom vode. Međutim, tek otkrićem dinamo električnih strojeva ubrzava se razvitak tehnike jake struje omogućen korištenjem vodnih snaga.

S obzirom na povoljnu cijenu hidroenergije, mnoga su industrijska postrojenja, veliki potrošači, građeni u blizini vodnih tokova pogodnih za izgradnju hidroelektrana.

S napretkom tehnike i ekonomičnosti prijenosa električne energije na velike daljine višim naponima i sa značajnim porastom postrošnje energije, građene su sve veće hidroelektrane, također i izvan centara potrošnje. Oko 1910. godine bili su proizvedeni dinamo-strojevi jedinične snage 15 do 20 MVA. Četrdesetih godina dostignuto je 100 MVA. S daljnjim razvojem tehnike danas smo u velikim skokovima snage hidrogenatora od 1 000 do 1 200 MVA.

Procjene ekonomski iskoristivih potencijala podliježu velikim varijacijama s obzirom na tehnički razvoj, odgovarajuće kriterije ekonomičnosti i stanje zaštite okoliša, pa u raznim razdobljima daju različite rezultate. Obrade priznatih institucija kao UN-a ili Svjetskog savjeta za energiju (stanje 1991) dobiven je iskoristivi potencijal vodnih snaga svijeta 2,46 milijuna MW, od čega je izgrađeno 23 %, odnosno 0,57 milijuna MW. S tim proizvedena energija u 1991. godini iznosila je 2 270 milijardi kWh, što odgovara 18 % cjelokupne svjetske proizvodnje svih vrsta elektra.



Slika 1.

Dosadašnja izgrađenost prikazana je na gornjoj slici, a vidi se da je različita. U Europi je iskorišteno 64%, dok su detaljniji podaci vidljivi iz sljedećeg grafičkog prikaza. Gotovo isključivo na električnu energiju iz hidroelektrana oslanjaju se npr. Norveška, Island i Brazil. U Austriji, Švicarskoj i, među ostalim, i u Kanadi udio vodne energije za proizvodnju struje iznosi viši od 50 %, a u Njemačkoj oko 5 %, gdje su postojeći veći i srednji vodni potencijali potencijali od ukupno 4 600 MW gotovo do 90 % izgrađeni. Ali ima još mnogo mogućnosti za izgradnju malih hidroelektrana, koju je moguće pospješiti davanjem prednosti izgradnje privatnim osobama poreznim olakšicama, kao i dobivanjem povoljnih kredita uz olakšani postupak u izdavanju dozvola za gradnju.

Prednosti hidroenergije jesu:

- Tehnika je već dugo vremena isprobana i time pouzdana.
- Stvarno životno doba hidroelektrana u odnosu prema drugim vrstama elektrane vrlo je veliko, odakle proizlaze veoma interesantni ekonomski i financijski aspekti u korist hidroenergije.
- Pogonsko sredstvo, voda, uvijek je na raspolaganju, nova, besplatna i pogodna s ekološkim stajališta.
- Hidroelektrane imaju vrlo dugo vrijeme korištenja maksimalne snage (protočne ili akumulacijske), koje može varirati od 4 000 do 8 000 sati godišnje.

Udio vodnih snaga u proizvodnji struje u raznim zemljama

Njemačka	4,1 %
Island	93,8 %
Austrija	62,8 %
Švicarska	59,0 %
Italija	19,5 %
Španjolska	17,5 %
Švedska	43,7 %
Francuska	14,0 %
Norveška	99,6 %
Venezuela	59,7 %
Indonezija	16,3 %
Indija	27,0 %
Kolumbina	78,2 %
Zair	99,9 %
SAD	10,0 %
Kanada	63,0 %
Sovjetski Savez	13,2 %
Brazil	99,5 %
Kina	18,4 %

■ vodne snage ■ drugi nositelji energije

- Pri korištenju vodne snage u kombinaciji s zaštitom od velikih voda, izgradnjom u kombinaciji s plovidbom, podizanjem razine podzemnih voda, natopljanjem ili opskrbom pitkom vodom dolaze do izražaja dodatne ekološke i gospodarske prednosti.

Specifični troškovi po instaliranom kW variraju u širokim granicama te mogu u usporedbi s drugom vrstom elektrana (ugljen, plin, nuklearne) biti višestruko veći. Ovisno o tipu hidroelektrane (protočne ili akumulacijske), o geologiji, topografiji i snazi elektrane, ti troškovi kreću se između 3 000 i 18 000 DM, ali ti specifični troškovi izgradnje nisu mjerodavno mjerilo za ekonomsko razmatranje. Neime, bitni su troškovi kapitala i pogonski troškovi, uzimajući u obzir ukupnu dobit iz proizvedene energije koja se odnosi na realno životno doba dotičnog postrojenja. Naime, budući da za hidroelektrane udio pogonskih troškova u odnosu na ukupne godišnje troškove iznosi samo oko 20 do 25%, a s druge strane efektivno dugo životno doba traje kudikamo duže od zakonskog vremena otpisa, u prosjeku se dobivaju vrlo povoljne proizvodne cijene između 2 i 18 Pfennig-a za kWh. Ako zbog zaštite okoliša dođe do poreza, od kojeg će proizvodnja energije bez CO₂ biti izuzeta, onda će se relativna ekonomičnost hidroelektrana još poboljšati, pa će i oni vodni potencijali koji su do sada smatrani nepovoljnima postati ekonomski prihvatljivi.

Hidroelektrane mogu biti izgrađene tako da se skladno uklapaju u riječna područja, okoliš i stanje ravnoteže, mogu ublažiti posljedice velikih voda, pomoći natapanju, plovidbi, turizmu, športu i slično. Usto, svaki proizvedeni kWh iz hidroelektrana bez CO₂ znači doprinos zaštiti okoliša. Godine 1991. proizvedenih 2 270 milijardi kWh električne energije iz hidroelektrana oslobodile su okoliš za najmanje dvije milijarde tona ugljičnog dioksida! Kakvi su izgledi za buduću izgradnju još neiskorištenih vodnih snaga? Promatramo li zadnjih pet godina, dobijemo prosječnu godišnju izgradnju od ravno 10 000 MW, što je porast od 5,4% godišnje. Upravo bi ugrožavanje klime utjecajem CO₂ moglo ubuduće ubrzati izgradnju hidroelektrana. Napredak industrijalizacije i rast broja stanovnika u zemljama s velikim vodnim potencijalima dat će dodatne impulse.

Siemens - Standpunkt, 6. godina, srpnja 1993, 4/93

E. H.

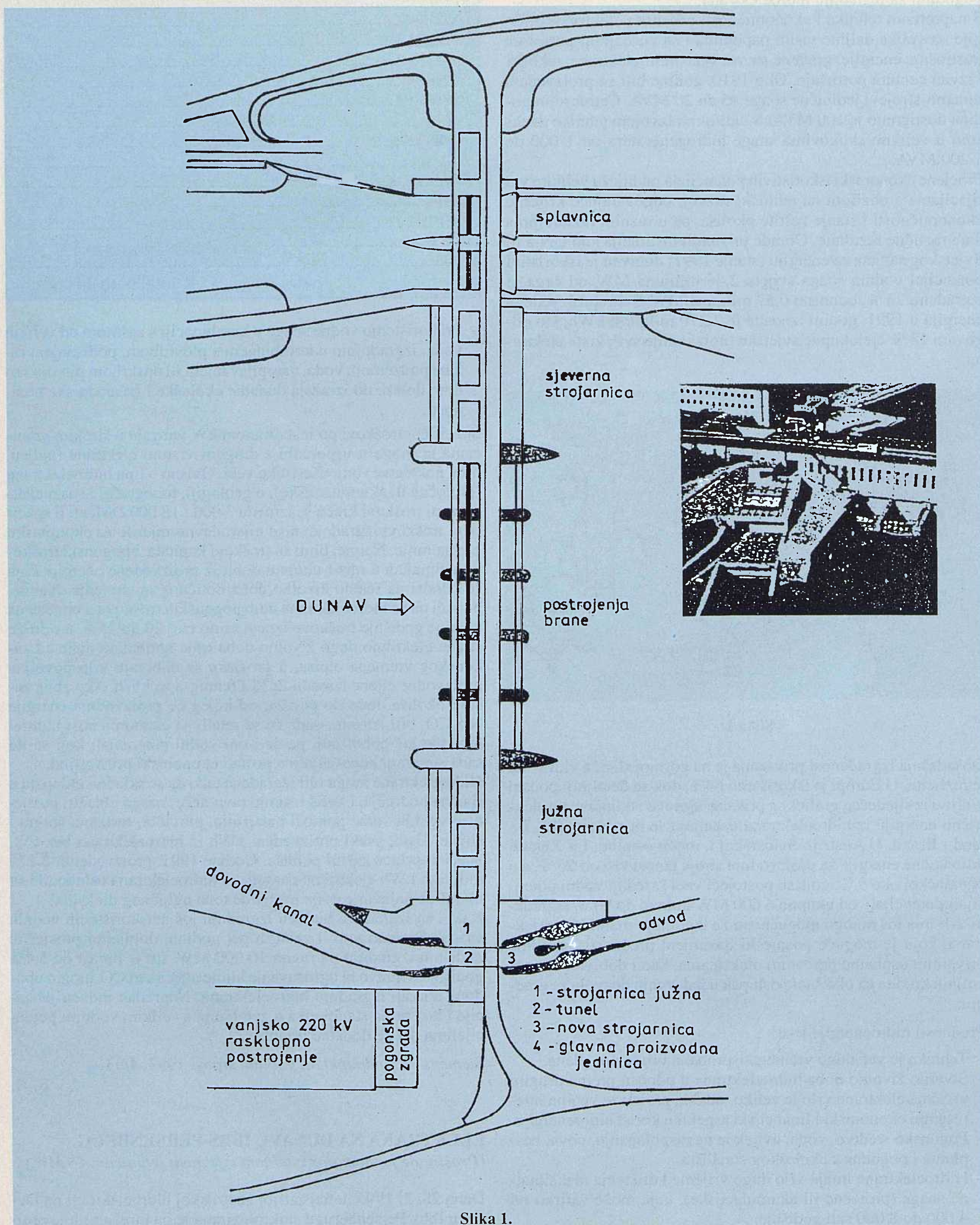
ELEKTRANA NA DUNAVU IBBS-PERSENBEUG

(Proširenje jednom proizvodnom cijevnom jedinicom 48 MW)

Dana 28. 2. 1996. u najstarijoj austrijskoj hidroelektrani na Dunavu Ibb-Persenberu sinkronizirana je na mrežu sedma proi-

zvodna jedinica uz šest postojećih. Još nikada do sada nije bila ugrađena dodatna proizvodna jedinica a da je elektrana za cijelo vrijeme bila u pogonu punom snagom uz nominalni uspor. Ova izvedba čini novu stranicu u tehnici izgradnje elektrana te je uzorak za takve pothvate na sličnim objektima. Uz troškove od 1,2 milijardi austrijskih šilinga, za tri godine izve-

dena je građevina ispod postojeće strojarnice duge 30, široke 12 i visoke 13 m. Najniža točka je 33 m ispod punog uspora, dok je dužina cijele nove građevine veća od 100 m. Slika krajolika se gradnjom nije mnogo izmijenila: vidljiva je samo gornja strana strojarnice, i to samo iz zraka (vidjeti sliku). S novom proizvodnom jedinicom povećava se godišnja proizvod-



nja za 6% na 1,35 milijardi kWh, odnosno dodatno se proizvede 76 mio kWh/godišnje. Ova elektrana, završena 1959. godine, bila je dimenzionirana tako da je 100 dana godišnje teklo više vode Dunavom nego što su je dotadašnjih 6 kaplan vertikalnih turbina mogle preraditi. Sa sedmom proizvodnom jedinicom ubuduće će samo 50 dana godišnje biti viška vode.

Odobrenje za gradnju dobiveno je u veljači 1993. godine, a početkom svibnja iste godine počela je izgradnja. Usprkos teškim geološko-gradevnim uvjetima za samo 33 mjeseca u toj elektrani je ugrađena najveća cijevna turbina u Europi.

Najveća gospodarska prednost je u tome što će se gubici energije pri uobičajenim revizijama i potrebnom saniranju, obnavljanju, ostalih šest strojeva svesti na minimum, a vode Dunava će ubuduće i pri većim protocima biti korištene za proizvodnju električne energije.

Ukupnom modernizacijom ove elektrane, osim toga, sljedećih će se godina poboljšati korisnost ostalih proizvodnih jedinica, što daje dodatnu godišnju proizvodnju od 28 mio kWh. Ovaj projekt izazvao je međunarodnu pozornost te se navodi kao velika referenca odnosno mogućnost izvoza odgovarajućeg know-howa. U projektiranju i izgradnji sudjelovalo je 50 isključivo austrijskih poduzeća. Uz splavnicu na lijevoj obali Dunava jest sjeverna strojarnica, sa tri proizvodne jedinice, vertikalne kaplan-turbine i sinkroni generatori. Težina strojne jedinice jest 1 340 tona, a promjer rotora turbine 7,4 m. Zatim je pet protočnih polja na brani svijetlog otvora po 30 m. Na desnoj obali Dunava je južna strojarnica s još tri istovjetna stroja, dok je ukupna snaga elektrane 200 MW. Sedma proizvodna jedinica je kaplan-turbina s horizontalnom osovinom, snage turbine 48,4 MW, a sinkronog generatora 51 MVA, dok je brzina vrtnje 75 o/min. Težina ove proizvodne jedinice jest 1 340 tona, a promjer rotora turbine je 7,5 m. Prosječna godišnja proizvodnja iznosi 1 358 mio kWh, dok je protok 1 780 m³/s. Pad pri srednjoj vodi je 10,9 m.

S obzirom na velike dimenzije i predviđenu ekonomičnu dispoziciju, valjalo je obaviti odgovarajuće pripreme i predvidjeti specijalne naprave i način gradnje i montaže, što je sve ubrzalo i omogućilo odgovarajuću izvedbu uz najmanje moguće troškove, tako da su cjelokupni radovi obavljani za samo 33 mjeseca.

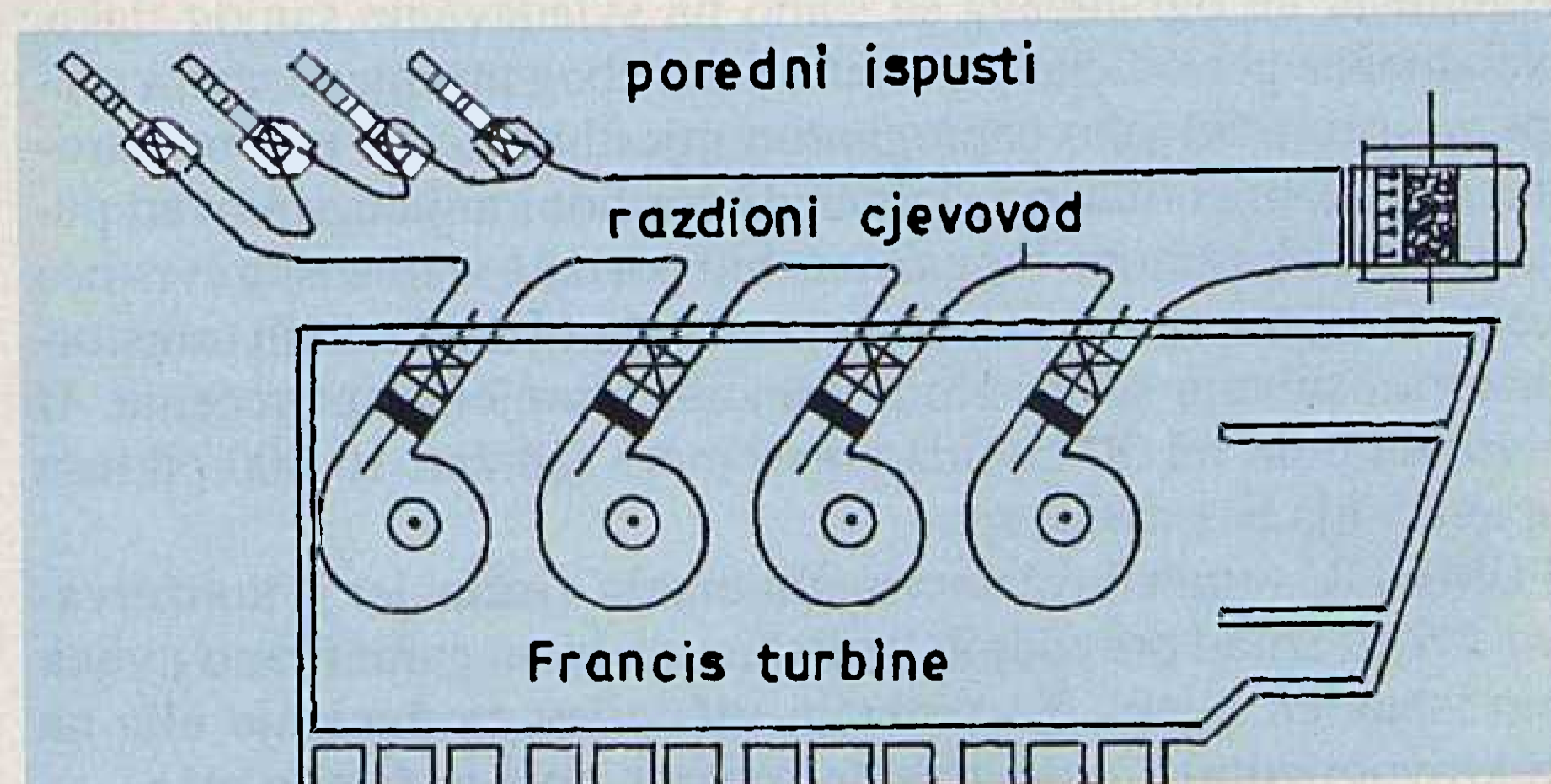
Donaukraft-Information II. 1996.

Elin News Nr. 17, IX. 1995.

E. H.

STANJE TURBINA JEDNIM POGLEDOM

Hydroelektrana Tarbela u Pakistanu na rijeci Indu realizacijom je treće faze izgradnje proširena s četiri velike Francisove turbine, svaka po 440 MW pri nazivnom padu 117 m, brzini vrtnje 90,9 o/min, rasponu pada 49 do 136 m i maksimalnom protoku 425 m³/s. Sve četiri turbine se opskrbljuju vodom iz jedne tlačne cijevi. Radi sprečavanja neželjenog porasta tlaka i brzine vrtnje pri rasterećenjima kod punih protoka, ugrađeni su poredni ispusti pri rasterećenjima kod punih protoka, ugrađeni su poredni ispusti s odgovarajućim zatvaračima (v. sliku).



Tlocrt postrojenja s četiri nezavisna poredna ispusta

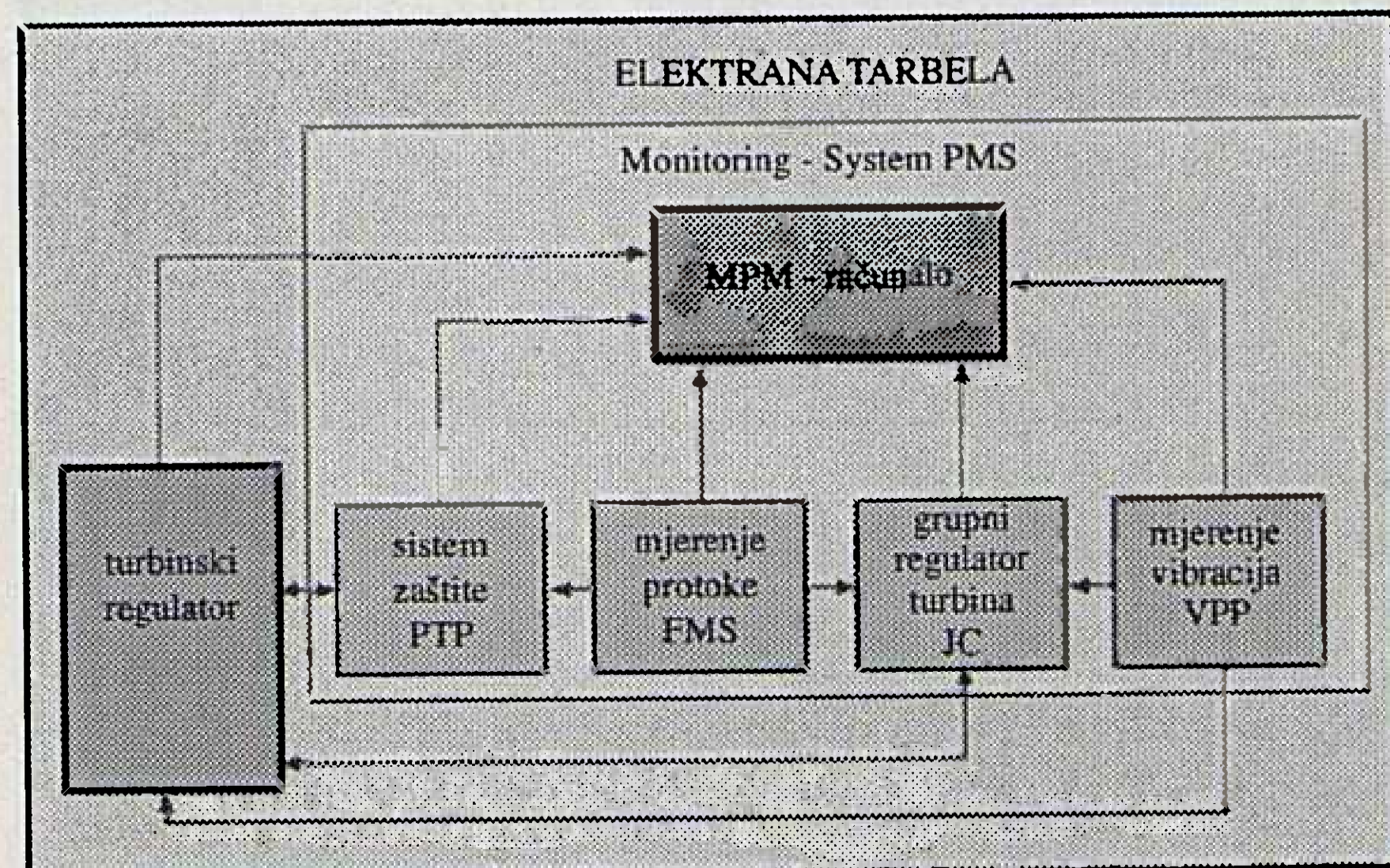
Ti poredni zatvarači su u ovisnosti o gornjem vodostaju, ukupnom protoku u tlačnom cjevovodu, pojedinačnom protoku turbina i protoku turbina i protoku porednih ispusta. Tako se mjeri devet protoka i povezuje s pogonima pojedinih turbina u sigurnosni lanac sustava.

Naknadno je ugrađen PMS (Planet Monitoring System) za kontrolu, regulaciju, optimiranje i sigurnost, koji u svim pojedinostima mjeri protok i proračunava trenutačnu korisnost turbina, što omogućuje optimiranje proizvodnje energije. uz to je pomoću PMS-a trajno praćenje trenda korisnosti turbina, kada bi se ona promijenila zbog trošenja.

Pomoću PMS-a mjereni, obrađeni i prikazani podaci trebaju omogućiti dijagnozu stanja stroja i njegovo pravovremeno održavanje u skladu s njegovim stvarnim stanjem. Kao glavnu korist korisnik stroja može očekivati povećanu raspoloživost i manje troškove održavanja.

PMS se sastoji od pet bitnih elemenata:

- Sustav zaštite tlačne cijevi i turbine (PTP=Penstock and Turbine Protection System). On prigodom iskapčanja osigurava da brzo zatvaranje turbine bude moguće tek ako upravljanje porednim ispuhom ispravno funkcionira. Tako vodni udar ostaje unutar dopuštenih granica. Nezavisni nadzor tlaka u dovodu prigodom prekoračenja određene granice djeluje na otvaranje porednog ispusta.
- Mjerenje protoka za tlačnu cijev, turbine i poredne ispuste (FMS= Flow Metering System) obavlja se ultrazvučnim uređajima i služi za određivanje korisnosti turbina. Mjeri se u tlačnoj cijevi svake turbine, kao i u porednim ispuhima. Mjerenja za turbine uvijek se baždare mjerenjem u tlačnoj cijevi, jer se na taj način ostvarivaju pretpostavke za veliku točnost.
- Nadređeni grupni regulator (JC=Joint Control System) dijeli teret na četiri turbine. Pritom se uzimaju u obzir ograničenja zbog maksimalne količine vode, kao i optimalnog broja strojeva, što se pokazuje u komandnoj prostoriji, odakle je moguć i izbor broja angažiranih strojeva. S obzirom na snagu tih četiri strojeva u odnosu prema ukupnoj snazi Pakistana, oni se koriste za reguliranje frekvencije.
- Mjerenje i obrada vibracija (VPP=Vibration Pre-Processing). Svi ležaji strojeva opremljeni su mjerenjem vibracija, a svako mjerno mjesto ima dva davača: jedan daje signal za nadzor i drugi poseban signal za frekventnu analizu.
- Sustav za prihvati i pripravu podataka (MPM=Measuring, Processing and Monitoring System) (vidjeti sliku). U MPM-sustav ulaze na pripravu zajedno sve mjerne veličine. Taj je dio realiziran zajedno u suradnji isporučioaca turbina Sulzer Hydro i Vibro-Consult AG, Brugg. Prijenos digitalnih veličina između uređaja za prijam podataka i računala obavlja se optičkim kablom, što jamči veliku točnost prijenosa. Ukupno je obuhvaćeno 50 dinamičkih i više od 100 statističkih signala. Svaki 10 minuta slijedi ciklus mjerenja s obradom u MPM-računalu. Iz svih mjernih vrijednosti konačno nastaje slog podataka za cijeli dan, koji sadrži prosječne vrijednosti najbitnijih veliči-



Načelna izvedba i veze monitoring-sustava

na. Ti su podaci na raspolaganju u godišnjem pregledu i služe za donošenje zaključaka koji se odnose na dugotrajno stanje stroja.

Najbolje je monitoring-sustav puštati u rad zajedno s pripadnim proizvodnim strojevima, kako bi se ponašanje postrojenja moglo pratiti već od prve vrtnje. Na taj način, također, pri puštanju u rad pravodobno mogu biti uočeni određeni problemi.

Technical Review Sulzer, 3/1995

E. H.

SNIMANJE GEOMETRIJE

Rekonstrukcija i modernizacija postojećih hidropostrojenja otvara širom svijeta velike mogućnosti povećanja proizvodnje energije bez dodatnih štetnih utjecaja na prirodu i okoliš i uz relativna mala ulaganja. Snake prenosni mjerni sustav to olakšava.

Pri takvim zahvatima često se ne raspolaže odgovarajućim detaljnim crtežima hidrauličkog oblikovanja i izvedbe bitnih dijelova odnosno utvrđivanjem aktualnog stanja prije rekonstrukcije.

Da bi se to omogućilo, Sulzer Hydro, Zürich, zajedno s institutom Aströ, Graz, razvio je i izradio mehanički mjerni sustav kojim je moguće trodimenzionalno snimanje geometrije. Sa svojih pet segmenata mjerni sustav Snake posjeduje ukupno šest stupnjeva slobode i omogućuje snimanje složenih i teško dostupnih dijelova hidrauličkih strojeva i njihovih komponenata.

Sustav Snake omogućuje u području hidraulike sljedeće primjene:

- snimanje profila rotora turbina svih tipova u ugrađenom ili u demontiranom stanju za analize čvrstoće, numeričko simuliranje strujanja ili za modelska ispitivanja
- premjeravanje svih komponenata strojeva kroz koje protiče voda
- snimanje erozije zbog djelovanja kavitacije ili pijeska
- kontrolu hidrauličkih profila prigodom popravaka na objektu
- mjernu kontrolu kod kompleksnih problema montaže velikih strojnih komponenata
- kontrolu u proizvodnji, npr. kontrole mjera na velikim odljevima ili zavarenim dijelovima, ukoliko svugdje gdje je potreban prijenosni mjerni uređaj za velike dimenzije s velikom točnošću mjerenja.

Ovaj sustav omogućuje sustavni pristup terapiji rješanjem kovanja po mjeri pri rekonstrukciji ili zamjeni jedne ili više komponenata hidrauličkih strojeva (vidjeti shematski prikaz).

Snake sustav iz pet segmenata vezanih kardanskim zglobovima, dužine ruke 5 m, omogućuje mjerenje jako zakrivljenih i među-

sobno komplicirano sječenih ploha izvan dosega opažanja. to je u uskim kanalima lopatica Francisovih turbina znatna prednost pred optičkim metodama.

Mjerni signali očituju se na priključenom PC-u u realnom vremenu prikazom XYZ-koordinatama. Grafički rezultati mjerenja prate se već na objektu, pa su moguća eventualno potrebna dodatna mjerenja, tako da nisu potrebne naknadne intervencije.

Robusna konstrukcija, simultana obrada mjernih vrijednosti i davači velike preciznosti garantiraju veliku točnost i dobru mogućnost reprodukcije koordinata. Budući da se sustav osniva na mehaničkom opipavanju, na rezultate ne utječu uvjeti okoline (temperatura, vlažnost, slaba rasvjeta, nečistoća). Bitno je da se postupak mjerenja na samom mjestu može obaviti za nekoliko dana, tako da se eventualni gubitak proizvodnje može svesti na minimum.

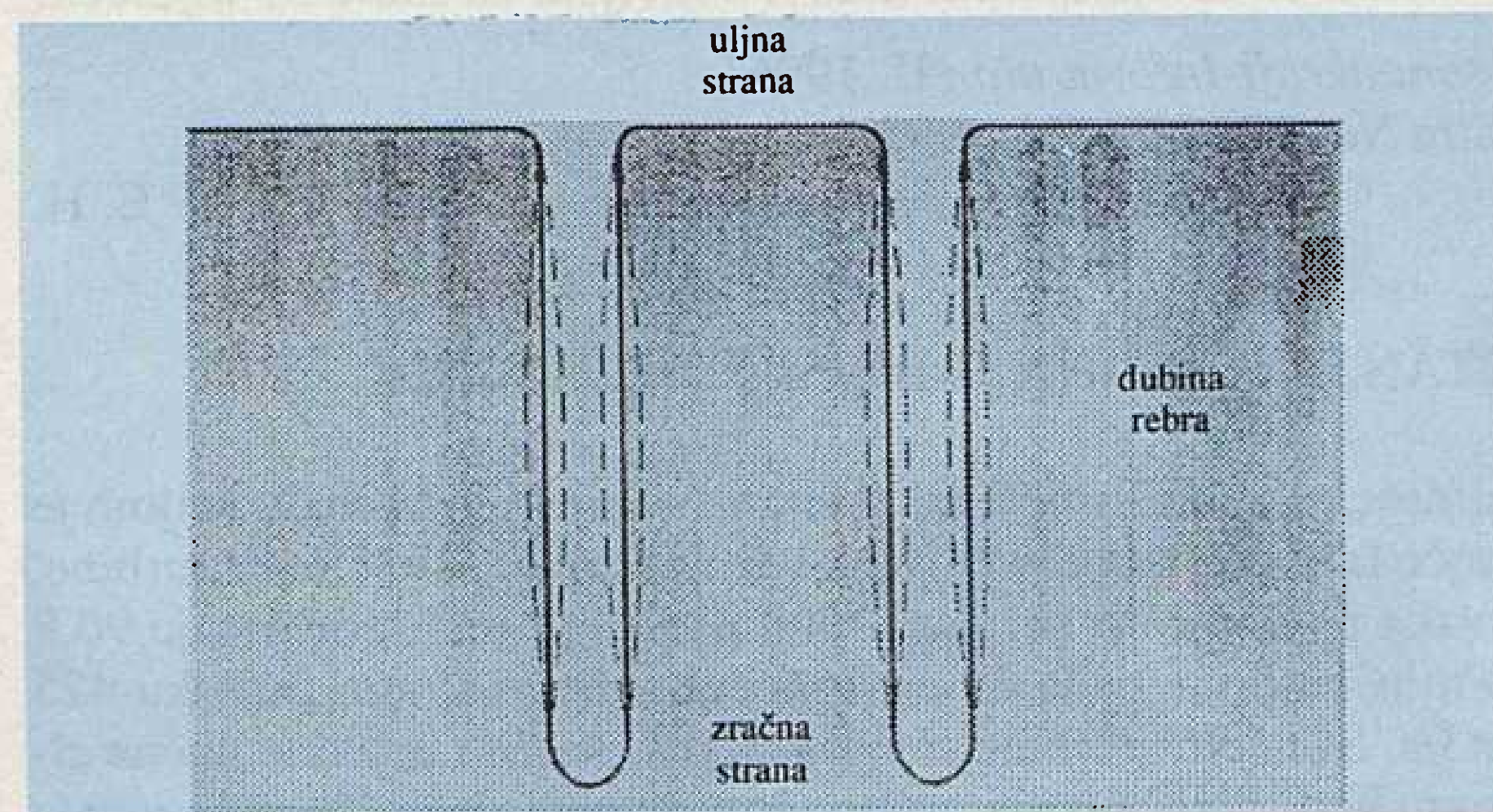
Technical Review Sulzer, 4/1995.

E. H.

HERMETIČKI ZABRTVLJENI TRANSFORMATORI

TUMETIC - transformatori bez konzervatora imaju mnogo prednosti. Kod ovih transformatora ulje ni na jednom mjestu ne dolazi u dodir s vanjskim zrakom, zbog čega ovo rashladno i izolacijsko sredstvo dugotrajno zadržava svoja električna i termička svojstva. Rutinsko održavanje dehidratora također otpada, dok su ovi transformatori nešto niži od istovjetnih s konzervatorom. Kod uljem izoliranih razdionih transformatora mijenja se temperatura namota, a isto tako i ulja u ovisnosti o opterećenju i temperaturi okoline, zbog čega se mijenja i volumen ulja, pa je odavno uveden konzervator, primjenjivan kod Tunorma-distributivnih transformatora.

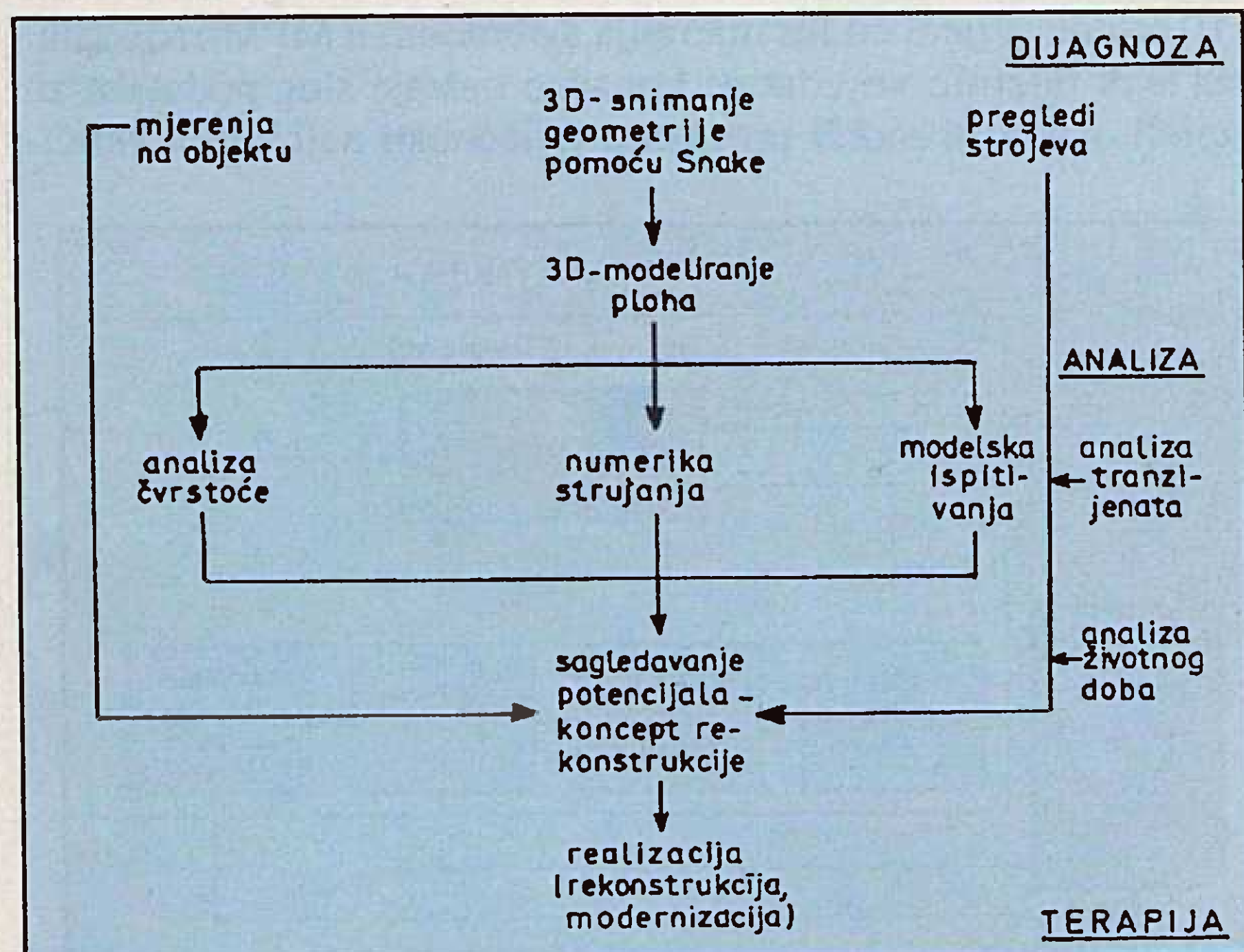
Alternativa je TUMETIC-transformator kod koga valovita rebra kotla preuzimaju cjelokupne promjene volumena ulja. Ta se rebra mogu kod pretlaka deformirati-nabubriti, a kod potlaka stisnuti (vidjeti sliku). Taj kotao nasuprot klasičnom TUNORMA-izvedbe mora biti volumenski elastičan, dakle "mekan".



Elastična deformacija rebra uslijed pretlaka i potlaka

Dimenzioniranje takvih kotlova koji su elastični u odnosu prema volumenu ne ograničava se samo na svladavanje samog tlaka. Neizbježne periodičke promjene tlaka zbog promjene tereta mogu na specifički jako napregnutim mjestima kotla, npr. na varovima tijekom godina pri slabom dimenzioniranju uzrokovati pukotine poradi zamora. Stoga mora biti poznata vremenska čvrstoća kotla. Odgovarajuća razmišljanja o životnoj dobi takvih transformatora osnivaju se na broju dnevnih promjena opterećenja. U životnoj dobi od 30 godina kotao mora izdržati 10 000 ciklusa opterećenja bez oštećenja.

TUMETIC - transformatori imaju manju visinu, jer je konzervator uvijek iznad provodnih izolatora, da bi on garantirano uvijek bio ispunjen uljem. Tu funkciju vrši cijev za punjenje ulja na pokrovnoj gornjoj ploči transformatora, koja je znatno niža. Životno doba uljnih transformatora znatno ovisi o termičkoj postojanosti izolacijskog ulja i čvrstih izolacijskih materijala. Dje-



Slika 1.

lovanjem vlage i kisika u svezi s toplinom, ulje se u svojim kemijskim i dielektričkim, a papir i prešpan u mehaničkim svojstvima - kvare. Dovoljno je 50 do 60 mg vode po litri ulja da se izolacijska čvrstića smanji za 50%. Nedostatan odvod topline može također proizvoditi kvar zbog toplinskog proboja.

Ispred konzervatora može se smjestiti sušionik zraka, koji valja redovito održavati, ali i u tom slučaju postoji mlada dodirna ploha između transformatorskog ulja i vanjskog zraka.

Gotovo sva njemačka regionalna distributivna poduzeća prihvatila su ovu izvedbu. Od početka 70-ih godina ugradila su oko 20 000 takvih transformatora, ponajviše onih do 400 kVA. Pogonska iskustva potpuno su pozitivna, bez posebnih problema.

TUMETIC-transformatori trebaju samo malo aparata za nadzor i zaštitu, jer je starenje izolacije malen, a ispadi vrlo rijetki.

Termički nadzor obavlja se kontaktnim termometrom, smještenim u posebnom džepu.

TUMETIC-zaštita privijena na cijev za punjenje ulja radi slično kao Buchholz-relais s jednim plovkom i u prvom redu javlja skupljanje plinova. Ta zaštita isto tako najavljuje gubitak ulja koji elastični kotao ne bi više mogao izjednačiti.

Katkad se ugrađuju senzori tlaka kada u obzir dolaze jaka preopterećenja.

Za razaranje transformatora s kotlom elastičnog volumena potrebno je znatno više energije nego u slučaju transformatora s konzervatorom.

TUMETIC-transformatori proizvode se za nominalne snage do 2 500 kVA, tj. za cjelokupno područje distributivnih transformatora definirao u DIN 42500. Oni su prikladni za sve poznate vanjske priključne sustave, a sve se više primjenjuju zbog njihove pouzdanosti i lakšeg održavanja.

Siemens EV Report, prosinac / 6. godina 4/95.

E. H.

SA SUNCEM PROTIV SUNCA

Zemlje regije prijelaza pustinje Sahare prema savani ubrajaju se među najsiromašnije u svijetu, a stanovnici su izloženi djelovanju dugotrajnih sušnih razdoblja. CILIS, sporazum nekoliko pripadnih zemalja tog područja, ujedinjava ih u borbi protiv pustinje pomoću bunarskog postrojenja pogonjenih solarnom energijom.

Navedeno područje obuhvaća suhi pojas od Atlantika do Crvenog mora, praktički bez raslinja, pogodan samo za nomadski uzgoj stoke. Radi se o području površine veće od dva milijuna kvadratnih kilometara, koje je suša počela zahvaćati prije 5 000 godina.

Zbog klimatskih promjena sušna razdoblja su sve duža, a stanovništvo raste velikim prirastom, zbog čega degradacija još više dolazi do izražaja.

U tom području živi više od 40 milijuna ljudi. Najviše ih je bez struje i dovoljno čiste, pitke vode. To goni ljude u gradove, u još veće nevolje.

Nada u bolje životne uvjete obećava 1991. godine načinjeni "programme Régional Solaire" (PRS) na inicijativu organizacije "Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel" (CILIS), tj. Međudržavnoga komiteta za borbu protiv suše u Sahelu. PRS se oslanja na fotovoltaiku, prije svega na bunarska postrojenja, koja daju najvažnije životno dobro čovječanstva: čistu vodu. Jake sunčane zrake, kao i manji troškovi za pogon i održavanje u odnosu na dizelske crpke daju onim prvim znatnu prednost. CILIS-projekt, u kome sudjeluju zemlje Burkina Faso, Gambija,

Gvineja Bisau, Zelenortska Republika, Mali, Mauritanija, Niger, Senegal i Čad financira Europski fond za razvoj (EEF).

Od početka CILIS-inicijative izvedena su fotovoltaička postrojenja u više od 800 sela navedenog područja. Do konca 1995. godine sam Siemens Solar instalirao je 330 vodnih crpki i 63 rashladna sustava te 240 rasvjetnih postrojenja. Postrojenja opskrbljuju vodom ljude, životinje i polja, opskrbljuju kuće strujom iz baterija nabijenih strujom sunca, škole za nastavu u kasnim satima bez dnevne svjetlosti, sanitetske ustanove za hladnje osjetljivih medikamentata, krvne plazme i preparata za injekcije. Mogućnosti korištenja su velike i mnogostruke.

I gospodarstvo će imati koristi od solarnih postrojenja, jer će montažu i održavanje obavljati lokalno stanovništvo, a ako bude interesa, organizirat će se lokalna izrada uređaja. Treba osigurati sredstva za financiranje i upravljanje postrojenjima, za što PRS nudi pomoć, na primjer od vodnog doprinosa, kako bi se gradila nova solarna postrojenja.

Standpunkt-Siemens, 8 godina, kolovoz 1995, 3/95

E. H.

FISCHING „ZELENA” HIDROELEKTRANA

Uz svečanost, u rad je 22. lipnja 1995. puštena treća po veličini elektrana na rijeci Muri u Štajerskoj. Ona primjereno ispunjava sve ekološke i ekonomske uvjete. Mura je jedna od najmanje izgrađenih rijeka u Srednjoj Europi. Do sada se na njoj u energetske svrhe koristi samo oko 38% raspoložive energije.

Hidroelektrana Fischening kombinirana je akumulacijska i protočna elektrana. Na geološki i topografski pogodnom mjestu na prvom zavoju Mure kod Farracha, izgrađena je brana s tri protočna polja širine po 10 m. Strojarnica je izgrađena tako da se njezina izlazna voda ne izliva u sam profil Mure. Voda se usporava 11 m i dovodi pogonskim koritom dugim više od jednog kilometra do strojarnice prekrivene zemljom i raslinjem, tako da se uklapa u okoliš. Tu je na raspolaganju pad od 22 m. Uz samu branu u koritu je ugrađena vlastita proizvodna jedinica kroz koju protječe preostala voda.

U srednjoj hidrološkoj godini elektrana (i ona uz branu) proizvede 73 milijuna kWh. Instalirana snaga sinkronog generatora u elektrani jest 22 MWA.

Elin News 17/kolovoza 1995. god.

E. H.

STRUJA ZA EGIPAT

Egipatska hidroelektrana New Esna na rijeci Nilu, južno od Luxora, davat će godišnje 630 milijuna kWh. Nedavno je uspješno puštena u rad nakon pet godina izgradnje. Šest cijevnih turbina, s dvojnomo regulacijom, pri maksimalnom padu 7,3 m, daju snagu po 14 MW. Kaplan-rotori imaju po tri lopatice, a promjer im je 5 250 mm. Konstrukcija turbina i modelska ispitivanja izvedeni su kod Sulzer Hydro u Zürichu, dok je tvornička izrada izvršena u Schiju (Italija). U međunarodnoj konkurenciji za 13 turbina-generatora bilo je 13 konkurenata. Vrijednost ugovora, koji je obuhvatio turbine i generatore (Sulzer Hydro, schio i ELIN generatori), iznosila je 70 milijuna švicarskih franaka.

Technical Review Sulzer, 2/1995

E. H.

UDK 621.31

ENJAAC 45 (1-6) 1— 356

ISSN 0013-7448

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

Zagreb, prosinac 1996.

SADRŽAJ ENERGIJE U 1996. GODINI

	str.	br.		str.	br.
<i>Abramović B.</i> : Ispitivanja i analiza kvalitete rada plinskih turbina i KOMBI blokova u PTE Jerovec	255	5	<i>Radmilović B.</i> : Povezivanje elektroenergetskih sustava Hrvatske i Mađarske	3	1
<i>Bajs D.</i> : Analiza prijelazne stabilnosti planiranog elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije	295	6	<i>Sabolić D.</i> : Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini različitih dalekovoda	331	6
<i>Banić S. - Ilijanić V.</i> : Djelotvornost koordinacijskih iskrišta ugrađenih u DV polja postrojenja	311	6	<i>Sabolić D.</i> : Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini 400 kV dalekovoda	241	5
<i>Banić S.</i> : Utjecaj suhe zone na ZnO odvodniku prenapona u uvjetima onečišćenja	87	2	<i>Santica I. - Smirčić A.</i> : Prijedlog povoljnijeg izvora lokacija izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kabelskih trasa unutar kabelskog koridora	27	1
<i>Čerina P.</i> : Jadranski otoci 35 kV	111	3	<i>Schenner R.</i> : Problemi analize rezultata mjerenja opterećenja kućanstava	247	5
<i>Feretić D. - Mikuličić V. - Tomšić Ž.</i> : Primjena sunčane energije u energetici	13	1	<i>Staniša B. - Srb V. - Luketić A.</i> : Ispitivanje i analiza energetske karakteristika cirkulacijskih crpki u toplinskoj stanici u EL-TO Zagreb	325	6
<i>Feretić D. - Tomšić Ž.</i> : Mogućnost primjene biomasa u elektroenergetici	201	4	<i>Staniša B.</i> : Mogućnosti modernizacije i rekonstrukcije niskog tlaka parnih turbina s Baumanovim stupnjem	251	5
<i>Hebel Z. - Huml-Dimitrijević M. - Mileusnić E. - Kalea M. - Nikolovski S.</i> : Oblikovanje statistike pogonskih događaja u prijenosnoj mreži Hrvatske elektroprivrede	173	4	<i>Toljan I. - Klepo M.</i> : Okruženje i model za proračun cijene električne energije	55	2
<i>Jerbić G.</i> : Pogon kombiniranih kabelsko-nadzemnih vodova	69	2	<i>Toljan I.</i> : Analiza cijena električne energije za industriju i domaćinstvo u svijetu i u Hrvatskoj	193	4
<i>Klepo M.</i> : Prilog novom sustavu cijena i doradi tarifnog stava za prodaju električne energije	61	2	<i>Tomšić Ž. - Feretić D. - Škanata D. - Kovačević T.</i> : Analiza i planiranje elektroenergetskog sustava pomoću računala - programski paket DECADES	227	5
<i>Knapp V.</i> : Černobil, 10 godina poslije	49	2	<i>Tonković Z.</i> : Aktualni problemi eksploatacije pod sistema južne Hrvatske	285	6
<i>Krajcar S. - Škrlec D. - Blagajac S.</i> : Planiranje razdjelnih mreža korištenjem zemljopisnog informacijskog sustava (GIS)	317	6	<i>Tonković Z.</i> : Interkonekcija 380 kV Mađarske s Hrvatskom i Slovenijom	159	4
<i>Levanat I. - Lokner V.</i> : Zbrinjavanje otpada i troškovi proizvodnje električne energije u nuklearnim i elektranama na fosilna goriva	199	4	<i>Trivić Č. - Radovan Z.</i> : Krivulja troškova elektrana	237	5
<i>Loš B.</i> : Danski pristup izgradnji termoenergetskih objekata	211	4	<i>Žutobradić S.</i> : O nekim mogućnostima poboljšanja pogona nadzemnih 19(20) kV mreža	31	1
<i>Lukačević D.</i> : Plinsko parni energetski blok kao elektroenergetski izvor	187	4			
<i>Magdić M.</i> : Krivulja troškova elektrana	23	1			
<i>Matanić D. - Hladki N.</i> : Projekt dogradnje plinskih turbina ispred parnih kotlova K8 i K9 u EL-TO Zagreb	79	2			
<i>Potočnik V.</i> : Integralno restrukturiranje hrvatske energetike i brodogradnje - Izgradnja serije dizelskih elektrana u Hrvatskoj	9	1			

IZDAVAČI – PUBLISHER

Godište 45 (1996)

Zagreb 1996

Br. 6

Hrvatska elektroprivreda

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike

IZDAVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split – Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl. ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek – mr. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. Niko Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR - EDITORIAL BOARD

Glavni urednik - Editor-in-chief: dr. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik - Editor: Zdenka Jelić, prof.

Urednici rubrika – Contributing Editors: »Energetski sistemi«, dr. Goran Granić, dipl. ing. – »Hidroelektrane«, Vladimir Prizl, dipl. ing. – »Termoelektrane i toplane«, Ivan Vučetić, dipl. ing. – »Prijenos električne energije«, mr. Zdenko Tonković, dipl. ing. – »Razvoj, distribucija i potrošnja električne energije«, Mladen Ježić, dipl. ing. i Dasenko Baldasari, dipl. ing. – »Ekonomsko poslovanje i tarifna politika«, dr. Jure Šimović, dipl. ecc., Mladen Mandić, dipl. ecc. i Marijan Magdić, dipl. ecc. – »Ekologija«, dr. Niko Malbaša, dipl. ing. – »Informatika«, Nikola Lastrić, dipl. ing. – Tehnički urednik – Technical Editor: Branko Mališ – Lektor – Linguistic Adviser: Šimun Čagalj, prof. – Metrološka recenzija – Metrologic review: mr. Mladen Zeljko, dipl. ing.

Redakcija završena 1996 – 12 – 11

SADRŽAJ

<i>Tonković Z.:</i> Aktualni problemi eksploatacije podsustava južne Hrvatske (Pregledni članak).....	285
<i>Bajs D.:</i> Analiza prijelazne stabilnosti mogućeg perspektivnog elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije (Prethodno priopćenje).....	295
<i>Banić S. - Ilijanić V.:</i> Djelotvornost koordinacijskih iskrišta ugrađenih i DV polja postrojenja 110 kV (Prethodno priopćenje).....	311
<i>Krajcar S. - Škrlec D. - Blagajac S.:</i> Planiranje razdjelnih mreža korištenjem zemljopisnog informacijskog sustava (GIS) (Pregledni članak).....	317
<i>Staniša B. - Srb V. - Luketić A.:</i> Ispitivanje i analiza energetske karakteristika cirkulacijskih crpki u toplinskoj stanici EL-TO Zagreb (Prethodno priopćenje).....	325
<i>Sabolić D.:</i> Procjena uvjeta elektro magnetske izloženosti živih bića u blizini različitih dalekovoda (stručni članak).....	331
<i>Barta-Koštrum S.:</i> Osnovne norme iz područja elektrotehnike.....	337
Vijesti iz elektroprivrede	345
Savjetovanje i konferencije	349
Iz strane stručne literature	352

Fotografija na omotnoj strani
HE Senj

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992. a prema mišljenju istog ministarstva oslobođen je plaćanja poreza na promet (rješenje 532-03-1/5-92 od 3. studenoga 1992).

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 625-328 i 625-111/2328, telefax 533-692, 511-612

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi 300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro račun kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za »Energiju«) broj 30101-604-495

Tisak i klišej – Print: ZRINSKI d.d., Čakovec

Naklada 1000 primjeraka

Upute autorima

U »Energiji« smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa »stari« autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo »zaboravljive«.

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda »Energiji«, više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično »presude« recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštovati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica – SI.

Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizikalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.

5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:

- **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
- **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
- **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
- **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.

Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom papiru. Sažeci se u »Energiji« prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu – svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm – 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članaka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučnaja rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenie, preliminary communication, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornaja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristio u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, profesionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođivanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS

HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

AKTUALNI PROBLEMI EKSPLOATACIJE PODSUSTAVA JUŽNE HRVATSKE

Mr. Zdenko Tonković, Zagreb

UDK 621-316.1
PREGLEDNI ČLANAK

U članku se iznose rezultati modelskih istraživanja problema visokih opterećenja mreže 220 kV južne Hrvatske. Predlažu se za dalju diskusiju neka rješenja, za blisku budućnost i dalju perspektivu.

Ključne riječi: prijenosna mreža, elektroenergetski sistem, eksploatacija sistema.

1. UVOD

Različite su teškoće s kojima se suočavao podsustav južne Hrvatske tijekom četiri godine izoliranog pogona - kao posljedicom srpske agresije, njihovih razaranja i onemogućavanja paralelnog rada sustava od 26. rujna 1991. kada su se konačno razdvojili istočni i zapadni dio nekadašnjeg jugoslavenskog sustava (onesposobljavanjem TS Ernestinovo) - a u istočnom dijelu koji je ostao izoliran od UCPTTE našla se i Dalmacija - do 21. prosinca 1995. kada je južni 380 kV potez Konjsko-Obrovac-Melina opet resinkroniziran. Zapravo, početak teškoća na južnom dijelu mreže počeo je sabotazama već godinu dana ranije: prva je bila 19. studenog 1990. pa je onda 6. rujna 1991. kvarom i srpskom okupacijom dijela trase postao neraspoloživ DV 380 kV Obrovac-Meline, a tri dana kasnije, od 9. rujna i DV 220 kV Konjsko-Brinje.

S 9. rujnom, dakle, prekinuta je mreža južne Hrvatske (između "splitskog" i "riječkog" područja); njena veza sa ostalim dijelom sistema u paralelnom pogonu sa UCPTTE ostala je još dva tjedna kroz Bosnu i Hercegovinu: do 26. rujna kada je onesposobljeno TS Ernestinovo, čime se južna Hrvatska dokraja izolirala.

U četverogodišnjem razdoblju otočnog pogona podsistema južne Hrvatske (sa dijelom Herceg-Bosne) bilo je nekoliko desetaka potpunih raspada i nekoliko stotina velikih poremećaja. Bit će šteta ako to ne bude zabilježeno, sređeno i obrađeno (a nepovratno je izgubljena *jedinstvena* prilika da se mjerenjima snimi taj dio sustava i njegove karakteristike). Da se iskustva tih godina spase od zaborava (kao što se to već dogodilo, napr. sa velikim svakodnevnim redukcijama u Hrvatskoj 1982/83.) bezuspješno smo 1993. u CIGRE predlagali jednu "radionicu" na tu temu (koja bi sigurno, još uvijek, mogla biti i međunarodno interesantna).

Zatvaranje "otočne petlje" Rab. . . (preko Paga). . . Nin 26. srpnja 1994., i omogućavanje prebacivanja zadarskog konzuma na napajanje iz "riječkog" područja, bilo je tehnički samo malo olakšanje; iako je u teoriji to moglo značiti izjednačavanje frekvencije južnohrvatskog energetskeg otoka i UCPTTE-a, puni paralelni rad priječila slaba veza šibenskog i zadarskog područja (Bilice-Biograd).

Ponovnim spajanjem južnog dijela hrvatskog elektroenergetskog sustava sa ostalim njegovim dijelom u paralelnom radu sa UCPTTE (zasada samo vezom 380 kV, a najkasnije do ljeta 1997. se očekuje i zatvaranje petlje 220 kV) nastali su novi problemi. Jedan od njih je i povremeno visoko opterećivanje DV 220 kV Zakučac-Konjsko. Na Dalmaciju je naime ostao radijalno priključen i dio sustava Bosne i Hercegovine: preko DV 380 kV Mostar-Konjsko u pogonu pod 220 kV (zbog razorenog dijela 380 kV postrojenja u TS Mostar) i DV 220 kV Mostar-Zakučac. Ako se tim dalekovodima importira u Hrvatsku snagu reda veličine preko 250 MW, a HE Zakučac je visoko angažirana, dolazi do velikih tokova snaga po DV 220 kV Zakučac-Konjsko. Obično raspoloživost pune snage HE Zakučac kolidira sa viškovima Herceg-Bosne: u oba podsustava radi se o hidropotencijalu istog sliva, pa kada imaju vode hidroelektrane na Neetvi veliki su međudotoci i na Cetini - i konačna je posljedica visoko opterećenje mreže 220 kV između Zakučca i Konjskog. Kako je vjerojatno da će takva situacija potrajati, *imajući u vidu prilike u proljeće 1996.* (potrebno je naglasiti zbog dinamike situacije i budućnosti), odlučeno je na modelu ispitati moguće poremećaje i na temelju tih rezultata predložiti rješenja. To je bio glavni sadržaj studije [1], u kojoj su obrađena još i neka aktualna pitanja mreže 110 kV. Ovim prikazom izlažemo zaključke te studije.

2. FORMIRANJE MODELA

S obzirom da se ispituje jedno određeno pogonsko stanje, posvećena je posebna pozornost formiranju modela i verifikaciji odslika realnog stanja sustava.

U zapisima o dnevnom maksimalnom opterećenju sustava koji se čuvaju mjesec dana unatrag ("zaleđeno stanje") u Centru daljinskog vođenja PrP "Split" u Vrboranu pronađeno je najveće opterećenje promatranog DV 220 kV Zakučac-Konjsko. Bilo je to **9. IV. 1996: 225 MW, /59/Mvar** (što je 232,6 MVA ili 84,6% iskorištenja dalekovoda). Zatim je za taj dan pregledana dispečerska lista da se ustanovi vrijeme pojave maksimalnog opterećenja DV Zakučac-Konjsko. Malom analizom (upitno je bilo je li utjecaj-niji rad Zakučca /ujutro/ ili davanje Mostara /rano popod-

ne/) ustanovljeno je da je to bilo ujutro, u 10. satu: pri maksimalnoj proizvodnji HE Zakućac.

Za tu situaciju modeliran je dalmatinski podsustav, dakle, za 10. sat utorka 9. travnja 1996. Ukupna potrošnja podsustava bila je 359 MW, a proizvodnja 702 MW. Uvoz iz Bosne i Hercegovine bio je ukupno 170 MW, a izvoz riječkom području 513 MW.

Za formiranje modela je potrošnja Dalmacije – po odbijanju pretpostavljenih gubitaka na modelu - raščlanjena po 110 kV čvorištima prema metodologiji korištenoj u [2]. Opterećenja čvorišta dana su na sl. 1 – a relevantna kontrola ove raspodjele su zbrojevi cjelina. U neutjecajnom dijelu nije se obraćala posebna pozornost vjerodostojnosti opterećenja čvorištima (napr. zadarsko područje). Radikalne veze su sprežane (napr. Knin. . .Bihać). Sume su cjelina:

“Zadar”	49,3 MW,	19,6 Mvar;
“Šibenik”	65,7 MW,	20,9 Mvar;
Trogir+Kaštela uže splitsko gradsko područje (Meterize, Vrboran, Sućidar, Mertojak)	81,8 MW,	29,6 Mvar;
Kraljevac+Makarska	13,4 MW,	5,3 Mvar;
Peruća+Sinj	12,8 MW,	4,5 Mvar;
Dugi Rat otoci	29,3 MW,	8,0 Mvar;
“Dubrovnik”	21,3 MW,	7,9 Mvar;
Opuzen	26,6 MW,	10,6 Mvar;
Imotski	9,9 MW,	3,4 Mvar;
	5,8 MW,	2,7 Mvar;
Ukupno	355,8 MW,	124,2 Mvar.

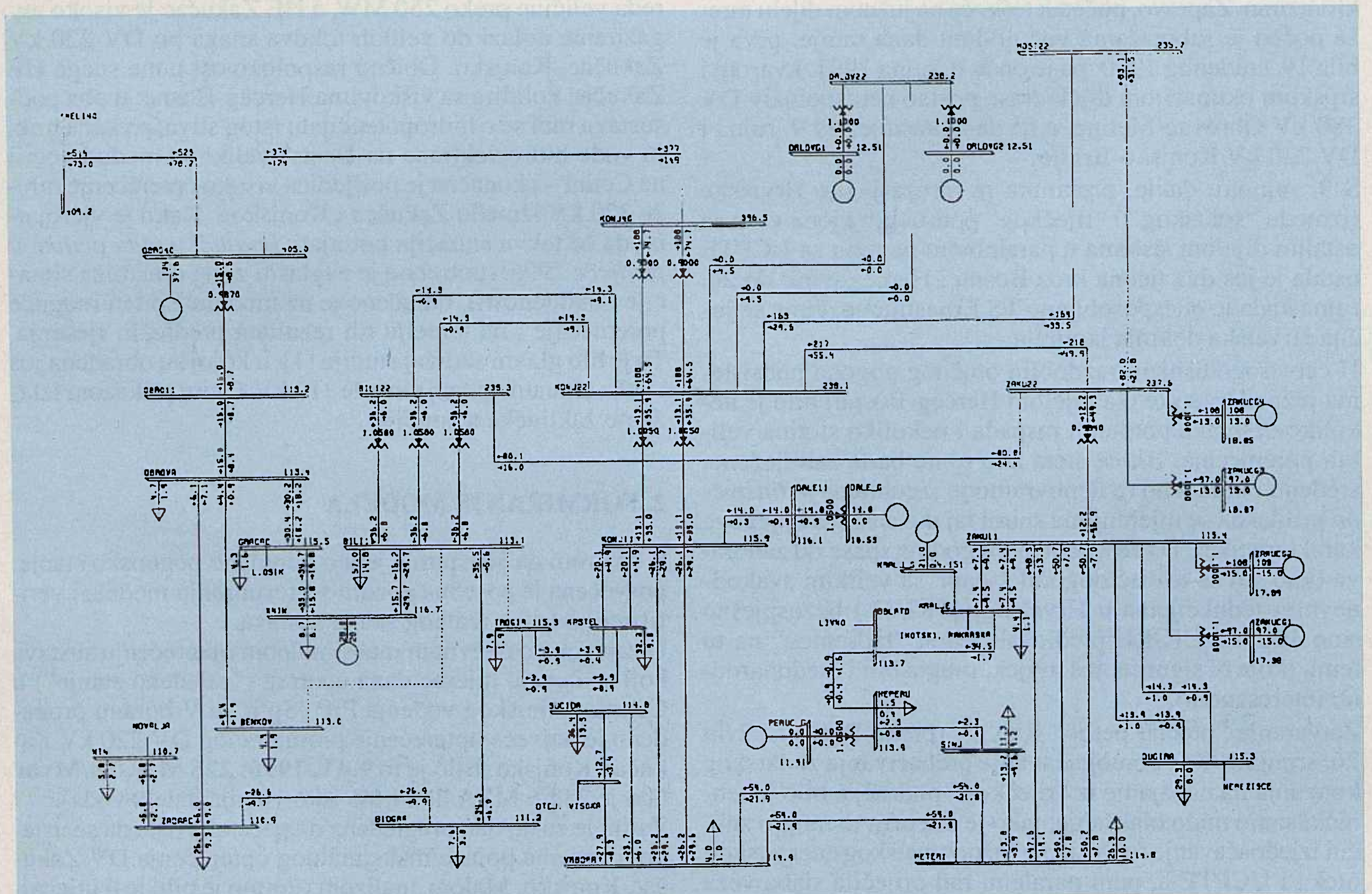
Angažirani su izvori, hidroelektrane (sa uporištem u dispečerskim listama):

Obrovac	134 MW,	37,6 Mvar
Miljacka+Jaruga+Golubić	28 MW,	20,0 Mvar
Dubrovnik	95 MW,	-6,8 Mvar
Zakućac, G1	97 MW,	-15,0 Mvar
Zakućac, G2	108 MW;	-15,0 Mvar
Zakućac, G3	97 MW,	13,0 Mvar
Zakućac, G4	108 MW,	13,0 Mvar
(Zakućac, ukupno	410 MW)	
Kraljevac	21 MW,	0,0 Mvar
Đale	14 MW,	0,0 Mvar
Ukupno	702 MW,	46,8 Mvar

Jalove snage iskazane su prema izračunu (diktirane napovima, zadanim prema registriranim vrijednostima, na sve tri promatrane razine).

Grane mreže modelirane su prema njihovim karakterističnim parametrima (direktne komponente; dužina, presjek vodiča). Regulacijska preklopka transformatora 380/220 kV, 400 MVA, u TS Konjsko postavljena je na 1. položaj (30/231 kV).

Nakon nekoliko ispitivanja, zbog usklađivanja naponskog profila, dobiveni su na modelu podsustava rezultati koje u potpunosti zadovoljavaju zabilježeno stanje u sustavu, sl. 1. Provjera nekoliko utjecajnih veličina:



Slika 1.

DV 380 kV Mostar-Konjsko, pod 220 kV	164,5 MW;	-33,5 Mvar
DV 220 kV Mostar-Zakučac	83,1 ME,	-31,5 Mvar
ukupno iz Mostara	247,6 MW,	-65,0 Mvar
DV 380 kV Konjsko-Obrovac	376,9 MW;	-149,0 Mvar
DV 380 kV Obrovac-Meline	522,9 MW,	-78,2 Mvar
DV 220 kV Zakučac-Konjsko	218,4 MW,	-49,9 Mvar
DV 2x110 kV Meterize-Vrboran	2x54,0 MW,	-21,8 Mvar

Tok izmjeren na DV 2x110 kV Meterize-Vrboran verificira i onaj izmjeren na DV 3x110 kV Zakučac-Meterize: 2x (50,7 MW, -7,0 Mvar) + (48,3 MW, -13,3 Mvar).

Opterećenje transformatora:

TR 2x380/220 kV Konjsko	2x (-188,4 MW, -74,7 Mvar)
TR 1x220/110 kV Zakučac	-12,2 MW, 49,3 Mvar

Naponi su na razini 110 kV u "splitskom" dijelu oko 115 kV, na 220 kV oko 237 kV (sukladno dispečerskim listama).

Prema dodatnim usmenim provjerama, izmjereni smjerovi tokova jalovih snaga odgovaraju onima u sustavu.

Raspodjele snaga i naponske prilike izmjerene na modelu u suglasju su sa onim zabilježenim u sustavu, pa konstatiramo da je model vjerodostojan i podoban za daljnja ispitivanja i zaključivanja.

3. ISPITIVANJA

U skladu s prirodom istraživanog problema primijenjen je uobičajeni kriterij sigurnosti (n-1), tj. ispad ili neraspodjeljivost jedne grane mreže u različitim elektroenergetskim situacijama i uklopnim stanjima. U nekim mjerenjima ispitat će se posljedice ovog kriterija do krajnjih konzekvenci. Primjenom navedenog kriterija ne smije se narušiti propisana zadane uvjete opterećenja mreže i napona u čvorištima. Ostali aspekti eksploatacije nisu dodirivani u navedenoj studiji: to su pitanja za posebnu studiju!

Dozvoljeno opterećenje vodiča dalekovoda određeno je termičkom granicom koja je u promatranom dijelu mreže 110 kV i 220 kV za vodiče presjeka (za temperaturu okoline 40 C)

110 kV:	150 Al	440 A	(85 MVA)
	240 Al	605 A	(115 MVA)
220 kV:	360 Al	780 A	(300 MVA)

Međutim, budući da je ovo studija pogona a ne planiranja, dozvoljeno opterećenje vodiča mreže 220 kV limitira dozvoljena struja ugrađenih strujnih mjernih transformatora: 600 A, sa dozvoljenim kratkotrajnim preopterećenjem 20% (kratkotrajno bi značilo nekoliko sati, unutar kojih bi trebalo riješiti problem). Prema tome su *vodovi 220 kV opteretivi do 275 MVA* (na nazivnom naponu) - i prema toj će se veličini promatrati iskorištenje prijenosne moći vodova 220 kV.

Naponi u čvorištima ne smiju prijeći IEC-om propisanu gornju granicu

123 kV, odnosno 245 kV,

dok njihovu donju granicu određuje regulacijski opseg transformatora $\pm 15\%$ na oko

100 kV odnosno 200 kV

(s uračunatim unutrašnjim padom napona u transformato-

ru, pretpostavljenim oko 5%, tako da je stvarni, iskoristivi, regulacijski opseg transformatora $\pm 10\%$).

Mreža 220 kV

1.

Ispadne li visoko opterećeni DV 220 kV Zakučac-Konjsko ukupni dotok iz Mostara se praktički ne mijenja (246,3 MW) - ali se preraspoređuje uglavnom na DV (380)220 kV za Konjsko: sada je iskorišten 31% (223,7 MW, -32,3 Mvar), a DV 220 kV na Zakučac ostaje neopterećen: 22,6 MW, -23,8 Mvar. Evakuaciju snage iz Zakučca preuzimaju DV 220 kV Zakučac-Bilice (iskorištenost 70,3%): 190,5 MW, -32,7 Mvar i mreža 110 kV što se najjasnije očituje promjenom toka kroz TR 220/110 kV u Zakučcu: 37,0 MW, 33,9 Mvar. Za tu se promjenu povećao tok snage između Zakučca i Meteriza: sada je ukupno 197,6 MW, -39,5 Mvar. Slijedi da je podsustav u snimljenom stanju dovoljno jak da može izdržati ispad 81,5% iskorištenog DV Zakučac-Konjsko (mjerenje na modelu). Pokazuje se da se bez ove grane bitno rasterećuje i DV Mostar-Zakučac, odnosno, razmjena se prebacuje na (380)220 kV vezu.

2.

Kvarom DV Zakučac-Konjsko pri većoj injekciji iz Mostara, simulirano je za 100 MW više (uz ostale uvjete kao u snimljenom stanju), povećani uvoz preuzimaju podjednako oba voda iz Mostara, DV Zakučac-Bilice iskorišten je 78,4% (213,9 MW, -26,8 Mvar) - no najznačajnija je posljedica povećano opterećenje mreže 110 kV između Zakučca i Meteriza (2x72,0 MW, -6,5 Mvar; 69,0 MW, -15,6 Mvar). Vidjeti i t. 9.

3.

U snimljenoj situaciji, kolika bi trebala biti injekcija snage iz Mostara da se iskoristi prijenosna moć DV Zakučac-Konjsko? Mjerenja na modelu pokazuju da bi ta injekcija trebala biti oko 400 MW (podsjećamo: polazno stanje \rightarrow zabilježeno u sistemu: 236 MW; izmjereno na modelu, sl. 1, 247 MW): opterećenje voda tada je na termičkoj granici: 274,4 MW, -28,5 Mvar. U mreži 110 kV nema većih promjena prema polaznom stanju: nešto je opterećenija. **Dakle, sa superponiranjem oko 150 MW na postojeću razmjenu Dalmacija-Hercegovina (240-250 MW) potpuno je iskorištena prijenosna moć DV Zakučac-Konjsko (uz HE Zakučac angažiranu kao u snimljenom stanju 410 MW).**

4.

Isključi li se DV Zakučac-Konjsko u situaciji prethodnog mjerenja preuzima njegovu ulogu DV Zakučac-Bilice: 239,4 MW, -8,8 Mvar (87,0%).

5.

Koliko revitalizacije HE Zakučac utječe na prijenos DV Zakučac-Konjsko? U prvoj fazi revitaliziraju se stari agregati G1 i G2, dakle oni od 120 MVA; pretpostavljeno je u prvoj aproksimaciji da će se dobiti barem 10% više snage (a vjerojatno će to konačno biti 150-160 MVA, dakle i 30-ak % više). Sada je ukupni tok iz Mostara 253,2 MW, a tok po DV Zakučac-Konjsko 265,5 MW, -40,1 Mvar (97,6%). U 110 kV mreži povećava se ukupni tok između Zakučca i Meteriza na 178,2 MW (prije rekonstrukcije, sl. 1: 149,7 MW). Vidjeti t. 8.

Povećanjem snage za 12 MW na 110 kV i na 220 kV sabirnicama HE Zakučac opterećenje voda Zakučac-Konjsko je oko termičke granice (uz ostale nepromijenjene uvjete u odnosu na polazno stanje).

6. Problem opterećenja DV Zakučac-Konjsko u velikoj će se mjeri ublažiti *uspostavljanjem "normalnog pogona"*, tj. podizanja DV Mostar-Konjsko na pogon pod 380 kV. Uz ostale uvjete kao u snimljenom stanju, prebacit će se injekcija iz Mostara uglavnom na granu 380 kV, a iskoristit će se 66,4% prijenosne moći DV Zakučac-Konjsko (165,3 MW, -77,8 Mvar); sl. 1: 81,5%. U mreži 110 kV između Zakučca i Meteriza nema većih promjena prema polaznom stanju: nešto je rasterećenija.

7. *Ispadne li u snimljenom stanju DV (380)220 kV Mostar-Konjsko* opteretit će se DV Mostar-Zakučac 212,1 MW, -33,6 Mvar (78,0%) – a 18,3% se preopterećuje DV Zakučac-Konjsko: 320,3 MW, -57,1 Mvar. U mreži 110 kV nema većih promjena.

Bez preopterećenog dalekovoda sustav se ne bi održao: izbacivanjem DV Zakučac-Konjsko (preopterećenog kao posljedicom ispada DV (380)220 kV Mostar-Konjsko) preopterećuju se DV 220 kV Zakučac-Bilice i stari jednosistemski DV 110 kV Zakučac-Meterize (a trojke dvosistemskog voda opterećene su 83,3%). Transformacija u Zakučcu iskorištena je 90%.

Može se dakle zaključiti da sustav nije dovoljno jak da izdrži ispad DV (380)220 kV Mostar-Konjsko.

Prethodni zaključak vrijedi i u slučaju "normalne" mreže, tj. dalekovoda Mostar-Konjsko pod njegovim nazivnim naponom!

8. Radi li sada HE Zakučac punom snagom (što će značiti barem 90% po revitalizaciji) pri razmjeni sa Mostarom prema snimljenom stanju bit će DV Zakučac-Konjsko iskorišten 93,7%: 254,3 MW, -41,7 Mvar. Na ove rezultate ukazivalo je već ispitivanje posljedica prve faze revitalizacije HE Zakučac (vidjeti t. 5).

9. Ako DV Zakučac-Konjsko ispadne pri punom angažiranju HE Zakučac, i snimljenoj razmjeni s Mostarom, ne bi trebalo biti problema: DV Zakučac-Bilice može preuzeti teret neraspoloživog voda: 218,7 MW, -25,3 Mvar (80,1%). Vidjeti i t. 2.

10. Ispitano je još jedno stanje pri punom angažiranju HE Zakučac: sa superponiranjem na snimljeno stanje još 100 MW uvoza iz Mostara (ukupno dakle 342 MWW). U takvoj situaciji bio bi DV Zakučac-Konjsko 2,9% preopterećen: 282,5 MW, 17,7 Mvar.

Mreža 110 kV

U rekonstrukciji snimljenog stanja za primijetiti je tokove snaga sa sabirnicama HE Zakučac prema Konjskom; transformacija 220/110 u TS Konjsko relativno je neopterećena: situacija, dakle, kao i ona u Zakučcu (sl. 1).

U slučaju ispada jedne trojke mogao bi taj tok visoko opte-

retiti, pa i preopteretti, preostalu trojku dvosistemskog voda Meterize-Vrboran. Međutim eventualno gubljenje veze Meteriza i Vrborana ne ugrožava opskrbu potrošača, jer će Vrboran ostati na Konjskom (vezan dvosistemskim vodom građenim za nazivni napon 220 kV, vodiči 360/57 Al/Č).

Slične su posljedice i na vezi Zakučac-Meterize u slučaju ispada jedne trojke dvosistemskog voda (vodiči 2x240/40 Al/Č) – kada se njeno opterećenje preraspodijeli na preostalu trojku i stari vod (vodiči 150/25 Al/Č). Iz prethodnih ispitivanja može se zaključiti da su pri takvim kvarovima/neraspoloživosti lako moguća preopterećenja starog voda.

Raspodjela tokova snaga u promatranom dijelu podsustava između Zakučca i Konjskog i povećanje njegove sigurnosti upućuje na *potrebu mogućeg sekcioniranja mreže*: otvaranja petlje između Meteriza i Vrborana.

Za dobivanje osnovne informacije o posljedicama takvog sekcioniranja ispitano je osnovno stanje (prema sl. 1) sa otvorenim dvosistemskim vodom Meterize-Vrboran. Sl. 2. Sada se 7,0% preopterećuje DV kV Zakučac-Konjsko: 286,3 MW, -68,8 Mvar – i potpuno je iskorištena transformacija u Zakučcu: 124 MVA: optimizacija napona i jalovih snaga (koje značajno sudjeluju u tom opterećenju) generalno ne mijenja ovu informaciju. Jasne su posljedice većeg angažiranja generatora na 110 kV u HE Zakučac i njegove veće snage po revitalizaciji, odnosno angažiranja HE Peruća i/ili HE Kraljevac: evakuacija veće proizvodnje u ovom otoku još će više opteretiti transformaciju u Zakučcu.

Prema tome, *ideja sekcioniranja mreže 110 kV na potezu Meterize-Vrboran tražila bi povećanje instalirane snage mrežne transformacije 220/110 kV u HE Zakučac: zamjenu postojećih jednofaznih 3x33,3 MVA (i četvrtog rezervnog) većom snagom.*

4. ZAKLJUČAK

Za očekivati je da postojeća situacija superpornirane mreže između Dalmacije i Hercegovine potraje, tj. da DV 380 kV Mostar-Konjsko bude u pogonu pod 220 kV sve do obnove 380 kV postrojenja u TS 380/220/110 kV Mostar 4 (Čule). Može se dogoditi da se i prije stavi pod svoj nazivni napon, ako bi se, zbog interesa povezivanja jugoistočnog dijela sistema UCPTTE danas u izoliranom pogonu, zaobišlo Mostar.

Mreža Federacije Bosne i Hercegovine je radijalno priključena na sabirnice 220 kV u TS Mostar (Čule) i dalje preko vodova Mostar-Konjsko i Mostar-Zakučac, oba pod naponom 220 kV, povezana sa Hrvatskom. Prema tome sa dva interkonektivna dalekovoda 220 kV priključen je na Konjsko cijeli sisem Federacije Bosne i Hercegovine: jednm direktnim, a drugim preko najsnažnije hrvatske elektrane HE Zakučac.

Obnovom akumulacije Peruća (i njenim povećanjem) omogućeno je korištenje pune snage HE Zakučac. U tijeku je njena revitalizacija: u prvoj fazi povećat će se snaga "starih" generatora G1 i G2 od po 108 MW; njen se završetak očekuje oko nazivne 2000. godine (ili nešto kasnije). U drugoj fazi na redu su "novi" generatori 150 MVA, a povećanje snage će biti samo nekoliko MW (što se planira završiti do 2002. – "naravno ukoliko priliv sredstava bude

prema planiranoj dinamici", prema "HEP-ovom Vjesniku" od 30. IV. 1996, str. 15).

Osim toga, perspektivno je za očekivati sve veću ulogu HE Zakućac kao vršne elektrane: korištenjem maksimalne snage (ponovimo: oko 540 MW po revitalizaciji).

Najznačajnija je posljedica postojećeg uklopnog stanja i elektroenergetske situacije, i planiranog povećanja snage HE Zakućac u doglednoj budućnosti, vrlo eksponirana uloga mreže 220 kV između Mostara, Zakućca i Konjskog, te posebno akutno visoko opterećivanje DV 220 kV Zakućac–Konjsko.

Mogućnosti formiranja "Imotskog" u vodu Mostar–Zakućac kao incidentnog čvorišta za priključak HE Rama, ili "Dubrovnika" – o čemu postoje dosta ozbiljna razmišljanja – dodatno potencira problem veze Zakućca sa sustavom.

Posljedice takvog stanja simulirane su na modelu podstava formiranog prema zabilježenom (snimljenom) stanju kada je HE Zakućac bila angažirana 410 MW (85% ukupne snage), prijenos iz Mostara po DV (380)220 kV bio je 155 MW, a 81 MW po DV 220 kV; ukupno dakle iz Mostara 236 MW. (Zbog potpunije slike navedimo da su u Herceg–Bosni bile angažirane HE Rama 38 MW /tek je ulazila u pogon/ i CHE Čapljina 165 MW; iz Jablanice dobivao je Mostar 17 MW, a iz Trebinja 102 MW). U takvoj situaciji bile su prijenosne mogućnosti DV 220 kV Zakućac–Konjsko iskorištene oko 84,6% (225 MW, /59/ Mvar).

U takvoj karakterističnoj elektroenergetskoj situaciji, snimljenoj u sustavu *deterministički* je ispitivana *sigurnost* mreže u *stacionarnom stanju*, tj. da pri neraspodjivosti jedne grane mreže ne bude narušena opteretivost dalekovoda (u mreži 220 kV limitirane dozvoljenim preopterećenjem strujnih mjernih transformatora) i tolerancije napona u čvorištima.

Analizom snimljenog stanja pokazuje se da je transformacija u Zakućcu praktički neopterećena, što znači da angažirani generatori injektiraju svaki na svoju naponsku razinu; na 220 kV to bi značilo 205 MW. Ova činjenica, uz stečeno iskustvo (opterećenje DV Zakućac–Bilice malo se mijenja u funkciji razmjena s Mostarom), već ukazuje na red veličine dozvoljenog dotoka snage iz Mostara.

I.

Ispitivanjima na modelu je konstatirano da je prijenosna moć DV Zakućac–Konjsko iskorištena u "punoj" mreži i angažiranju HE Zakućac prema snimljenom stanju (410 MW) kada je ukupni prijenos iz Mostara u Dalmaciju oko 400 MW; od toga na Zakućac 158 MW (t. 3 u prethodnom poglavlju). Radi li HE Zakućac punom snagom (486 MW) pada taj ukupni uvoz iz Mostara u pogledu prijenosnih mogućnosti DV Zakućac–Konjsko na oko 350 MW; od toga na Zakućac 119 MW (t. 10). Obe su mogućnosti vrlo realne: i veći višak Hercegovine (Federacije) i veće angažiranje Zakućca (veća snaga po revitalizaciji).

Izbacivanjem ovog voda na termičkog granici prijenosa, preuzeo bi njegovu ulogu DV Zakućac–Bilice, što bi ga opteretilo 87,0% (t. 4); 1x110 kV Zakućac–Meterize iskorišten je 96,0%.

Prema tome, u razmjenama do oko 400 MW između Hercegovine i Dalmacije i angažiranju HE Zakućac do oko 410 MW; ili punom angažiranju Zakućca (486 MW) i razmjenama do oko 350 MW, mreža bi granično mogla izdržati ispad DV Zakućac–Konjsko.

Situacija će se u normalnom pogonu poboljšati kada DV Mostar–Konjsko bude u pogonu pod nazivom naponom: tada će preuzeti glavninu razmjenu sa Mostarom i tako oteretiti DV Mostar–Zakućac (t. 6).

II.

Ispad DV Mostar–Konjsko, u pogonu bilo pod 220 kV (sadašnje stanje) bilo 380 kV (bivše/buduće), izbacuje u snimljenoj situaciji (HE Zakućac: 410 MW) i vodove Zakućac–Konjsko, Zakućac–Bilice i DV 1x110 kV Zakućac–Meterize (t. 7). **Podsustav nije, dakle, dovoljno jak da pri visokom angažiranju HE Zakućac i tranzitu Hercegovina→Dalmacija oko 250 MW izdrži ispad DV (380)220 kV Mostar–Konjsko.**

Sve su elektroenergetske i topološke situacije koje ugrožavaju podsustav južne Hrvatske lako ostvarive, i normaliziranje sustava jednog dana neće ih otkloniti. Potrebno je osigurati evakuaciju snage iz HE Zakućac. Moguća su četiri rješenja:

- u kritičnim situacijama smanjiti proizvodnju HE Zakućac,
- promijeniti topologiju mreže,
- limitirati razmjenu između Mostara i Konjskog/Zakućca.
- osigurati još (barem) jednom trojkom postojeći DV 220 kV Zakućac–Konjsko,

(a)

Smanjivanje proizvodnje HE Zakućac (ili preraspodjela angažiranja generatora između naponskih razina) dopustivo je samo kao pogonska palijativa, kao trenutačno rješenje, ali ga se ne bi smjelo pretvoriti u praksu. Pogotovo kada se snaga HE Zakućac nakon revitalizacije poveća. Mreža apriorno ne smije biti ograničavajući faktor plasmna snage. Ovakva "regulacija" može biti direktno štetna: ovisno o sadržaju akumulacije "Peruća" i međudotoku Cetine do Zakućca (koji upravo u zimskim mjesecima može omogućavati maksimalno angažiranje).

(b)

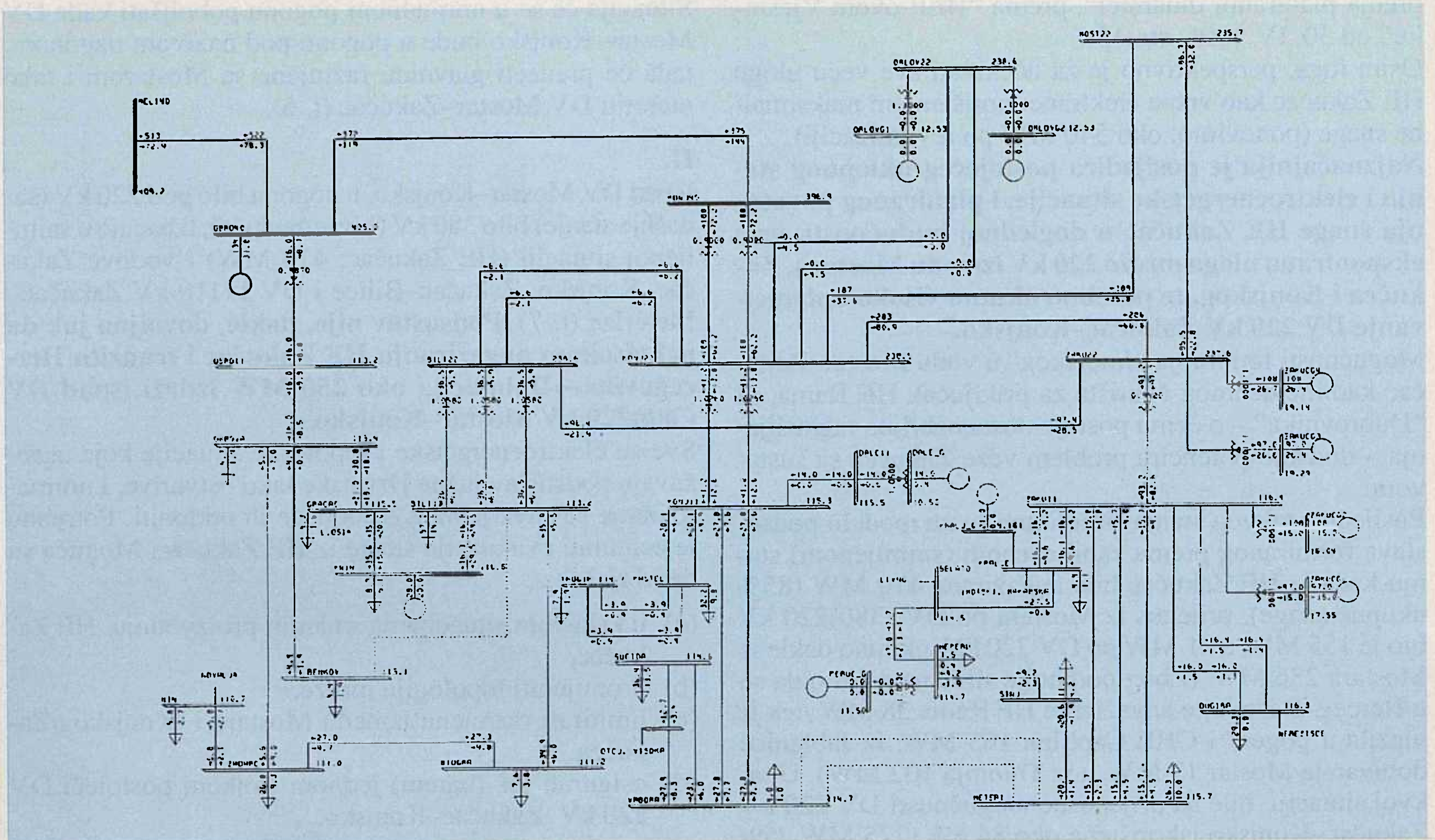
Prespoji li se u Zakućcu vod 220 kV iz Mostara u polje za Bilice, tj. da se veza Mostar–Zakućac pretvori u vezu Mostar–Bilice, sustav bi mogao izdržati ispad voda (380)220 kV Mostar–Konjsko: vod Zakućac–Konjsko bio bi iskorišten 87,6((237,2 MW, -43,6 Mvar).

Ova promjena incidentnog čvorišta ne uzrokuje veće promjene prema postojećoj uklopnj shemi (usporediti sa sl. 1).

(c)

Limitiranje razmjene sa Mostarom, kao jednog od uzroka problema u "splitskoj" mreži 220 kV, moguće bi bilo ostvariti implementiranjem automatizma "planskog razdvajanja" sustava kada se prijede određena granica tranzita. Takvim rješenjem štiti napr. Austrija svoju mrežu od previsokih tranzita (tzv. "Sollbruchstellen").

Bez obzira na ovaj neposredni povod i odluku o načinu osiguravanja prijenosa vodom Zakućac–Mostar, tj. evakuaciju snage iz HE Zakućac, bit će u budućnosti vjerojatno potrebne ove "točke planskog razdvajanja" (kada se mreža bude opet povezala, i ovisno u ulozi "jadranske grane" u resinkronizaciji danas izoliranog dijela UCPT). Iz te potencijalne aktualnosti trebalo bi se pobliže upoznati sa logikom i tehnologijom "planskog razdvajanja" te potrebnim inputom.



Slika 2.

(d) Kako je terminski plan glede stavljanja DV Mostar–Konjsko na nazivni napon i završetka revitalizacije, odnosno povećanja snage HE Zakučac, još otvoren moguća je postupnost rješavanja: za blisku budućnost i konačno rješenje.

Ostvariti još jednu trojku između HE Zakučac i Konjskog, kao **prijelazno rješenje za neposrednu budućnost**, najjednostavnije bi bilo **uvodenjem/izvođenjem DV 220 kV Zakučac–Bilice u TS Konjsko** (oko 7–8 km dvosistemskog voda, pretpostavljeno sa mogućom trasom između ili u okolini vodova 220 kV za Vrboran i Zakučac). Sl. 3 (D 257: DV 220 kV Zakučac–Bilice, D 274: DV 220 kV Zakučac–Konjsko). Pretpostavka je da u Konjskom ima mjesta za dva vodna polja 220 kV (koliko nam je poznato); u nekoj minimalnoj investiciji moglo bi se koristiti i polje jedne trojke dvosistemskog voda Konjsko–Bilice (čija prijenosna snaga gubi smisao nestankom velikih potrošača u Šibeniku).

Prebacivanjem grane iz Zakučca za Bilice u Konjsko nisu efikasno pojačani evakuacijski koridori HE Zakučac – nego je tom **primjenom incidencije postojeće grane samo palijativno rasterećen kritični potez Zakučac–Konjsko**. Na sl. 4 prikazana je raspodjela opterećenja po granama koja se, u usporedbi prema onima na sl. 1, uspostavlja u novoj topologiji (nova grana pretpostavljena je jednake dužine kao postojeća).

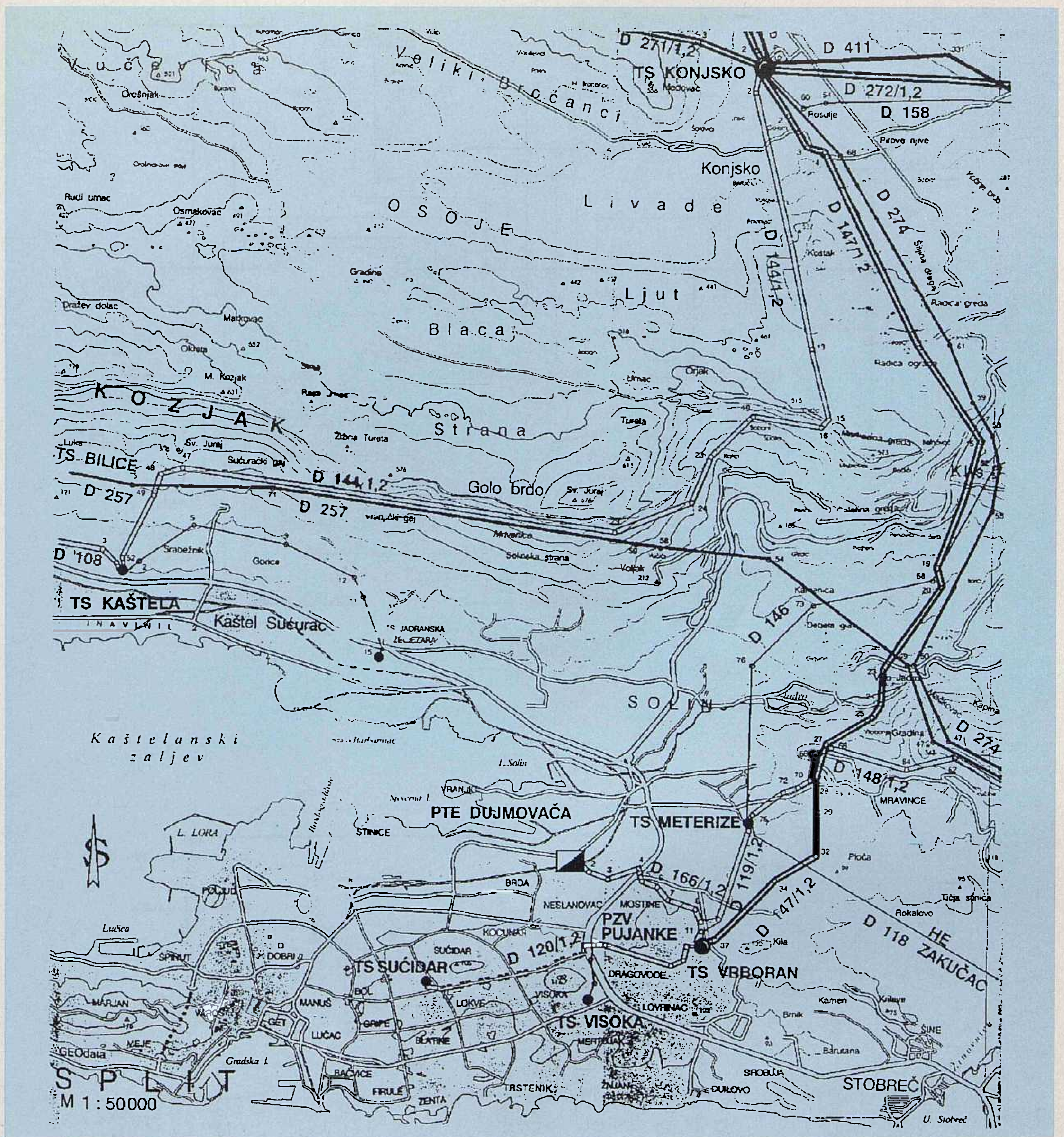
Predložena interpolacija **samo rješava tzv. normalno stanje**. To je granično zadovoljavajuće rješenje problema sa sl. 1 – jer provjera na (n-1) pokazuje da se neraspoloživošću jedne veze Zakučac–Konjsko preostala opterećuje do termičke granice. Međutim, čim grana Mostar–Konjsko dođe na svoj nazivni napon otvara se na preostaloj vezi margina od oko 70 MW do termičke granice. Sl. 5 (ukupni

import iz Mostara: 265 MW, HE Zakučac: 410 MW). Za očekivati da će prije DV Mostar–Konjsko ponovno biti na 380 kV nego HE Zakučac revitaliziran pa je ta margina slobodna za maksimalno angažiranje HE Zakučac.

(Samo kao ideja koju bi vjerojatno vrijedilo ispitati kao mogući alternativni provizorij: špekulirajući i dalje sa boljim iskorištenjem DV Zakučac–Bilice – bilo bi još brže i minimalnije izgradnje “posuditi” jednu trojku DV 220 kV Konjsko–Vrboran i povezati je na križanju trasa sa vodom iz Zakučca; time ostaju visjeti van pogona dionice od te točke povezivanja do Bilica odnosno Vrborana. Mreža 110 kV ne bi time bila bitno oslabljena).

Ako bi se zahtijevalo da mreža u promatranom podsustavu zadovolji sigurnost prema (n-1) u simultanosti: (a) angažirane maksimalne snage revitalizirane HE Zakučac, (b) realnih maksimalnih importa iz Mostara i to (c) pri neraspoloživosti jednog DV 220 Zakučac–Konjsko – onda je **formiranje (izgradnja) nove grane između Zakučca i Konjskog trajno i efikasno rješenje**.

Logika “najgoreg stanja” dakle zahtijevala bi još jednu, novu granu iz Zakučac–Konjsko. Kolika je sigurnost DV 220 kV Zakučac–Konjsko? U 1991. izviješteno je o samo jednoj proradi APU (negativnoj), u 1990. pet (tri negativne), 1989. dvije (jedna negativna), 1988. sedam (sve pozitivno), 1987. osam (tri negativne), itd. Nije bilo dužih ispada. Statistika kvarova (trajnih ispada) dozvoljava da se aktualni problem (sl. 1!) može smatrati, i u njegovoj evolutivnoj dimenziji (još većeg opterećenja pravca Zakučac–Konjsko), problemom stacionarnog pogona “punog grafa”. Ta nova grana ostvarila je, u slijedu pretvaranja predloženog prijelaznog rješenja u konačno, sa oko 18 km supstitucije postojećeg voda Zakučac–Bilice do mjesta uvoda/izvoda u Konjsko u dvosistemski vod (čime postaje suvišna jedna trojka uvoda/izvoda u Konjsko).



Slika 3.

Zaključno: sanaciju prilika u mreži 220 kV između Mostara, Zakućca i Konjskog predložili bi navedenim načinom i redoslijedom: u postojećem stanju kombinacijom (a) i (b), a u neposrednoj budućnosti preko (c) na (d). Aktivnosti bi trebale biti istovremene.

Dilema je (autora) treba li odmah ići na varijantu (d).

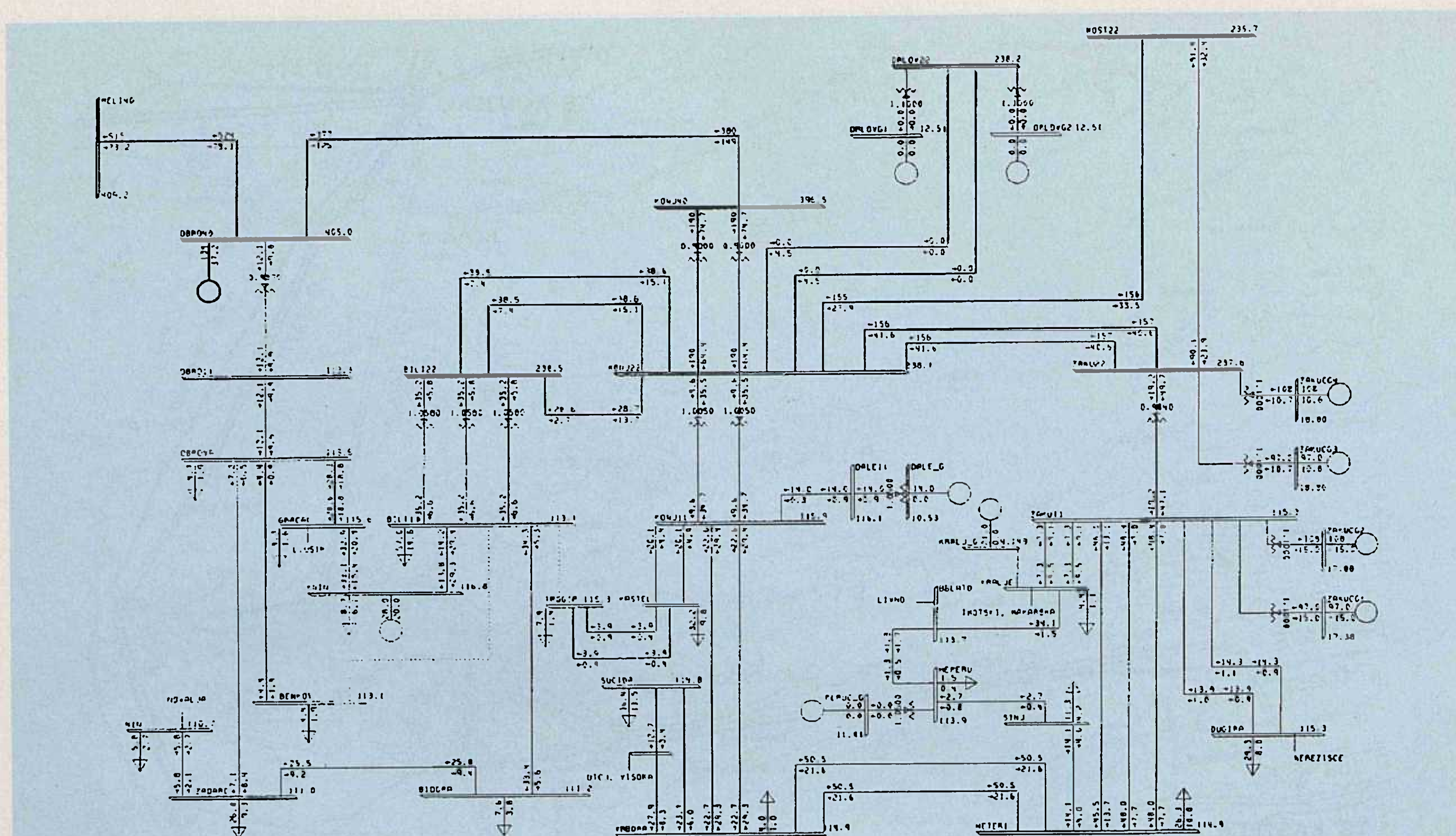
III.

Postavilo se i pitanje HE Zakućac kao distributivne pojne točke: ovaj aspekt analiziranog podsustava odnosi se na napajanje Omiša.

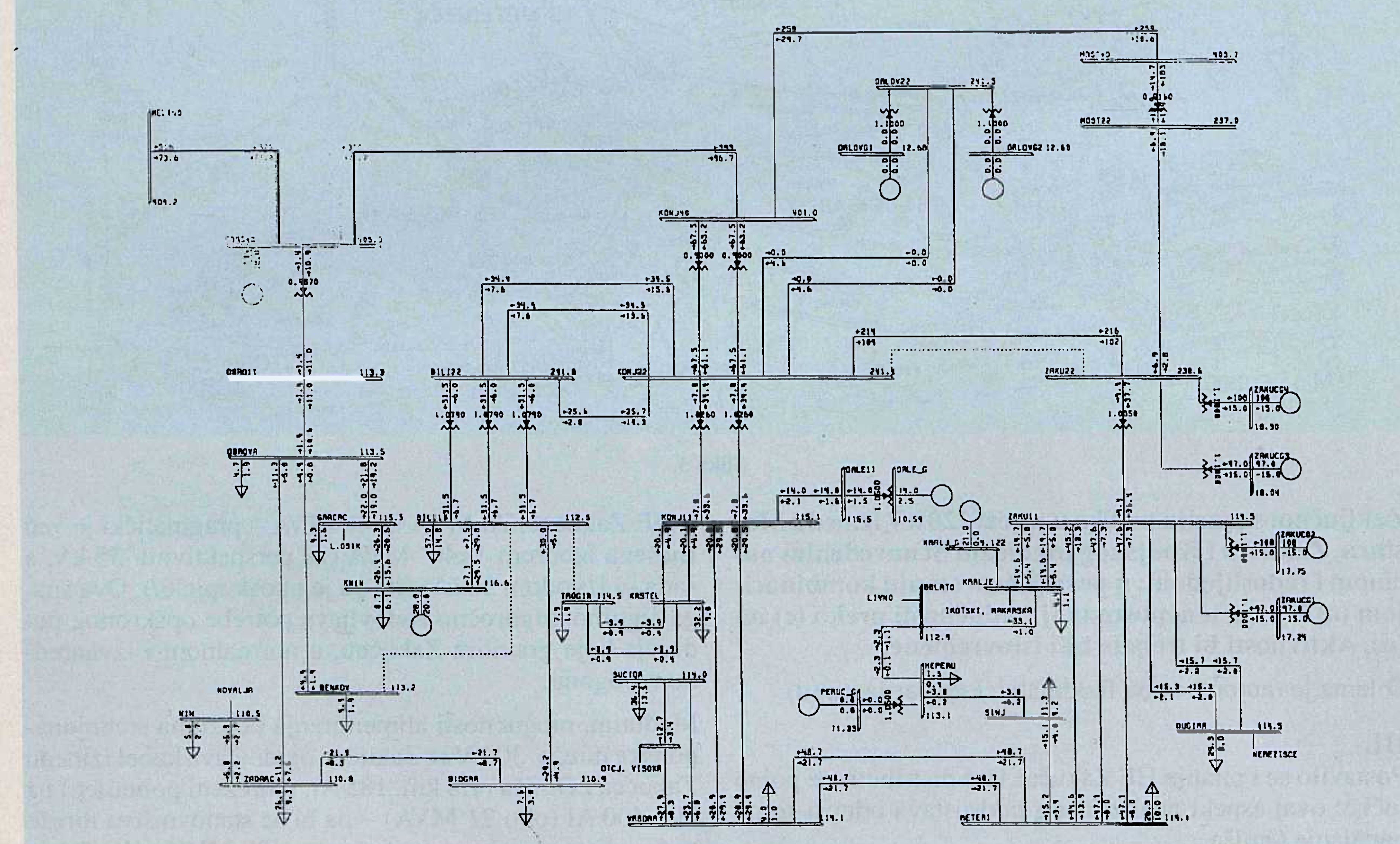
Dilema o instaliranoj snazi transformatora 110/(35)30 kV

u HE Zakućac: 20 MVA ili 40 MVA – pragmatički je već riješena izborom 1x40 MVA (za perspektivnih 35 kV, a sada sa izvodom 30 kV /što ga je i poskupjelo/). Ova snaga sigurno dugoročno zadovoljava potrebe opskrbnog područja koje gravitira Zakućcu, u normalnom i izvanrednom pogonu.

Međutim, mogućnosti alimentiranja konzuma srednjona-ponske mreže 30 kV iz Zakućca ograničava kabel između Zakućca i Omiša (1,8 km, 185 Al, umreženi polietilen) na oko 400 Al (oko 21 MVA) – pa bi sa stanovništva mreže zadovoljavao i izbor transformatora 20 MVA u HE Zakućac.



Slika 4.



Slika 5.

Za usklađivanje izabrane snage transformatora (40 MVA) trebalo bi prema tome riješiti usko grlo u mreži (21 MVA) i povećati njenu propusnost polaganjem još jednog kabela.

U ovoj diskusiji rješenja i izbora transformatora ne ulazimo u perspektivu razvoja konzuma omišskog područja ili njegovu ulogu u eventualnim izvanrednim situacijama (napajanja otoka?).

IV.

Vraćanjem druge trojke dvosistemskog voda Meterize–Vrboran u prienosnu mrežu 110 kV (selenjem PTE Dujmovača) nema u normalnom pogonu preopterećenih grana, ali su tokovi takvi da kriterij (n-1) ne bi bio zadovoljen.

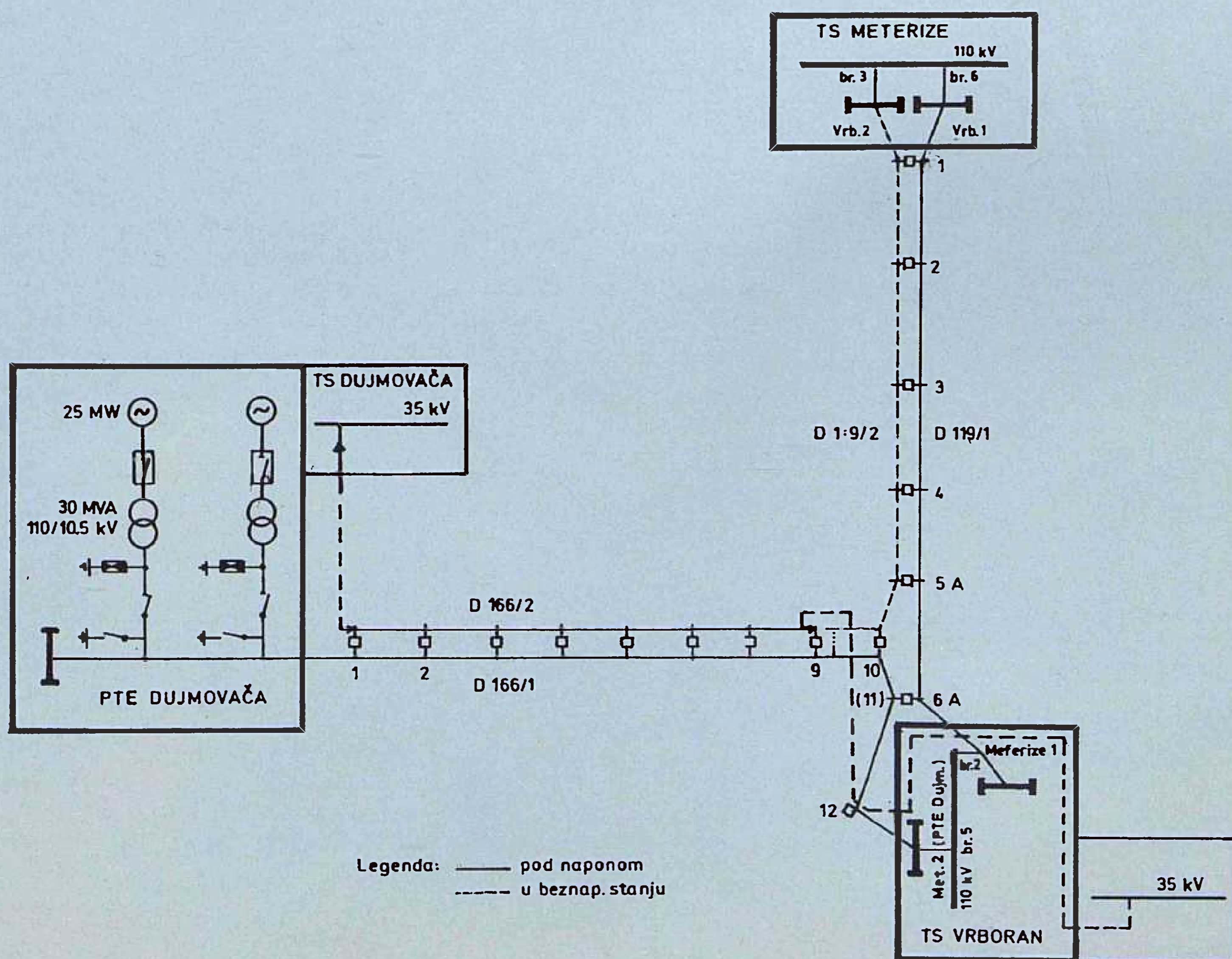
Iz visokih opterećenja vodova na pravcu Zakučac–Meterize–Vrboran, posljedice tokova Zakučac→Konjsko odnosno napajanja splitskog gradskog područja iz Zakučca, lako se deduciraju posljedice neraspoloživosti jedne grane mreže. No, kvarovi i vjerojatna isključivanja preopterećenih trojki ne bi trebali uzrokovati većih problema osim promjene uklopne sheme, odnosno promjene čvorišta osnovnog napajanja.

Predstojeća rekonstrukcija (u vremenu predaje ovog rukopisa već naveliko u tijeku), pa time i neraspoloživost, rasklopišta 220 kV u HE Zakučac promatrana u snimljenom stanju ne indicira ništa novo prema onome prepoznatom u ispitivanju normalnog stanja. To je posljedica neopterećene transformacije u Zakučcu: svaka naponska razina apsorbira svoje generatore HE Zakučac.

Tokovi između Zakučca i Konjskog, postojeći i očekivani po revitalizaciji, i sigurnost promatranog podsustava opravdavaju pomišljanje na sekcioniranje mreže otvaranjem veze Meterize–Vrboran. Oba čvorišta, i Meterize i Vrboran, imaju čvrstu vezu sa onima osnovnog napajanja (Zakučac, odnosno Konjsko) i njihova povezanost nije neophodna u normalnom pogonu. Orijentaciono ispitivanje pokazuje da je za takvo sekcioniranje uvjet pojačavanje pravca 220 kV Zakučac–Konjsko i instalirane snage transformacije 220/110 kV u Zakučcu. Budući da je druga grana 220 kV između Zakučca i Konjskog ionako potrebna, trebalo bi u rekonstrukciji/revitalizaciji HE Zakučca izvući u prioritet i zamjenu postojećih transformatora.

Time se implicitno odgovara i na pitanje treće trojke između Meteriza i Vrborana – kao posljedicu planiranog priključivanja TS Dujmovača. Eventualnim sekcioniranjem (ponovimo: po rješavanju uskih grla u transformaciji 220/110 kV Zakučca i DV 220 kV Zakučac–Konjsko) oslobađa se jedna trojka dvosistemskog voda za Dujmovaču dok druga ostaje za moguće ispomoći.

No, i nezavisno od sekcioniranja predložili bi, sada kada postoje sabirnice 35 kV u Vrboranu, da se i (110)35/10 kV Dujmovača priključi dvosistemskim vodom (110)35 kV direktno na te sabirnice – pa da se niti ne dira u DV 2x110 kV Meterize–Vrboran. Tako su napr. radijalno dvosistemskim vodom priključeni Sućidar sa Visokom, ili V. Gorica, Stenjevec, Ksaver, itd. Prema tome, barem dok je Dujmovača na razini mreže 35 kV, priključiti je u Vrboran (a ne za to angažirati jednu trojku voda 110 kV i spustiti je u mrežu 35 kV); pretpostavljamo da je taj uvod prostorno



Slika 6.

ostvariv (sl. 3). To će značiti dva polja više u Vrboranu – ali je to vjerojatno jeftinije nego graditi, prema dosadašnjim planovima, novu granu 110 kV kroz urbanizirano područje (ako je uopće i ostvariva nadzemnim vodom). Kada TS Dujmovača dođe u mrežu 110 kV može se za njen priključak koristiti jedna trojka voda Meterize–Vrboran (ili obje); dva polja 35 kV u Vrboranu ostala bi tada rezervom.

Smjerom ovih razmišljanja je i išlo priključivanje (110)35/10 kV Dujmovača. Premještanjem PTE Dujmovača oslobađa se druga trojka njenog priključka (D 166/1) i treba je uvesti u TS Vrboran (izgradnjom potrebnih raspona) i TS Dujmovaču te opremiti potrebna polja 35 kV (dva) – pa da TS Dujmovača u mreži 35 kV ima dvostruki priključak (sl. 6).

LITERATURA

- [1] “Analiza prilika u mreži u dijelu između TS 380/220/110 kV ‘Konjsko’ i TS 220/110 kV ‘Zakučac’”, Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, lipanj 1996.
- [2] “Razvoj prijenosne mreže na području Elektroprivrede Hrvatske u razdoblju 1988/89–2010. godine”, Institut za elektroprivredu, Zagreb, travanj 1990, (str. 1–31).

CURRENT PROBLEMS OF THE SOUTH CROATIAN SUBSYSTEM EXPLOITATION

The paper presents the model research results of the high load problems of the 220 kV south Croatian network. Some proposals are offered for further discussion in the near future and further perspective.

ÜBERLEGUNGSREIFE BETRIEBSFRAGEN DES SÜDKROATISCHEN STROMVERSORGUNGSNETZTEILES

Dargestellt werden Ergebnisse der Modellforschungen von Problemen hoher Belastungen im 220 kV Netz Südkroatiens. Für die nähere Zukunft und für weitere Aussichten werden einige Lösungen zur Diskussion vorgeschlagen.

Naslov pisca:

Mr. Zdenko Tonković, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu, d.d.
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvaska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-09-22.

ANALIZA PRIJELAZNE STABILNOSTI MOGUĆEG PERSPEKTIVNOG ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA NA PODRUČJU SREDNJE DALMACIJE

Davor Bašić, Zagreb

UDK 621.31:621.316
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Provedena je analiza prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije u budućnosti, s obzirom na razvoj visokonaponske mreže i gradnje novih proizvodnih kapaciteta u Hrvatskoj do 2010. godine. Određene su krivulje njihanja generatora i granične vrijednosti kritičnih vremena za slučajevne nastanka trolinjskih kratkih spojeva na vodovima koji povezuju elektrane s ostatkom elektroenergetskog sustava.

Ključne riječi: prijelazna stabilnost elektroenergetskog sustava, granične vrijednosti kritičnih vremena.

1. UVOD

Kod planiranja razvoja elektroenergetskog sustava bitno je provesti analizu prijelazne stabilnosti, da bi se ispitalo ponašanje generatora prilikom velikih poremećaja koji mogu nastati, poput kratkih spojeva u mreži, ispada velikih tereta, gubitka važnijih vodova i sl. Ispravnim dimenzioniranjem i odabirom utjecajnih parametara generatora, sustava uzbude i turbinskih regulatora, moguće je izbjeći teže posljedice i raspade pojedinih dijelova elektroenergetskog sustava u slučajevima nastanka težih poremećaja u visokonaponskoj mreži, te na taj način povećati sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom. Iako je to samo jedan od načina povećanja prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava, u našim je prilikama posebno zanimljiv obzirom na starost generatora te primijenjenih sustava uzbude i turbinske regulacije. Zbog toga je neophodno da se tijekom budućih revitalizacija starijih postojenja i gradnje novih, obrati pozornost na odabir pojedinih parametara generatora, primijenjenih sustava uzbude i turbinske regulacije, te da se investitori odluče za ona rješenja koja će omogućiti ispravan pogon čitavog elektroenergetskog sustava, imajući u vidu ukupne troškove koji bi mogli značajno narasti ukoliko bi se odabrala skupa, a nepotrebna rješenja.

Pod stabilnošću generatora koji radi unutar velikog elektroenergetskog sustava podrazumijeva se njegova sposobnost da u slučajevima nastanka većih poremećaja održi sinhronizam s ostalim generatorima u sustavu. Prilikom nastanka kratkih spojeva u mreži dolazi do velikih njihanja rotora generatora, pa se može dogoditi da generator ispadne iz sinhronizma. Gubitkom stabilnosti jednog generatora nastaje opasnost od preopterećenja i gubitka stabilnosti ostalih generatora što bi dovelo do potpunog raspada sustava. Očuvanje prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava ovisi o pogonskim prilikama prije kvara (opterećenje, proizvodnja, konfiguracija mreže), karakteru poremećaja (vrsta, trajanje, mjesto nastanka kvara), električnim i mehaničkim parametrima generatora i pogonskih strojeva, regulatorima uzbude i brzine vrtnje, te parametrima

trima i dužinama dalekovoda. Međuzavisnosti svih spomenutih veličina određuju hoće li sustav ostati stabilan kod nastanka određenog poremećaja ili ne.

Na elektroenergetski sustav u Dalmaciji priključene su naše najvažnije i najveće hidroelektrane, a planira se izgradnja i jednog većeg termoenergetskog objekta, tako da je taj dio sustava posebno zanimljiv za analizu prijelazne stabilnosti uz planirani razvoj u budućnosti.

2. OPIS PRORAČUNA

Proračuni prijelazne stabilnosti su izvršeni pomoću ABB-og programskog paketa POSCOLAB, odn. programom MANISTA [2] koji dozvoljava modeliranje mreže s 1000 sabirnica, i 325 sinkronih generatora prikazanih klasičnim (E', x_d'), a 75 generatora prikazanih detaljnim modelom. Generatori na području Dalmacije prikazani su detaljnim modelima, dok su ostali generatori u promatranom sustavu modelirani ovisno o njihovom položaju u mreži i utjecaju tijekom prijelaznih pojava jednostavnijim ili detaljnijim modelima. U nedostatku točnijih spoznaja o opterećenju potrošačkih centara na 110 kV naponskoj razini, ona su modelirana kao naponski ovisna ($P=50\% I+50\% Z$, $Q=100\% Z$), pri čemu je provjeren utjecaj i drugačijeg modeliranja tereta na rezultate proračuna, te je posebno napomenuto ukoliko ono utječe bitnije na njih. Modelirani elektroenergetski sustav se sastojao od 44 generatora i 189 vodova. Za korak integracije odabrano je 0.001 sek. Krivulje njihanja rotora generatora nacrtane su u odnosu na zamišljen referentni sinkroni stroj koji rotira trenutnom frekvencijom sustava.

Promatrana su prijelazna stanja uzrokovana nastankom elektranama bliskih trolinjskih kratkih spojeva na vodovima uz otklanjenje kvara koje odgovara vremenu djelovanja postojeće zaštite u mreži, sa i bez automatskog ponovnog uklapanja voda u kvaru. Također su određene i granične vrijednosti kritičnih vremena (najduže vrijeme trajanja kvara unutar kojega generatori zadržavaju stabilnost, odnosno najduže vrijeme unutar kojega se mora otklo-

ni kvar koji je uzrokovao poremećaj, a da generator ostane stabilan) za sve slučajeve bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima uz promatrane elektrane u srednjoj Dalmaciji.

2.1. Modeli mreže i razmatrana pogonska stanja

Proračuni stabilnosti elektroenergetskog sustava izvršeni su za odgovarajuće pogonsko stanje u modeliranoj mreži [6], karakterizirano značajnim opterećenjem na području Dalmacije uz veliku proizvodnju hidroelektrana. Za potrebe proračuna modelirana su predvidljiva stanja nakon 2000. i 2010. godine 400, 220 i 110 kV mreže Hrvatske i dijela Bosne i Hercegovine, zajedno s 400 i 220 kV vezama prema susjednim zemljama (Slovenija, Mađarska, Srbija, Crna Gora, Makedonija, Grčka). Razvoj elektroenergetskog sustava predviđen je prema planovima Sektora za razvoj HEP-a. Dinamika gradnje novih vodova i transformatorskih stanica ne mora točno odgovarati predviđenom stanju sustava promatranih nazivnih godina (2000. i 2010. koje bi trebalo shvaćati kao pokazatelj bliže i dalje budućnosti u pogledu izgrađenosti elektroenergetskog sustava.

2.2. Elektroenergetski sustav "nazivne 2000. godine" (bliža budućnost)

Na modelu elektroenergetskog sustava 2000. godine (dodatak 1) predviđeno je osposobljavanje svih ratom razrušenih elemenata mreže u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini, te uspostava prijeratnog stanja tako da će elektroenergetski sustav Hrvatske biti potpuno povezan s sustavima susjednih zemalja preko 400, 220, i 110 kV vodova. Iako je ovo predviđanje pomalo preoptimistično, ono će se u svakom slučaju ostvariti ako ne do 2000. godine, onda nekoliko godina poslije. U tom vremenu nije predviđena izgradnja nekog značajnijeg novog objekta u prijenosnoj mreži, kao ni proizvodnog kapaciteta, ali je pretpostavljena revitalizacija generatora u HE Zakućac iz prve faze gradnje (generatora 1 i 2), i generatora HE Peruća [3, 6]. Revitalizacijom HE Zakućac bi se ugradili novi generatori snage 161 MVA, $\cos\varphi = 0.9$, $x_d = 95.7\%$, $x_d' = 33\%$, $GD^2 = 4000 \text{ tm}^2$, uz primjenjeni sustav statičke tiristorske uzbude s napajanjem od stezaljki generatora preko ispravljačkog transformatora (sustav samouzbude), i postojećim turbinskim regulatorima. Idenični sustav uzbude bio bi primijenjen na novim generatorima HE Peruća. Instalirana snaga HE Peruća povećala bi se na $2 \times 32 \text{ MVA}$, s $\cos\varphi = 0.95$, i parametrima generatora $x_d = 113\%$, $x_d' = 37\%$, $GD^2 = 2400 \text{ tm}^2$. Stacionarno pogonsko stanje koje prethodi poremećajima u sustavu karakterizirano je raspoloživošću svih elemenata mreže, ukupnim opterećenjem na području Dalmacije $P_{\max} = 486 \text{ MW}$, i proizvodnjom elektrana prema tablici 1.

2.3. Elektroenergetski sustav "nazivne 2010. godine" (dalja budućnost)

Na planiranoj mreži nazivne 2010. godine (dodatak 2) predviđena je izgradnja više značajnijih proizvodnih objekata, transformatorskih stanica i prijenosnih vodova. Predviđena je izgradnja termoelektrane na području Obrovca ukupne snage 700 MW (jedan blok priključen na 400 kV, a drugi na 220 kV prema jednoj diskutabilnoj radnoj pretpostavci), HE Kosinj, HE Virje, HE Podsused, HE Lešće, HE Drenje, TE Plomin II, PTE Osijek, TE Sisak (još je-

Tablica 1. Proizvodnja elektrana u Dalmaciji na mreži 2000. godine

Elektrana	Agregat	P(MW)	Q(MVAr)
HE Zakućac	1	140	24,7
	2	140	21,4
	3	120	17,5
	4	33	17,7
HE Peruća		41,6	3,3
HE Orlovac		240	6,37*
HE Đale		20	0
HE Kraljevac		3	0
RHE Obrovac		200	76,9*
HE Dubrovnik	1	100	15*
	2	100	0

* kapacitivno područje

dan blok), TE-TO Zagreb (dva bloka). Od novih transformatorskih stanica predviđenih za izgradnju najznačajnije su Žerjavinec, Krndija, Brinje (400/220/110 kV, 400/110 kV), Obrovac (400/220 kV, ovisno o priključku nove elektrane), Imotski, Metković, Plat, Vrboran (220/110 kV). Na području Dalmacije predviđa se izgradnja dalekovoda Obrovac-Brinje, i Obrovac-Bihać (400 kV), Plat-Metković, Metković-Imotski, Imotski-Jablanica, Zakućac-Konjsko, Metković-Čapljina, i Kaštela-Konjsko (220 kV), te dalekovoda Vrgorac-Ploče, Vrgorac-Metković, Kaštela-Brodogradilište, Brodogradilište-Sučidar, Kaštela-Centar, Centar-Gripe, Gripe-Sučidar, Vrboran-Split 3, Trogir-Bilice, Knin-Konjsko, i Knin-Obrovac (110 kV). Parametri generatora i sustavi uzbude novih elektrana su pretpostavljeni, a tijekom proračuna provjeravano je da li promjena nekih od bitnih parametara, posebno TE Obrovac, utječe značajnije na rezultate.

Stacionarno pogonsko stanje koje prethodi poremećajima u sustavu karakterizirano je raspoloživošću svih elemenata mreže, ukupnim opterećenjem na području Dalmacije $P_{\max} = 775 \text{ MW}$, i proizvodnjom elektrana prema tablici 2. Iz proizvodnje elektrana na mrežama 2000. i 2010. godine vidljiv je problem viškova jalovih snaga na području Dalmacije budući da nije predviđeno postavljanje prigušnice u TS Konjsko, pa dio generatora radi u kapacitivnom području što se negativno odražava na njihovo ponašanje tijekom prijelaznih stanja (lakše ispadaju iz sinhronizma, veći početni kut oprerećenja).

Tablica 2. Proizvodnja elektrana u Dalmaciji na mreži 2010. godine

Elektrana	Agregat	P (MW)	Q(MVAr)
HE Zakućac	1	145	63,4
	2	145	57
	3	135	55,3
	4	135	63,6
HE Peruća		32	11,2
HE Orlovac		240	35,8*
HE Đale		40	0
HE Kraljevac		3	0
RHE Obrovac		270	10,7*
TE Obrovac	1	300	100*
	2	300	85,6*
HE Dubrovnik	1	105	14*
	2	100	40*

* kapacitivno područje

2.4. Utjecajni parametri generatora

Najveći utjecaj na održavanje stabilnosti tokom velikih poremećaja od parametara generatora imaju veličina GD^2 , odnosno mehanička vremenska konstanta T_m (poželjno je da budu što veće, ali s povećanjem raste cijena generatora), i prijelazna sinkrona reaktancija u uzdužnoj osi X_d' (poželjno što manja, smanjenjem također raste cijena generatora). Spomenute veličine postojećih, kao i pretpostavljene vrijednosti novih generatora u srednjoj Dalmaciji s kojima se računalo pri analizama prijelazne stabilnosti navedene su u tablici 3.

Tablica 3. Vrijednosti GD^2 , T_m i X_d' većih generatora u srednjoj Dalmaciji

Elektrana	Generator	GD^2 (tm^2)	T_m (s)	X_d' (%)
HE Zakućac	1	4000	7,56	33
	2	4000	7,56	33
	3	4150	8,42	34
	4	4150	8,42	34
HE Peruća	1,2	2400	7,22	37
HE Orlovac	1,2,3	630	5,20	28
HE Đale	1,2	2000	25,4	37
RHE Obrovac	1,2	1040	6,62	28
TE Obrovac	1	-	6,00	23
	2	-	6,00	23

2.5 Sustavi uzbude generatora

Uzбудni su sustavi svih generatora na području srednje Dalmacije detaljno modelirani prema podacima proizvođača [4]. U tablici 4 navedeni su osnovni podaci i tipovi sustava uzbude za elektrane u srednjoj Dalmaciji.

2.6. Podešenje zaštite

Vrsta i vrijeme djelovanja zaštite vrlo su bitni za očuvanje prijelazne stabilnosti sustava jer je potrebno izolirati element u kvaru od ostatka mreže u što kraćem vremenu. U svim proračunima prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava (izuzev kod izračunavanja graničnih vrijednosti kritičnih vremena) računato je s današnjim podešenjem zaštite u visokonaponskoj mreži na području Dalmacije,

Tablica 4. Sustavi uzbude generatora u Dalmaciji

Objekt	Kom.	Tip uzbude	Regulator	Uzбудnik	Godina isporuke	Podešenja	
						Ka (pu/pu)	Ti (s)
Zakućac	2	GAB 14 K	ARN 532	YGTB 118-4	1977.	100	0,2-5
Zakućac	2	SAB 11 K*	ARN 531*	YGTB 118-1*	do 2000.	100*	0,2-5*
Peruća	2	DDK 11	DRN 560	YGTD 250/40	1995.	50	0-5
Orlovac	3	AMP 12.-15 HKP	ABMn-2	la1203-12	1972.	-	-
Obrovac	2	EAB 12 BCK	ARN 563	YGTB 118-2	1981.	50	0,2-5
Đale	2	SAB 11 K	ARN 531	YGTB 118-1	1988.	50	0,2-5
Golubić	2	SRA 11	YXRU 002	YGTA 500/600	1982.	30	0
Kraljevac	1	SRA 11	YXRU 002	YGTA 500/600	1988.	30	0
TE Obrovac	2	GAB 14 K*	ARN 532*	YGTB 118-4*	-	50	0,2-5

* pretpostavljeno

prema kojem se bliski kvarovi na vodovima isključuju u prvom stupnju, što znači da je vrijeme djelovanja zaštite i prekidača najviše 100 ms (4 do 5 perioda). U pojedinim proračunima predviđa se primjena trolnog automatskog ponovnog uklapanja voda u kvaru nakon 400 ms.

3. REZULTATI PRORAČUN - ELEKTROENERGETSKI SUSTAV 2000. GODINE

3.1. Bliski trolni kratki spojevi na vodovima uz isklapanje voda nakon 100 ms

Ispitani su slučajevi nastanka trolnih kratkih spojeva u neposrednoj blizini sabirnica elektrane na svim vodovima koji elektranu povezuju s elektroenergetskim sustavom, kao najopasniji kvarovi za gubitak prijelazne stabilnosti sustava. Pretpostavljeno je djelovanje zaštite u prvom stupnju nakon 100 ms, i automatsko ponovno uklapanje nakon 400 ms, za vrijeme kojih kvar još uvijek traje tako da i zaštita i APU djeluju još jednom. Vremenska simulacija je sljedeća:

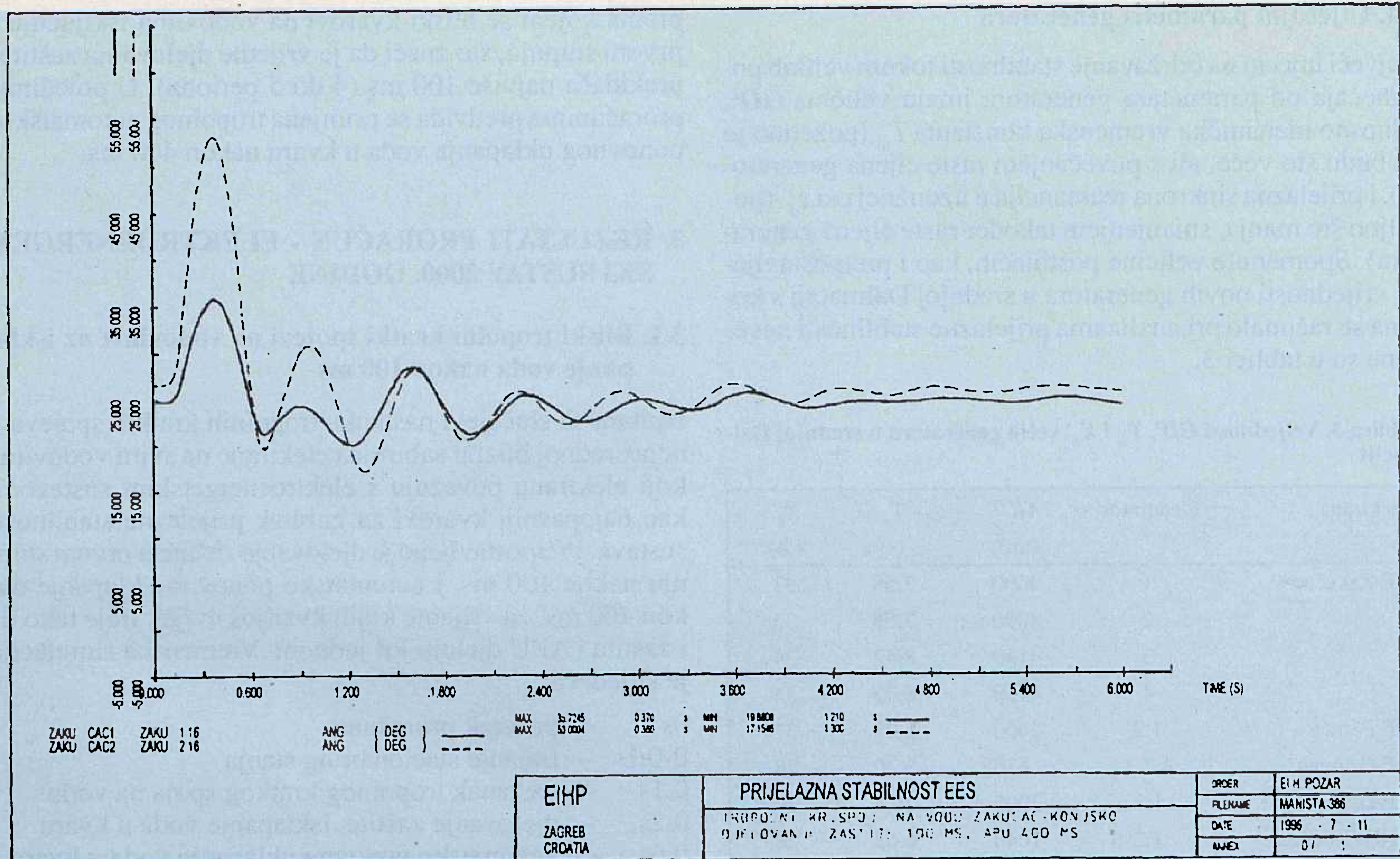
- 0s – početak proračuna
- 0-0.1s – trajanje stacionarnog stanja
- 0.1s – nastanak trolnog kratkog spoja na vodu
- 0.2s – djelovanje zaštite, isklapanje voda u kvaru
- 0.6s – automatsko ponovno uklapanje voda u kvaru, kvar nije otklonjen
- 0.7s – djelovanje zaštite, isklapanje voda u kvaru
- 1.1s – automatsko ponovno uklapanje voda u kvaru, kvar je otklonjen
- 6s – kraj proračuna

Rezultati analize prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije prikazani su za svaku elektranu posebno.

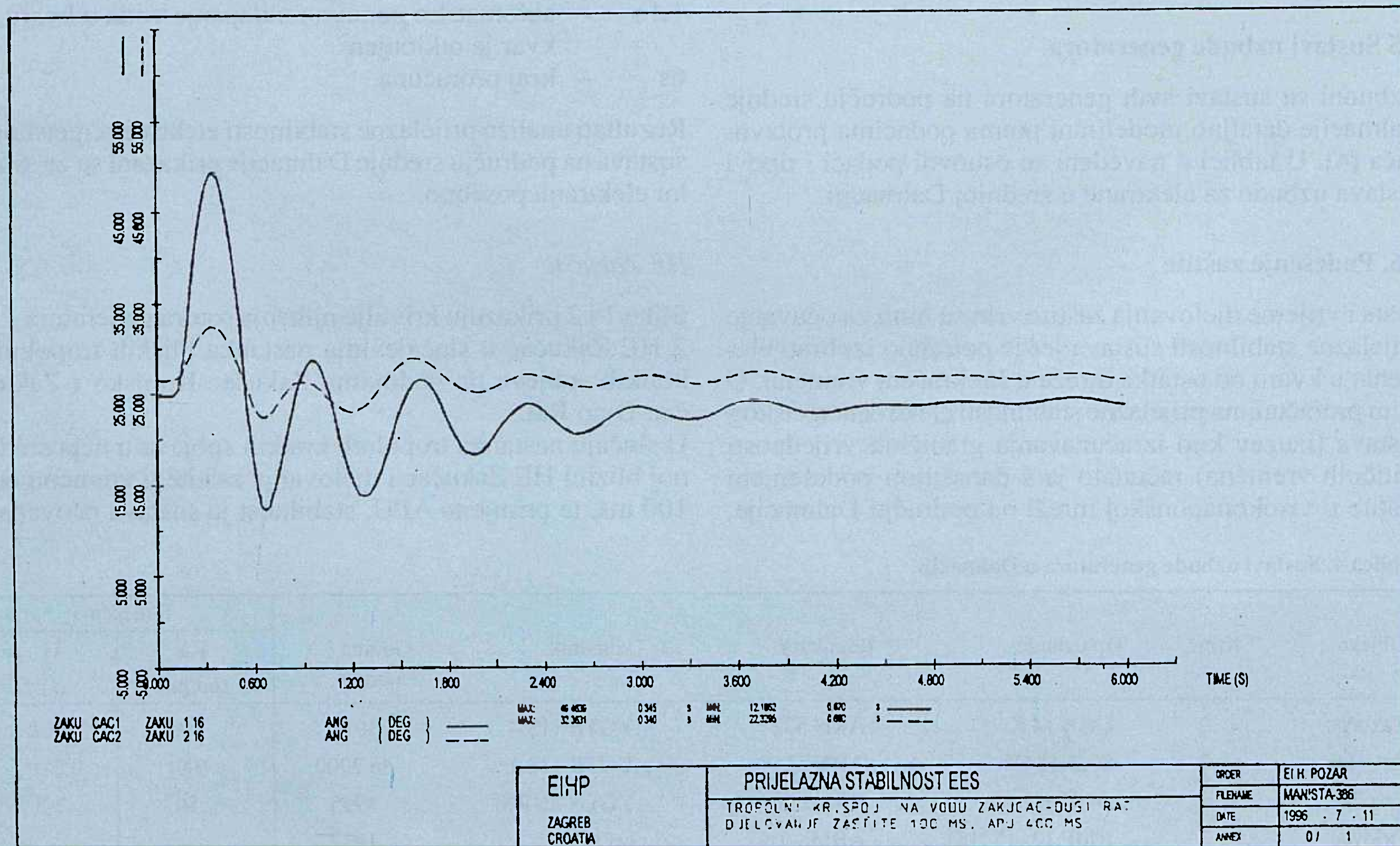
HE Zakućac

Slike 1 i 2 prikazuju krivulje njihanja rotora generatora 1 i 2 HE Zakućac u slučajevima nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima Zakućac-Konjsko i Zakućac-Dugi Rat.

U slučaju nastanka trolnih kratkih spojeva u neposrednoj blizini HE Zakućac i djelovanja zaštite u vremenu od 100 ms, te primjenu APU, stabilnost je sustava očuvana,



Slika 1. Krivulje njihanja generatora 1 i 2 HE Zakućac u slučaju bliskog trofaznog kratkog spoja na vodu Zakućac-Konjsko



Slika 2. Krivulje njihanja generatora 1 i 2 HE Zakućac u slučaju bliskog trofaznog kratkog spoja na vodu Zakućac-Dugi Rat

bez obzira na kojem se vodu iz HE Zakućac kvar dogodio. Njihanje rotora se prigušuje nakon otprilike 3.5 sekunde, tijekom kojih zanjše do maksimalnog kuta opterećenja od 52°, što je povećanje od $\Delta\delta_{max}=26^\circ$ u odnosu na stacionarni pogon. Imajući u vidu da se najveća povećanja ku-

teva opterećenja pri isključenju kvara u vremenu graničnih vrijednosti kreću oko $\Delta\delta_{max}=130^\circ$, a da je djelovanjem postojeće zaštite u najnepovoljnijem slučaju ostvareno povećanje od 26°, očito je da postoji još dosta rezerve prije nego što bi neki od generatora izgubio sinhronizam.

Granične vrijednosti kritičnih vremena su najduža vremena unutar kojih se mora otkloniti određeni kvar da bi generatori u elektroenergetskom sustavu zadržali stabilnost tijekom prijelazne pojave, pa su stoga dobar pokazatelj poželjnog vremena djelovanja zaštite koja se primjenjuje. Očito je da otklanjanje kvara u kraćem vremenu garantira očuvanje stabilnosti generatora, pa je primjenom bržeg sustava zaštite moguće konstituirati generator, po stabilnost, s nepovoljnijim parametrima kao što su manji GD^2 ili veća X_d' . Ukupno vrijeme otklanjanja kvara se sastoji od vremena djelovanja releja potrebnog da ustanovi nastanak kvara i slanja signala prekidačima, koji izoliraju element u kvaru od ostatka sustava.

Primjena brze zaštite od kvarova na vodovima kojima je HE Zakućac spojena na elektroenergetski sustav, koja bliske kvarove isključuje u 1. stupnju nakon 80 do 100 ms (vrijeme djelovanja zaštite i prekidača), vrlo je povoljna na održanje sinhronizma generatora prilikom prijelaznih pojava, i glavni je razlog očuvanju stabilnosti sustava u svim dosad promatranim slučajevima. Na dovoljnu rezervu do ispada generatora iz sinhronizma ukazuju i granične vrijednosti kritičnih vremena iz tablice 5.

Generatori HE Zakućac na mreži 2000. godine zadržavaju stabilnost u svim slučajevima bliskih trolnih i jednopolnih kratkih spojeva na vodovima, ukoliko se oni isključe djelovanjem zaštite i prekidača u vremenu od najdulje 260 ms. Obzirom da se u opisanim proračunima kvar otklanjao kroz 100 ms, jasno je zašto niti u jednom slučaju nije dolazilo do gubitka stabilnosti.

Granične vrijednosti kritičnih vremena su ovom prilikom izračunate i za slučajeve nastanka jednopolnih kratkih spojeva, pa se iz njihovih vrijednosti, koje su veće od vrijednosti za trolne kratke spojeve, može vidjeti da su po očuvanje stabilnosti generatora trolni kratki spojevi opasniji od jednopolnih.

Tablica 5. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini HE Zakućac na mreži 2000. god.

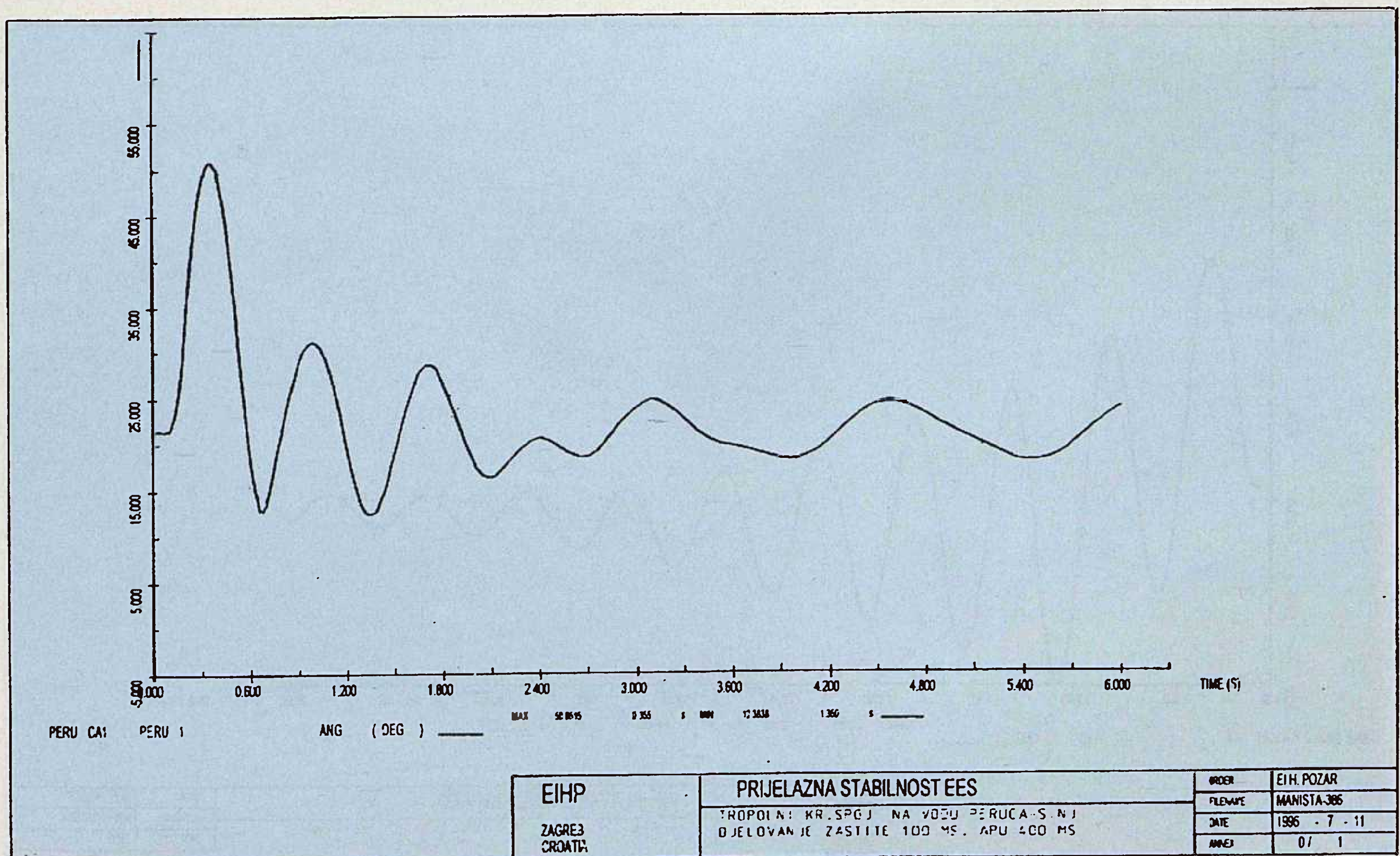
Vod prema	Redni broj	Tk (ms)	
		trolni kratki spojevi	jednopolni kratki spojevi
Mostar	1	260	310
Konjsko	1	260	310
Bilice	1	265	310
Dugi Rat	1	265	290
	2	265	290
Kraljevac	1	265	290
	2	265	290
Meterize	1	260	290
	2	260	290
	3	260	290

HE Peruća

Slika 3 prikazuje krivulju njihanja rotora generatora HE Peruća u slučaju nastanka bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Peruća-Sinj.

Iz slike je vidljivo da u slučaju isključenja kvara kroz 100 ms (sa ili bez primjene automatskog ponovnog uklapanja voda u kvaru) generatori HE Peruća ostaju u sinhronizmu. Najveći kutevi opterećenja tijekom prijelazne pojave dostižu 47° u slučaju trolnog kratkog spoja na vodu prema Sinju, odnosno 43° na vodu prema Buškom Blatu. Prigušenje prijelazne pojave je slabo, tako da ona traje i nakon 6 s, a primjena automatskog ponovnog uklapanja voda u kvaru povoljno djeluje na prigušenje njihanja rotora.

Za HE Peruća određena su najduža vremena isključenja kvara uz koje će generatori ostati stabilni, posebno za trolne, posebno za jednopolne bliske kratke spojeve na vo-



Slika 3. Krivulja njihanja generatora HE Peruća u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Peruća-Sinj

Tablica 6. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini HE Peruča na mreži 2000. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)	
		tropolni kratki spojevi	jednopolni kratki spojevi
Sinj	1	315	390
Buško Blato	1	320	395

dovima Peruča-Sinj i Peruča-Buško Blato. Rezultati su prikazani u tablici 6.

Na osnovi prikazanih rezultata možemo reći da **generatori HE Peruča ostaju stabilni na predviđenoj mreži 2000. godine u slučaju nastanka bliskih trojnih i jednopolnih kratkih spojeva, ukoliko se vod u kvaru izolira s vremenom isključenja kvara od najduže 315 ms.**

RHE Obrovac

Slika 4 prikazuje krivulju njihanja rotora generatora RHE Obrovac u slučaju nastanka bliskog trojnih kratkog spoja na 400 kV vodu Melina-Obrovac.

Najveći kut opterećenja generatora tijekom prijelazne pojave za trojni kratki spoj na vodu Melina-Obrovac dostiže vrijednost od 41.2° , odnosno 35° za kratki spoj na vodu Obrovac-Konjsko. Prigušenje prijelazne pojave je nešto slabije, tako da ona traje i nakon promatranih 6 sekun-

Tablica 7. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za trojne kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini RHE Obrovac na mreži 2000. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)
Melina	1	350
Konjsko	1	315

di. Granične vrijednosti kritičnih vremena prikazane su tablicom 7.

Na planiranoj mreži 2000. godine generatori RHE Obrovac će održati stabilnost u slučajevima nastanka kratkih spojeva na 400 kV vodovima prema Melini i Konjskom, ukoliko se vod u kvaru isključi u vremenu manjem od 315 ms.

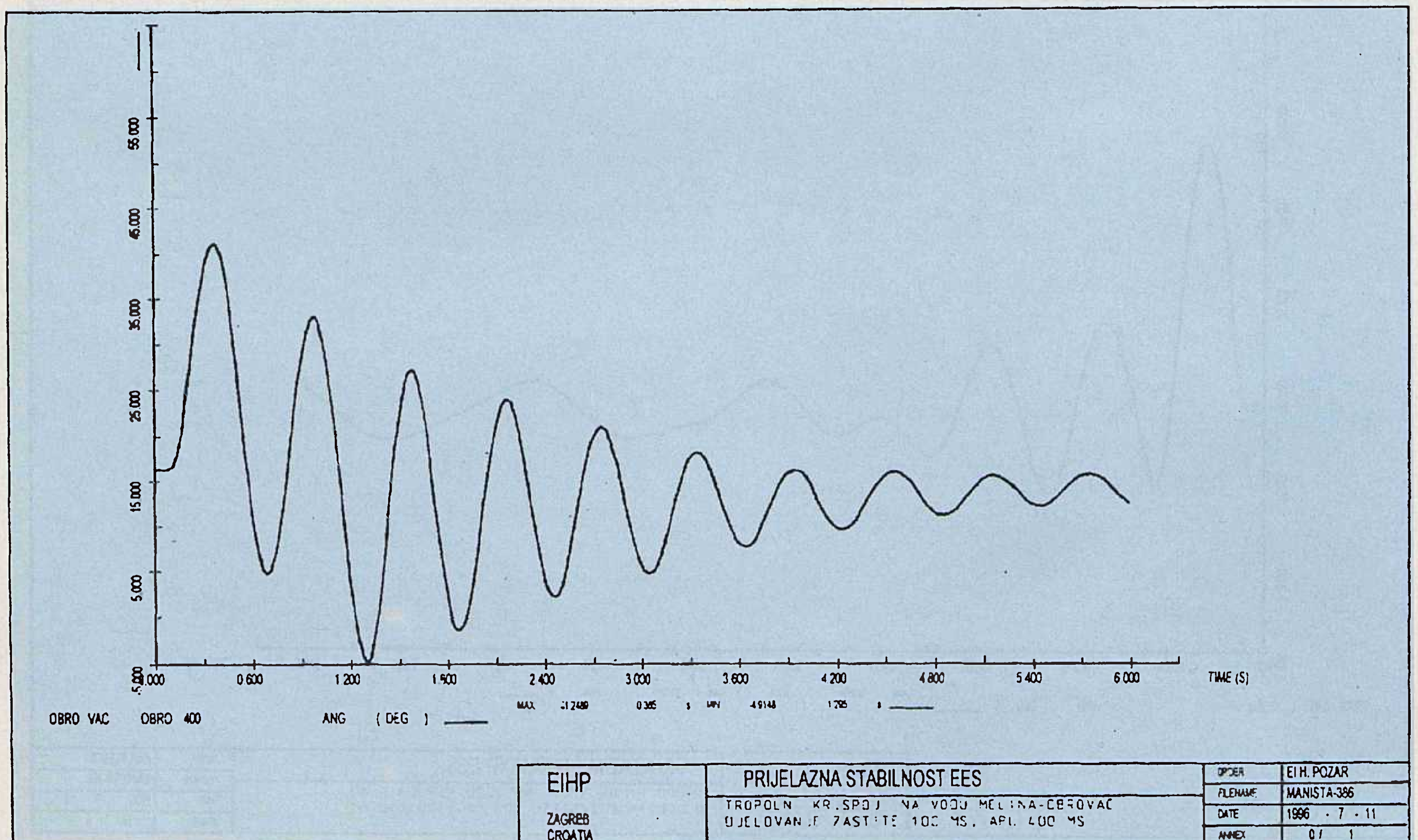
HE Orlovac

Za HE Orlovac ispitan je slučaj nastanka trojnog kratkog spoja u neposrednoj blizini elektrane na jednom od dva paralelna voda kojima je radialno povezana na elektroenergetski sustav, pri čemu rotor generatora zanjišu do najvećeg kuta opterećenja od 62.1° , uz vrlo dobro prigušenje prijelazne pojave nakon 3 s. Generatori HE Orlovac u slučaju opisanog kvara gube sinhronizam ukoliko kratki spoj traje duže od 190 ms. Ukoliko se vod u kvaru isključi u manjem vremenu HE Orlovac može davati snagu u sustav preko zdravog voda, bez opasnosti od gubitka stabilnosti. Uzroci većeg kuta opterećenja i manje granične vrijednosti kritičnog vremena su u zastarjelom elektrostrojnom sustavu uzbude i maloj vrijednosti GD^2 agregata. Usprkos tome, stabilnost elektroenergetskog su-

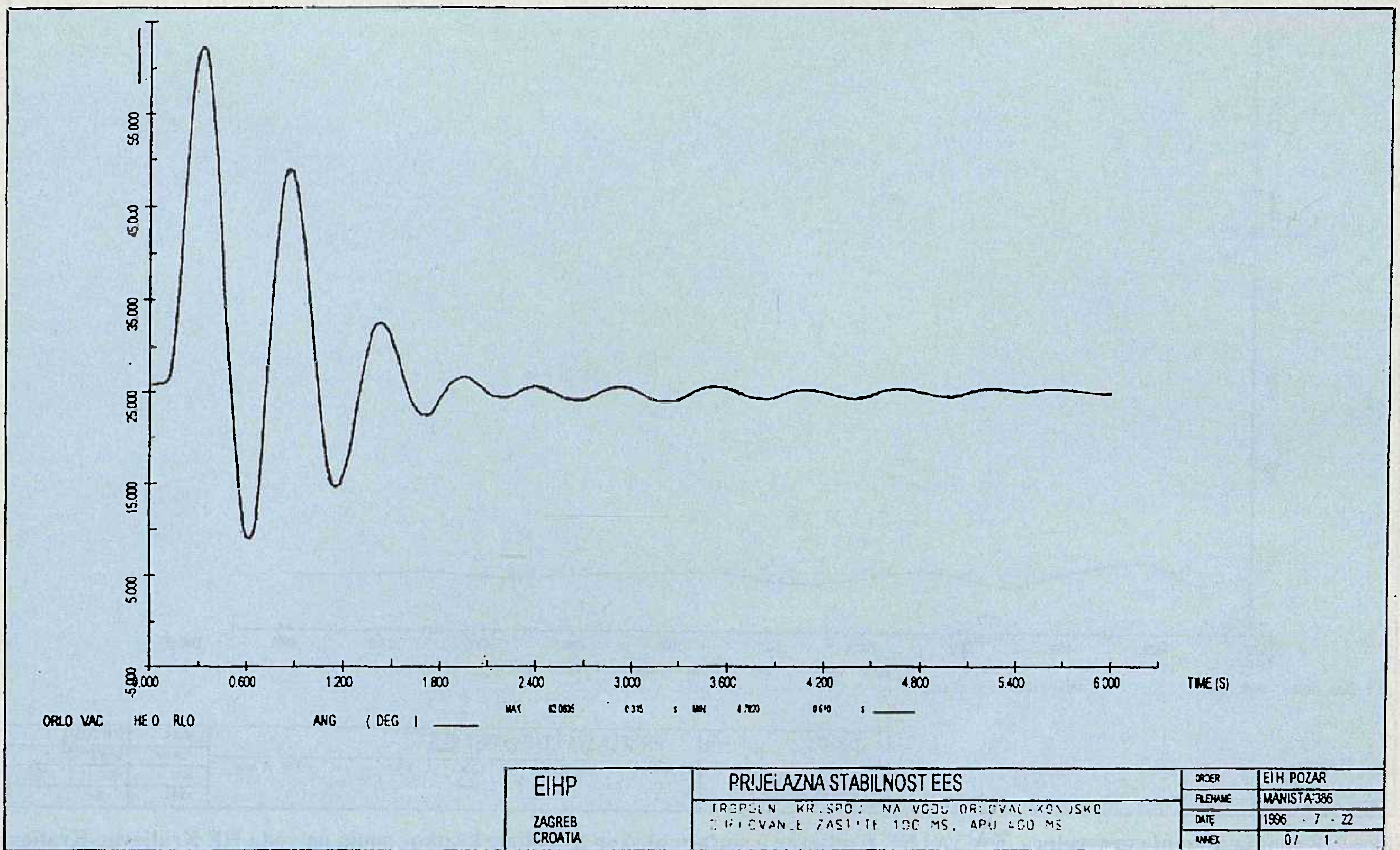
Tablica 8. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za trojne kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini HE Orlovac na mreži 2000. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)
Konjsko	1	190
	2	190

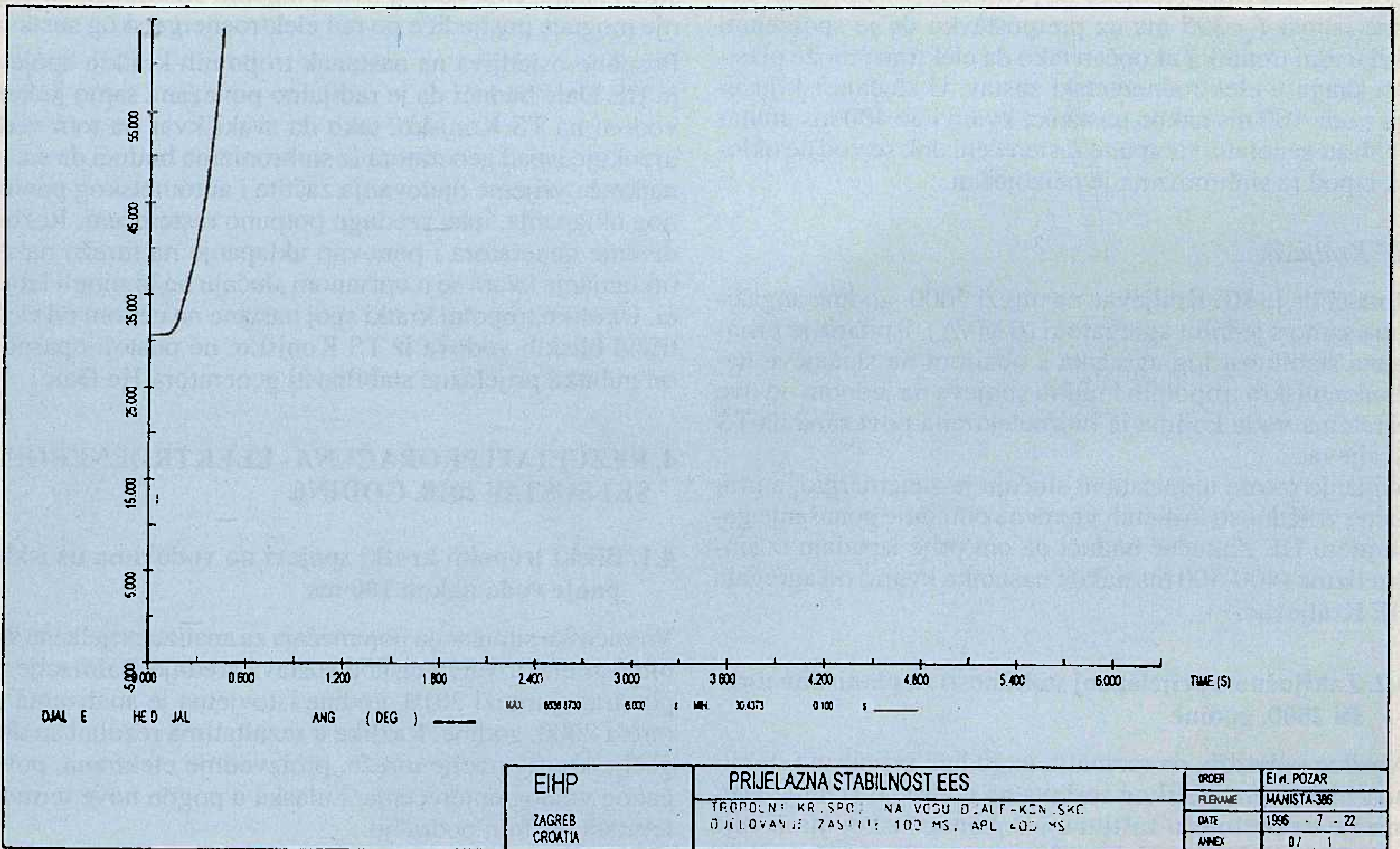
stava u slučaju nastanka kvarova u blizini HE Orlovac nije ugrožena niti uz ove nepovoljne parametre generatora i sustava uzbude, ukoliko zaštita ispravno djeluje.



Slika 4. Krivulja njihanja generatora RHE Obrovac u slučaju bliskog trojnih kratkog spoja na vodu Melina-Obrovac



Slika 5. Krivulja njihanja generatora HE Orlovac u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Orlovac-Konjsko

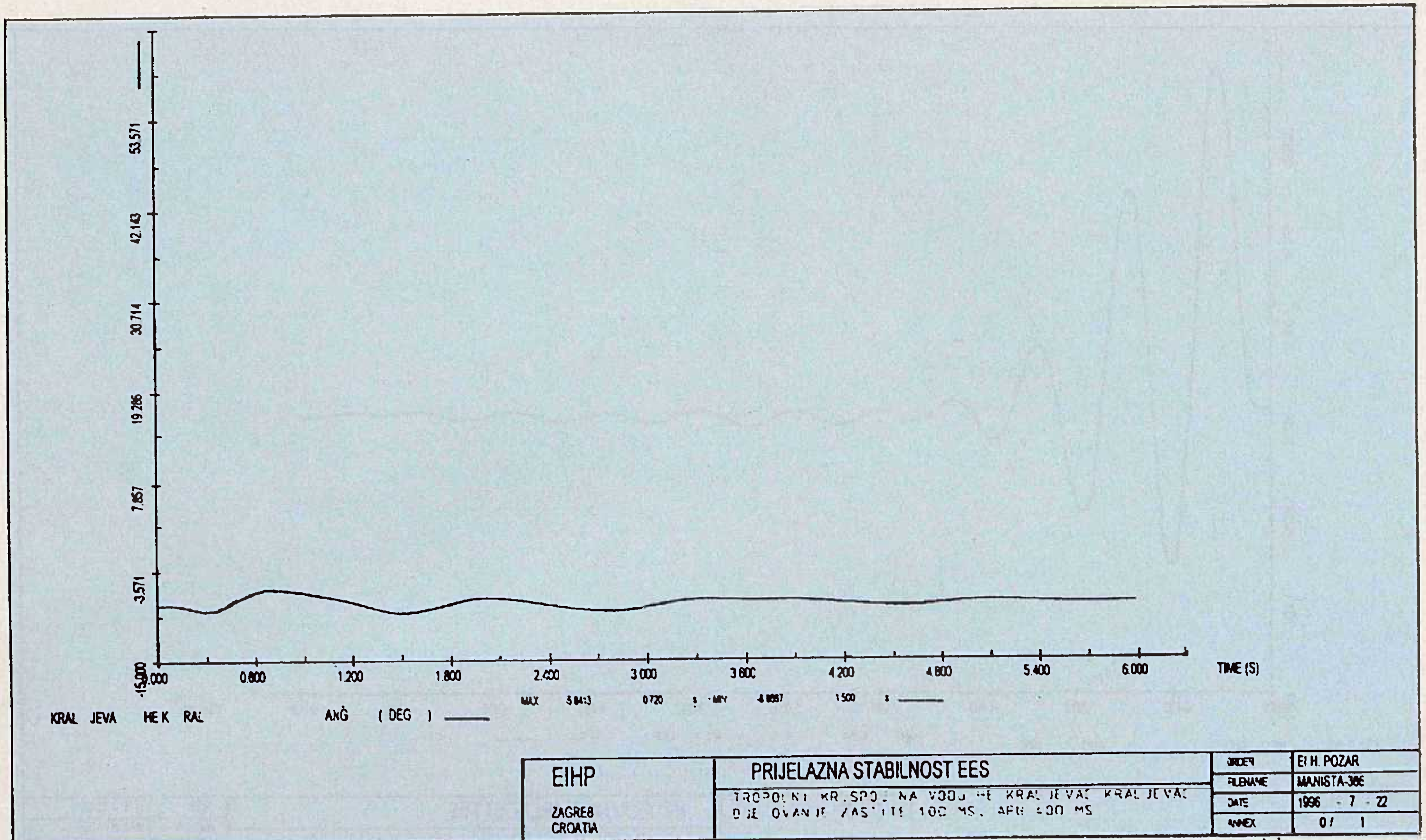


Slika 6. Krivulja njihanja generatora HE Đale u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Đale-Konjsko

HE Đale

He Đale je na elektroenergetski sustav vezana samo jednim vodom, pa je stoga vrlo osjetljiva na bliske kvarove budući da u slučaju iskapčanja tog voda ne može dati sna-

gu u sustav. Na slici 6 vidljivo je da u slučaju nastanka trolnog kratkog spoja na vodu Đale-Konjsko isključenog djelovanjem zaštite kroz 100 ms, te uz automatsko ponovno uklapanje voda nakon 400 ms, generatori ispadaju iz sinhronizma.



Slika 7. Krivulja njihanja generatora (6 MVA) HE Kraljevac u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu HE Kraljevac-Kraljevac

Granična vrijednost kritičnog vremena za trolni kratki spoj na vodu Đale-Konjsko na planiranoj mreži 2000. godine iznosi $T_k=395$ ms uz pretpostavku da je spomenuti vod u tom trenutku ukopčan tako da elektrana može plasirati snagu u elektroenergetski sustav. U slučaju isključenja voda 100 ms nakon nastanka kvara i uz 400 ms unutar kojih su generatori potpuno rasterećeni dok se vod ne uklopi, izpod iz sinhronizma je neizbježan.

HE Kraljevac

Budući da je HE Kraljevac na mreži 2000. godine angažirana samo s jednim agregatom (6 MVA), ispitana je prijelazna stabilnost tog agregata s obzirom na slučajeve nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na jednom od dva paralelna voda kojima je hidroelektrana povezana na TS Kraljevac.

Njihanje rotora u opisanom slučaju je zanemarivo, a granične vrijednosti kritičnih vremena određuje ponašanje generatora HE Zakućac budući da oni prije ispadaju iz sinhronizma (400-500 ms nakon nastanka kvara) od agregata HE Kraljevac.

3.2. Zaključno o prijelaznoj stabilnosti za planiranu mrežu 2000. godine

Analize pokazuju da razmatrane godine prijelazna stabilnost elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije uz postojeću zaštitu u visokonaponskoj mreži nije ugrožena, te da postoji dovoljno rezerve do ispada pojedinih generatora iz sinhronizma u slučajevima nastanka trolnih kratkih spojeva na vodovima kojima su elektrane povezane na elektroenergetski sustav. Od najvećih hidroelektrana na tom području (HE Zakućac, RHE Obrovac, HE Orlovac) najosjetljivija na poremećaje u svojoj okolini je HE Orlovac, prvenstveno radi zastarjelog sustava uzbude generatora i male vrijednosti GD^2 agregata, zbog

čega generatori mogu u slučaju zakašnjelog djelovanja zaštite i isključenja voda u kvaru izgubiti stabilnost, uz daljnje moguće posljedice po rad elektroenergetskog sustava. Posebno osjetljiva na nastanak trolnih kratkih spojeva je HE Đale budući da je radijalno povezana samo jednim vodom na TS Konjsko, tako da svaki kvar na tom vodu uzrokuje ispad generatora iz sinhronizma budući da su, uz najkraće vrijeme djelovanja zaštite i automatskog ponovnog uklapanja, ipak predugo potpuno rasterećeni. Razbuzivanje generatora i ponovno uklapanje na mrežu nakon otklanjanja kvara se u opisanom slučaju ne bi mogli izbjeći. Ukoliko trolni kratki spoj nastane na nekom od električki bliskih vodova iz TS Konjsko, ne postoji opasnost od gubitka prijelazne stabilnosti generatora He Đale.

4. REZULTATI PRORAČUNA - ELEKTROENERGETSKI SUSTAV 2010. GODINE

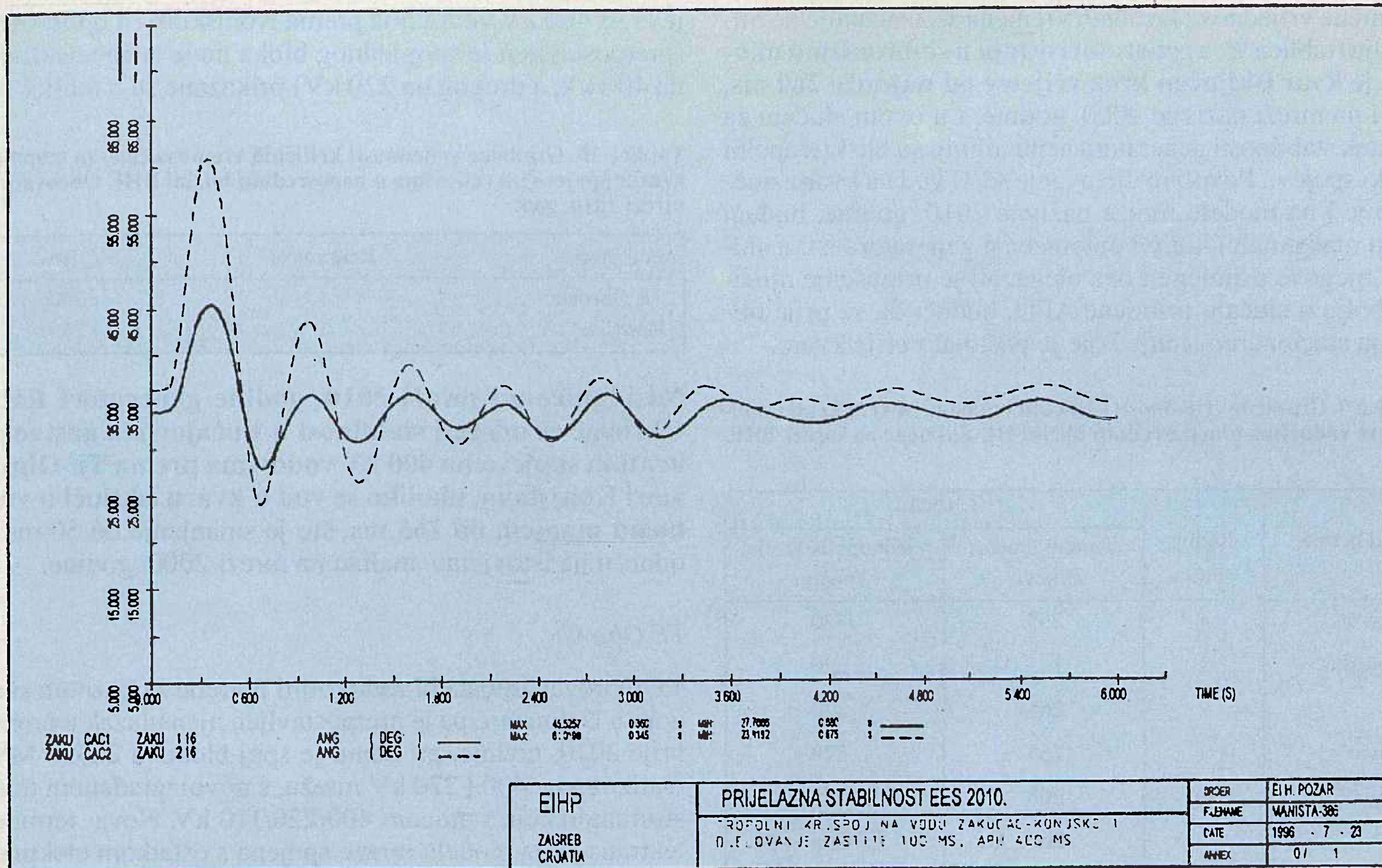
4.1. Bliski trolni kratki spojevi na vodovima uz isklapanje voda nakon 100 ms

Vremenska simulacija poremećaja za analizu prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava srednje Dalmacije na planiranoj mreži 2010. godine istovjetna je analizama na mreži 2000. godine. Razlike u rezultatima rezultat su drugačije konfiguracije mreže, proizvodnje elektrana, povećanog vršnog opterećenja i ulaska u pogon nove termoelektrane na tom području.

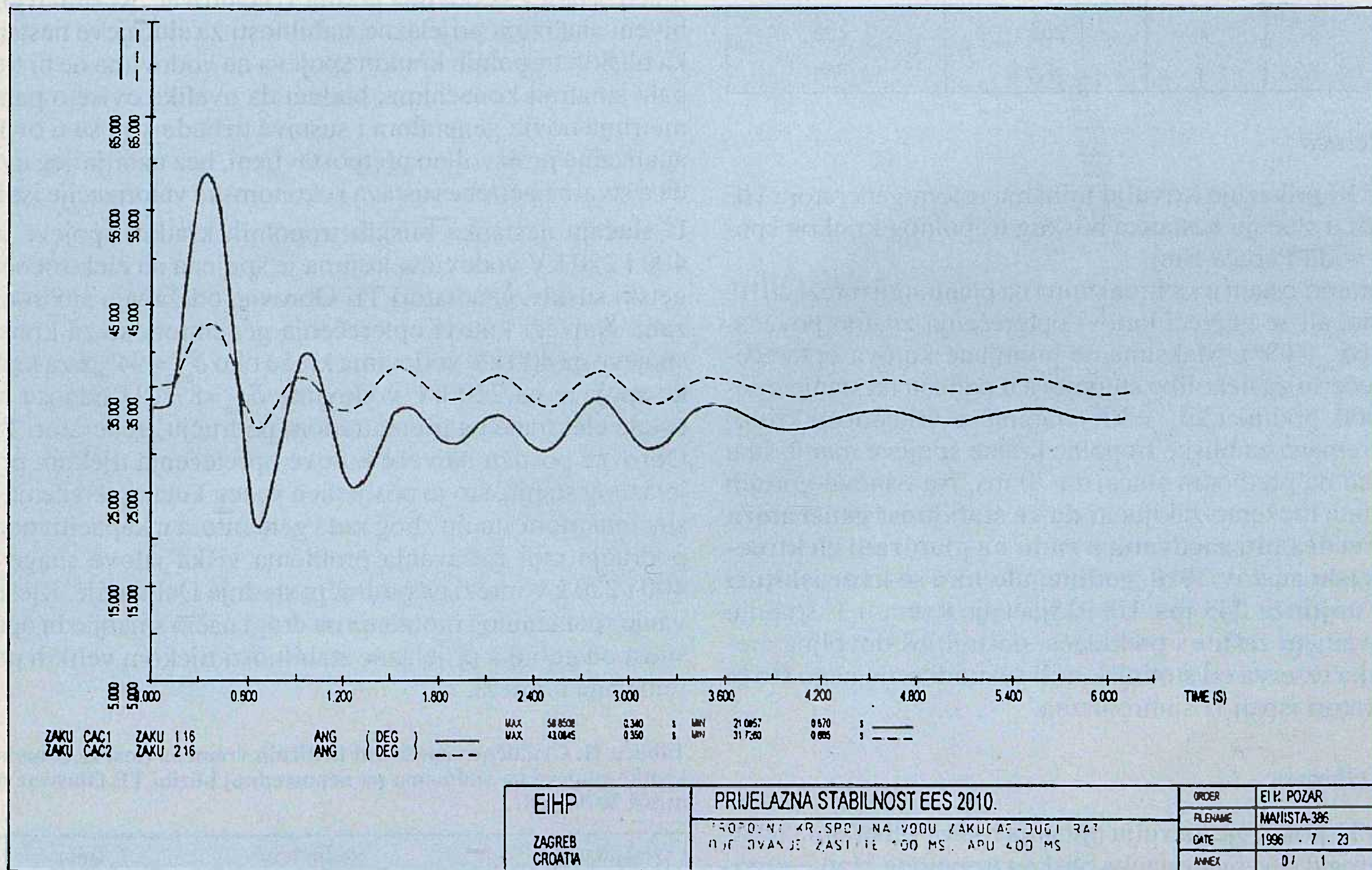
HE Zakućac

Slike 8 i 9 prikazuju krivulje njihanja rotora generatora 1 i 2 HE Zakućac u slučajevima nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima Zakućac-Konjsko 1 i Zakućac-Dugi Rat.

Maksimalne promjene kutova opterećenja slične su kao



Slika 8. Krivulje njihanja generatora 1 i 2 HE Zakučac u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Zakučac-Konjsko 1 (mreža 2010. godine)



Slika 9. Krivulje njihanja generatora 1 i 2 HE Zakučac u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Zakučac-Dugi Rat (mreža 2010. godine)

kod mreže 2000. godine, s razlikom što su najveći kutovi opterećenja veći za desetak stupnjeva ($\delta_{max} \approx 61^\circ$), budući da su generatori u ovom slučaju opterećeniji. Najveće pro-

mjene kutova opterećenja tijekom prijelaznih pojava se kreću oko $\Delta\delta_{max} = 24^\circ$ za bliske trolne kratke spojeve na vodovima 220 i 110 kV.

Granične vrijednosti kritičnih vremena se značajnije ne mijenjaju (tablica 9), a **generatori ostaju u sinhronizmu ukoliko je kvar isključen kroz vrijeme od najduže 260 ms**, kao i na mreži nazivne 2000. godine. I u ovom slučaju za gubitak stabilnosti generatora nepovoljniji su bliski trolpolni kratki spojevi. Povoljno djelovanje APU voda u kvaru, uočljivo je i na modelu mreže nazivne 2010. godine, budući da su maksimalni kutovi opterećenja generatora isti u slučaju njegove primjene i bez njega, ali je prigušenje njihova bolje u slučaju primjene APU, budući da se prije obnavlja stacionarno stanje koje je postojalo prije kvara.

Tablica 9. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini HE Zakučac na mreži 2010. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)	
		tropolni kratki spojevi	jednopolni kratki spojevi
Mostar	1	265	320
Konjsko	1	265	320
	2	265	320
Bilice	1	265	320
Dugi Rat	1	260	295
	2	260	295
Kraljevac	1	265	295
	2	265	295
Meterize	1	265	295
	2	265	295
	3	265	295

HE Peruča

Slika 10 prikazuje krivulju njihanja rotora generatora HE Peruča u slučaju nastanka bliskog trolpolnog kratkog spoja na vodu Peruča-Sinj.

Generatori ostaju u sinhronizmu i na planiranoj mreži 2010. godine, ali se najveći kutovi opterećenja znatno povećavaju ($\delta_{\max} \approx 68^\circ$). Maksimalne promjene kutova opterećenja veće su za nekoliko stupnjeva u odnosu na stanje mreže 2000. godine ($\Delta\delta_{\max} = 30^\circ$). Granične vrijednosti kritičnih vremena za bliske trolpolne kratke spojeve manje su u odnosu na prethodni slučaj za 70 ms. Na osnovu gornjih rezultata možemo zaključiti **da će stabilnost generatora HE Peruča biti sačuvana u radu na planirani elektroenergetski sustav 2010. godine, ukoliko se kvar isključi kroz najduže 245 ms**. Uz isključenje kvara u 1. stupnju djelovanjem zaštite i prekidača, postoji još dovoljna vremenska rezerva od stotinjak mili sekundi prije nego što bi generatori ispali iz sinhronizma.

RHE Obrovac

Slika 11 prikazuje krivulju njihanja rotora generatora RHE Obrovac u slučaju nastanka bliskog trolpolnog kratkog spoja na 400 kV vodu Melina-Obrovac.

Generator u opisanom slučaju zanjiše do kuta opterećenja od $\delta_{\max} = 62.5^\circ$, s vrlo velikom amplitudom drugog njihanja. Prigušenje prijelazne pojave je slabo, tako da ona traje oko 5 s sa velikim amplitudama njihanja rotora. Granične vrijednosti kritičnih vremena za bliske trolpolne kratke spo-

jeve na 400 kV vodovima prema Konjskom i TE Obrovac (pretpostavljen je spoj jednog bloka nove termoelektrane na 400 kV, a drugog na 220 kV) prikazane su u tablici 10.

Tablica 10. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za trolpolne kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini RHE Obrovac na mreži 2010. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)
TE Obrovac	1	280
Konjsko	1	265

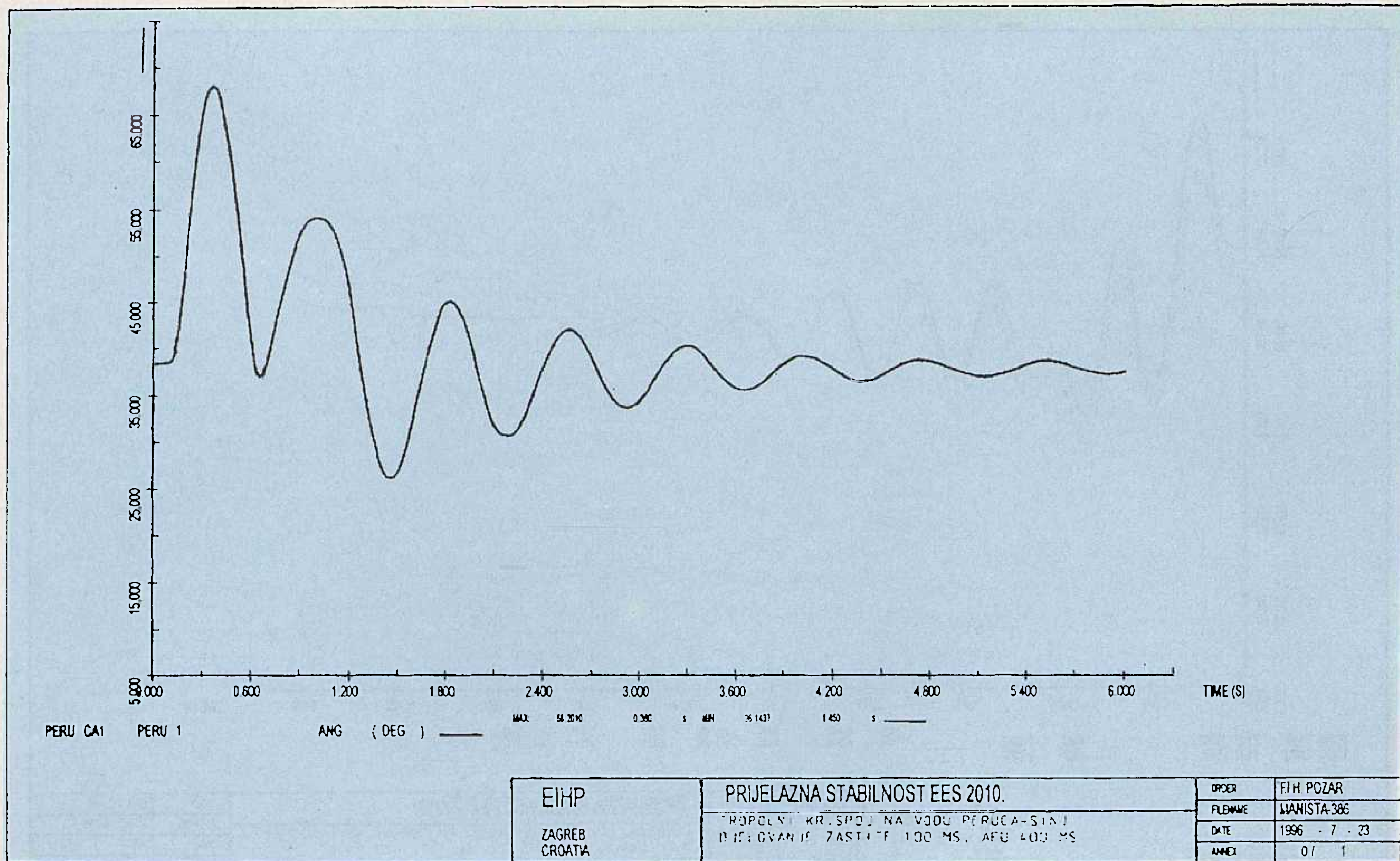
Na planiranoj mreži 2010. godine generatori RHE Obrovac će održati stabilnost u slučajevima nastanka kratkih spojeva na 400 kV vodovima prema TE Obrovac i Konjskom, ukoliko se vod u kvaru isključi u vremenu manjem od 265 ms, što je smanjenje od 50 ms u odnosu na istovjetnu analizu na mreži 2000. godine.

TE Obrovac

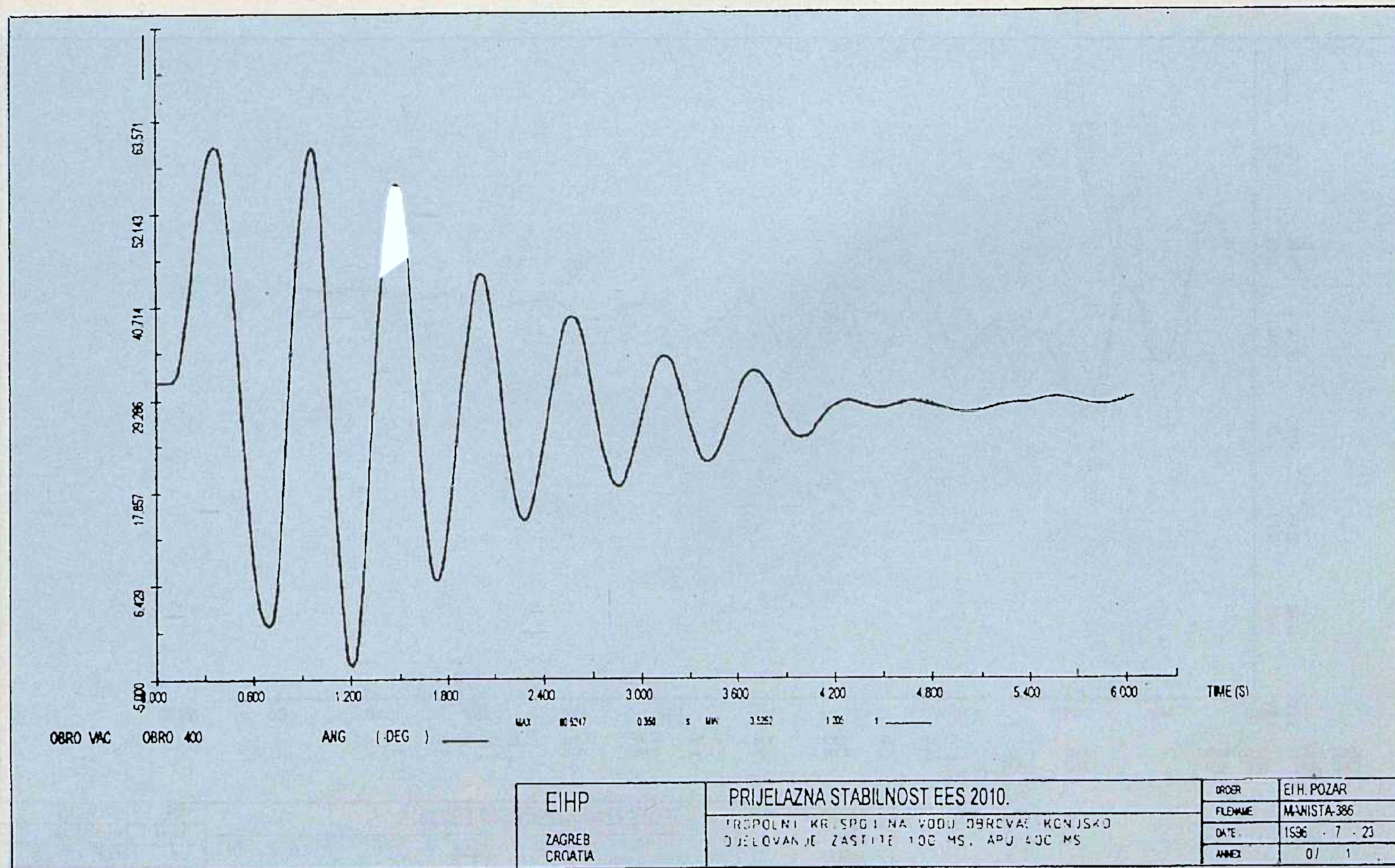
TE Obrovac trebala bi zadovoljiti potrebe za baznom snagom u Dalmaciji, pa je pretpostavljen njen ulazak u pogon prije 2010. godine, pri čemu je spoj blokova 2x350 MW realiziran na 400 i 220 kV mrežu, s novoizgrađenom transformatorskom stanicom 400/220/110 kV. Nova termoelektrana je na modelu mreže spojena s ostatkom elektroenergetskog sustava Hrvatske i Bosne i Hercegovine 400 kV vodovima prema Melini, Bihaću, Brinju, i RHE Obrovac (Konjskom), 220 kV vodovima prema Konjskom i Brinju, te 110 kV vodovima prema TS Obrovac. Rezultati dobiveni analizom prijelazne stabilnosti za slučajevne nastanka bliskih trolpolnih kratkih spojeva na vodovima ne bi trebalo smatrati konačnima, budući da uvelike ovise o parametrima novih generatora i sustava uzbude koji su u ovim analizama proizvoljno pretpostavljeni, bez ozbiljnijeg uvida u stvarne potrebe sustava i ekonomske valorizacije istih. U slučaju nastanka bliskih trolpolnih kratkih spojeva na 400 i 220 kV vodovima kojima je spojena na elektroenergetski sustav, generatori TE Obrovac održavaju sinhronizam. Najveći kutovi opterećenja generatora se za kratke spojeve na 400 kV vodovima kreću oko $\delta_{\max} = 94^\circ$, a za kratke spojeve na 220 kV vodovima $\delta_{\max} = 87^\circ$. U odnosu na ostale elektrane na promatranom području, generatori TE Obrovac postižu najveće kutove opterećenja tijekom prijelaznog stanja, što je posljedica većeg kuta opterećenja u stacionarnom stanju zbog rada generatora u kapacitivnom području radi rješavanja problema viška jalove snage u 400 i 220 kV mreži na području srednje Dalmacije. Rješavanje spomenutog problema na drugi način smanjio bi opasnost od gubitka prijelazne stabilnosti tijekom velikih poremećaja u mreži.

Tablica 11. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za trolpolne kratke spojeve na vodovima na neposrednoj blizini TE Obrovac na mreži 2010. god.

Vod prema	Redni broj	T_k (ms)
RHE Obrovac	1	215
Melina	1	235
Brinje 400 kV	1	230
Bihać	1	230
Konjsko 220 kV	1	245
Brinje 220 kV	1	250



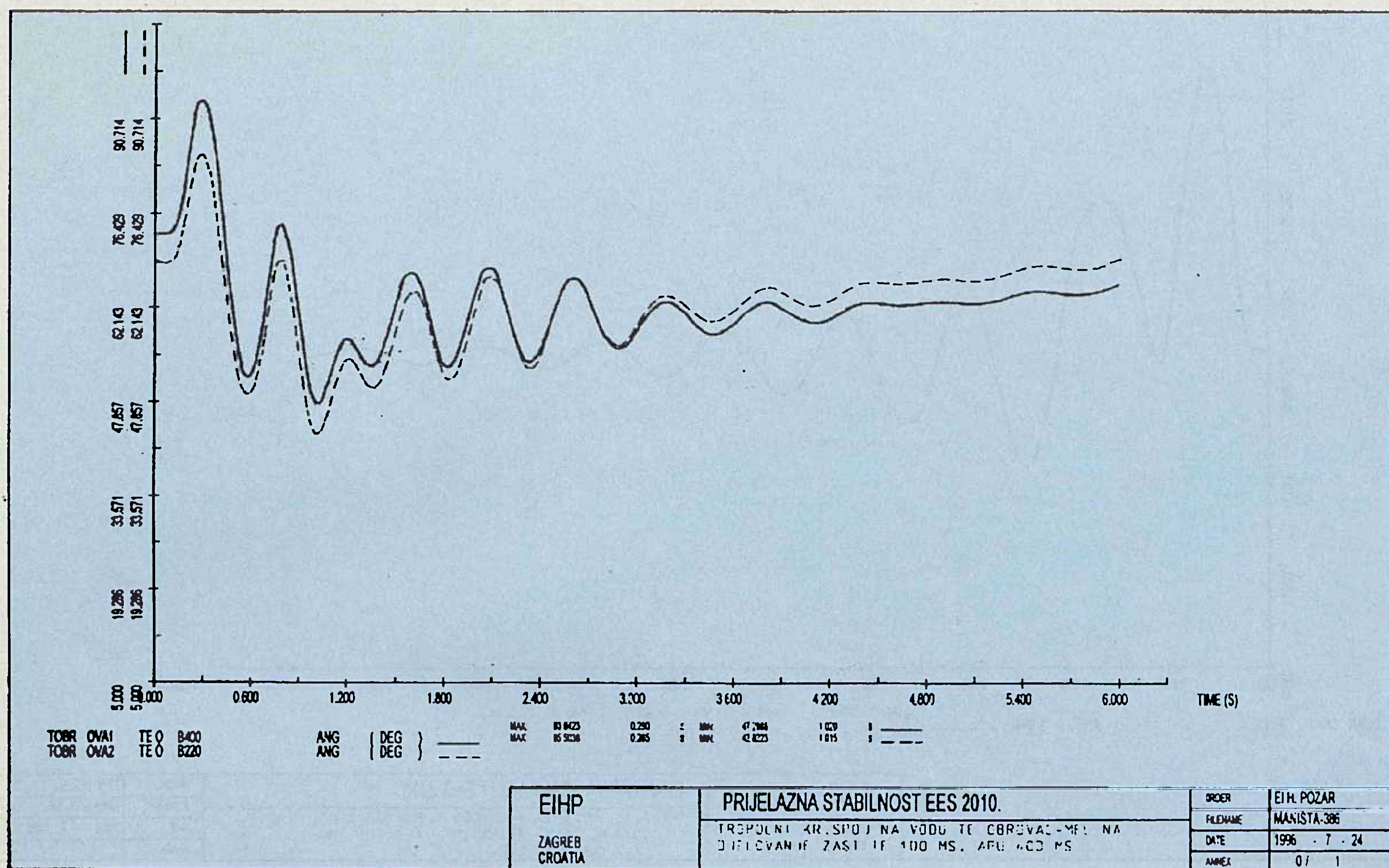
Slika 10. Krivulja njihanja generatora HE Peruča u slučaju bliskog tropolnog kratkog spoja na vodu Peruča-Sinj (mreža 2010. godine)



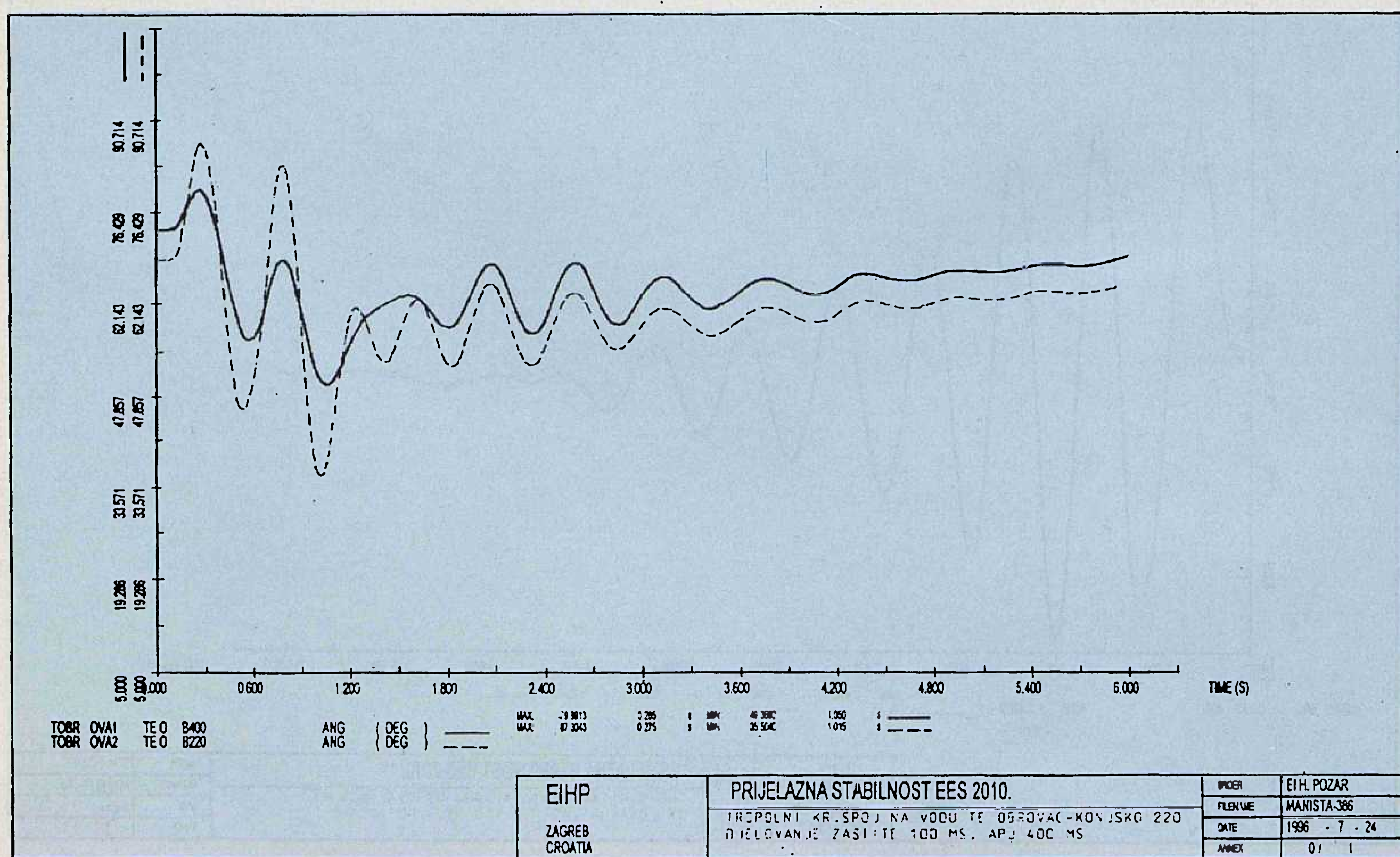
Slika 11. Krivulja njihanja generatora RHE Obrovac u slučaju bliskog tropolnog kratkog spoja na vodu Melina-Obrovac (mreža 2010. godine)

Na osnovi graničnih vrijednosti kritičnih vremena možemo zaključiti da će generatori TE Obrovac sačuvati sta-

bilnost na mreži 2010. godine, ako se vod u kvaru isključi u vremenu od najduže 215 ms, ukoliko je kratki



Slika 12. Krivulje njihanja generatora TE Obrovac u slučaju bliskog trolepnog kratkog spoja na vodu Melina-TE Obrovac 400 kV (mreža 2010. godine)



Slika 13. Krivulje njihanja generatora TE Obrovac u slučaju bliskog trolepnog kratkog spoja na vodu Konjsko-TE Obrovac 220 kV (mreža 2010. godine)

spoj nastao na nekom od 400 kV vodova, odnosno 245 ms u slučaju nastanka kratkog spoja na 220 kV vodu.

Ove vrijednosti izračunate su uz pretpostavljenu mehaničku vremensku konstantu novih generatora $T_m = 6$ s, a u slu-

čaju konstrukcije generatora s većom T_m , granične vrijednosti kritičnih vremena se znatno mijenjaju.

HE Orlovac

Krivulju njihanja generatora HE Orlovac u slučaju nastanka bliskog trolnog kratkog spoja na jednom od vodova HE Orlovac-Konjsko prikazuje slika 14.

Rotor zaniše do najvećeg kuta $\delta_{max}=74^\circ$, nakon čega se njihanje vrlo dobro prigušuje. Granične vrijednosti kritičnih vremena za trolne kratke spojeve na vodovima prema Konjskom se ne mijenjaju u odnosu na mrežu 2000. godine. Na mreži, 2010. godine, generatori HE Orlovac ostaju u sinhronizmu s ostalim generatorima u sustavu prilikom nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima, koji je povezuju s elektroenergetskim sustavom, ukoliko se vod u kvaru isključi u vremenu manjem od 190 ms proteklom od nastanka kvara.

Tablica 12. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za trolne kratke spojeve na vodovima u neposrednoj blizini HE Orlovac na mreži 2010. god.

Vod prema	Redni broj	Tk (ms)
Konjsko	1	190
	2	190

HE Đale

Očekivano, niti na mreži 2010. godine generatori HE Đale ne mogu očuvati sinhronizam u slučaju nastanka trolnog kratkog spoja na vodu kojim je elektrana radijalno priključena na elektroenergetski sustav.

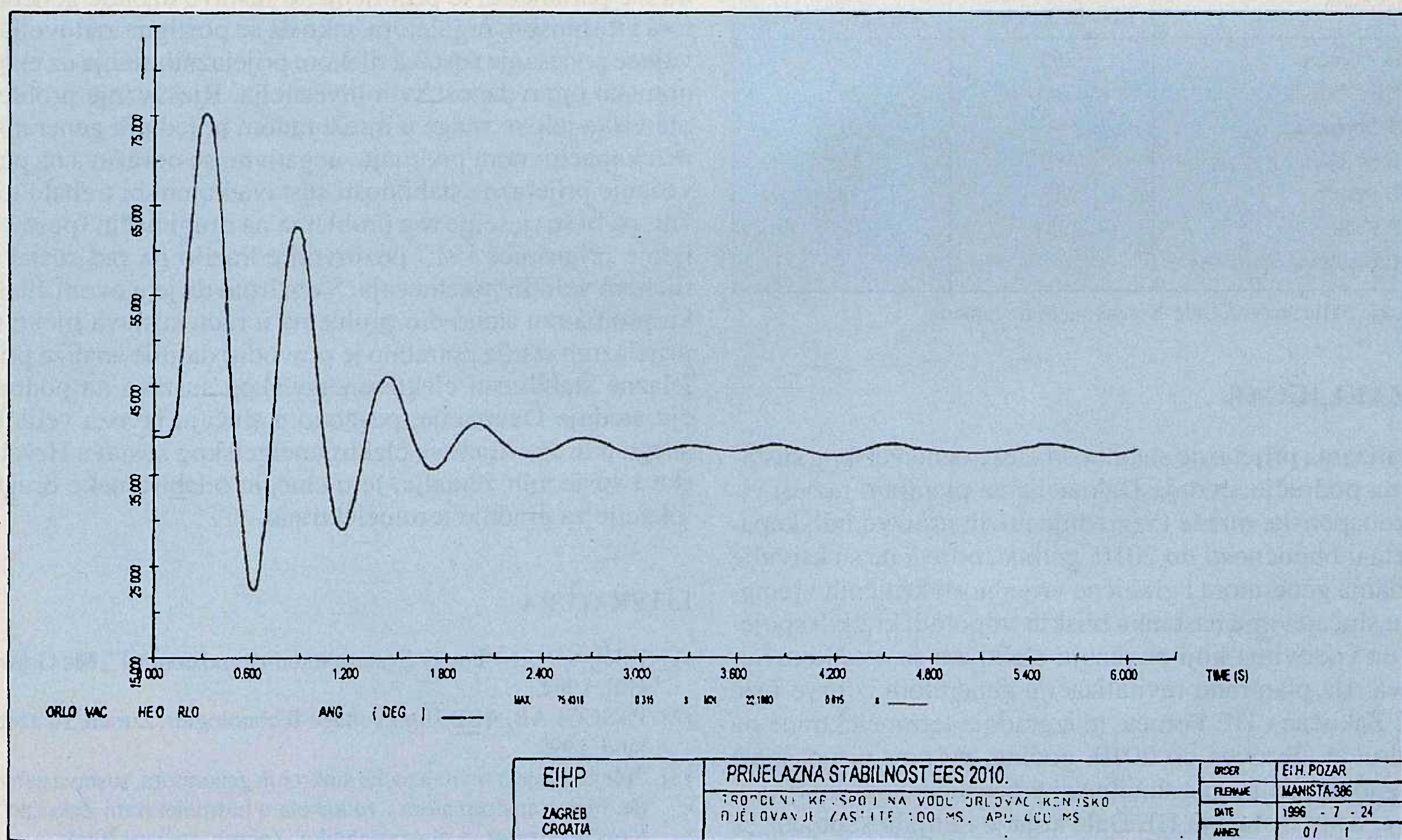
Najduže vrijeme trajanja kvara ili isključenja spomenutog voda, tijekom kojega su generatori potpuno rasterećeni, uz koje mogu očuvati sinhronizam prilikom ukapčanja voda i otklanjanja kvara u ovom slučaju iznosi 375 ms, 20 ms manje u odnosu na mrežu 2000. godine.

HE Kraljevac

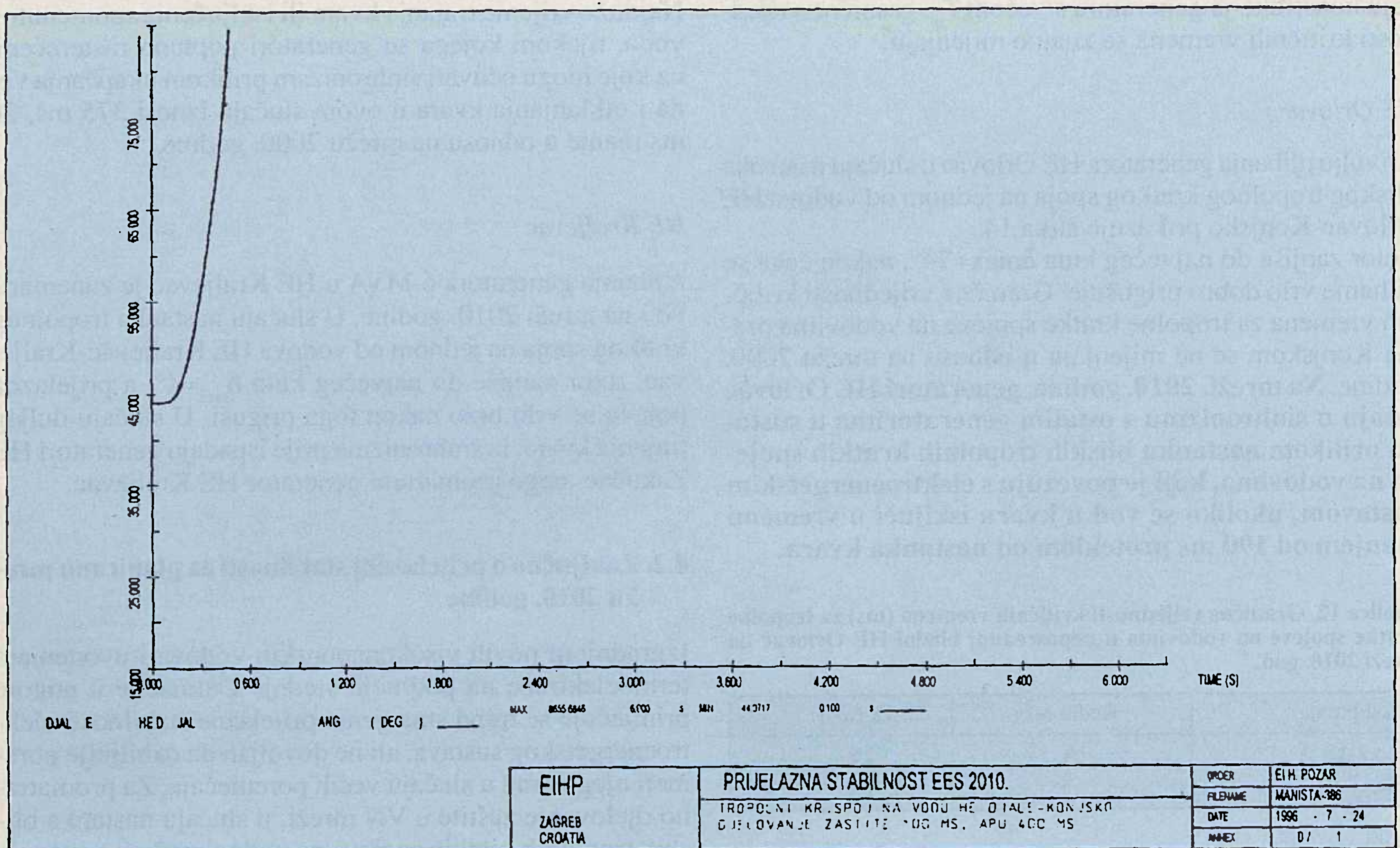
Njihanje generatora 6 MVA u HE Kraljevac je zanemarlivo i na mreži 2010. godine. U slučaju nastanka trolnog kratkog spoja na jednom od vodova HE Kraljevac-Kraljevac, rotor zaniše do najvećeg kuta $\delta_{max}=4^\circ$, a prijelazna pojava se vrlo brzo nakon toga priguši. U slučaju duljeg trajanja kvara, iz sinhronizma prije ispadaju generatori HE Zakućac, nego promatrani generator HE Kraljevac.

4.2. Zaključno o prijelaznoj stabilnosti za planiranu mrežu 2010. godine

Izgradnjom novih visokonaponskih vodova i uvođenjem termoelektrane na području srednje Dalmacije u pogon, primjećuje se trend smanjenja prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava, ali ne dovoljan da ozbiljnije poremeti njegov rad u slučaju većih poremećaja. Za promatranje djelovanje zaštite u VN mreži, u slučaju nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima koji povezuju elektrane sa ostatkom elektroenergetskog sustava, opasnost po gubitak sinhronizma postoji jedino u slučaju HE Đale, budući da je radijalno povezana sa sustavom samo jednim vodom. Granične se vrijednosti kritičnih vremena za kvarove u neposrednoj blizini elektrana smanjuju.



Slika 14. Krivulja njihanja generatora HE Orlovac u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Orlovac-Konjsko (mreža 2010. godine)



Slika 15. Krivulja njihanja generatora HE Đale u slučaju bliskog trolnog kratkog spoja na vodu Đale-Konjsko

Tablica 13. Granične vrijednosti kritičnih vremena (ms) za bliske trolne kratke spojeve na vodovima koji povezuju elektrane s EES-m

Elektrana	T_k (ms)	
	EES 2000. god.	EES 2010. god.
HE Zakućac	260	260
RHE Obrovac	315	265
TE Obrovac	-	215
HE Orlovac	190	190
HE Peruća	315	245
HE Đale	395*	375*
HE Kraljevac (gen. 4)	-	-

* ako je uključen vod Đale-Konjsko u tom vremenu

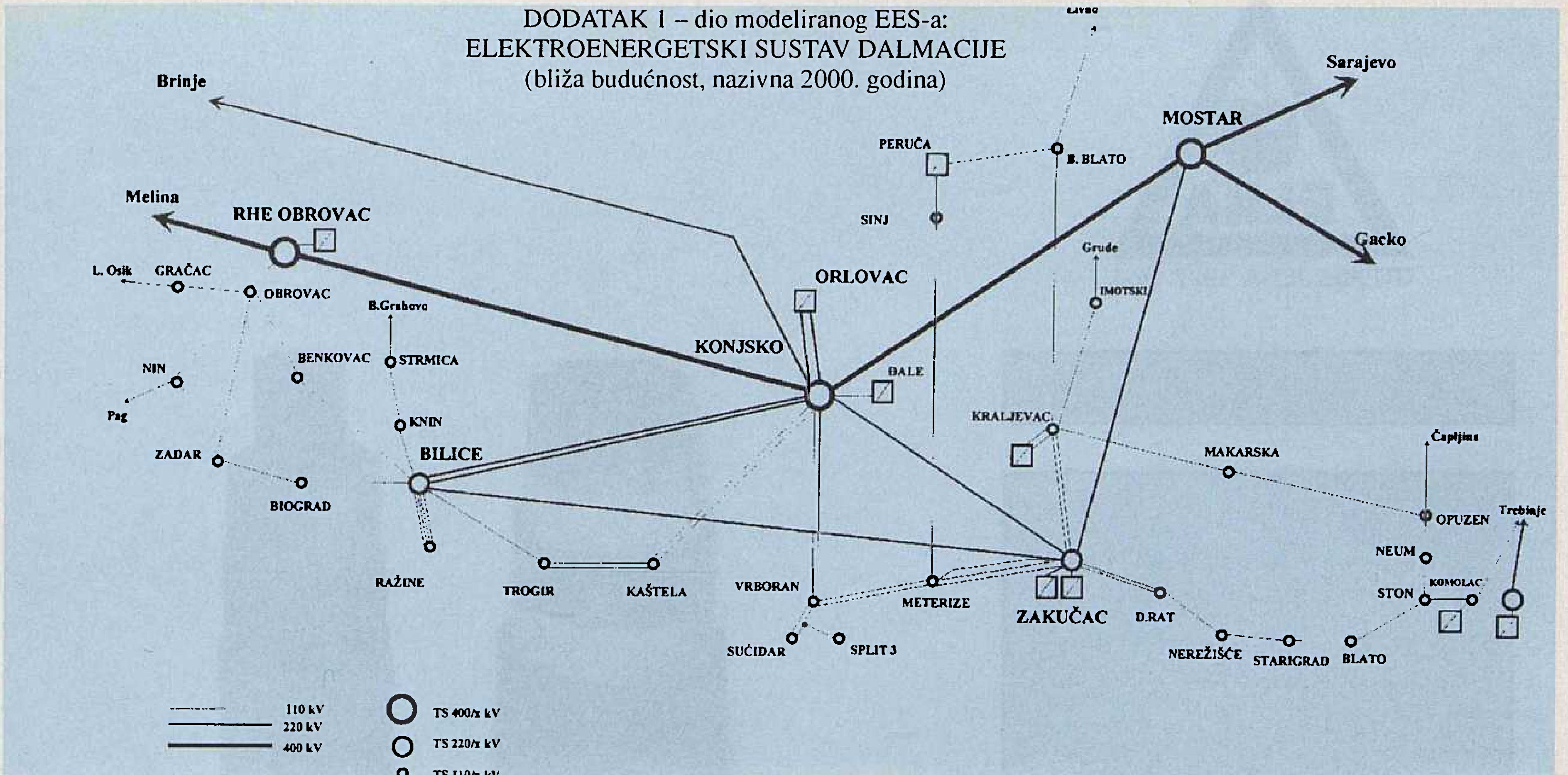
5. ZAKLJUČAK

Analizama prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije za planirani razvoj visokonaponske mreže i izgradnje novih proizvodnih kapaciteta u budućnosti do 2010. godine, određene su krivulje njihanja generatora i granične vrijednosti kritičnih vremena u slučajevima nastanka bliskih trolnih kratkih spojeva na vodovima koji povezuju elektrane sa ostatkom sustava. Uz planiranu revitalizaciju generatora iz prve faze HE Zakućac i HE Peruća, te izgradnje termoelektrane na području Obrovca do 2010. godine, ne postoji opasnost od gubitka prijelazne stabilnosti pri nastanku opisanih kvarova, osim u slučaju HE Đale koja je radijalno spojena sa elektroenergetskim sustavom, ukoliko zaštita u visokonaponskoj mreži ispravno djeluje i isključuje vod u kvaru u vremenu od 100 ms. S razvojem mreže i uvođenjem u pogon termoelektrane u Obrovcu primjećuje se smanjenje

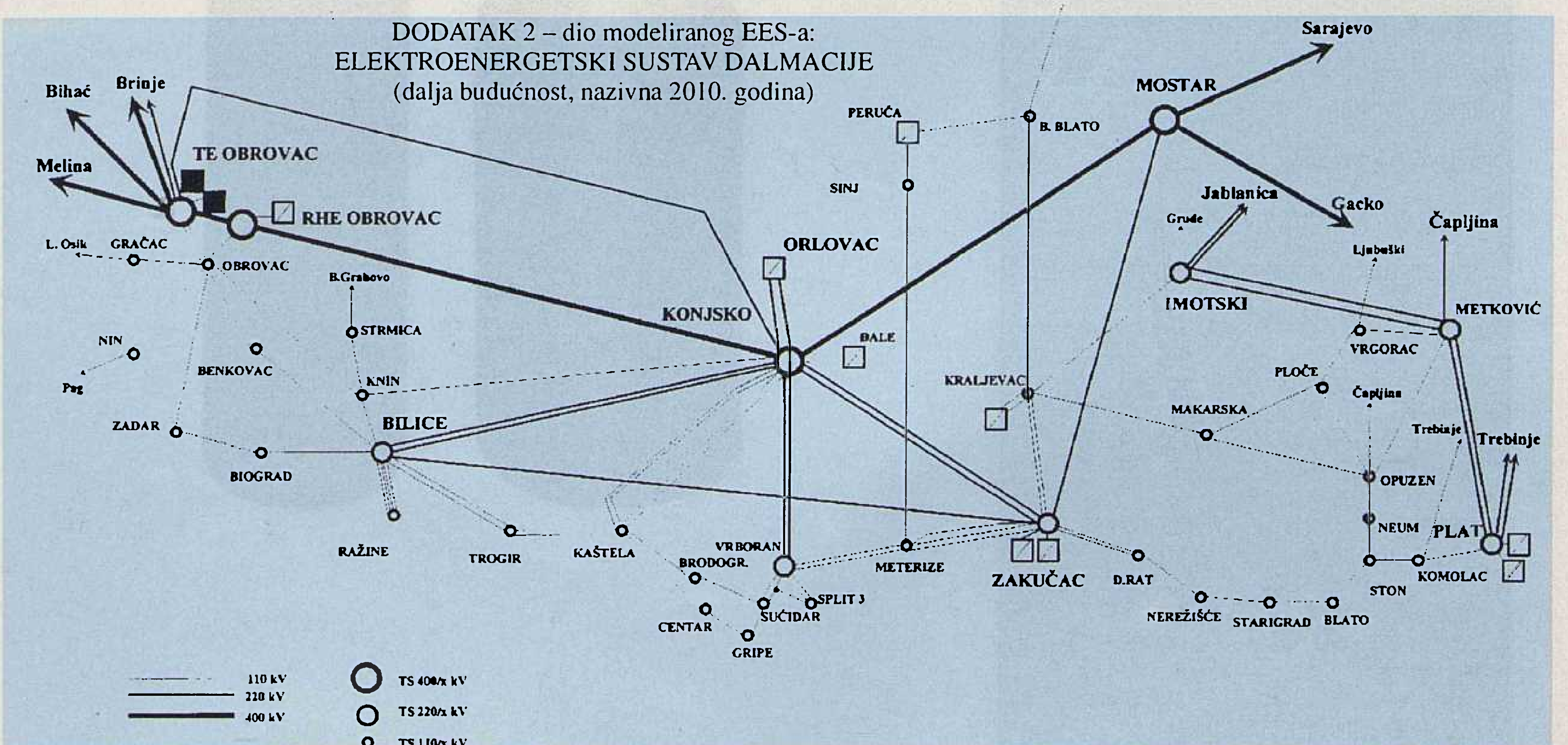
prijelazne stabilnosti sustava, pa je neophodno obratiti pozornost i na taj problem prilikom gradnje novih postrojenja i revitalizacije starih, za koje bi trebalo odrediti optimalne parametre, te primijenjene sustave uzbuđenja generatora i turbinskih regulatora, tako da se postigne zadovoljavajuće ponašanje sustava tijekom prijelaznih stanja uz ekonomsku opravdanost svih investicija. Rješavanje problema viška jalove snage u mreži radom pojedinih generatora u kapacitivnom području, negativno se odražava na povećanje prijelazne stabilnosti sustava kojem bi trebalo težiti, pa bi se rješenje tog problema na drugi način (postavljanje prigušnice i sl.) pozitivno odrazilo na rad sustava tijekom velikih poremećaja. S obzirom da je u ovom članku promatran samo dio problema u radu sustava tijekom prijelaznih stanja potrebno je provoditi daljnje analize prijelazne stabilnosti elektroenergetskog sustava na području srednje Dalmacije, posebno u slučaju izvoza velikih snaga u druge dijelove elektroenergetskog sustava Hrvatske i susjednih zemalja, te u slučaju odabira neke druge lokacije za gradnju termoelektrane.

LITERATURA

- [1] P. KUNDOR: "Power System stability and control", Mc Graw-Hill, 1994.
- [2] PASCOLAB, ABB High Voltage Technologies, Zurich/Switzerland, 1995.
- [3] "Idejni projekt revitalizacije sinkronih generatora, sustava uzbuđenja, blok transformatora i vn kabela u hidroelektrani Zakućac", Končar-Institut za elektrotehniku, Zagreb, travanj 1995.
- [4] "Excitation system and voltage regulators for synchronous Machines", Reference list, KONČAR INEM, Zagreb
- [5] "Turbine Governor, Frva", Technical Description Control principles



Slika 16.



Slika 17.

[6] Dr. MAJSTROVIĆ Mr. E. SUTLOVIĆ, D. BAJŠ, R. GOIĆ, E. MUDNIĆ: "Analiza i određivanje parametara revitaliziranih agregata 1 i 2 HE Zakučac i revitaliziranih agregata HE Peruča s obzirom na zahtjeve elektroenergetskog sustava", Zagreb, lipanj 1996.

DIE ERÖRTERUNG DER EINSCHWINGSTABILITÄT DES KÜNFTIGEN MITTEL-DALMATINISCHEN STROMVERSORGUNGSYSTEMS

Erörtert wurde Eischwingungsstabilität des künftigen mitteldalmatinischen Stromversorgungssystem im Bezug auf die Entwicklung des Hochspannungsnetzes und auf die Errichtung neue Kraftwerke in Kroatien bis zum Jahre 2010. Bestimmt wurden die Schwingungskurven von Generatoren und kritische Zeitspannen für die Fälle der dreipoligen Kurzschlüsse an den Verbindungsleitungen der Kraftwerke mit dem ganzen übrigen Stromversorgungssystem.

TRANSIENT STABILITY ANALYSIS OF THE PLANNED ELECTRIC POWER SYSTEM IN THE REGION OF MID-DALMATIA

The article analyses the future electric power system transient stability in the region of mid-Dalmatia taking into consideration the development of the high-voltage network and new production capacities in Croatia until the year 2010. The swing curves of power generator and boundary values of critical times in the cases of three-phase short circuit on the lines connecting stations with the rest of the electric power system are determined.

Naslov pisca:

**Davor Bajs, dipl. ing.
Energetski institut
"Hrvoje Požar",
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
1996-08-27



UTEMELJENA 1927. god.

PROIZVODNI PROGRAM

- ENERGETSKI KABELI
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI TERMOPLASTIMA
- SAVITLJIVI I INSTALACIJSKI VODOVI I KABELI IZOLIRANI ELASTOMERIMA
- BRODSKI KABELI
- KABELI I KONEKTORI ZA AERODROMSKE INSTALACIJE
- TELEKOMUNIKACIJSKI KABELI
- SIGNALNO-UPRAVLJAČKI, MJERNI I KABELI ZA INFORMATIČKE MREŽE
- RUDARSKI KABELI
- KABELI ZA ZAVARIVANJE
- SPECIJALNI VODOVI I KABELI
- KONFEKCIONIRANI KABELI I VODOVI
- LAKIRANA ŽICA
- ALUMINIJSKA, ALU-ČELIČNA I UŽAD OD ALUMINIJSKIH LEGURA
- ZAŠTITNA UŽAD SA SVJETLOVODNIM NITIMA (OPGW)
- ČELIČNA UŽAD I PRIVEZICE ZA DIZALICE, BRODOVE I DRUGE NAMJENE
- IZOLACIJSKI MATERIJALI



Planeta Zemlja...

Čovjek...

Kabeli...

ELKA d.d.
Tvornica električnih kabela
Žitnjak bb, 10 000 ZAGREB
TEL: 01/ 233 22 00
FAX: 01/22 38 98

ELKA
TVORNICI ELEKTRIČNIH KABELA

DJELOTVORNOST KOORDINACIJSKIH ISKRIŠTA UGRAĐENIH U DV POLJA POSTROJENJA 110 kV

Stjepan Banić — mr. Velimir Ilijanić, Zagreb

UDK 621.31:621.316

PRETHODNO PRIOPĆENJE

U projektiranju prenaponske zaštite visokonaponskih postrojenja i odabira parametara koordinacije izolacije, stručnjaci računaju sa deklariranim karakteristikama koordinacijskih iskrišta. Članak opisuje djelotvornost koordinacijskih iskrišta u ostvarivanju očekivane prenaponske zaštite visokonaponskih postrojenja.

Ključne riječi: atmosferski prenapon, amplituda, strmina, iskrište, djelotvornost, dalekovod, postrojenje.

1. UVOD

Prenaponi u mrežama visokog napona su neizbježni sudionik različitih događaja: sklopnih operacija, naglih promjena opterećenja, raznih kratkih spojeva, udara groma u postrojenja i dalekovode ili u blizini ovih postrojenja. Oni dovode do maksimalnih naponskih naprezanja izolacije i zato predstavljaju osnovu za dimenzioniranje izolacije, i presudno utječu na pouzdanost rada postrojenja i VN sustava kao cjeline. Zato su od cjeline nastanka prvih mreža, tijekom njihovog razvoja i danas, prenaponske pojave predmet istraživanja stručnjaka diljem svijeta.

U svezi sa ovim razvijaju se mnoge naprave, koje se uglavnom temelje na ideji o sklapanju određene impedancije između točaka između kojih se ograničava prenapon. Danas se koriste za ograničenje prenapona odvodnici prenapona i koordinacijska iskrišta, ugrađena na dalekovodu.

2. KRATKA ANALIZA MOGUĆIH ULAZNIH SMETNJI U POSTROJENJE

2.1. Prenaponi atmosferskog porijekla

Prenaponske smetnje atmosferskog porijekla, koji putem dalekovoda mogu naići na postrojenje, mogu nastati uslijed direktnog udara groma u fazi vodiča dalekovoda ili uslijed povratnog preskoka na izolaciji voda, kod udara groma u zaštitno uže ili stup dalekovoda. Najveći broj prenaponskih smetnji događa se kao posljedica povratnog preskoka na dalekovodu, jer se oni ne mogu sasvim izbjeći niti kod malih vrijednosti udarnih otpora uzemljenja stupova. Prenaponi generirani povratnim preskokom na izolaciji dalekovoda su najopasniji po neobnovljivu izolaciju u postrojenju, jer su redovito veoma strmi i gotovo okomitog čela. Povratni preskok na mjestu trase voda, udaljenom od postrojenja, nisu opasni jer su prigušeni uslijed korone.

Strmina upadnog vala se smanjuje prema izrazu;

$$S = \frac{1}{\frac{1}{S_0} + k \cdot x} \quad (1)$$

gdje je:

S – strmina vala nakon prijeđenog puta (x) u kV/ μ sec

S_0 – strmina vala na mjestu povratnog preskoka

x – pređeni put vala

k – koeficijent, za jednožilni vodič

$$k = 1.5 \times 10^{-6} \mu\text{s/kV}$$

Analize događaja pokazuju da poslije kratke udaljenosti, strmina i amplituda vala padnu na polovicu početne vrijednosti.

Međutim, bliski povratni preskoci predstavljaju veliku opasnost po izolacije postrojenja i zavrijeđuju maksimalnu pozornost. Danas se zna da dobro uređena gromobranska zaštita samog postrojenja i dobro postavljena prenaponska zaštita, od upadnog vala bliskih povratnih preskoka, predstavljaju najbolju zaštitu za neobnovljivu izolaciju u postrojenju.

2.2. Sklopni prenaponi

Budući da je u našoj zemlji, zvjezdište mreže efikasno uzemljeno i kako se ne zvjezdište radi o nadzemnim vodovima velikih duljina, mogućnost pojave opasnih sklopnih prenapona je rijetka i postoji samo u specifičnim slučajevima.

Brojne računске analize nadzemnih vodova su pokazale, da su sklopni prenaponi pri jednopolnom automatskom ponovnom uklopu, niži od sklopnih prenapona kod nesimuliranog trolnog uklopa i prenapona kod trolnog ponovnog automatskog uklopa.

Za zračne vode, dužine manje od 100 km, faktor prenapona ne prelazi prevelike vrijednosti ni kod trolnog ponovnog uklopa dalekovoda u praznom hodu.

Međutim, vodeći računa o učestalim naprezanjima izolacije i prenaponima, koji spadaju u dozvoljene, a koji dovode do postepenog slabljenja izolacije, potrebno je prenapone držati na što nižoj razini. Obzirom da je razina sklopnih prenapona u direktnoj vezi sa rasipanjem vremena uklopa polova prekidača, treba nastojati da se redovitim održavanjem rasipanja drže unutar 5 μ sec.

Kao zaštitna sredstva od prenapona primjenjuju se slijedeći uređaji.

- gromobrani
- zemljovodna užad
- zaštitna iskrišta
- odvodnici prenapona

3. KOORDINACIJSKA ISKRIŠTA

Koordinacijska iskrišta su jednostavan i najstariji zaštitni uređaj od prenapona. Sastoje se od dviju elektroda, međusobno razmaknutih na određenu udaljenost. Ugrađuju se na zateznim izolatorskim lancima prvog zateznog stupa, ispred promatranog postrojenja, što je bolje od uobičajenog mjesta ugradnja, na izlaznom portalu postrojenja.

Koordinacijsko iskrište karakterizira:

- volt-sekunda preskočna karakteristika za standardni udarni val oblika 1,2/50 μsec
- podnosivi sklopni val oblika 250/2500 μsec
- podnosivi napon industrijske frekvencije

Karakteristike koordinacijskih iskrišta redovito se utvrđuju ispitivanjem u VN laboratoriju, iako se mogu odrediti i numeričkim postupkom.

Oblik narinutog napona znatno utječe na iznos preskočnog napona iskrišta, tako da većim strminama narinutog napona odgovaraju veći preskočni naponi i obrnuto. Razmak između elektroda treba biti takav da iskrište ne proradi na sklopne prenapone, jer se tada javlja odrezani val velike energije, koji izuzetno napreže neobnovljivu izolaciju u postrojenju. Obzirom na volt-sekundu karakteristiku, uočeno je da iskrišta ne predstavljaju djelotvornu zaštitu od atmosferskih prenapona za neobnovljivu izolaciju mjernih i energetske transformatora.

3.1. Kratak opis prorade iskrišta

Temeljita obrada ove teme zahtijeva obradu fizikalnih procesa nastajanja preskoka kroz zrak kod djelovanjem električnog polja. Tinjavo pražnjenje koje pod određenim uvjetima prelazi u električni luk, predstavlja razaranje zraka kao dielektrika.

U jednom kubičnom centimetru čistog zraka nalazi se oko 500-600 iona. U uvjetima onečišćenog zraka navode se podaci i do 104 iona u 1 cm^3 .

Da uopće dođe do pražnjenja između elektroda, potrebno je da nastanu i razviju se različite faze pražnjenja u međuelektrodnom razmaku, a za to je potrebno određeno vrijeme.

Da u dovoljno jakom polju nastane ionizacija, potrebno je da se između elektroda pojavi početni, inicijalni, elektron koji bi započeo ionizaciju. Vrijeme od početnog elektrona naziva se praznim vremenom kašnjenja. Vrijeme od pojave početnog elektrona do pojave iskričavog pražnjenja, odnosno vrijeme za pojavu lavina, strimera ili lidera, naziva se radnim vremenom pražnjenja. Ukupno vrijeme od početka djelovanja napona do nastanka preskoka naziva se vrijeme do preskoka. Veličina vremena do preskoka ovisi od radnog i praznog vremena kašnjenja pražnjenja. U malim međuelektrodnim razmacima i ravnomjernih poljima, glavnu ulogu u vremenu do preskoka čini prazno vrijeme kašnjenja pražnjenja, a radno vrijeme je kraće. Kod većih razmaka i neravnomjernih električnih polja glavnu ulogu igra radno vrijeme kašnjenja pražnjenja zbog potrebe savlađivanja većeg razmaka. Kao posljedica vremena do pre-

skoka, kod većih razmaka, a posebno kod neravnomjernih električnih polja preskok ovisi o brzini rasta napona, odnosno o strmini narinutog napona. Kod većih strmina brže nastupa korona pa je veća vjerojatnost pojave početnih elektrona kao i brži razvoj lavine, strimera ili lidera. Međutim, i kod primjene jednog te istog napona sa istom strminom, vrijeme do preskoka neće uvijek biti isto. Vrijeme će na osnovi statističkog razvoja upražnjenja imati rasipanje-podložno normalnom zakonu raspodjela. Uzimajući rasipanje od $\pm 3\sigma$, dobijaju se dvije točke između kojih postoji cijeli skup mogućih točaka. Prema teoriji vjerojatnosti ako imamo jedan skup veličina, koje ovise od niza neovisnih faktora, rasipanje vrijednosti treba se pokoravati normalnom – Gausovom zakonu raspodjele. Integralna funkcija raspodjele vjerojatnosti preskočnog napona koji podliježe normalnom zakonu raspodjele je:

$$P(u) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{(u-\bar{u})^2}{2\sigma^2}} dU \quad (2)$$

gdje je:

$P(u)$ – vjerojatnost da je preskočni napon manji ili jednak U

U – srednja vrijednost preskočnog napona

σ – standardna devijacija

Na dijagramu (alika 1) je prikazan stupanj ionizacije zraka u ovisnosti o postignutoj temperaturi uspostavljenog električnog luka.



Slika 1. Prikaz stupnja ionizacije u ovisnosti o postignutoj temperaturi luka

Sa dijagrama se vidi da su na temperaturama preko 24000°K sve molekule ionizirane. Za temperature od 4000°K do 15000°K, koji se postižu u stupu električnog luka, stupanj ionizacije je niži.

Stupanj ionizacije u električnom luku dan je jednadžbom:

$$\frac{m^2}{1-m^2} = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{T^{2,5}}{p} e^{-\frac{U_i}{kT}} \quad (3)$$

gdje je:

$$m = \frac{N_i}{N} \text{ – stupanj ionizacije}$$

N_i – broj ioniziranih molekula

N – broj neioniziranih molekula

T – temperatura

p – tlak

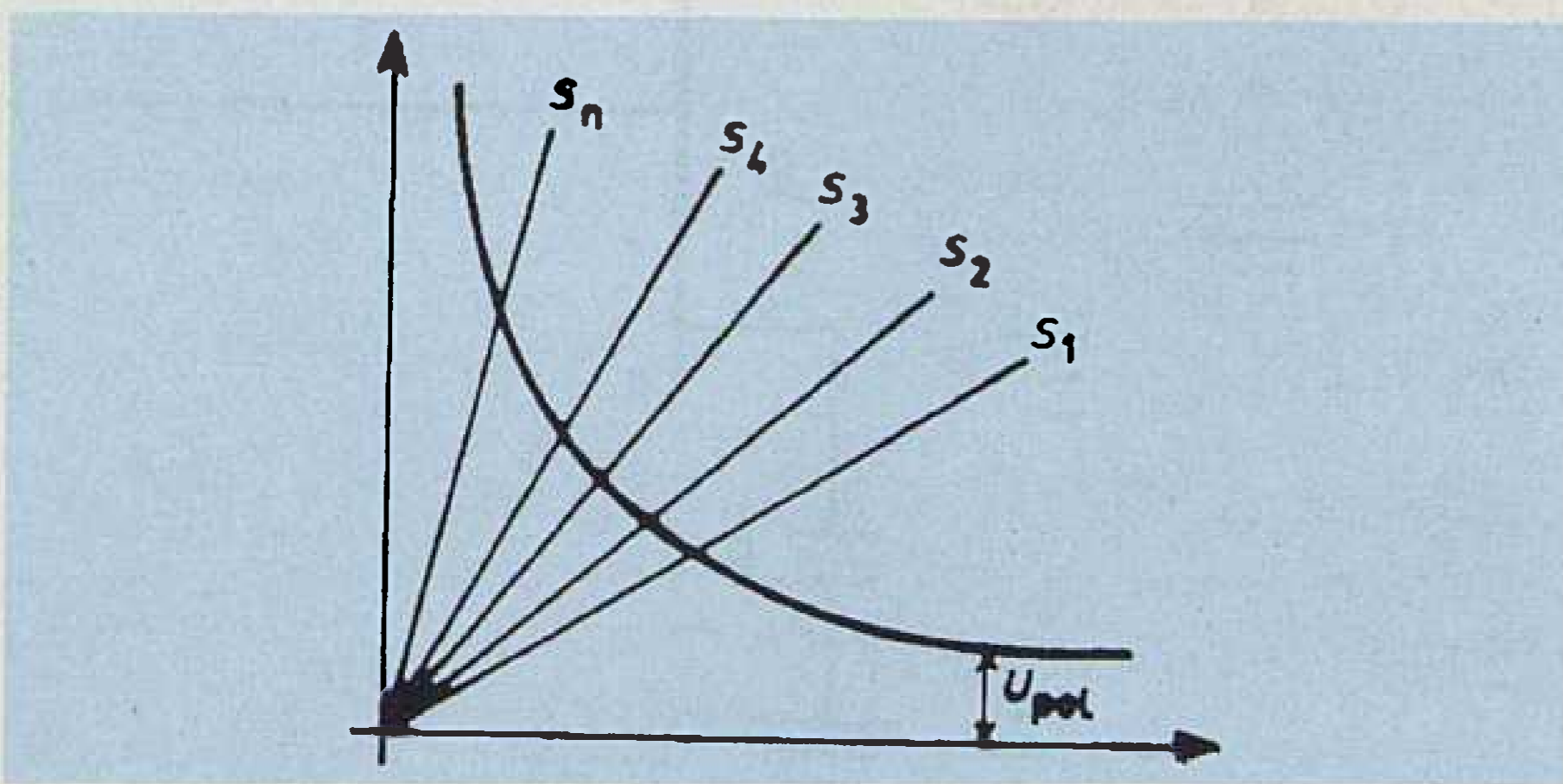
U_i – napon ionizacije

k – Boltzmannova konstanta
1,380 · 54x10⁻²³ JK⁻¹

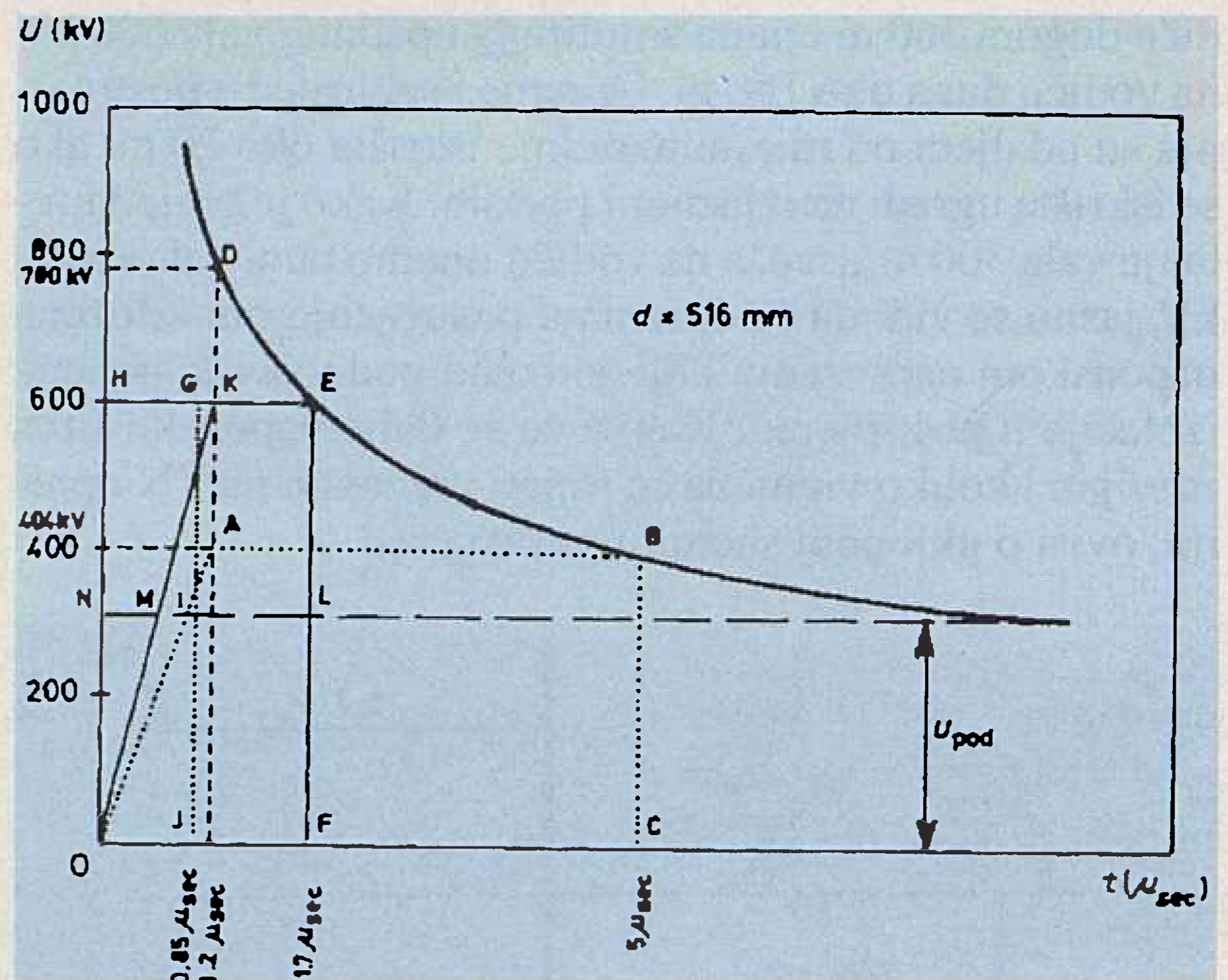
S praktične strane važno je znati vrijednost napona pri kojem nastupa preskok u zraku. Vrijednost preskočnog napona u zraku ovisi o razmaku elektroda, oblika elektroda koji određuju oblik polja i od oblika i trajanja napona, koji to polje stvara. Preskočni napon ima statističku zakonitost, odnosno, preskočni napon ima izvjesno rasipanje. Kako naponi koji djeluju između elektroda imaju različite oblike i vrijeme trajanja, izvršena je podjela napona:

- naponi koji potječu od atmosferskih pražnjenja
- naponi koji nastaju pri sklapanju
- naponi industrijske frekvencije
- istosmjerni naponi.

Na slici 2 dana je karakteristika koja predstavlja ovisnost amplitude preskočnog napona na međuelektrodonom razmaku, u ovisnosti od strmine narinutog napona. Ova karakteristika se naziva volt-sekunda karakteristika. Sa slike se vidi da se porastom strmine opada vrijeme do presko-



Slika 2. Ovisnost preskočnog napona o strmini napona



Slika 3. Volt-sekundna karakteristika za razmak 516 mm

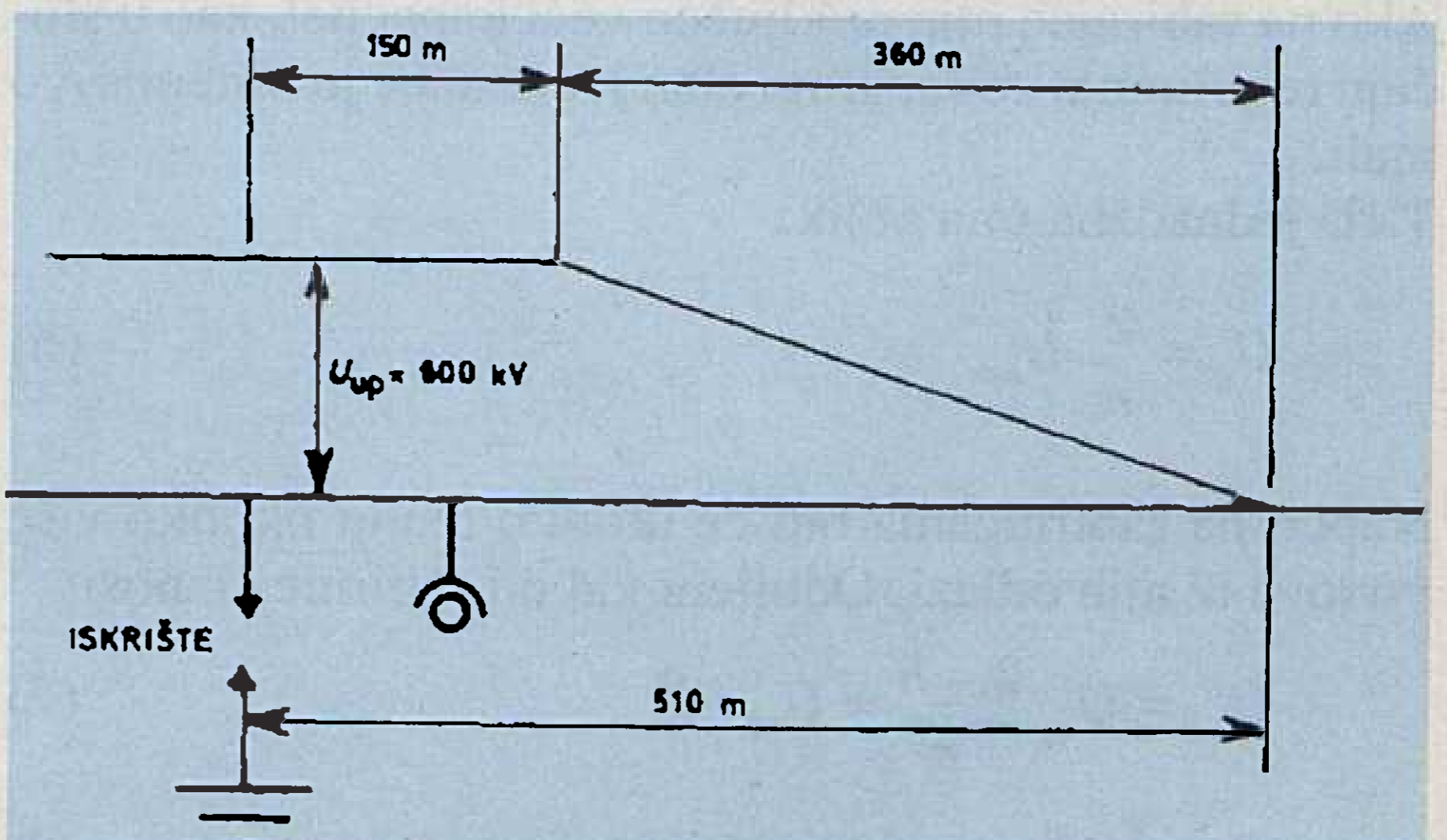
ma postavljenim zahtjevima, mnogi problemi prenaponske zaštite bili bi riješeni.

Međutim, analizom ove problematike, opažaju se nedostaci u ostvarivanju očekivane zaštite neobnovljive izolacije u elektroenergetskim postrojenjima.

Na slici 3. prikazana je volt-sekundarna karakteristika za razmak elektroda 516 mm koji se može upotrijebiti u mreži 110 kV. Krivulja je dobivena eksperimentalnim ugleđom u laboratoriju za visoki napon, a može se dobiti i računskim putem.

Sa slike vidimo da amplituda preskočnog napona treba biti 780 kV da iskrište proradi za 1,2 μsec. Također se vidi da za amplitudu napona 404 kV, vrijeme prorade iznosi oko 5 μsec. Ovo je potvrđeno kod svih ispitivanja iskrišta u laboratoriju za visoki napon.

Promatrajmo atmosferski val, standardnog bolika, amplitude 600 kV koji dolazi faznim vodičem na ovo iskrište. Podnosivi udarni napon u 110 kV mreži iznosi 550 kV. Kada val stigne na mjesto ugradnje iskrišta, počinje naponsko opterećivanje između elektroda. Za amplitudu 600 kV vrijeme prorade iskrišta je oko 1,7 μsec. Površina četverokuta OKEF u nekom omjeru predstavlja energiju potrebnu za proradu iskrišta. Kako je brzina kretanja vala oko 300 m/μsec, val će doći dalje od iskrišta za 510 m prije no što iskrište proradi. Na slici 4. prikazana je naponska slika upadnog vala, neposredno prije prorade iskrišta. Vidi se da je pored iskrišta prošlo čelo vala, na vo-



Slika 4. Naponska slika na vodu neposredno prije prorade iskrišta

4. ANALIZA RADA ISKRIŠTA U 110 kV MREŽI

Da bi izolacija izdržala potrebne zahtjeve uveden je pojam koordinacija izolacije, koja se sastoji u izboru dielektrične čvrstoće opreme u odnosu na prenapone koji se mogu pojaviti u mreži. Koordinacija izolacije predstavlja usklađenje izolacionih i zaštitnih nivoa sa ciljem da se smanji oštećenje izolacije.

Jedna od najjednostavnijih zaštita od prenapona su koordinaciona zaštita iskrišta na izolatorskim lancima pri ulasku dalekovoda u postrojenja ili na prvom stupu od postrojenja.

Razmak elektroda kod koordinacionih iskrišta, prema naponskim nivoima, kreće se oko slijedećih vrijednosti:

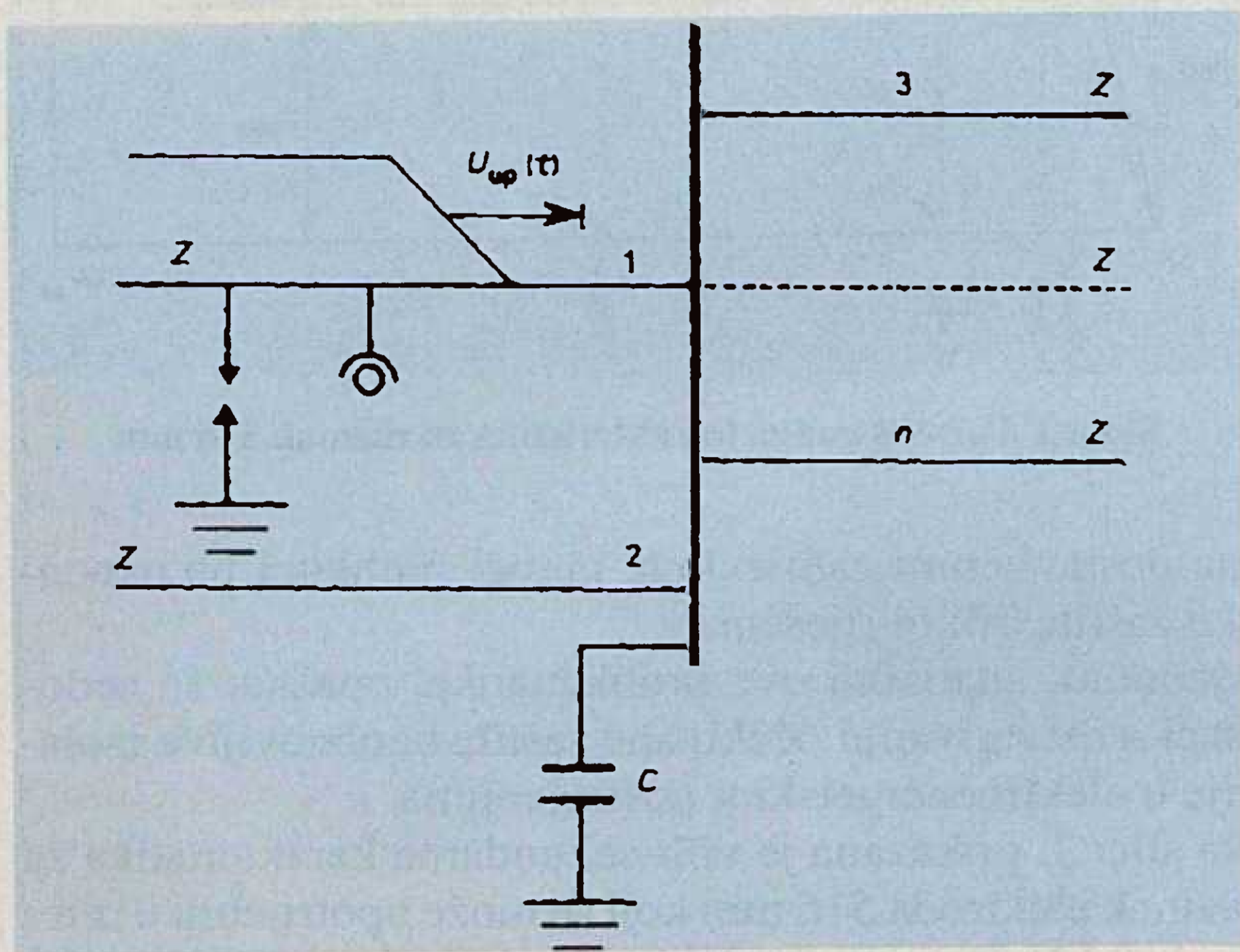
- S_{123} 550 mm
- S_{1245} 1260 mm
- S_{1420} 1750 mm

Ovim razmacima odgovaraju 50% preskočni naponi, za standardni atmosferski val, oblika 1,2/50 μsec;

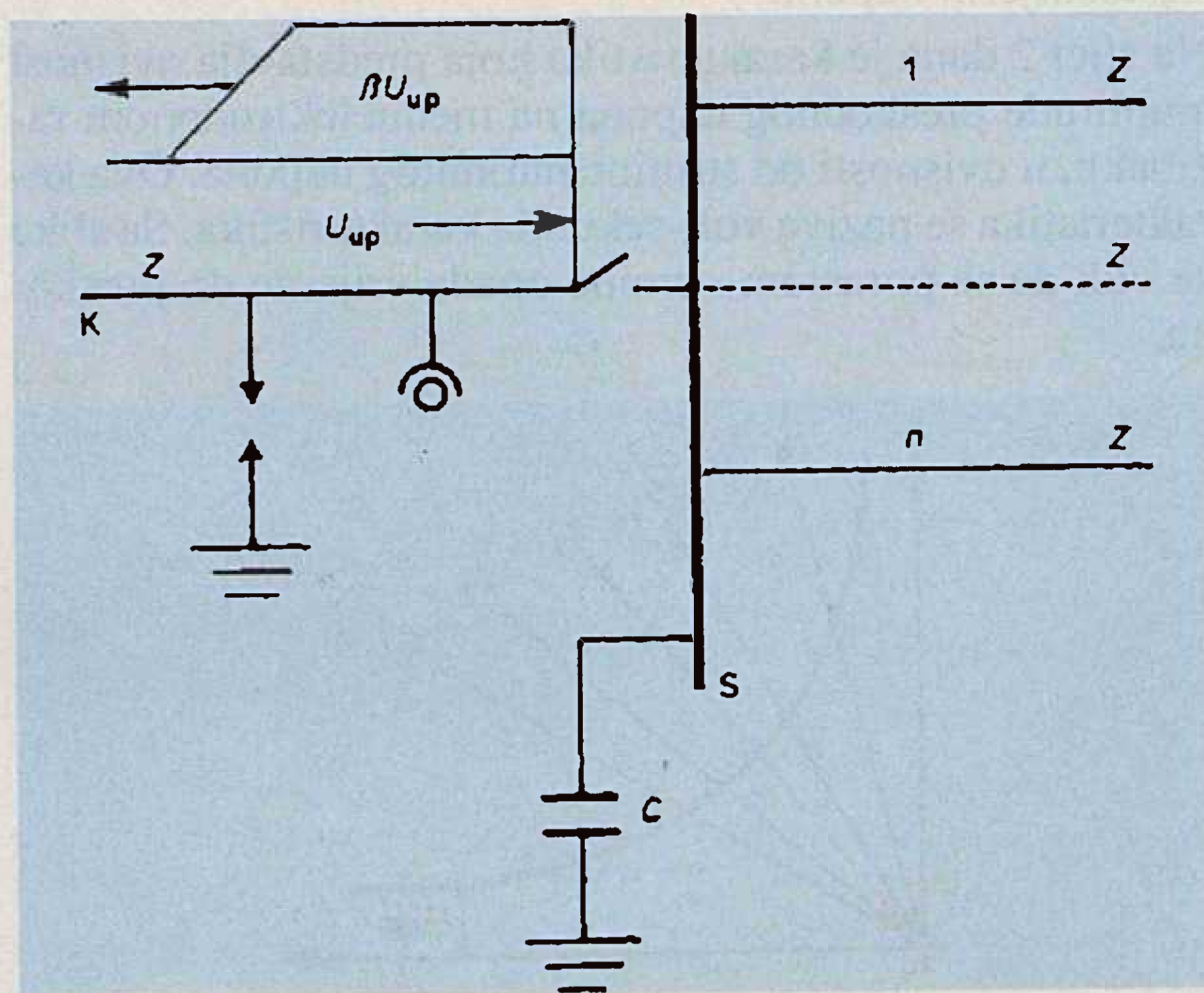
- 404 kV – razmak elektroda 516 mm
- 782 kV – razmak elektroda 1260 mm
- 1136 kV – razmak elektroda 1750 mm

Sa svim preskočnim naponima ostvaruje se zadovoljavajući faktor zaštite izolacije u elektroenergetskim postrojenjima 110 kV, 220 kV i 400 kV mreže. Stručnjaci koji vode ovu problematiku računaju sa ovim faktorom zaštite koordinacijskih iskrišta. Za manje razmake između elektroda računaju se još veći faktori zaštite. Kada bi iskrišta zaista ograničavala amplitude atmosferskih prenapona pre-

diču dugom 360 m i puna amplituda upadnog vala 600 kV na vodiču duga oko 150 m. Oprema i sabirnice u postrojenju su udaljeni od mjesta ugradnje iskrišta oko 20 m, ako se iskrište ugradi na izlaznom portalu. Kako je brzina kretanja vala 300 m/ μ sec, a na vodiču imamo puni val od 600 kV, jasno se vidi da će oprema u postrojenju biti izložena naponskom naprezanju koje je iznad podnosivog napona izolacije u postrojenju. Kakva će se dalje naponska slika razvijati i koliko vremena će trajati prenapon na VN opremi, ovisi o uklopnoj shemi u postrojenju.

Slika 5. Dolazak vala na n priključnih vodova u postrojenju

Gdje je β faktor refleksije i ovisi o broju vodova priključenih u postrojenju. Ako je broj vodova veći od 2, faktora refleksije je manji od jedinice i negativan je. Tada će reflektirani val smanjivati napon upadnog vala. Za upadni val koji ima veće trajanje čela, odnosno manju strminu, upadni val će se poništiti i iskrište neće imati uvjete ni potrebe za proradu. Najgori slučaj je kada imamo samo jedan vod ili ako je vod otvoren na kraju. Tada je faktor refleksije pozitivan i jednak jedinici, što znači da bi se reflektirani val pribrojio upadnom valu. Tada imamo naponsku sliku kao na slici 6.



Slika 6. Dolazak standardnog vala na otvoreni vod

Kada val stigne do sabirnica postrojenja njegovo ponašanje ovisi od ekvivalentne valne impedancije u postrojenju.

Za n priključnih vodova, iste valne impedancije, napon na sabirnicama iznosi

$$U_s = \frac{2}{n} U_{up} (1 - e^{-t/T}) \quad (4)$$

$$T = \frac{Z \cdot C}{n} \quad (5)$$

gdje je:

- U_s – napon na sabirnicama
- U_{up} – napon upadnog vala
- n – broj dalekovoda priključenih na sabirnice
- T – vremenska konstanta
- t – vrijeme
- C – kapacitet priključen na sabirnice

Ako na sabirnice nije priključen veći kapacitet, kao u slučaju reguliranja $\cos\phi$, drugi član jednadžbe je zanemarivo mali.

Tada jednadžba ima oblik:

$$U_s = \frac{2}{n} U_{up} \quad (6)$$

Napon na sabirnicama biti će utoliko manji ukoliko više vodova iz njih odlazi. Odbijeni val od sabirnica iznosi:

$$U_{od} = U_{up} \frac{2-n}{n} = U_{up} \cdot \beta \quad (7)$$

$$\beta = \frac{2-n}{n} \quad (8)$$

Vidi se da će napon iskrišta narasti do $2U_{up}$ odnosno 1200 kV i može se očekivati prorada iskrišta, kada reflektirani val stigne do iskrišta, prema slici 3. Najkraće vrijeme izloženosti opreme prenaponu od 600-1200 kV iznosi 0,1333 μ sec.

Direktni udari struje groma u fazne vodiče su rijetki. Oni nisu tako opasni jer redovito imaju relativno manju strminu. Prema elektrometrijskom modelu, mogući su direktni udari u fazni vodič struja groma do 10 kA.

Najveći broj prenaponskih smetnji događa se kao posljedica povratnog preskoka na dalekovodu, jer se oni ne mogu sasvim izbjeći niti kod malih vrijednosti udarnih otpora uzemljenja stupova. Prenaponi generirani povratnim preskokom na izolaciji dalekovoda su najopasniji po neobnovljivu izolaciju u postrojenju, jer su redovito veoma strmi i gotovo okomitog čela.

Promatramo upadni val, nastao bliskim povratnim preskokom na dalekovodu, amplitude 600 kV sa omomitim čelom. Kada ovaj val dođe do iskrišta, sa razmakom elektroda 516 mm, potrebna energija za proradu iskrišta je približno ista kao četverokuta OKEF sa slike 3. Kako je čelo okomito, površina četverokuta HGIN približno jednaka četverokutu MKEL, postiže se u točki G kojoj odgovara vrijeme prorade iskrišta oko 0,85 μ sec.

Pristup jednakih površina iznad U_{pod} koriste vodeći stručnjaci u svijetu, u suvremenom modeliranju kod proračuna programom EMTP [8].

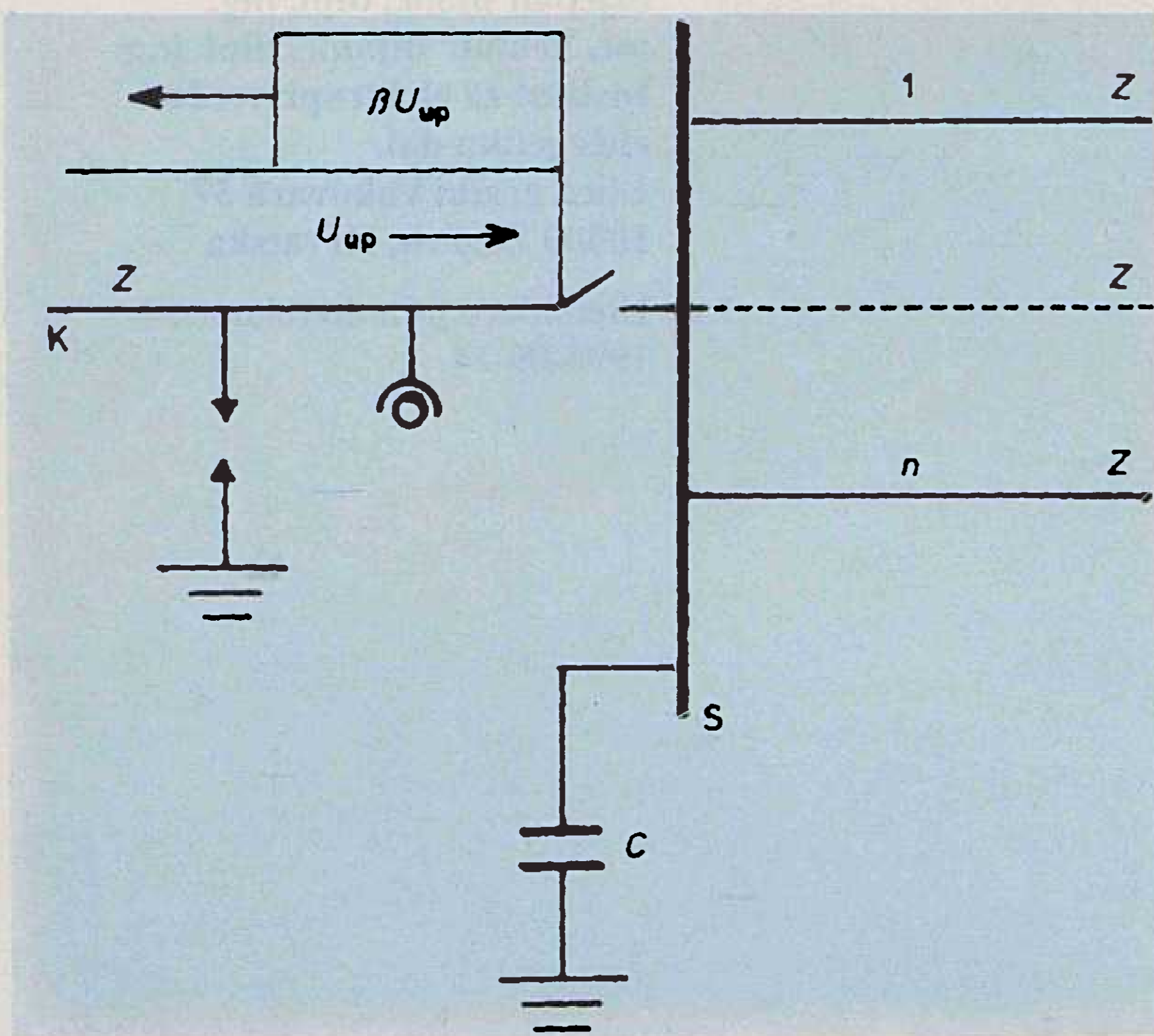
$$A = \int_{t_2}^{t_1} [U(t) - U_{pod}]^n dt \quad (9)$$

gdje je:

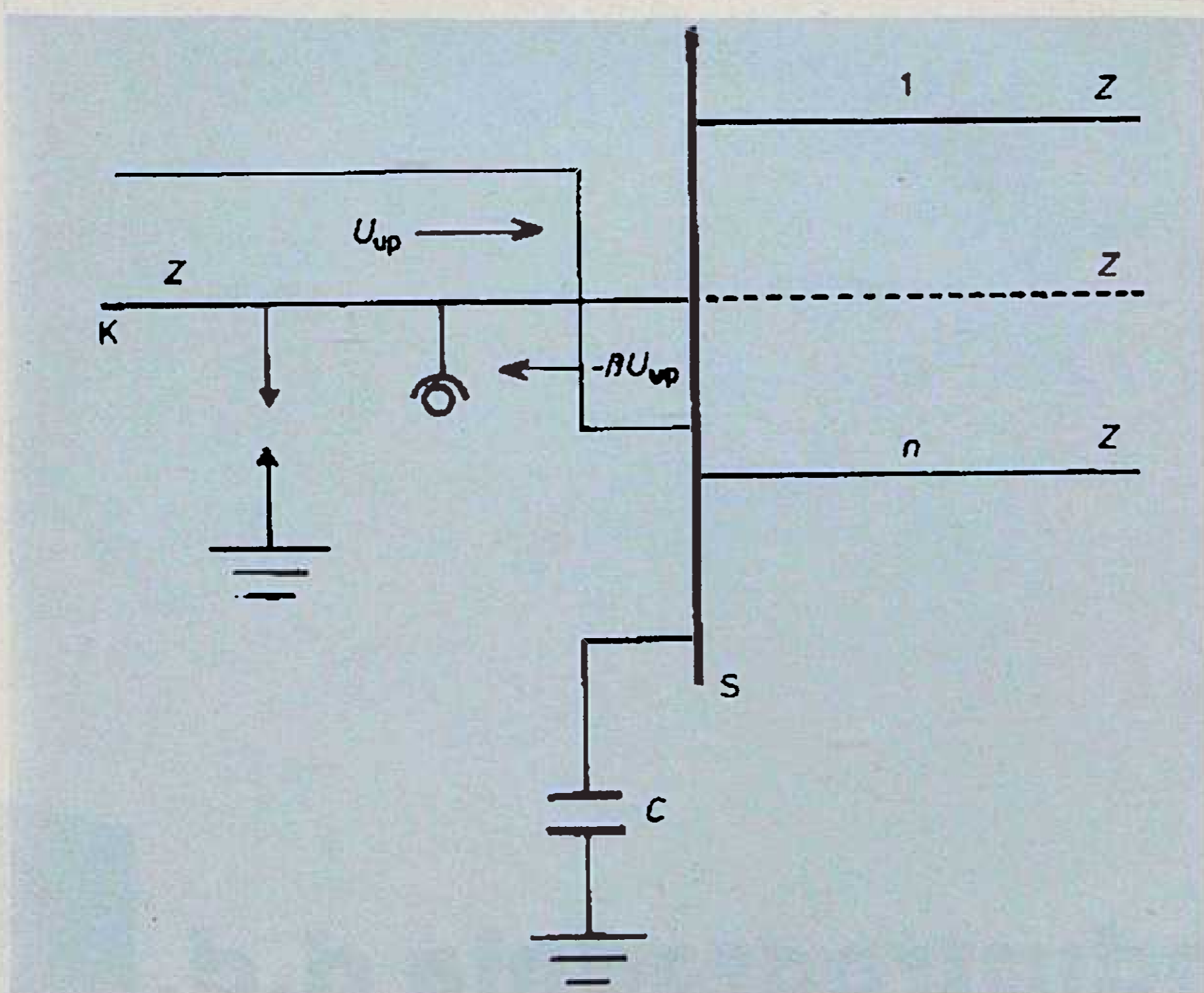
- A – konstantna površina za jedan razmak elektroda
- $U(t)$ – napon upadnog vala
- U_{pod} – podnosivi napon izolacije
- n – konstanta bliska jedinici

Kako je iskrištu potrebno do prorade oko 0,85 μsec , val amplitude 600 kV će proći mjesto ugradnje iskrišta za oko 255 m. Ako imamo samo jedan vod ili ako je vod otvoren na svom kraju, faktor refleksije β je pozitivan i jednak jedinici, kada imamo reflektirani val koji se zbraja upadnom valu. Ukupan napon na vodiču jednak je 1200 kV. Kada reflektirani val stigne do mjesta ugradnje iskrišta, prema slici 3., može se očekivati prorada iskrišta. Najkraće vrijeme izloženosti opreme prenaponu od 1200 kV je 0,1333 μsec . Naponska slika ovoga primjera prikazna na slici 7.

Promatramo sada slučaj upadnog vala, nastao bliskim pov-



Slika 7. Dolazak vala s okomitim čelom na otvoreni vod



Slika 8. Dolazak vala sa okomitim čelom na postrojenje sa n priključenih vodova

ratnim preskokom na dalekovodu, amplitude isto 600 kV i okomitog čela koji dolazi dalekovodom na postrojenje na n priključenih dalekovoda. Tada je faktor refleksije β negativan i reflektirani val poništava upadni val. Naponska slika prikazana je na slici 8.

Upadni val amplitude 600 kV, prema slici 3. prođe mjesto ugradnje iskrišta, i dođe do sabirnica. Nekad imamo dovoljan broj dalekovoda na sabirnicama da faktor refleksije bude negativan i jednak jedinici. Tada reflektirani val potpuno poništava upadni val i iskrište neće stići proraditi. Ako je VN oprema udaljena od sabirnica oko 15 m, tada je vrijeme izloženosti opreme amplitudi prenapona 600 kV jednako vremenu putovanja vala od mjesta ugradnje VN opreme do sabirnica i nazad. Ovo vrijeme iznosi 0,1 μsec . Ovdje je analiziran atmosferski val amplitude 600 kV. Za druge amplitude upadnog vala dobiju se slični rezultati samo sa različitim vremenima trajanja vala i različitim amplitudama rezultatnog vala.

Iz ove analize proizlazi da, bez obzira na uklopno stanje postrojenja, koordinacijska iskrišta ne zaštite ili potpuno ne zaštite mjerne transformatore u izlaznim poljima postrojenja. Kratkotrajno naprezanje neobnovljive izolacije mjernih transformatora, velikim amplitudama i velikim strminama, dovode do degradacije izolacije i ubrzanog starenja izolacije. Izolacija ako i ne probije u nekom od ovih događaja, može doći u takvo stanje da do proboja dođe kod normalnog pogonskog napona.

Autori će u nekim od slijedećih brojeva, cijenjenog našeg lista Energija, dati analizu iskrišta u mreži 220 kV i 400 kV, prijelazni prenaponski proces na mjernim transformatorima i mjere za eliminiranje iznijetih tehničkih problema.

5. ZAKLJUČAK

- [1] Iznijeta analiza kazuje da prenaponi nastali pražnjenjem struje groma u fazne vodiče ili gromobransku zaštitu dalekovoda, ugrožavaju neobnovljivu izolaciju u postrojenju i pored ugrađenih koordinacijskih iskrišta.
- [2] Koordinacijska iskrišta ne ostvaruju očekivanu zaštitu VN opreme od prenapona atmosferskog podrijetla, a posebno kod prenapona nastalih bliskim povratnim preskocima na zračnim dalekovodima.
- [3] Za postrojenja sa malim brojem priključenih dalekovoda, a posebno za krajnje postrojenje, opasnost od atmosferskih prenapona je veća, mada nije otklonjena i u postrojenjima sa više dalekovoda.
- [4] Prikazivanje koordinacijskih iskrišta sa svojom zaštitnom zonom, u obradi prenaponske zaštite i koordinacije izolacije, ovom analizom dovodi se pod sumnju.
- [5] Degradacija neobnovljive izolacije mjernih transformatora, koji su najviše ugroženi u iznijetoj analizi, može dovesti do kvara mjernih transformatora i kod normalnih pogonskih uvjeta.
- [6] U istraživanju uzroka kvara mjernih transformatora najčešće se ukazuje na kvalitetu proizvođača ili nebrigu u održavanju opreme. Mada su ovo važni faktori može se zaključiti da i pored dobre kvalitete ovih komponenata oprema može biti ugrožena.
- [7] Iz iznijetog proizlazi da je jedina zaštita od prenapona atmosferskog podrijetla metalooksidni odvodnici prenapona ugrađeni u dalekovodna polja.

LITERATURA

- [1] M. PADELIN: Tehnika visokog napona
- [2] A. J. ERIKSON: The incidence of lightning strikes to power lines, IEEE Trans, Vol. PWRD-2, No 3. July 1987.
- [3] A. J. ERIKSSON: "An improved electrogeometric model for transmission lines shielding analysis", IEEE Trns, Vol. PWRD 2, No 3. July 1987.
- [4] IEEE Working Group: "A Simplified Method for Estimating Lightning Performace of Transmission LInes, IEEE, PAS 1984, Washington, 17 July 1984.
- [5] V. ILIJANIĆ S. BANIĆ, M. MEHMEDOVIĆ: "Analiza i rješenje sistema prenaponske zaštite postrojenja HE Senj", Ožujak 1996.
- [6] F. HOFBAUER: The protection or high voltage substations against lightning
- [7] S. SADOVIĆ: "Održavanje prenaponskih karakteristika VN postrojenja i dalekovoda kod atmosferskog pražnjenja", Bled, Svibanj 1989.
- [8] M. DARVENIZA: "Modeling for lightning performance calculations, IEEE Vol. PAS-98, No, 6 Nov./des. 1979.

EFFICIENCY OF THE COORDINATED GAPE DISTANCES BUILT IN THE SUBSTATION FEEDER BAY

When designing the overvoltage protection of the high-voltage substations and choosing the parameters of the insulation coordination, experts use agreed-upon characteristics of coordinated gape distances. The paper describes the efficiency of the coordinated gape distances in the realisation of the expected overvoltage protection of the high-voltage substations.

DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT EBGESTIMMTER IN FERNLEITUNGSFELDER DER ANLAGEN EINGEBAUTER SCHUTZFUNKENSTRECKEN

Beim Entwerfen des Überspannungsschutzes der Hochspannungsanlagen und bei der Wahl von Parametern der Isolationsabstufung führen die Fachleute die Berechnung mit den verbindlich angegebenen Kennziffern für abgestimmte Schutzfunkensrecken durch. Dieser Artikel stellt die Wirksamkeit abgestimmter Schutzfunkensrecken auf die Verwirklichung des erwarteten Überspannungsschutzes von Hochspannungsanlagen dar.

Naslovi pisaca:

Stjepan Banić, dipl. ing.
mr. Velimir Ilijanić, dipl. ing.
 Institut za elektroprivredu i
 energetiku d.d.
 Ulica grada Vukovara 37
 10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-09-24.

industrogradnja d.d.



PLANIRANJE RAZDJELNIH MREŽA KORIŠTENJEM ZEMLJOPISNOG INFORMACIJSKOG SUSTAVA (GIS)

Dr. sc. Slavko Krajcar — Dr. sc. Davor Škrlec — Mr. sc. Snježana Blagajac, Zagreb

UDK 621.316.1:681.3
PREGLEDNI ČLANAK

Zemljopisni informacijski sustav (engl. GIS – Geographic Information System) predstavlja integrirani sustav računalno podržane kartografije i relacijskih baza podataka. Elektroenergetski sustav sa svojom prostornom prožetošću među prvima je tehnološkim sustavima s nedvojbenom opravdanošću uvođenja GIS-a. Rad opisuje osnovne pojmove GIS-a i mogućnosti primjene u planiranju razdjelnih mreža proisteklih iz iskustava primjene GIS-a na Zavodu za visoki napon i energetiku, Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu.

Ključne riječi: zemljopisni informacijski sustav (GIS), razdjelna mreža, optimiranje, planiranje.

1. UVOD

1.1. Jesu li Columbo ili Magellan imali GIS?

Što je GIS? Je li Gis samo računalom podržan prikaz podataka koj se susreću sa zemljovidima? Je li svaka karta koja se prikazuje na računalu GIS? Jesu li svi alati koji se danas pojavljuju na tržištu GIS alati? Je li to pomodnost? Je li...?

Pomorska i kopnena putovanja, reguliranje vlasništva na određenom teritoriju i državnog teorija, zajedno s razvitkom astronomije, razvila su granu znanosti koja je danas poznata pod nazivom kartografija. Prvi sačuvani zemljovidi su iz 12. stoljeća prije Krista nastali u starom Egiptu za vrijeme vladavine Ramzesa II. Povjesničari smatraju da je čak i ranije, zbog civilizacijske razine, u Babilonu morao postojati neki način takvog opisivanja svijeta. Tijekom stoljeća, ovisno o organizaciji društva, zemljovidi su od početka slikovnih prikaza krajolika postajali sve precizniji, čemu je znatno pridonio razvoj matematike i geometrije. Sve do 19. stoljeća zemljovidi (odnosno zemljopisne informacije) koristili su se za potrebe putovanja, poslova katastra, u svrhu skupljanja poreza i vojnih potreba. Povećanjem gradova i njihove potrebe za energijom (plin, voda, struja), razvoj i izgradnja komunikacija (ceste, željeznica, telefon i telegraf) zahtjevala je planiranje njihove izgradnje te poznavanje točnih informacija o izgrađenoj infrastrukturi, a točnost podataka bila je zagarantirana topografskim podacima. Sve do pojave suvremenih **zemljopisnih informacijskih sustava (GIS)** podaci su se obrađivali ručno i pohranjivali na papirnatim zemljovidima. Svaki i najmanji zahvat nad promeжном informacijom zahtijevao je golem ljudski trud i veliku količinu materijalnih dobara.

Znanstveno-tehnološki napredak uzrokovao je bitnu promjenu načina prikupljanja, obrade i prezentacije podataka u prostoru. Svoj doprinos razvoju GIS-a dali su **CAD sustavi za računalno podržano projektiranje, i računalno podržana kartografija-AM/FM (Automated Mapping/Facility Management)**. **Zemljopisni informacijski sustav** je



Slika 1. Hrvatska na zemljovidu Europe. Je li njezino pojavljivanje zbog ručne obrade zemljovida? Ne u Europi nego u Hrvatskoj!

prema općoj definiciji *integrirani sustav sklopovlja, računarski alata, korisničke programske podrške, a u svrhu sakupljanja, organiziranja, rukovanja, analize, modeliranja i prikaza prostornih podataka s ciljem rješavanja složenih problema analize i planiranja*. GIS radi s prostornim podacima koji su opisani topologijom i atributima, i prikazani u vektorskom ili rasterskom obliku. Po načinu organizacije podataka razlikujemo sustave koji koriste tehnologiju prostornih slojeva, ili modernije, koji imaju objektni pristup pohranjivanja i manipuliranja prostornih podataka. Danas gotovo da nema ljudske djelatnosti u kojoj se GIS ne primjenjuje ili se ne može primijeniti. Osim u vojnoj uporabi (kartiranje, daljinsko istraživanje, simulacije vojnih akcija) GIS je postao nezaobilazan pomoćni alat u energetici, industriji, telekomunikacijama, geologiji, za-

štiti okoliša, prostornom uređenju i geologiji. Interdisciplinarnost koju omogućava GIS putem novih metoda prikupljanja i analiziranja, promiče postojeće statističke metode pa postaje nezamjenjiv u zdravstvu, poljoprivredi i šumarstvu (praćenje i vrednovanje stanja tla i poljoprivrednih kultura), financijama (gospodarstvo, turizam, promet), klimatologiji i demografskim istraživanjima.

1.2. Prostorna informacija ili informacija o prostoru

Svojstva koja razlikuju neki prostorni informacijski, npr. komunalni (elektroenergetska razdjelna mreža, plinska mreža, vodovodna mreža) u odnosu na ostale, npr. bankarski, skladišni ili slični informacijski sustav, je potreba da se u bazu podataka zabilježe zemljopisne informacije. Ovakav prostorni informacijski sustav zahtijeva dvije vrste zemljopisnih informacija: informacije o smještaju elemenata i informacije o prostornim odnosima među njima. Najčešće se smještaj elemenata iskazuje u apsolutnom koordinatnom sustavu, bilježeći položaj u 2. ili 3. dimenzionalnom prostoru. Prostorni odnosi predstavljaju simulacije ili modeliranja koja se odnose na povezanost unutar neke mreže i najbolje se rješavaju pomoću topologije: bezkoordinante ili bez-mjerne geometrije. U tom slučaju geometrija prostora može biti topološki ekvivalentna, a da stvarno predstavlja potpuno različitu koordinatnu strukturu. Osnovna je prednost topološke strukture što nas oslobađa potrebe koordinatnog registriranja elemenata – kuća, parcela, cesta, kabela, zračnih vodova i sl. – a da ipak možemo manipulirati njima. To je značajno zbog toga što su kod mnogih operacija prostorne analitike bezkoordinatni topološki algoritmi puno efikasniji od metričkih ekvivalenata.

Moderni informacijski sustavi u smislu primjene dijele se na nekoliko funkcionalnih cjelina, najčešće su sljedeće:

- računalom podržana kartografija koja ima funkciju rukovanja kartografskim podacima (digitalni model katastra),
- relacijska baza podataka koja ima funkciju rukovanja podacima pridruženih grafičkim simbolima,
- zemljišni informacijski sustav koji sadrži specifične zemljopisne i lokacijske reference (katastarske čestice, zgrade, ulice i sl.),
- topološka struktura podataka koja omogućava prostorne relacije između čvorišta, linija i poligona, dakle objekte u stvarnom svijetu i
- prostorne analize, pretraživanja i grafičkog prikazivanja.

U smislu primjene zemljopisnog sustava susrećemo ga u mnogim granama ljudske djelatnosti. Činimo li podjelu mogla bi izgledati ovako:

- sustav za obradu podataka: izrada zemljovida, 3D vizualizacija;
- informacijski sustavi: javne službe, dokumenacija;
- gospodarski sustavi: pogon i održavanje raznih vrsta mreža, gospodarenje raznim resursima;
- sustavi za planiranje: planiranje cestovnih i komunalnih mreža (plin, voda, elektroenergetika i sl.).

1.3. Kako prepoznati moderni GIS?

Moderni zemljopisni informacijski sustav sadrži informacije o tri aspekta topologije prostora: *djeljivost (zajedništvo)*, *povezanost i susjedstvo (kontinuitet)*. Ostale topolo-

ške informacije se najčešće izvode iz ovih osnovnih.

Djeljivost (zajedništvo) označava osobinu prostornih objekata da pripadaju većem broju prostornih objekata više razine, npr. rub zgrade je ujedno i granica parcele. Djeljivost objekata (umjesto njihovog ponavljanja) jedna je od glavnih karakteristika GIS modela, koja smanjuje redundanciju podataka i pomaže u osiguranju integriteta baze podataka, a time promjena jednog podataka u bazi osigurava i promjenu drugog podataka kojeg karakterizira djeljivost.

Mnoge GIS analize zahtijevaju pronalaženja putova unutar mreže – npr. transportni problem. Ovakove je zadatke, obično uz upotrebu teorije grafova i matrične algebre, moguće izvesti jedino ako postoje eksplicitno definirane veze između čvorova i rubova koji čine neku mrežu. **Povezanost** zbog toga definira odnose između objekata prezentiranih u bazi podataka točkama i linijama. Povezanost je važna i za mogućnost spremanja poligonskih pojmova kao površina i dodjelu atributa tim površinama.

GIS analize u sebi često sadrže operacije koje zahtijevaju i saznanja o kontinuitetu; npr. koje se kuće nalaze u određenoj ulici, koje potrošače napaja pojedini kabel, koje je opskrbno područje pojedine transformatorske stanice i sl. Pod **kontinuitetom – susjedstvom** obično podrazumijevamo sposobnost da dođemo do informacije o objektima s jedne ili obje strane linearnog elementa.

Spremajući topološke informacije eksplicitno u bazu podataka, a ne izvođenjem iz koordinatnih podataka, možemo upotrijebiti dvije važne prednosti topologije:

- pomaže optimiranju prostornih pretraživanja i
- osigurava integritet podataka

Informacije o *zajedništvu*, *povezanosti* i *susjedstvu* koristimo za izravno odgovaranje na pojedine upite, ali i kao temelj za ostale vrste pretraživanja. Topologija se upotrebljava za opisivanje odnosa između objekata kvalitativnim jezikom koji se ne oslanja na koordinate odnosno udaljenosti.

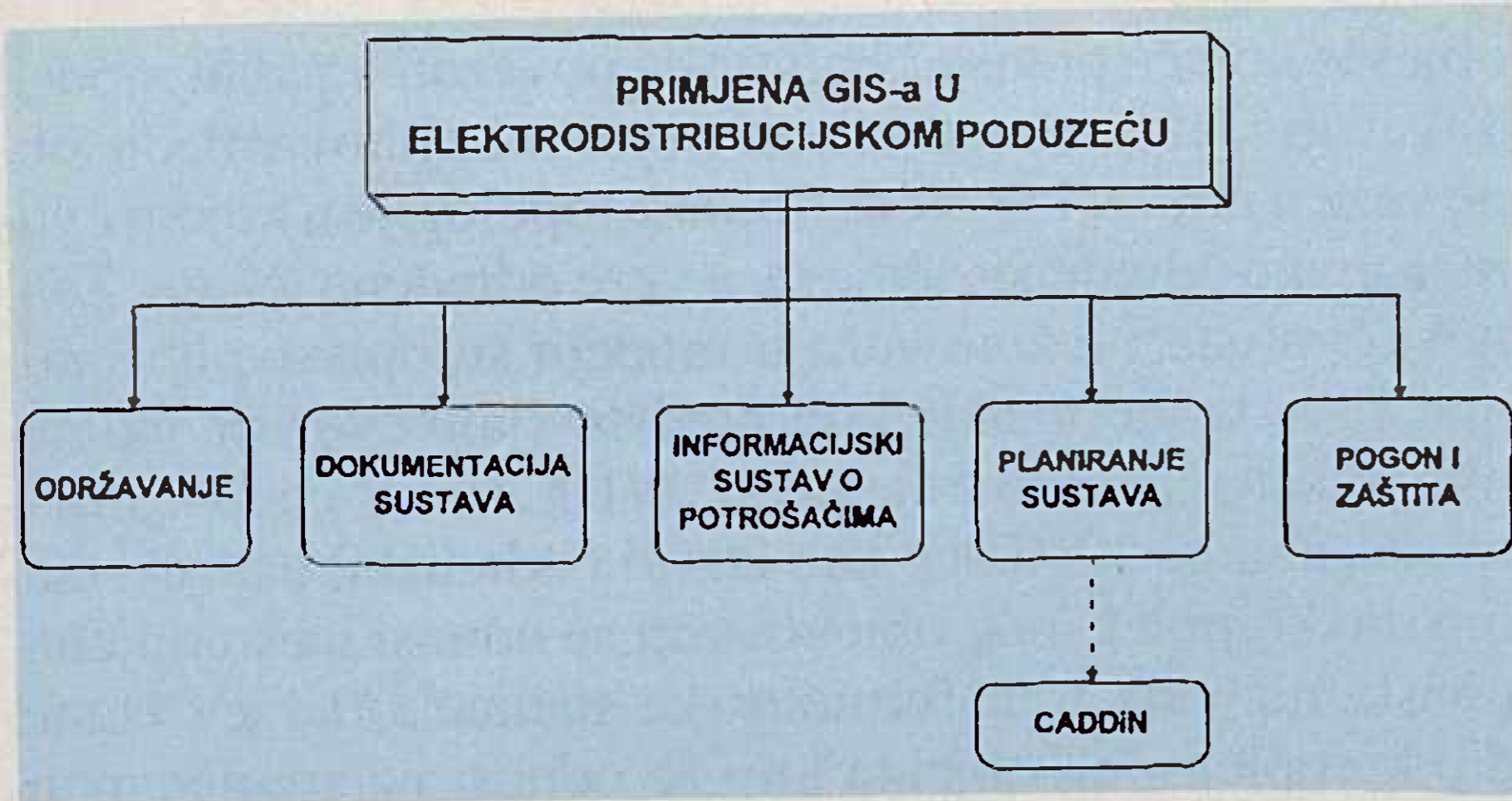
U modernim GIS-evima veći dio formiranja topologije izvodi sam sustav, i ustvari je transparentan za operatera koji i ne treba znati kako je topologija stvarno spremljena u bazi podataka. Nije potrebno voditi brigu o prvom i zadnjem čvorištu niti specificirati lijevi i desni poligon, kao ni redoslijed unošenja podataka.

Iako i u elektrodistribuciji postoji široko područje primjene GIS alata, slika 2, (planiranje mreže, vođenje mreže, održavanje, praćenje potrošnje, praćenje naplate i sl.) u ovom će se radu detaljnije analizirati samo preslikavanje razdjelne mreže iz stvarnog svijeta u GIS svijet, a u svrhu izvođenja planiranja. Treba naglasiti da osnovna filozofija primjene GIS-a nije različita i za druge primjene i da se cjelokuna primjena zbiva nad istom bazom podataka. Treba također kazati da je za formiranje GIS-a poželjno već u početku sagledati što je moguće veći broj značajki i atributa, jer je kasnije dodavanje, iako moguće, znatno složenije.

2. RAZDJELNE MREŽE U GIS-U

2.1. Prikaz osnovnih elemenata razdjelne mreže

Prostor prikazan na zemljovidu promatra se kao skup točaka, linija i likova. Sve značajke, ceste, zgrade, ulice, ka-

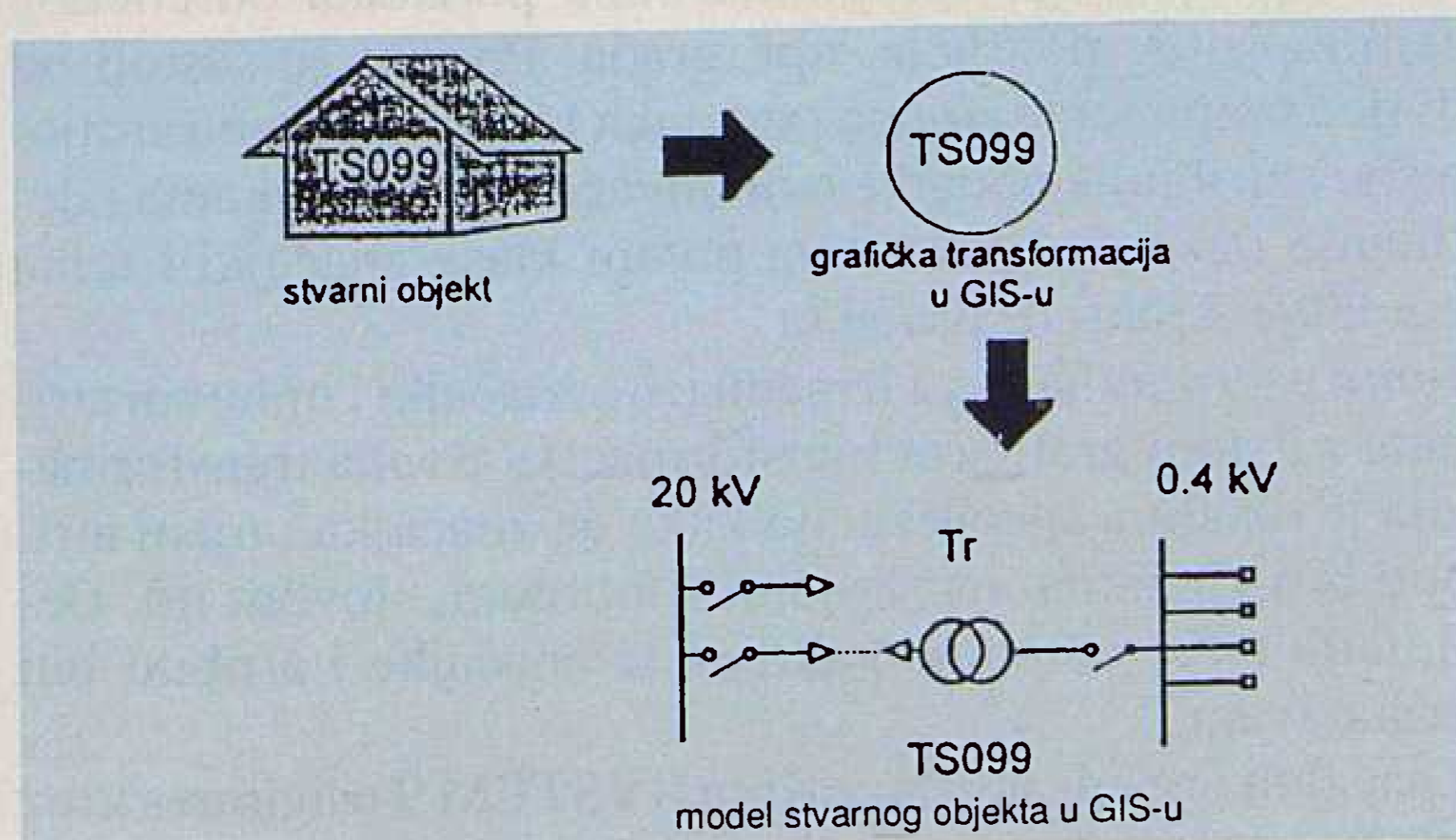


Slika 2. Primjena GIS-a u elektrodistribucijskom poduzeću

beli, transformatori, stupovi, itd. mogu se reducirati na jedan ili više osnovnih grafičkih elemenata. Na vektorima bazirana prezentacija prostora u GIS-u slijedi iste osnovne konvencije. Struktura podataka u GIS-u ne samo da se poklapa s uobičajenim pogledom na prostor i omogućava ispravnu grafičku prezentaciju, nego, što je puno važnije, osigurava model realnog svijeta.

U GIS modelu podataka sve su geometrijske značajke (features) izgrađene od osnovnih geometrijskih elemenata: čvorišta (node), linije (line), površine (surface) i slobodne linije (spaghetti). Čvorište je pohranjeno kao skup X, Y i opcionalno Z koordinate. Linija je geometrijski element definiran s dva krajnja čvora i mogućom grupom međutočaka. Površina se sastoji od jednog ili više linijskih segmenata koji zajedno čine zatvoreni poligon.

Kod modeliranja elemenata razdjelne mreže pretpostavlja se korištenje modernog zemljopisnog informacijskog sustava koji koristi relacijsku bazu podataka s objektnom nadgradnjom i ugrađenu topološku strukturu podataka te sadrži niz pomoćnih funkcija koje su već prethodno ugrađene u samu aplikaciju ili su razvijene od korisnika. Za potrebe planiranja srednjonaponske razdjelne mreže dovoljna je digitalizirana katastarska karta mjerila 1:5000. U tom mjerilu znatno se reducira broj prostornih podataka, ali još uvijek ostaju oni najvažniji za planiranje (optimiranje) razdjelne mreže: objekti s adresama (privatne kuće, stambeni blokovi, industrija, ostali objekti), ulice, transformatorske stanice, vodovi, parkovi te ostale javne površine i objekti (važni trgovi, športski centri, groblja, parkirališta, robne kuće itd.). Objekti koji nemaju funkciju prijenosa i transformacije električne energije obično nisu sastavni dio digitaliziranih karata 1:5000, ali su ih zato obvezni posjedovati katastar tehničkih vodova (ima funkciju održavanja i distribucije svih komunalnih instalacija) i tehnička dokumentacija elektrodistribucijskog poduzeća.



Slika 3. Model i grafički prikaz transformatorske stanice u GIS-u

2.2. Modeliranje elemenata razdjelne mreže

Transformatorska stanica x/0.4 kV predstavlja složeni objekt u GIS-u koji se sastoji od nekoliko jednostavnih objekata: niskonaponskog razvoda, srednjenaponskih sabirnica i transformatora odnosno transformatorskog polja, slika 3. Svi jednostavni objekti koji čine transformatorsku stanicu dijele zajedničku točku kao geometrijski podatak. Vodna polja s pripadajućim sklopnim aparatima izdvojena su iz transformatorske stanice, jer je tada moguće simulirati uklopno stanje razdjelne mreže. Grafički simboli transformatorskih stanica 110/x kV i 30/10 kV razlikuju se od simbola transformatorskih stanica x/0.4 kV, a isto predstavljaju složeni objekt u GIS-u koji se sastoji od nekoliko jednostavnih objekata: srednjenaponskog razvoda, visokonaponske sabirnice i transformatora. Kao dodatni parametar optimiranja može se korigirati broj mogućih izvoda iz transformatorske stanice x/10(20) kV određene karakteristikama pojedine izvedbe. Geometrijski podatak visokonaponske transformatorske stanice također je točka koju dijeli nekoliko jednostavnih objekata.

Linija se kao geometrijski podatak koristi za modeliranje vodova i mogućih trasa polaganja novih vodova. Grafički se različitim bojom prikazuju vodovi različitih stupnjeva izolacije, a moguće trase polaganja novih vodova modelirane su paralelnim linijama koje se automatski generiraju na svim površinama, koje se mogu označiti kao ulica, put ili staza. Kod trgova i ostalih javnih površina od posebnog značaja, specijalnih izvedbi rekonstruiranih ulica (npr. u centru grada rekonstruirane ulice mogu imati ugrađene kanale za provlačenje vodova) moguće trase definira u interaktivnom radu planer. Atributi mogućih trasa polaganja automatski se generiraju, a imaju sva svojstva standardnog voda koji se polaže na području jednog elektrodistribucijskog poduzeća.

Ostali neenergetski objekti potrebni za prostorne analize (ulice, javne površine, zgrade) definirani su kao površine.

2.3. Modeliranje veza između elemenata razdjelne mreže

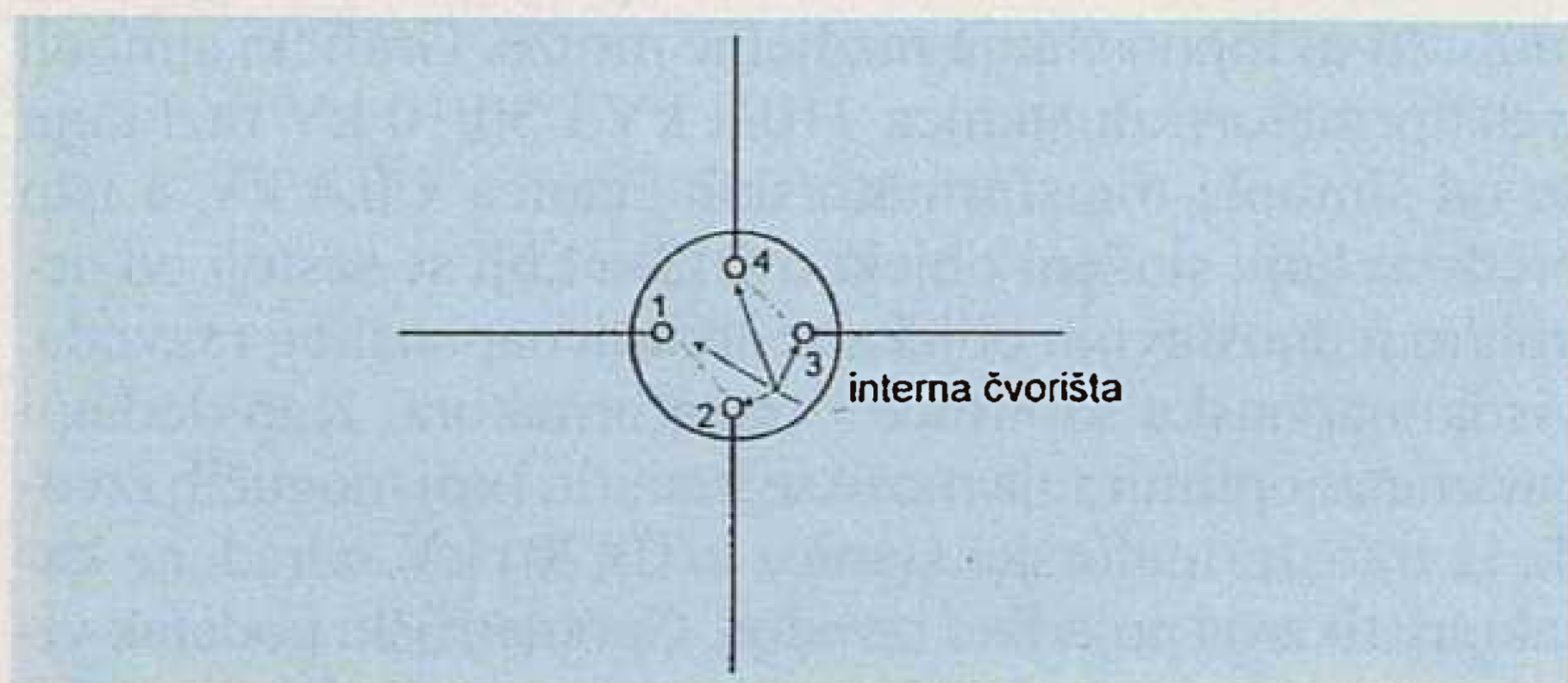
U modeliranju razdjelne mreže transformatorske stanice 110/x kV i 30/10 kV elektroenergetski izvori predstavljaju skladišta, dok transformatorske stanice x/0.4 kV predstavljaju potrošačka čvorišta definirana u općem problemu dostave. Transformatorske stanice međusobno su povezane vodovima, koji su definirani linijama i predstavljaju veze između potrošačkih čvorišta i njihove veze prema skladištima. Tek u postupku modeliranja razdjelne mreže vidi se kolika je primjenjivost GIS-a, koji je zamijenio cijeli niz aproksimativnih postupaka određivanja duljina i ugrađivanja heurizama u algoritam, kako bi se što bolje iskoristila postojeća razdjelna mreža.

U GIS-u se jednostavno modelira postojanje ili polaganje paralelnih kabela u isti rov jer se na jednostavan način može odrediti bliska prostorna susjednost s drugim objektom, u ovom slučaju s drugim vodom te točno izračunati prijenosna moć voda, koja je sada ulazni podatak za algoritam, dok se prije morala izračunavati.

GIS ima mogućnost da modelira čvorišta u mreži tako da se svako čvorište sastoji od jednog vanjskog čvorišta koje se koristi samo za grafički prikaz te nekoliko unutarnjih čvorišta koja se koriste za stvaranja veza čvorišta prema ostalim čvorištima, slika 4. Ovakav model čvorišta omogućava

va da se opći problem dostave može bez preinaka primijeniti na optimiranje mreže uz istovremeni višestruki obilazak jednog čvorišta i zadovoljavanja uvjeta problema dostave da se svako čvorište obilazi samo jednom. Također se mogu definirati veze između nutarnjih čvorišta te tako uvesti dodatne odluke planera u postupku planiranja koje se neće odraziti na efikasnost algoritma optimiranja glede brzine izvođenja.

Dodatna mogućnost GIS-a postiže se na mjestima presije-



Slika 4. Modeliranje čvorišta u GIS-u. Iako na zaslonu izgleda kao da se dvije linije križaju u jednom čvorištu, stvarne veze ostvarene su internim čvorištima 1-2 i 3-4. Ostale veze između internih čvorišta smatraju se prekidima.

canja mogućih trasa polaganja i postojećih vodova, jer se generiraju dodatna čvorišta u mreži koja su u praksi kabelske spojnice. Dodatna čvorišta se koriste samo kod pretraživanja mreže, pronalaženja najkraćih udaljenosti između čvorišta i grafički prikaz rezultata optimiranja, te ne opterećuju algoritam za optimiranje dodavanjem čvorišta, proširivanjem matrice udaljenosti i sličnim problemima koji su postojali kod prijašnjih postupaka planiranja. Čvorišta koja predstavljaju sklopne aparate kao jednostavne objekte u mreži postavljaju se na linije koje predstavljaju vodove, a opisani su atributom koji definira njihovo uklopno stanje. Takva vrsta čvorišta također ne opterećuje algoritam optimiranja, jer ona za njega zapravo ne postoje, već se koriste samo unutar GIS-a kod postupka pronalaženja najkraćih udaljenosti i proračuna pada napona kada se pomoću njih mogu simulirati prekidi u mreži.

3. FUNKCIJE GIS-a U PLANIRANJU RAZDJELNE MREŽE

Nekoliko standardnih funkcija modernog GIS-a mogu se prilagoditi potrebama planiranja razdjelnih mreža i to uglavnom u pripremi podataka za optimiranje mreže. Sve funkcije se koriste u svrhu određivanja prostornih odnosa između elemenata razdjelne mreže. Slučajevi kada se te funkcije primjenjuju su:

- priključivanje novih transformatorskih stanica na razdjelnu mrežu;
- generiranje modela mreže potrebnog za razne analize i prikaz rezultata optimiranja;
- pronalaženje najkraćih udaljenosti (zapravo trošak povezivanja) između čvorišta u mreži;
- elektroenergetski proračuni u mreži (pad napona, tijekovi snaga, itd.).

Moderni zemljopisni informacijski sustav najčešće ima poseban modul koji se koristi za generiranje modela mreže. Kako bi se mogla povesti bilo koja analiza mreže potrebno je sve objekte koji će predstavljati čvorišta u modelu i

objekte koji će predstavljati linije povezati u jedan model. Takav model pretvara stvarne objekte i njihove međusobne veze u povezani graf definirane topologije u kojem čvorišta imaju određene zahtjeve, a veze određenu težinu. Zahtjevi čvorišta i težine veza u modelu su opisane atributima. Tako se za objekte koji predstavljaju čvorišta uzimaju: transformatorske stanice 110/10(20) kV i transformatorske stanice 30/10 kV kao izvori (skladišta) u mreži (samo dio kompleksnog objekta koji se odnosi na srednjenaponski razvod), transformatorske stanice x/0.4 kV (samo dio kompleksnog objekta koji se odnosi na srenjenaponske sabirnice), te sklopni aparati u mreži. Objekti koji predstavljaju linije su vodovi stupnja izolacije 12 kV i 24 kV, te moguće trase polaganja novih vodova, ovisno o tome radi li se o planiranju mreže ili samo nekoj analizi postojeće strukture mreže.

Priključivanje novih transformatorskih stanica x/0.4 kV na mrežu temelji se na mogućnosti da do svake transformatorske stanice mora postojati pristupni put. Kako pristupni put pripada istoj klasi prostornih objekata, kao što su npr. ceste, ulice, staze, na njemu se automatski generiraju paralelne linije koje predstavljaju moguće trase polaganja novih kabela. Prostornim funkcijama GIS-a tada se pronalazi najbliža linija koja predstavlja vod ili moguću trasu polaganja, te se transformatorska stanica automatski spaja na isti ili se iteracijskim postupkom planeru omogućava utjecaj na mjesto priključivanja.

Nakon što se sve nove transformatorske stanice priključe u mrežu pristupa se generiranju modela mreže, za što se koristi poseban modul GIS-a. Funkcijom GIS-a koja pronalazi najkraće veze između jednog čvorišta u mreži prema ostalim čvorištima koja se nalaze unutar određenog područja određuju se međusobne udaljenosti između čvorišta i troškovi njihovog povezivanja. Ovakav pristup pripreme podataka znatno smanjuje zahtjeve na algoritme za optimiranje, koji rješavaju samo optimizacijski problem neopterećen raznim pretraživanjima i proračunima. Osim podataka o najmanjoj udaljenosti između čvorišta navedena funkcija GIS-a može sačuvati i stazu s kojom je ostvarena ta udaljenost, tako da je rekonstrukcija optimalnog rješenja jednostavna i brza.

4. ORGANIZACIJA SYSTEM 9 GIS-a

Projekt, particija i tema su tri bitna elementa strukture organizacijskog kostura **SYSTEM 9** GIS-a.

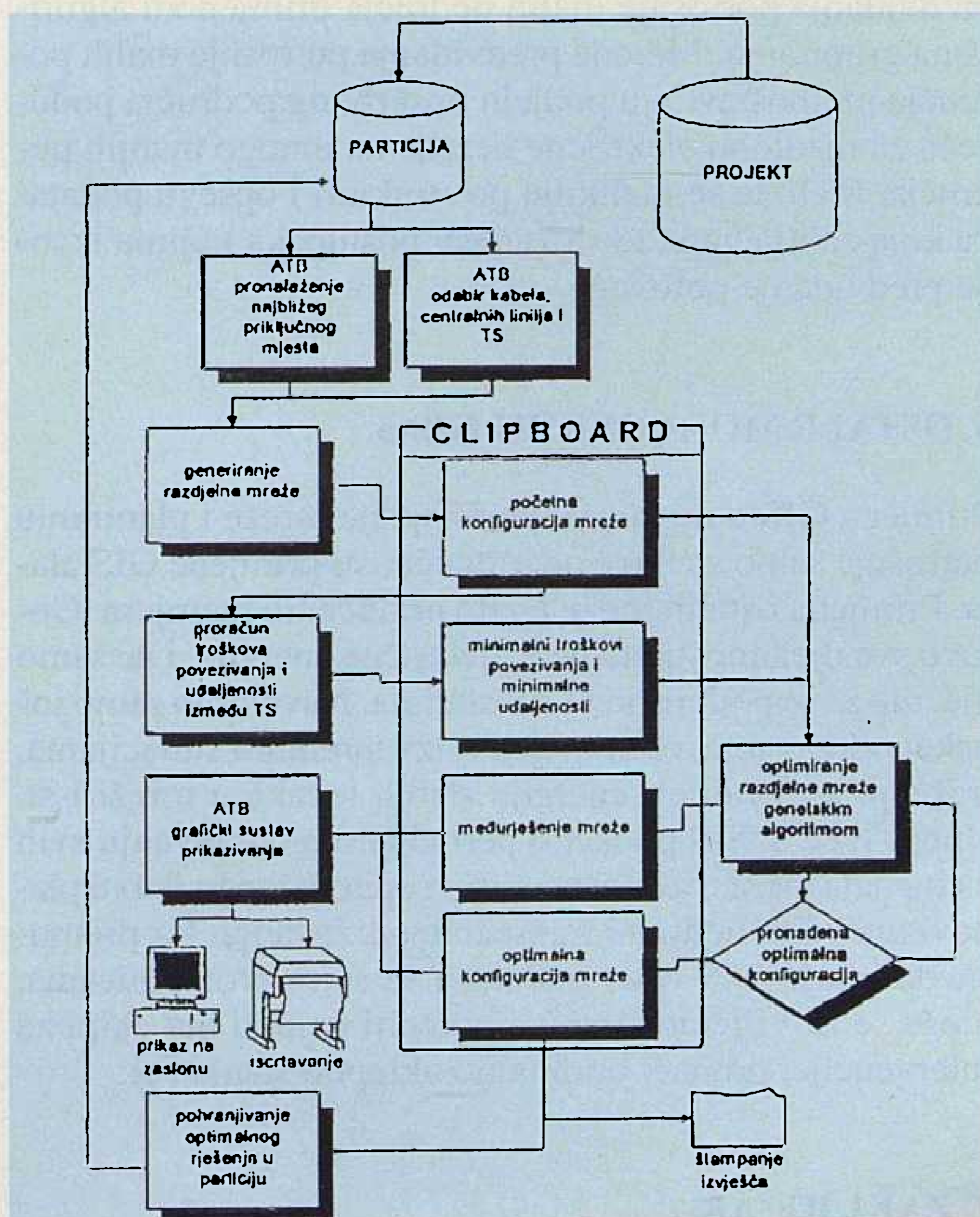
Projekt je najviša razina organizacije podataka u **SYSTEM 9**. On predstavlja kompletnu bazu podataka određenog zemljopisnog područja, npr. grada. Projekt se sastoji od dvije komponente: fonda podataka koji sadrži sve zemljopisne i atributne podatke o obuhvaćenim značajkama i definicije baze podataka koja putem klasa značajki i tema određuje strukturu projekta.

Tema uspostavlja vezu između lista značajki i njihovih atributa s listom grafičkih transformacija. Svaka transformacija je detaljna specifikacija kako će značajka i njeni atributi biti vizualizirani: bojom, simbolom, slovom itd. Definicija teme određuje kako će te značajke i atributi biti prikazivani.

Značajnu organizacijsku zaštitu **SYSTEM 9** osigurava kroz zabranu provođenja promjena u bazi podataka na razini projekta. Na razini projekta korisnik može bazu podataka

samo pretraživati. Kreiranje i održavanje baze podataka se provodi na slijedećoj nižoj razini strukture podataka – u particiji. **Particija** je kopirani, radni dio projekta. Ona je razina na kojoj korisnik može unositi, uređivati ili održavati podatke. Particija se izlučuje iz projekta u ovisnosti o potrebama konkretnog zadatka, i završetkom uređivanja podataka particija se vraća u projekt. Particija će biti kreirana ovisno o definiciji particije, koja određuje prostorni opseg, sadržaj i grafičku prezentaciju podataka.

Organizacija informacija u topološki strukturiranu, objektno-orijentiranu relacijsku bazu podataka čini **SUSTEM 9** predstavnikom modernog zemljopisnog informacijskog sustava.



Slika 5. Prikaz strukture **SYSTEM 9 GIS-a** s dijagramom tijeka aplikacije za planiranje razdjelnih mreža genetskim algoritmima

Dodatni moduli omogućavaju stvaranje korisničkih programskih paketa temeljenih na **SYSTEM 9**. Pritom je daleko najvažniji modul tzv. **kutija s alatima za razvoj aplikacija** (engl. *Application Tool Box, ATB*). **ATB** rukuje podacima i informacijama pomoću **tijekova podataka** (engl. *data flows*). Tijek podataka je zapravo tablica (relacija) koja može sadržavati izdvojene informacije iz baze podataka na temelju postavljenih uvjeta, bez obzira nalaze li se te informacije u jednoj ili više relacija u bazi, zatim kombinaciju već izdvojenih informacija iz baze ili sasvim nove informacije stvorene kao rezultat prostornih ili raznih drugih analiza. Tijekovi podataka smještaju se u posebno radno područje nazvano **Clipboard**. To je zajednički radni prostor kojem mogu pristupiti pojedini dijelovi **SYSTEM 9** ili programi koje je stvorio sam korisnik. **ATB** se sastoji od tri glavna dijela: dio za upravljanje tijekovima podataka (engl. *Data Flow Management Functions*), dijela za obradu i stvaranje informacija (engl. *Processing Functions*) i dijela za grafičko predočavanje (engl. **ATB Viewer Management**).

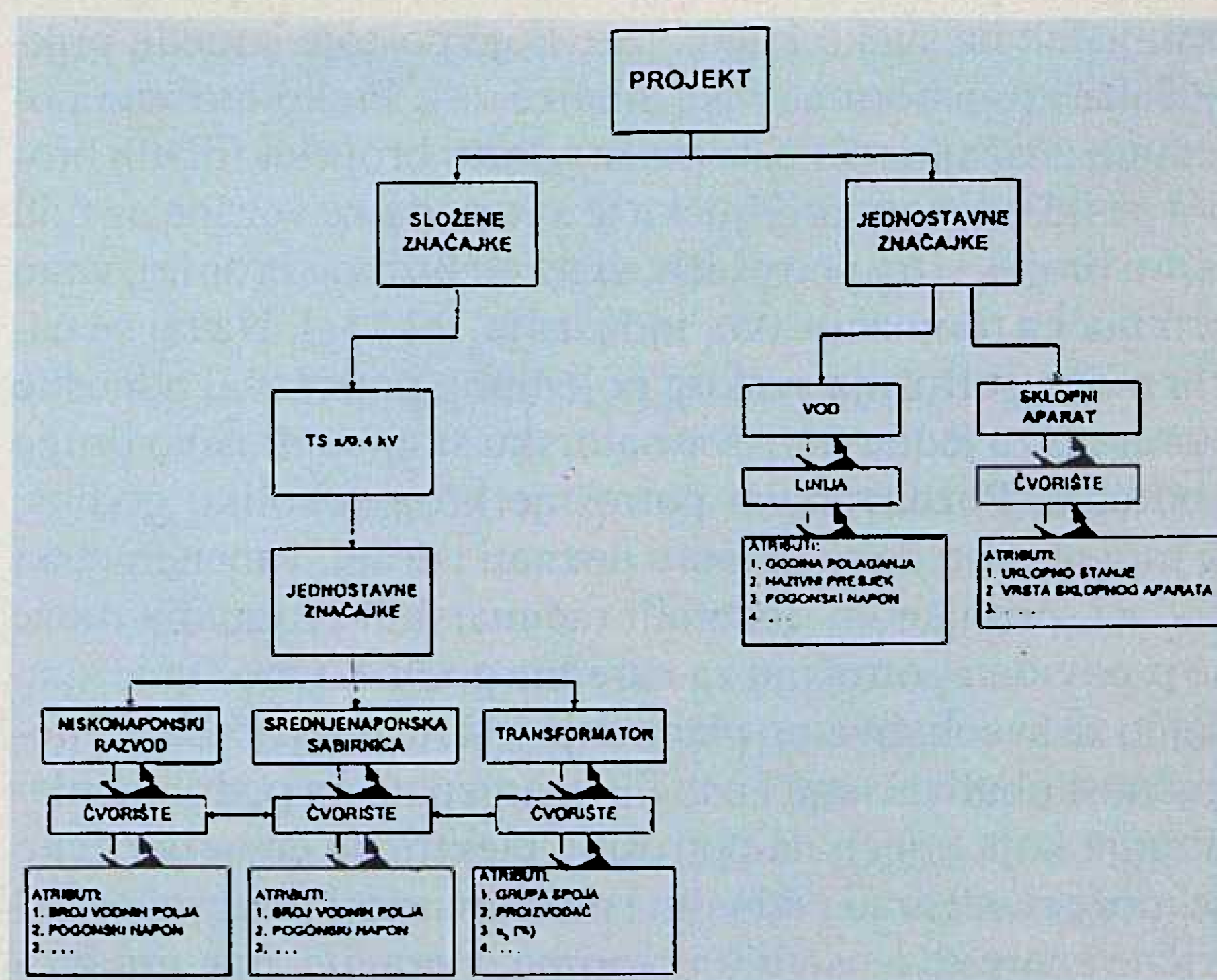
To su zapravo funkcije grupirane po namjeni, a smještene su u tzv. biblioteke funkcija, odakle se pozivaju pri izvođenju programa čiji su dio. **ATB** nudi radno okruženje za modeliranje, analizu i integriranje prostornih i neprostornih podataka. Pritom se koristi važna prednost digitalnog zapisa prostornih podataka – informacije se izravno analiziraju bez potrebe prethodnog izdvajanja i tumačenja reprezentacije tih podataka na zemljovidima. Najveća snaga ovog modula je u tome što umjesto gotovih rješenja nudi sastavne blokove od kojih se grade programski paketi za razne namjene.

4.1. Organizacija podataka i topologija

Čvorišta, linije, površine i slobodne linije nisu jedini objekti koji se mogu razmatrati unutar **SYSTEM 9 GIS-a**. **SYSTEM 9** sprema objekte kao prepoznatljive geografske pojave ili objekte koji pripadaju određenoj grupi i koje u stvarnom svijetu možemo prepoznati i imenovati – “ceste”, “vodovi”, “zgrade” i sl. Ove se grupe nazivaju **klase značajki** (engl. *feature classes*), a pojedinačne geografski objekti **značajke** (engl. *features*). Takve značajke mogu biti sastavljene od jednog ili više geometrijskih osnovnih elemenata.

U klasičnoj kartografiji različite vrste značajki prikazuju se različitim grafičkim simbolima, koji su obično objašnjeni u legendi. To nam omogućuje razlikovanje, uporabom npr. raznih boja, kabele i zračne vodove različitog stupnja izolacije od ostalih linijskih elemenata. GIS ima mogućnost ovakve klasične interpretacije značajki prostora, međutim sposobnost razlikovanja raznih vrsta značajki – “*feature classification*” – seže puno dalje od jednostavne simbolizacije jer se određuje topološka struktura i veza atributa s pripadajućim klasama značajki. Sve pojedinačne značajke unutar jedne klase značajki imat će istu topološku strukturu, i istu grupu atributa.

Ako razmislimo o svakodnevnim aktivnostima, jasno je da ne promatramo geografske objekte samo kao **pojedinačne značajke** (engl. *feature*) ili **grupe istoznačnih značajki** (engl. *feature class*), već i kao objekte grupirane po određenim međuovisnostima koje se uspostavljaju u odnosu na smještaj, prostorne odnose ili odnose među atri-



Slika 6. Model organizacije podataka u **SYSTEM 9 GIS-u**

butima. Naprimjer, razdjelna mreža je objekt koji se sastoji od transformatorskih stanica, transformatora, kabela, zračnih vodova, itd. Ovako logički grupirane značajke nazivamo *složene značajke* (engl. *complex feature*). Defini- raju se kao značajke koje sadrže druge značajke. Isto tako, razlikuju se od *jednostavnih značajki* (engl. *simple feature*) po tome što jednostavne značajke sadrže geometrijske elemente, a složene značajke sadrže druge značajke. Sli- jedno tome govorimo o *klasi složenih značajki i klasi jed- nostavnih značajki*. Primjer korištenja klase složenih zna- čajki može biti formiranje opskrbnog područja jedne tran- sformatorske stanice 110(30)/20(10) kV unutar srednje- naponske razdjelne mreže ili opskrbnog područja jedne transformatorske stanice 20(10)/0.4 kV unutar niskonapon- ske razdjelne mreže. Složene značajke također mogu imati pridodijeljene attribute. Na ovaj način informacije koje se odnose na zonu gledamo kao "objekt" zona, a ne moramo svakoj značajki unutar te zone dodjeljivati atribut zone. Složene značajke mogu sadržavati i druge složene značaj- ke, pa se tako može formirati složena značajka "opkrbno područje razdjelne mreže" koja se sastoji od više složenih značajki" opkrbno područje transformatorske stanice":

5. PLANIRANJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE POMOĆU GIS-a

Baza podataka, koja je jezgra svakog modernog GIS-a, predstavlja osnovnu mogućnost korištenja simulacijskih metoda za planiranje potrošnje električne energije. Sve komponente razdjelne mreže u njoj su definirane i između njih postoji određena veza, bilo preko topologije, značajki ili atributa. Tako se vrlo precizno može odrediti opkrbno područje svake transformatorske stanice (bez obzira da li se radi o transformaciji sa 110/x kV ili x/0.4 kV), odno- sno, svi kabeli, zračni vodovi, transformatori te ostali ele- menti mreže koji su na nju priključeni.

Preko složenih značajki se tako u GIS-u može definirati opkrbno područje transformatorske stanice koja će u sebi sadržavati parcele, kuće koje se nalaze na tim parcelama, priključak na svaku kuću, veze koje postoje između prik- ljučaka i transformatorske stanice i sl. Preko atributa po- jedinih značajki točno se može odrediti broj električnih bro- jila na određenom priključku te sve podatke vezane uz njih (šifra broja, šifra potrošača, vrsta elektrinog brojila), vrstu priključka (domaćinstvo, industrija, itd.) i sl. Na taj se na- čin može potrošnja svakog pojedinog potrošača, odnosno sumarno za jednu transformatorsku stanicu ili neko drugo područje. Poznavanjem potrošnje kroz nekoliko godina, te mogućnosti da su planeru poznati i drugi, vanenergetski podaci, primjenom dodatnih računarskih programa može se predviđati potrošnju za naredne godine. Ono što je zna- čajno za sveobuhvatno planiranje jest, u ovom slučaju, mo- gućnost obuhvaćanja i ostalih energenata na području pla- niranja koja utječu na potrošnju električne energije. Tako se može modelirati i odrediti i međuovisnost potrošnje elek- trične energije o ostalim izvorima eneragije, npr. gradski/ zemni plin, sustav centralnog grijanja i sl. Još se cijeli niz analiza može ostvariti preko upita GIS-u, kao npr. "izdvo-

ji sve potrošače koji su imali godišnju potrošnju električ- ne energije između 2500 i 3500 kWh, a priključeni su na transformatorsku stanicu 099" i sl. Trenutačno se na Za- vodu za visoki napon i energetiku istražuju simulacijski modeli i algoritmi koji bi se najbolje uklopili u analize primjenom GIS alata.

Na Zavodu za visoki napon i energetiku Fakulteta elek- trotehnike i računarstva u Zagrebu razvija se postupak pla- niranja i projektiranja razdjelnih mreža urbanih područja pomoću tzv. inteligentnog sustava za podršku pri odluč- vanju (engl. Intelligent Decision Support System, IDSS) temeljena na geografskom informacijskom sustavu SY- STEM 9. Samo predviđanje potrošnje izvodi se metodom predviđanja potrošnje malih područja primjenom algori- tama grupiranja. Metode predviđanja potrošnje malih po- područja pretpostavljaju podjelu opskrbnog područja podu- zeća za razdiobu električne nergije na mnogo manjih po- područja. Metode se razlikuju po strukturi i opsegu podata- ka koje zahtijevaju, te složenosti postupaka kojima izvo- de predviđanje potrošnje.

6. OSTALE MOGUĆNOSTI GIS-a

Primjena GIS-a u planiranju razdjelne mreže i planiranju potrošnje samo su neke od mogućnosti primjene GIS ala- ta. Primjena ostalih može ići do neslučenih razmjera. Go- tovo sve djelatnosti razdjelne električne energije, i ne samo nje, mogu se poduprijeti GIS alatima. Navedimo samo još neke: održavanje, optimiranje u izvanrednim situacijama, traženje po kvaliteti energije slabih točaka u mreži i sl. Unesu li se u GIS podaci o periodičnom održavanju svih elemenata mreže, jednostavnim se upitom mogu dobiti pla- novi dnevnih, tjednih i mjesečnih održavanja. Uz pretpo- stavku da je GIS baza podataka sa svim prometnicama, može se za vrijeme kvarova odrediti najbrži put ekipi za intervencije, pronaći optimalno uklopno stanje i sl.

7. ZAKLJUČAK

Povijest GIS-a relativno je kratka; većina današnjih GIS- ova je nastala zadnjih desetak godina. Ipak, njegova pri- mjena u elektroenergetici, pogotovo na području elektro- energetskih mreža, nije stvar budućnosti, nego realna stvar- nost. Objedinjavanje nekoliko aktivnosti elektroprivred- nog poduzeća (praćenje potrošnje i obračun električne ner- gije, planiranje, projektiranje, izrada dokumentacije) u jed- nom projektu, odnosno bazi podataka, povećava efikasnost što dokazuju i svjetska iskustva (Union Fenosa, Madrid, Španjolska; Hydro Quebec, Quebec, Kanada, itd.). Me- đutim, treba naglasiti da najveću vrijednost u GIS projek- tu imaju podaci čije je sakupljanje, organizacija i održa- vanje od najvećeg značaja. Istina je da GIS tehnologija zahtijeva veliki početni trud, na skupljanju, organizaciji i unošenju podataka te počesto predstavlja prepreku počet- nom korištenju. No, prihvaćanjem GIS-a kao nužnosti sva- kog modernog ees-a taj se korak dade prevladati organizi- ranom kampanjom. Taj početni korak mogu savladati je- dino vizionari, kojih u povijesti nastajanja elektroenerget- skog sustava nije nedostajalo, pa se nadamo da neće ne- dostajati ni ubuduće.

LITERATURA

- [1] T. BERNHARDSEN: "Geographic Information System", Viak IT, Norway, 1992.
- [2] U. BERNHARDT: "Technische Betriebsmittel-informations-Systeme auf der Basis von GIS in EVU", Elektrizitätswirtschaft 22/03 pp. 1387-1394, 1993.
- [3] S. BLAGAJAC, S. KRAJCAR, K. VALENTIĆ: "A clustering algorithm for the past electric load data analysis", Proceeding of 17th International Conference, ITI '95, Pula, Croatia, pp.
- [4] S. BLAGAJAC: "Uporaba algoritama grupiranja pri predviđanju opterećenja razdjelnih mreža urbanih područja", magistrski rad, FER, 1995.
- [5] H. FREUND, L. KLEIN, W. H. WELLBOW: "Rechnergestützte Planung von städtischen Mittelspannungsnetzen" Elektrizitätswirtschaft 22/93 pp. 1374-1380, 1993.
- [6] D. BLUME, F. REYER, T. SPECK: "Integriertes System zur Aufzeichnung und Auswertung von Störungen im Industrienetz" Elektrizitätswirtschaft 22/93 pp. 1382-1386. 1993.
- [7] HEP-Direkcija za distribuciju: "Tehnički uvjeti za TS 10(20)/0.4 kV 1x630 kV (kabelska i stupna izvedba)", N 012.01, kasif. br. 4.02/92., Zagreb, srpanj 1992.
- [8] Z. SUMIĆ, S. S. VENKATA, T. PISTORESE: "Automated Underground Residential Distribution Design - Part 1: Conceptual Design", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, April 1993., pp. 637-643.
- [9] Z. SUMIĆ, T. PISTORESE, S. S. VENKATA, H. MALEŠ-SUMIĆ: "Automated Underground Residential Distribution Design - Part 1: Prototype Implementation and Results", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 2, April 1993., pp. 644-650.
- [10] D. ŠKRLEC, S. KRAJCAR, S. BLAGAJAC: "GIS Applications for Electric Power System Analyses and Planning", Proceedings of the 15th International Conference on Information Technology Interfaces, Pula; Croatia, June 15-18, 1993., pp. 135-140.

- [11] E. C. YEH, Z. SIMIĆ, S. S. VENKATA: "APR: A Geographic Information System Based Primary Router for Underground Residential Distribution Design", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 10, No. 1, Februaru 1995., pp. 400-406.

DISTRIBUTION NETWORK PLANNING USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Geographic Information System (GIS) is an integrated system consisting of a map held by computer and a relation data base. Electric power system which is space saturated is among the first technological systems without doubt suitable for GIS application. The paper describes basic GIS concepts and the possibilities of its application when planning the distribution system based on the experience of GIS used by Zavod za visoki napon i energetiku, Fakultet elektrotehnike i računarstva in Zagreb.

DIE PLANUNG VON VERTEILUNGSNETZEN DURCH NUTZUNG DES GEOGRAPHISCHEN INFORMATION-SYSTEMS

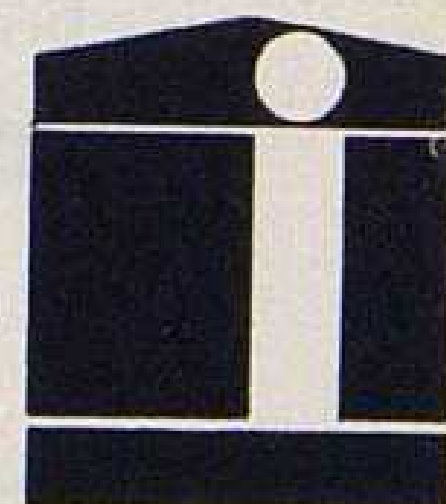
Das geographische Informations-System (eng. GIS - Geographic Information System, übrigens auch deutsch - Bernerung des Übersetzers) stellt ein integriertes System rechnerunterstützter Kartographie und der dazugehörigen Daten in entsprechenden Speichern. Innerhalb der Technischen Systeme ist der Verbundsystem mit seiner Flächendurchdringung einer der hervorstechenden bezüglich der zweifellosen Einführung von GIS. Aus der Erfahrung der GIS-Anwendung in der Anstalt für Hochspannung und Energetik des Fakultäts für Elektrotechnik und Rechnungswesen in Zagreb stammenden Grundgedanken von GIS und seine Anwendungsmöglichkeiten beim Entwurfen der Verteilungsnetzen, werden in dieser Arbeit dargestellt.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Slavko Krajcar, dipl. ing.
Dr. sc. Davor Škrlec, dipl. ing.
Mr. sc. Snježana Blagajac, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996 - 08 - 14

industrogradnja d.d.



ISO 9001-94

DALEKOVOD DANAS

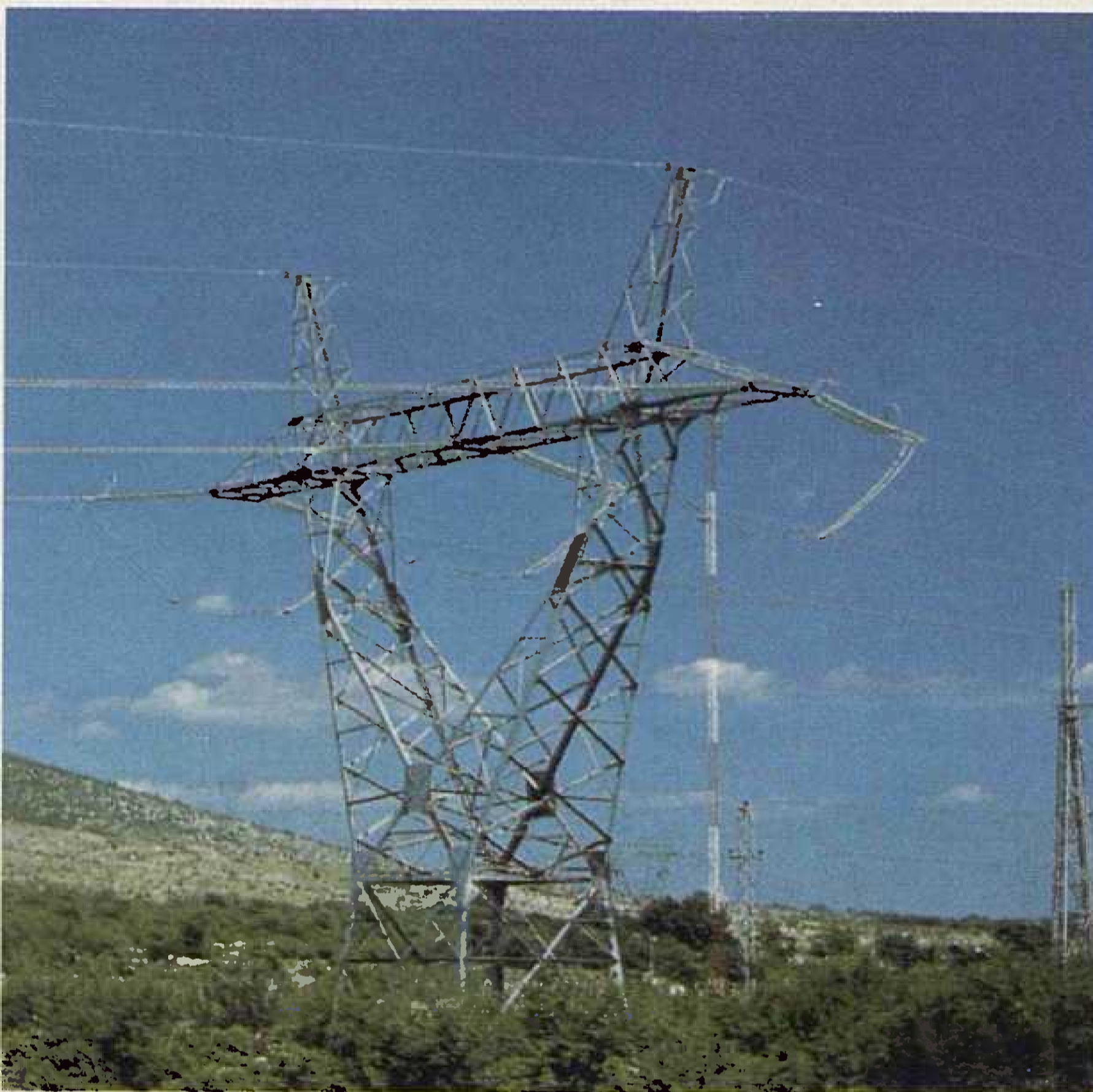
DALEKOVOD je dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i gradnju. Za potrebe svog poslovanja utemeljio je:

- Tvrtku DALCOM sa sjedištem u FREILASSINGU — Njemačka
 - Tvrtku DALEN sa sjedištem u LJUBLJANI — Slovenija
- DALCOM i DALEN rade samostalno, ali s ograničenom odgovornošću.

U sklopu svoje djelatnosti DALEKOVOD projektira, gradi montira i proizvodi:

- distribucijske mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV
- trafostanice i rasklopna postrojenja napona 0,4 – 500 kV
- kontaktne mreže za elektrovođu
- polaganje podzemnih i podmorskih energetskih i PTT kabela
- rasvjetu prometnica, športskih i drugih objekata
- portale i nosače aparata za energetske i prometne objekte
- zaštitne i sigurnosne ograde, portale-nosače za prometnu signalizaciju i putokaze na svim prometnicama i autocestama
- čelično-rešetkaste i limene stupove za mreže i vodove napona 0,4 – 500 kV, PTT vodove i kontaktnu mrežu
- ovjesnu i spojnu opremu za mreže, vodove, trafostanice i kontaktnu mrežu
- rasvjetne, reflektorske, antenske i televizijske stupove
- specijalna rješenja za elektroprijenosne i prometne objekte, alate i indukcijske uređaje.

Za sve te djelatnosti, DALEKOVOD ima poznate i priznate dugogodišnje referencije o brznoj i kvalitetnoj gradnji kao i kvaliteti isporučene opreme. DALEKOVOD vrlo uspješno rješava i udovoljava svim zahtjevima projektne odnosno tenderske dokumentacije na domaćem i inozemnom tržištu.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE OF APPROVAL

This is to certify that the Quality Management System of:

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

has been approved by Lloyd's Register Quality Assurance Limited to the following quality management system standards:

ISO 9001:1994 DIN EN ISO 9001:1994 BS EN ISO 9001:1994

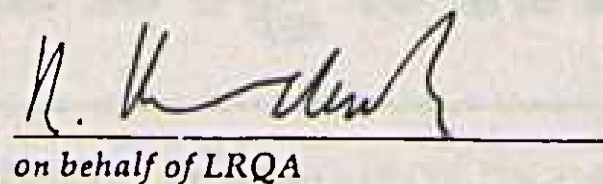
The Quality Management System is applicable to:

**Design, manufacture and installation of electric power transmission lines up to 500 kv and telecommunication lines and towers, including steel structures, suspension and jointing equipment.
Installation of electric sub-stations up to 500 kv.**

This certificate is valid only in association with the certificate schedule bearing the same number on which the locations applicable to this approval are listed.

Approval
Certificate No. 200638

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998


on behalf of LRQA

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

The approval is subject to the company maintaining its system to the required standards, which will be monitored by LRQA.



Lloyd's Register
Quality Assurance

CERTIFICATE SCHEDULE

**Dalekovod dd Zagreb
Zagreb and Associated Factories, Croatia**

Locations:

Zagreb
Velika Gorica
Žitnjak
Vinkovci

Activities:

Design and company head quarter
Manufacture and quality management
Installation head quarter
Forging

Certificate Schedule
Certificate No. 200638

Page 1 of 1

Original Approval : 6th March 1995
Current Certificate : 6th March 1995
Certificate Expiry : 28th February 1998

Deutscher Akkreditierungsrat
DAR
TGA-ZQ-002/91

Ulica grada Vukovara 37
10000 ZAGREB — HRVATSKA
Tel.: ++385-1-6125-111, 5111-325
Fax: ++385-1-530-606, 5111-754

ISPITIVANJE I ANALIZA ENERGETSKIH KARAKTERISTIKA CIRKULACIJSKIH CRPKI U TOPLINSKOJ STANICI EL-TO ZAGREB

Izv. prof. dr. sc. Branko Staniša — Vladimir Srb — mr. sc. Antun Lukečić, Karlovac

UDK 621.67:697.34
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Ispitivanje i analize energetskih karakteristika crpki daju uvid u njihov rad i stanje, na temelju kojeg se mogu otkriti različiti poremećaji i dijagnosticirati njihovi uzroci. U radu su dani rezultati sveobuhvatnih ispitivanja energetskih karakteristika cirkulacijskih crpki i sustava dvostupnog podizanja tlaka vode u toplinskoj stanici EL-TO Zagreb. Analizom dobivenih rezultata utvrđene su određene zakonitosti promjene parametara i stvarno stanje crpki, na temelju kojega su dane smjernice za poboljšanje njihovog rada.

Ključne riječi: vrelovodne crpke, ispitivanje, energetske karakteristike.

1. UVOD

U toplinskoj stanici EL-TO (Elektrane-toplane) Zagreb instalirano je šest cirkulacijskih crpnih agregata, proizvodnje Jugoturbina Karlovac. Crpke su namijenjene za distribuciju ogrjevne vode vrelovodnog sustava EL-TO. Tri crpke su ugrađene u prvi stupanj podizanja tlaka, a tri crpke u drugi stupanj podizanja tlaka vrele vode.

U nekoliko zadnjih godina rada toplinske crpne stanice uočeno je da u istom stupnju dizanja tlaka vrele vode crpke ne rade jednoliko i da često dolazi do njihova mehaničkog oštećenja. Za rješavanje tih problema odlučeno je da se provodu sveobuhvatna ispitivanja i analize, te da se utvrde stvarne energetske karakteristike crpki i sustava prvog i drugog podizanja tlaka, na temelju kojih bi se dobile smjernice za poboljšanje njihovog rada.

U ovom radu dani su rezultati sveobuhvatnih ispitivanja energetskih karakteristika cirkulacijskih crpnih agregata toplinske stanice EL-TO Zagreb u zimskom i ljetnom režimu rada. Rezultati provedenih ispitivanja energetskih karakteristika uspoređivani su i analizirani s ranijim ispitivanjima. Analizom su utvrđeni problemi rada crpnih agregata i dane smjernice za njihovo otklanjanje.

2. OSNOVNE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE CIRKULACIJSKIH CRPKI I METODA ISPITIVANJA

Za povećanje kapaciteta distribucije toplinske energije vrelovodnog sustava EL-TO Zagreb instalirana je nova crpna toplinska stanica, tj. proširena je stara. Nova crpna stanica sastoji se od šest jednostupnih dvoulaznih crpki, tip DH 86-50, koje rade u dva supnja podizanja tlaka. U prvi stupanj podizanja tlaka ugrađene su tri crpke slijedećih karakteristika [1]:

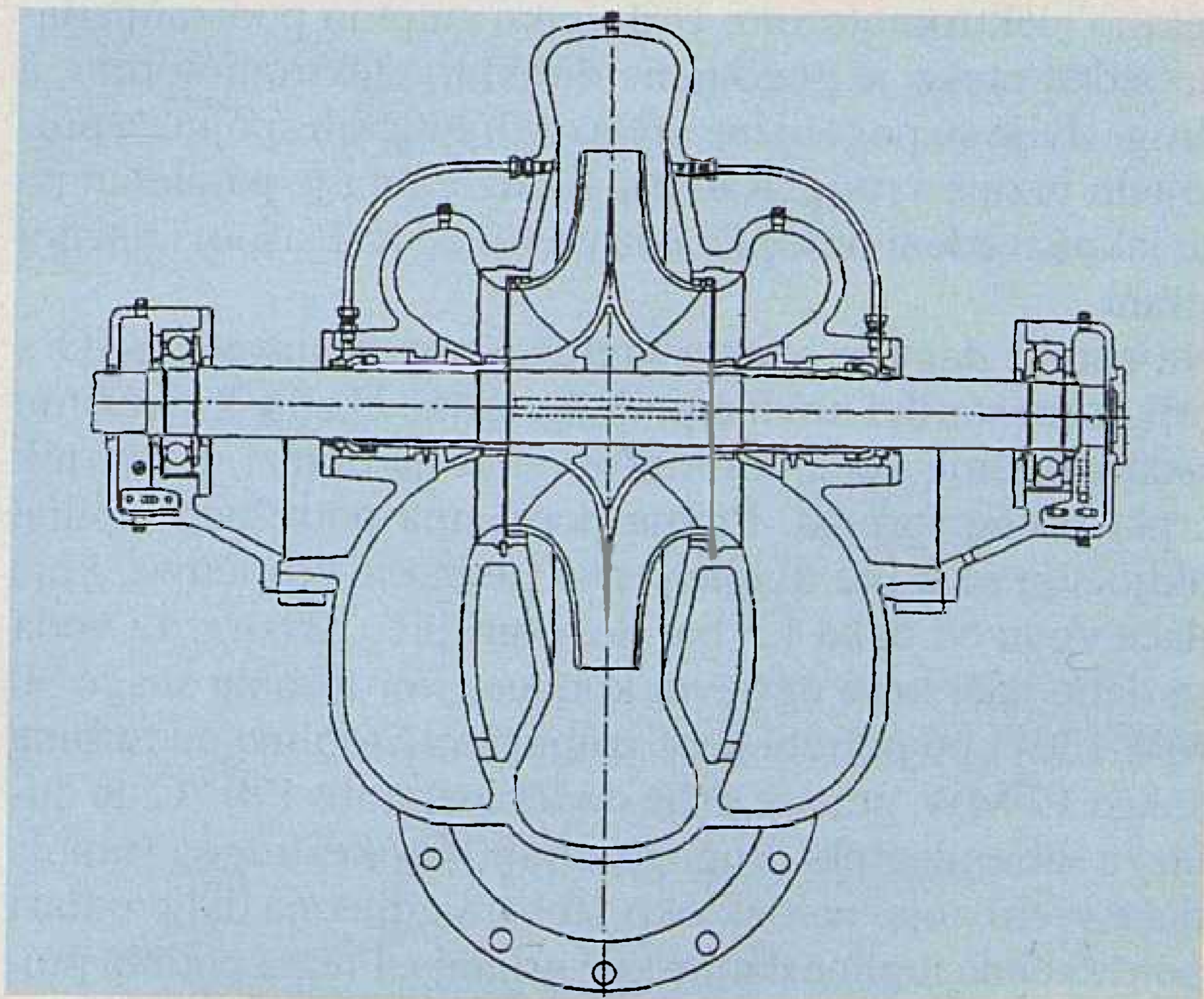
- količina dobave $Q = 710 \text{ l/s (2556 m}^3\text{/h)}$
- maseni protok $m = 2500 \text{ t/h}$
- visina dobave $H = 83,4 \text{ m (800 kPa)}$

- NPSH 4 m
- temperatura rada $T = 343 \text{ K (70 }^\circ\text{C)}$
- brzina vrtnje $n = 960 \text{ min}^{-1}$
- snaga elektromotora $P = 800 \text{ kW}$

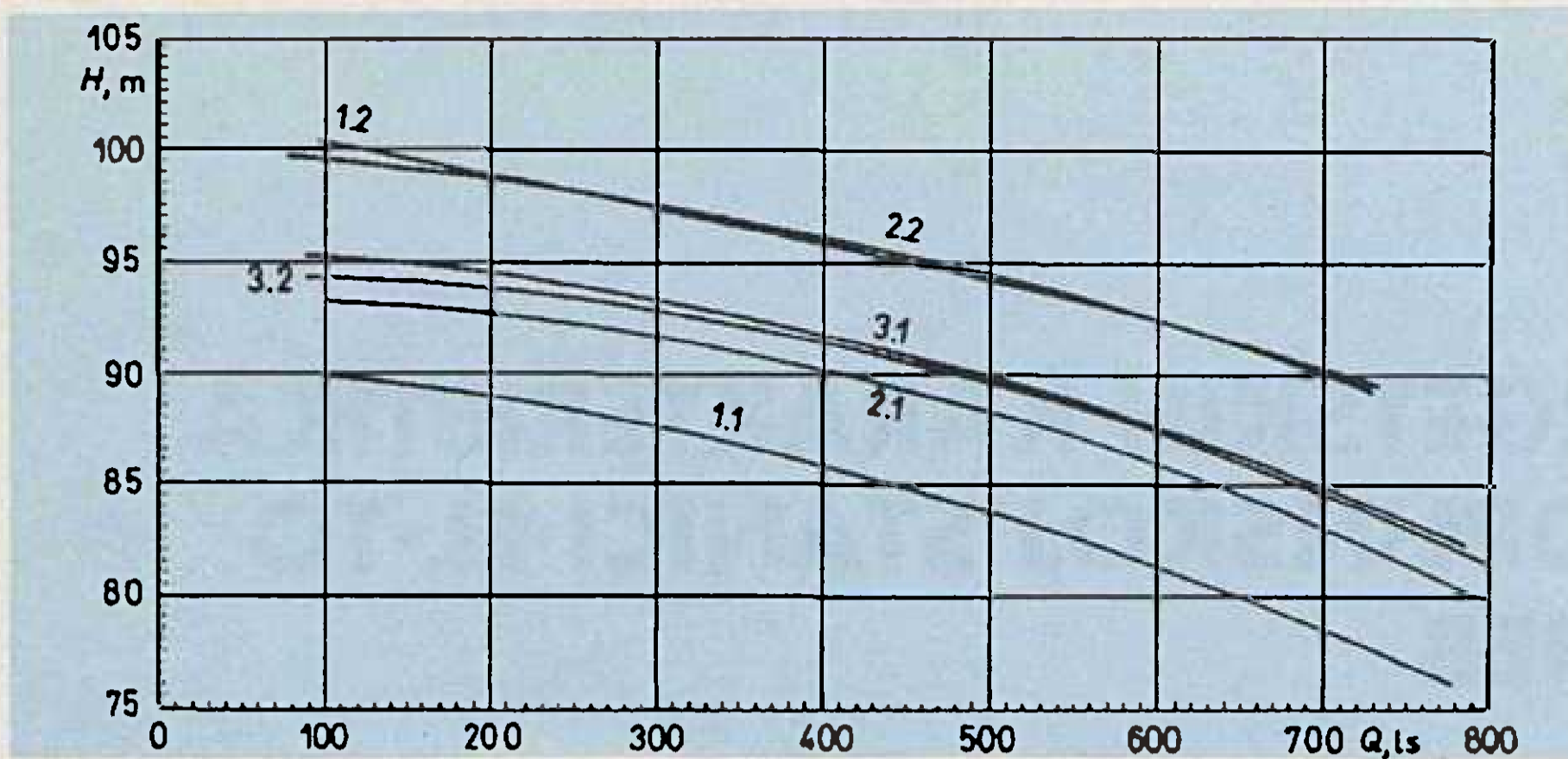
Drugi stupanj podizanja tlaka sastoji se od tri crpke slijedećih karakteristika:

- količina dobave $Q = 730 \text{ l/s (2628 m}^3\text{/h)}$
- maseni protok $m = 2500 \text{ t/h}$
- visina dobave $H = 89,6 \text{ m (824 kPa)}$
- NPSH $12,5 \text{ m}$
- temperatura vode $T = 383 \text{ K (110 }^\circ\text{C)}$
- brzina vrtnje $n = 960 \text{ min}^{-1}$
- snaga elektromotora $P = 800 \text{ kW}$

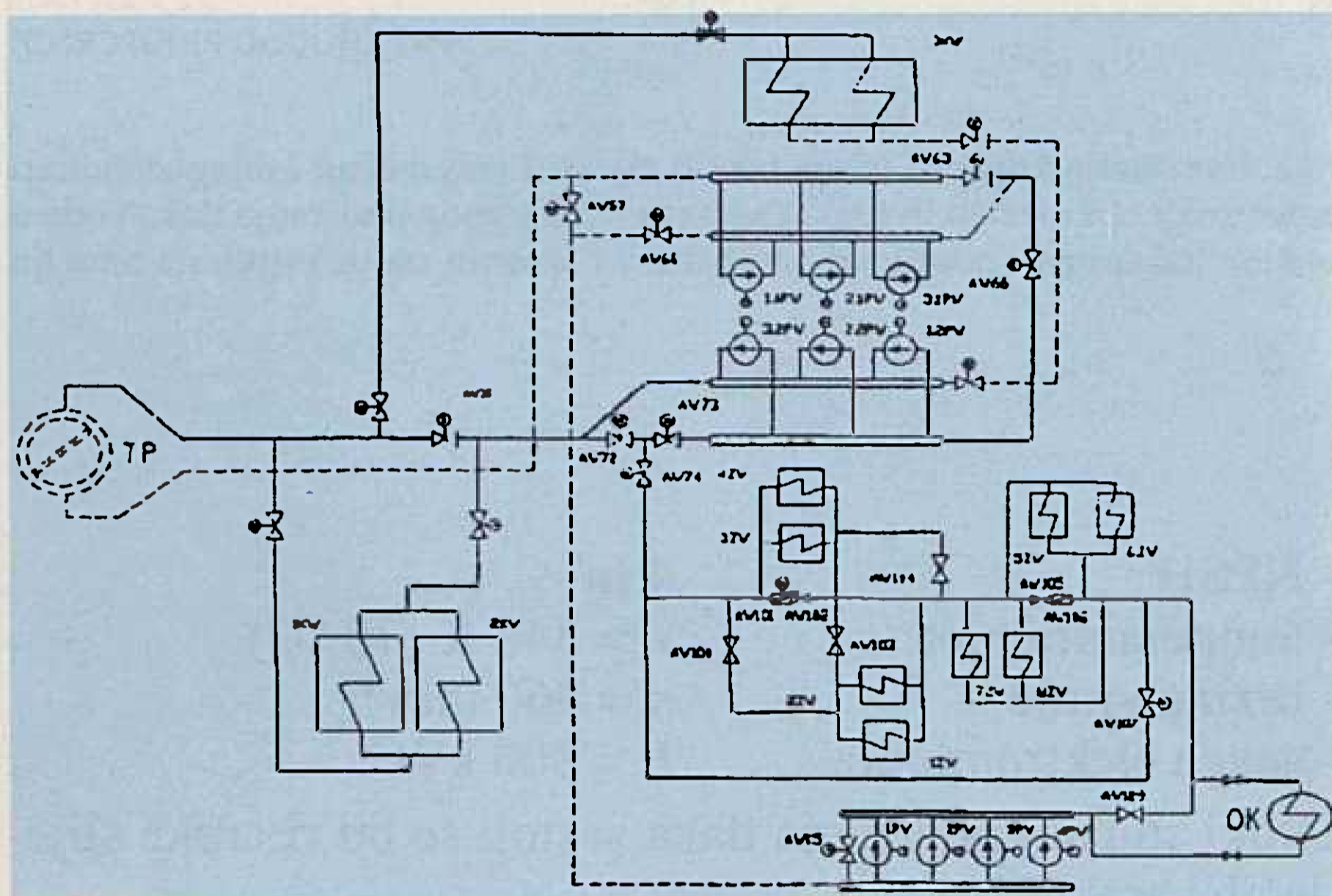
Na slici 1 prikazan je uzdužni presjek kroz jednostupnu dvoulaznu crpku, tip DH 86-50. Energetske karakteristike svih šest crpki mjerene nakon proizvodnje u ispitnoj stanici Jugoturbine 1986. godine prikazane su na slici 2 [2]. U dijagramu slika 2 dana je za svaku crpku ovisnost visi-



Slika 1. Uzdužni presjek kroz dvoulaznu jednostupnu crpku DH 86-50, masenog protoka 2500 t/h, proizvodnje Jugoturbina Karlovac



Slika 2. Ovisnost visine dobave (H) o količini dobave (Q) za crpke DH 86-50: 1.1, 2.1, 3.1 – crpke prvog stupnja podizanja tlaka; 1.2, 2.2, 3.2 – crpke drugog stupnja podizanja tlaka vode



Slika 3. Shema vrelovodnog sustava EL-TO Zagreb: 1. 1 PW, 2. 1 PW, 3. 1 PW – crpke prvog stupnja; 1. 2 PW, 2. 2 PW, 3. PW – crpke drugog stupnja; 1 PV, 2 PV, 3 PV, 4 PV – crpke stare crpne stanice; 1–8 ZV – zagrijači vode; OK – ogrijevni kondenzator; 1 KW, 2 KW, 3 KW vrelovodni kotlovi; TP – toplinski potrošači; - - - povrat tople vode

ne dobave u količini dobave.

Karakteristike broj 1.1, 1.2 i 1.3 su od crpki prvog stupnja podizanja tlaka, a karakteristike 2.1, 2.2 i 2.3 su od crpki drugog stupnja podizanja tlaka vrele vode.

Sve crpke prvog stupnja podizanja tlaka pogonjene su direktno elektromotorom. U drugom stupnju podizanja tlaka jedna crpka je pogonjena direktno elektromotorom, a druge dvije su pogonjene preko hidrauličkih spojki za promjenu brzine vrtnje. Rad crpnih agregata je paralelan pa su tako izvedeni priključci na vrelovod na usisnoj i tlačnoj strani.

Na slici 3 dana je shema vrelovodnog sustava EL-TO s prikazom starih i novih crpnih agregata. U zimskom režimu rada povratna voda daljinskog grijanja dolazi u sabirnik crpki prvog stupnja. Prema potrebama potrošača topline uključuju se u rad dvije crpke (jedna je u pričuvi), koje tlače vodu od tlaka 1,5 bar do, otprilike, 10 bara. Ta voda se dalje tlači kroz ogrijevni kondenzator turbine snage 30 MW [30] i po potrebi kroz izmjenjivač topline od turbine snage 12 MW, gdje se grije do temperature 170 °C, te dolazi u sabirnik crpki drugog stupnja. Crpke drugog stupnja tlače vrelu vodu na tlak oko 16 bara gdje ona dalje odlazi potrošačima topline daljinskog grijanja. Prema potrebi mogu se za grijanje vode koristiti i vrelovodni kotlovi.

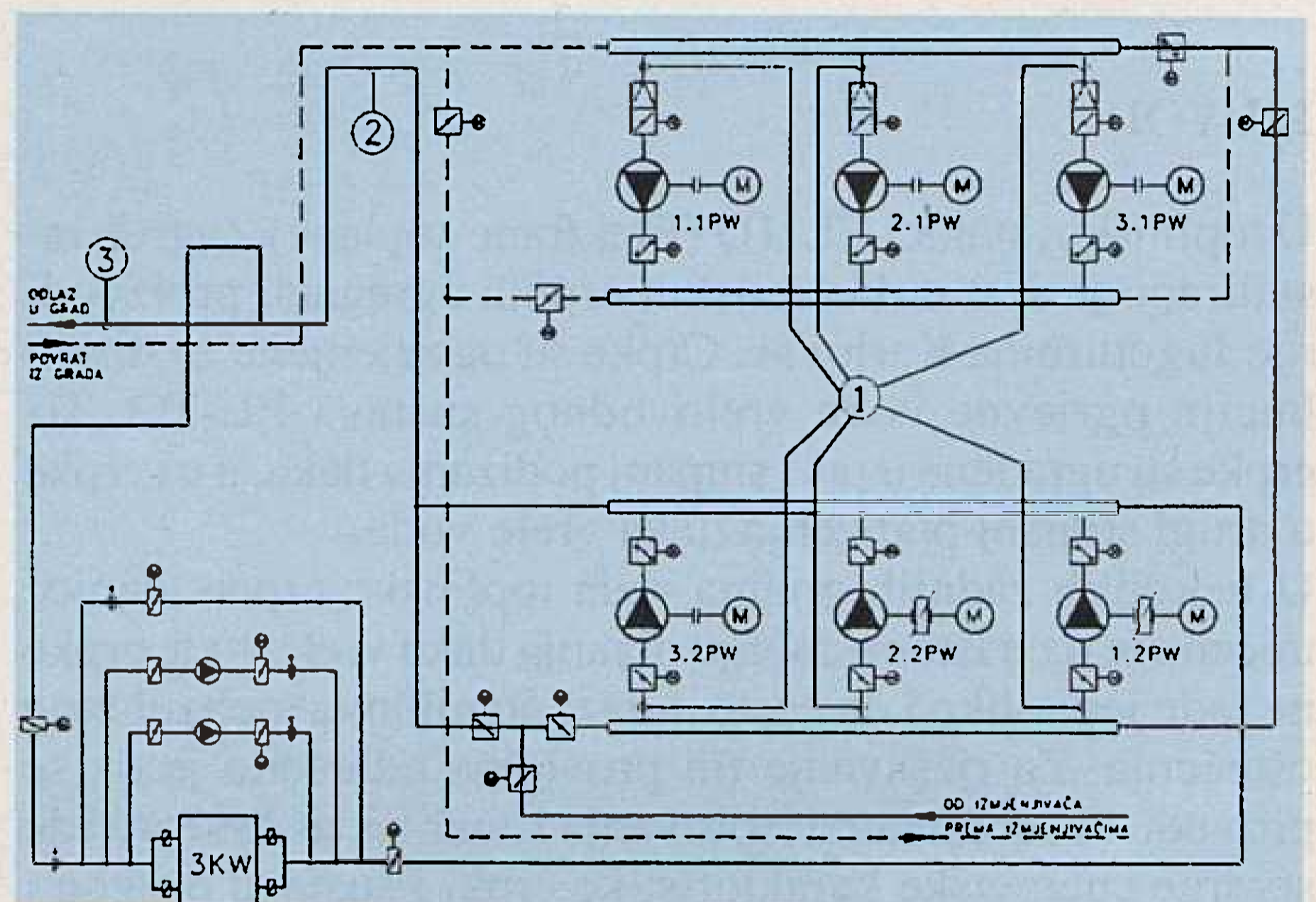
U ljetnom režimu rada povratna voda daljinskog grijanja

dovodi se u sabirnik crpki prvog stupnja. Prema potrebama potrošača topline vrele vode uključuje se u pogonu jedna crpka prvog stupnja i tlači vodu na tlak oko 10 bara. Dalje se voda tlači kroz izmjenjivače topline gdje se grije do potrebne temperature i odvodi potrošačima. Crpke drugog stupnja podizanja tlaka u ljetnom režimu rada kada nema potrebe za grijanjem nisu u pogonu.

Za ispitivanje energetske karakteristike crpnih agregata shema mjernih mjesta prikazana je na slici 4. Mjernim mjestom broj 1 mjere se ulazni parametri vode u crpke. Izlazni parametri vode koja ide prema potrošačima topline mjere se na mjernim mjesima broj 2 i 3. U tablici 1 dani su podaci o dimenzijama cijevi u kojima je mjeren protok vode pomoću ultrazvučnog mjernika protoka.

Za ispitivanje energetske karakteristike cirkulacijskih crpki korištena je slijedeća mjerna oprema:

- mjerilo tlaka, pretvarač tlaka ASHCROFT, tip KXD, mjesto područje 0–6, 0–10, 0–16 bar, izlaz 4–20 mA, klasa 0,25
- mjerilo temperature ABB METRAWATT, model M4052, mjesto područje 0–1000 °C, izlaz 0–1 V, klasa 0,1



Slika 4. Shema mjernih mjesta za ispitivanje energetske karakteristike cirkulacijskih crpki: 1 – ulazni parametri vode; 2, 3 – izlazni parametri vode

Tablica 1.: Podaci o dimenzijama cijevi u kojima je mjeren protok

Mjesto	1 - Usisni cjevovod pumpi		2 - Odlazni krak (bez kotla 3 KW)	3 - Ukupni odlaz prema gradu
Materijal cijevi	ugljični čelik		ugljični čelik	ugljični čelik
Vanjski promjer cijevi, mm	509		819	821
Debljina stijenke cijevi mm	6.9		7.9	8.1
Temperatura vode, °C	1 stupanj	2 stupanj	65	95
	52	70		
Kinematički viskozitet, mm ² /s	0.53	0.40	0.43	0.29
Broj mjeme sonde	114	114	114	114
Broj prolaza ultrazvuka	2	2	1	1
Udaljenost mjernih sondi, mm	445.9	449.3	375.3	381.1

- ultrazvučno mjerilo protoka PANAMETRICS, transport model PT868, izlaz 4–20 mA, klasa 2,0
- mjerilo brzine vrtnje, tahometar HYDROTECHNIK, tip n-compare, s optičkom sondom DS03, analogni izlaz 0–20 mA, klasa 0,1
- mjerna centrala MIELHAUS, model PC30-PGL, s 16 analognih izlaza, 12-bit A/D klasa 0,025, ugrađena u prenosno digitalno računalo STOSHIBA T6400DX.
- mjerenje struje elektromotora vršeno je postojećom pogonskom mjernom opremom u EL-TO.

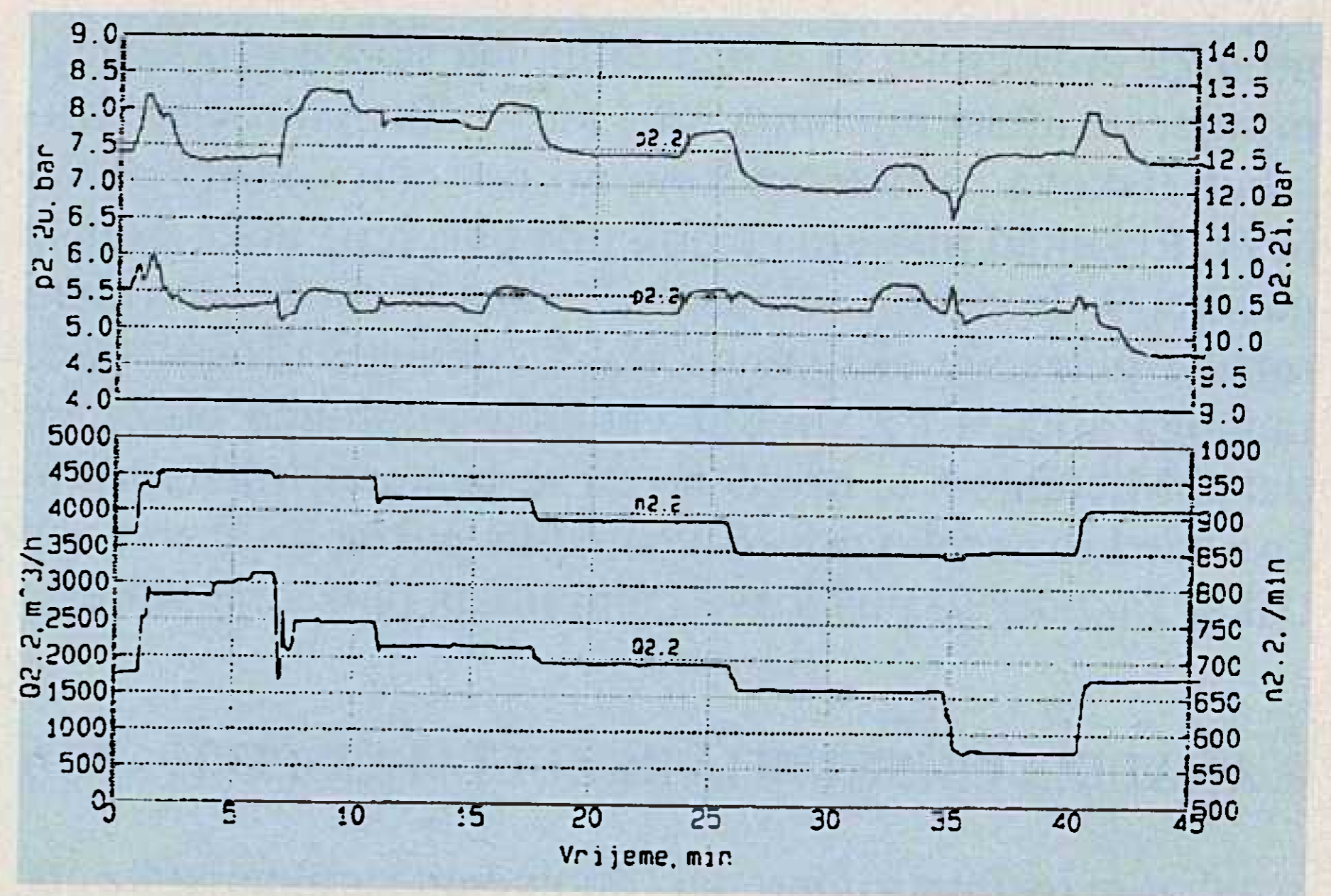
Ispitivanja energetske karakteristika cirkulacijskih crpki u različitim režimima rada provedena su u zimskom i ljetnom režimu rada. Ispitivanjem se nastojalo prikupiti što više mjernih podataka istovremeno. U zimskim režimima rada obično su u pogonu po dvije crpke prvog i dvije crpke drugog stupnja podizanja tlaka vode. Da bi se izmjerili parametri vode za dobivanje karakteristika pojedine crpke, pristupilo se uključivanju i treće crpke u paralelni rad s postupnom raspodjelom tereta između dvije crpke. Raspodjela tereta između crpki prvog stupnja vršena je zakretanjem leptirastih zatvarača, dok su na crpkama drugog stupnja mijenjane brzine vrtnje uz pomoć hidrauličkih spojki. Kod ispitivanja crpke u jednom stupnju nije se vršila nikakva raspodjela tereta u drugom stupnju podizanja tlaka vode.

U tijeku ispitivanja jedne crpki mjereni su i tlakovi na ulazu i izlazu druge crpke u paralelnom radu, te tlakovi na ulazu i izlazu jedne od crpki preostalog stupnja crpenja. Protok i brzina vrtnje mjereni su samo na crpki koja se ispitivala. Izvršeno je također brzo snimanje tlakova na ulazu i izlazu crpke, kao i u prostoru između radnog kola i kućišta crpke, pri različitim režimima rada. Provedena su i mjerenja protoka vrele vode prema gradskoj mreži, te istovremeno mjerenje tlakova na polaznom i povratnom sabirniku, kao i ulaznih i izlaznih tlakova na jednoj crpki u prvom i drugom stupnju podizanja tlaka.

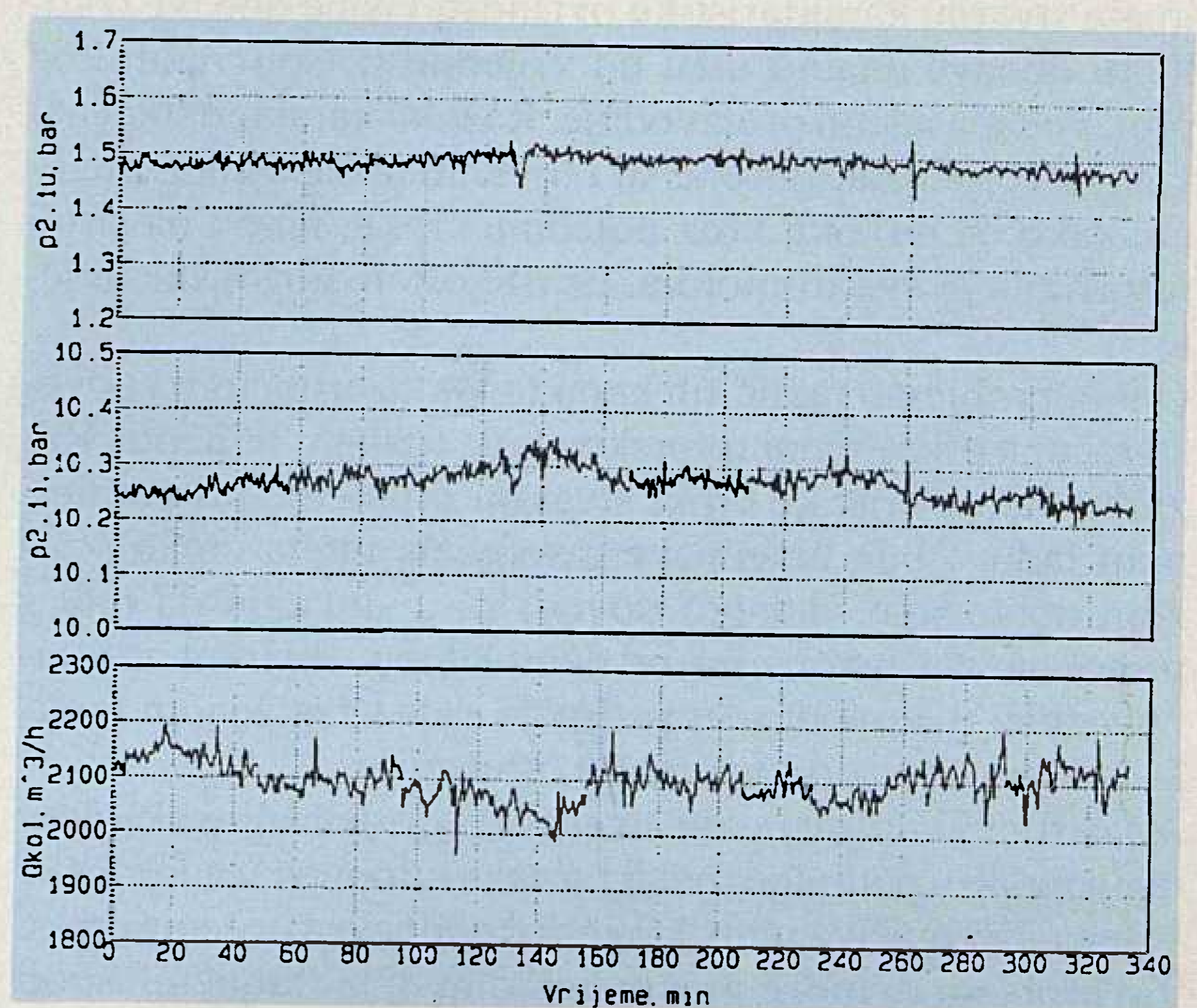
U ljetnom režimu rada su izvršena ispitivanja energetske karakteristika samo crpki prvog stupnja, jer crpke drugog stupnja nisu u pogonu u ljetnom razdoblju. Izvršena su ispitivanja i parametara vode u polaznom i povratnom sabirniku iz gradske mreže. Tlakovi na ulazu i izlazu iz crpki, protok vode i tlakovi na sabirnicima mjereni su kroz duži vremenski period. Pri ispitivanju karakteristika dvije crpke su bile u paralelnom radu, a pomoću leptirastih zatvarača na tlačnim cjevovodima vršena je raspodjela tereta, tako da je ukupna količina vode prema gradskoj mreži bila približno nepromijenjena.

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Rezultati mjerenja parametara crpki i sustava prvog i drugog podizanja tlaka vode su obrađivani pomoću mjerne centrale i računala. Na slici 5 dan je primjer rezultata mjerenja i obrade tlaka vode na ulazu (p2.2u) i izlazu (p2.2i), količine dobave (Q2.2) i brzine vrtnje (n2.2) crpke drugog stupnja podizanja tlaka (2.2) u određenom vremenskom periodu u zimskom režimu rada [4]. Promjena brzine vrtnje izvođena je pomoću hidraulične spojke. Iz danih rezultata mjerenja mogu se odrediti srednje mjerene veličine za određeni vremenski period mjerenja. Takvi rezultati mjerenja dobiveni su za crpke prvog i drugog stupnja podizanja tlaka.



Slika 5. Rezultati mjerenja tlaka na ulazu (p2.2u) i izlazu (p2.2i), količina dobave (Q2.2) i brzina vrtnje (n2.2) crpke drugog stupnja (2.2) u određenom vremenskom periodu u zimskom režimu rada



Slika 6. Rezultati mjerenja tlaka na ulazu (p2.1u) i izlazu (p2.1i) crpke prvog stupnja (2.1) i količine protoka vode prema gradu (Qkol) u određenom vremenskom periodu u ljetnom režimu rada

U ljetnom režimu rada primjer rezultata mjerenja i obrade tlaka vode na ulazu (p2.1u) i izlazu (p2.1i) crpke prvog stupnja podizanja tlaka (2.1) i količine protoka vode prema gradu (Q kol) u određenom vremenskom periodu dana je na slici 6. U pogonu je bila samo ta crpka. Temperatura vode na polazu je bila 62 °C, a na povratu iz gradske mreže 50 °C, temperatura okoline je iznosila 18 °C. Ovakvi rezultati mjerenja dobiveni su za sve tri crpke prvog stupnja podizanja tlaka vode.

Za sve rezultate mjerenja za svih šest cirkulacijskih crpki obrađene su srednje vrijednosti mjerenih parametara i izračunate vrijednosti stitičkih karakteristika crpki svedene na brzinu vrtnje 960 min⁻¹. Energetske karakteristike svih šest crpki dane su na slici 7. Iz danih karakteristika može se za svaku od šest ispitivanih crpki vidjeti ovisnost visine dobave o količini dobave.

Na crpki drugog stupnja broj 3.2. provedena su mjerenja pulzacije tlakova na ulazu i izlazu iz crpke, te u oba prostora između radnog kola i kućišta. Pulzacije tlakova su mjerene pri maksimalnom protoku u postojećem sastavu $Q = 2099 \text{ m}^3/\text{h}$, pri protoku $Q = 1617 \text{ m}^3/\text{h}$ i minimalnom

protoku kroz crpku $Q = 925 \text{ m}^3/\text{h}$. Na slici 8 prikazan je primjer rezultata mjerenja i obrade razlike pulzacija aksijalnih tlakova na radnom kolu pri protoku vode $Q = 925 \text{ m}^3/\text{h}$. Rezultati mjerenja amplitude pulzacije tlaka dani su na slici 9. Iz danog dijagrama, slika 8, može se vidjeti razlika pulzacije aksijalnog tlaka s jedne i druge strane radnoga kola, a i z slike 9 veličina amplitude pulzacije tlaka. Mjerenjem je utvrđeno da se sa smanjenjem protoka vode kroz crpku povećava razlika pulzacije aksijalnog tlaka. Također se povećava i amplituda pulzacije tlaka.

4. ANALIZA I DISKUSIJA REZULTATA ISPITIVANJA

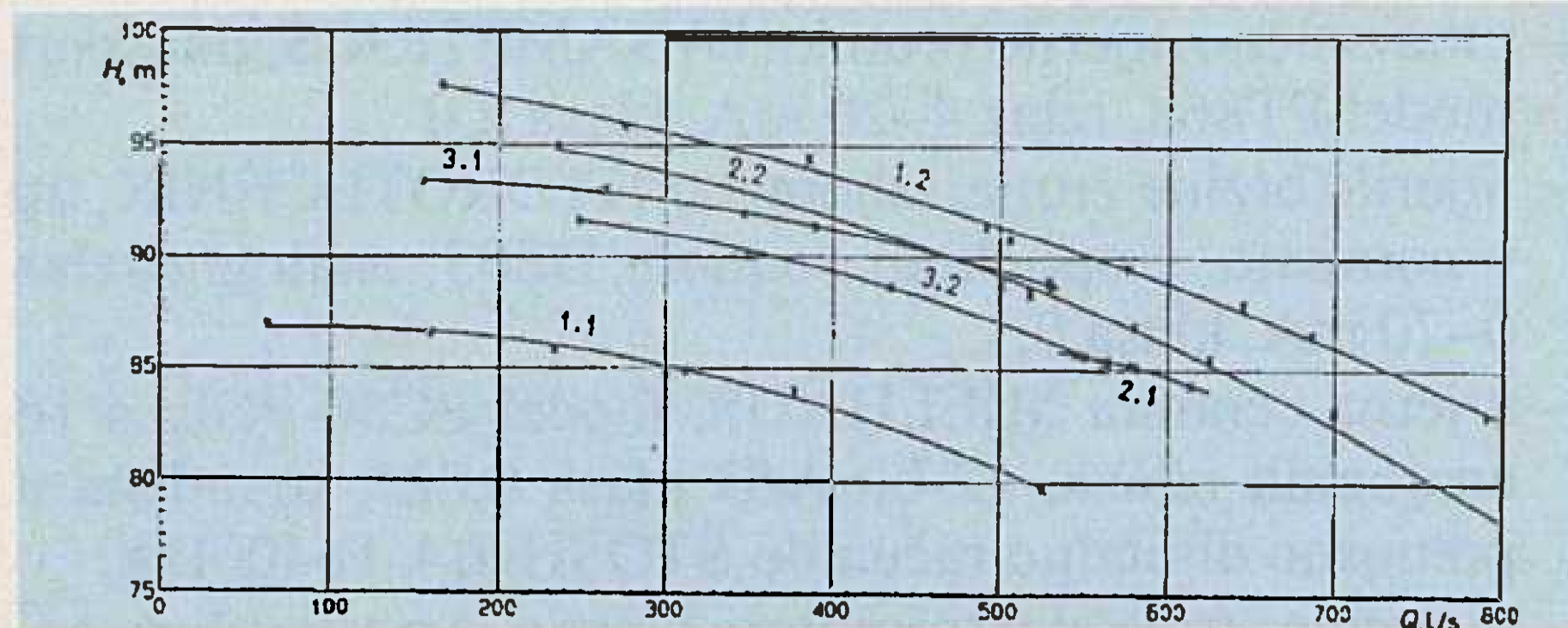
Analizom rezultata mjerenja i dobivenih karakteristika cirkulacijskih crpki (slika 7) i njihovog uspoređivanja s karakteristikama mjerenih nakon proizvodnje pumpi 1986. godine (slika 2), utvrđene su znatne razlike između ova dva mjerenja za četiri crpke broj 1.1, 1.2, 2.2 i 3.2. Te crpke imaju stvarnu karakteristiku ovisnosti visine dobave o količini dobave znatno nižu od vrijednosti ispitivanih kod proizvođača nakon proizvodnje. Razlike karakteristika navedenih crpki zamijećene su i tijekom dosadašnjeg pogona, kako na protoku kroz pojedinu crpku, tako i na struji pripadajućih elektromotora, uz iste ostale pogonske uvjete.

O tom problemu različitih karakteristika crpki treba povesti računa pri zamjeni rotorskog kola tijekom remonta. Različite karakteristike crpki stvaraju probleme pri paralelnom radu. Zbog nejednake raspodjele tereta crpka s nižom dobavnom visinom dovodi se u situaciju da radi s protokom znatno manjim od nominalnog, obzirom na brzinu vrtnje, tj. dovodi se u područje rada s izraženom recirkulacijom, što uzrokuje njeno oštećenje.

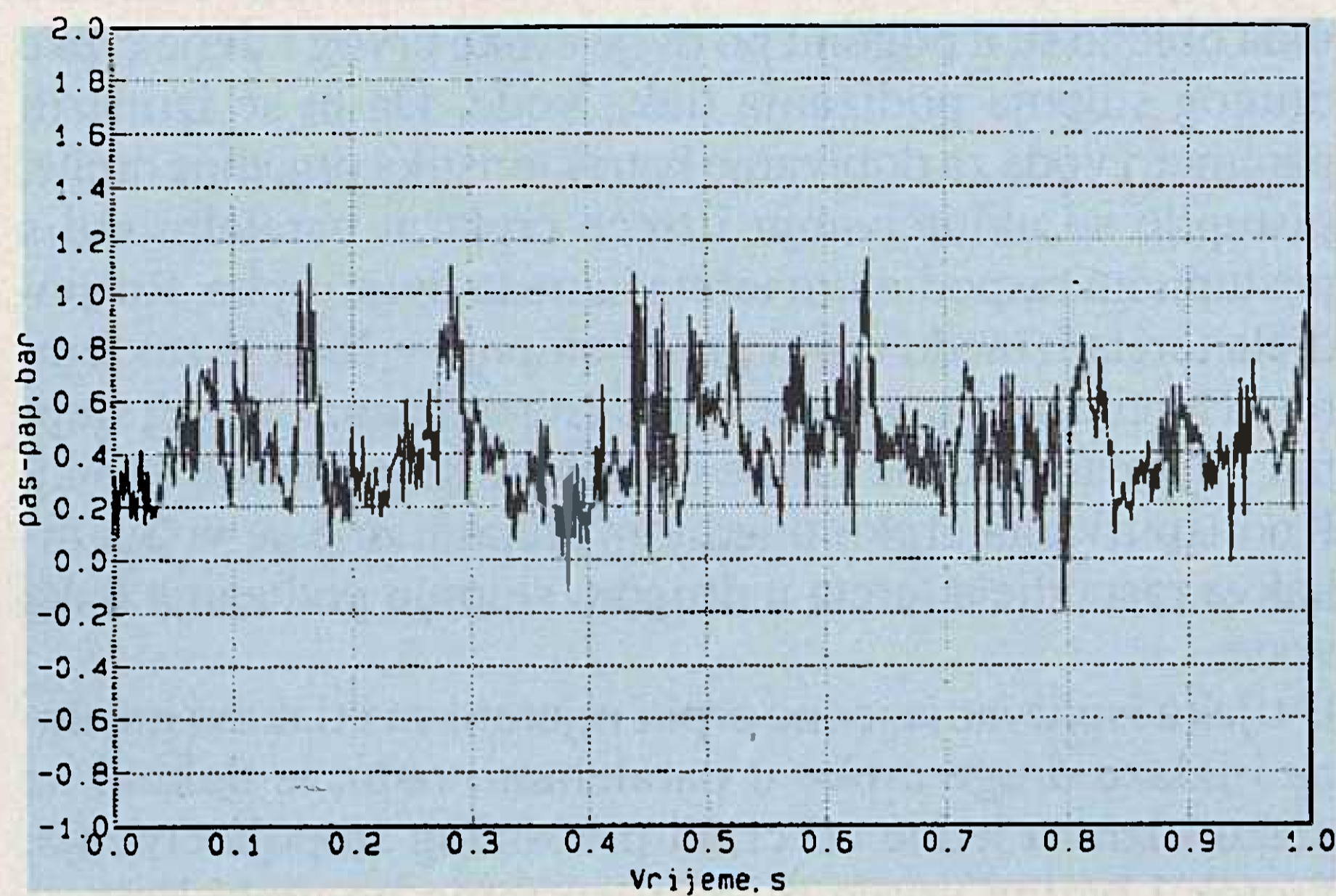
Analizom je utvrđeno da su crpke u dosadašnjoj eksploataciji radile u području malih protoka, promjena radne točke vršena je prigušivanjem, što je dovodilo do oštećenja crpki. Taj problem se može riješiti ugradnjom hidrauličnih spojki i u prvi stupanj podizanja tlaka uz uvjet da crpke u paralelnom radu imaju približno iste karakteristike. Iste karakteristike se mogu postići različitim redukcijama radnih kola, obzirom da nominalno iste veličine radnih kola nemaju iste karakteristike.

Analizom rezultata mjerenja pulzacije tlakova u oba prostora između radnog kola u kućišta uočena je znatna razlika aksijalnih pulzirajućih tlakova na radnom kolu crpke. Radno kolo dvoulazne crpke (slika 1) je zrcalno simetrično, pa bi se moglo očekivati da je pulzacija tlakova s obje strane radnog kola identična. Razlika u veličini pulzirajućih tlakova s obje strane radnog kola može se objasniti pojavom recirkulacije, tj. formiranja vrtloga unutar radnog kola. Ti vrtlozi između ostalog imaju utjecaj i na raspored tlakova u prostoru između radnog kola i kućišta crpke. Iz rezultata mjerenja je utvrđeno da smanjenjem protoka kroz crpku rastu aksijalni pulzirajući tlakovi i njihova razlika s obje strane radnog kola. To povećanje aksijalnih pulzirajućih tlakova može se objasniti povećanjem vrtloga smanjenjem protoka kroz pumpu.

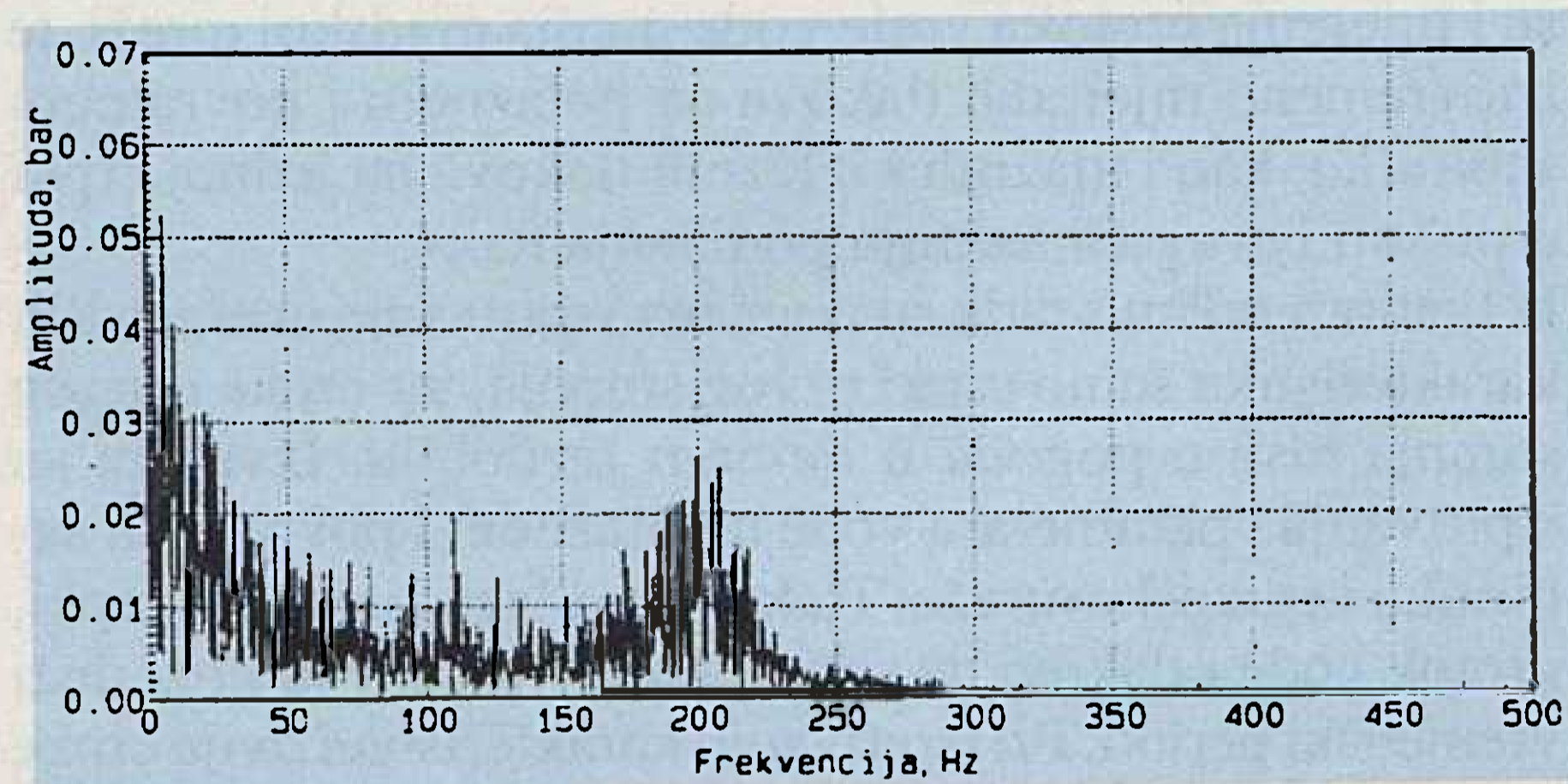
Različit raspored tlakova u prostoru između radnog kola i kućišta crpke koji je nestacionarnog karaktera, uzrokuje i pulzaciju rezultirajuće aksijalne sile na radno kolo. Te, pulzirajuće aksijalne sile su tijekom eksploatacije crpki uzrokovale oštećenja na raspornim prstenovima, kao i trajno



Slika 7. Ovisnost visine dobave (H) o količini dobave crpki (Q) za brzinu vrtnje 960 min^{-1} : 1.1, 2.1, 3.2 – crpke prvog stupnja podizanja tlaka; 1.2, 2.2, 3.2 – crpke drugog stupnja podizanja tlaka vode



Slika 8. Razlika aksijalnih tlakova na radnome kolu pri protoku vode kroz crpku $925 \text{ m}^3/\text{h}$



Slika 9. Amplituda pulzacije tlaka na radnome kolu pri protoku vode kroz crpku $925 \text{ m}^3/\text{h}$ i brzini vrtnje 993 min^{-1}

pomicanje radnog kola u vratilu. U tijeku remonta crpke ustanovljeno je pomicanje radnog kola na vratilu oko 4 mm.

Ispitivana crpka pogonjena je direktno elektromotorom i promjena protoka se vršila zakretanjem leptirastog zatvarača. Rad crpki pogonjenih direktno elektromotorom, pri nižim protocima od nominalnog dovodio je do njihovog oštećenja. Za rješavanje ovog problema preporučuje se pogon ovih crpki promjenom brzine vrtnje primjenom hidrauličkih spojki.

5. ZAKLJUČAK

Izvršena su sveobuhvatna ispitivanja energetske karakteristike cirkulacijskih crpki i sustava prvog i drugog podi-

zanja tlaka u toplinskoj stanici EL-TO Zagreb. Dobiveni rezultati ispitivanja dali su uvid u stvarno stanje crpki, kao i uvid u zakonitost promjene određenih parametara u različitim režimima rada crpki.

Analizom dobivenih rezultata ispitivanja energetske karakteristika i usporedbom s rezultatima ispitivanja energetske karakteristika nakon proizvodnje crpki u ispitnoj stanici Jugoturbine, uočeno je da crpke imaju različite karakteristike. Različite karakteristike crpki stvaraju probleme pri paralelnom radu crpki i uzrokuju njihova oštećenja.

Jednake karakteristike crpki mogu se postići različitim redukcijama radnih kola, obzirom da nominalno iste veličine radnih kola nemaju jednake karakteristike.

Analizom je utvrđeno da su u dosadašnjoj eksploataciji cirkulacijske crpke radile u području relativno malih protoka, gdje je promjena radne točke vršena prigušivanjem, što je dovelo do oštećenja crpki. Taj problem se može riješiti tako da se i u crpke prvog stupnja ugrade hidroulične spojke, uz uvjet da crpke u paralelnom radu imaju približno jednaku karakteristiku.

Ispitivanjem pulzacije tlaka s obje strane radnog kola i kućišta utvrđena je značajna razlika aksijalnog pulzirajućeg tlaka. Utvrđeno je da se smanjenjem protoka kroz crpku povećava razlika pulzacije tlaka. Aksijalna pulzacija tlaka u radnom kolu objašnjava se nastajanjem vrtloga, koji smanjenjem protoka kroz crpku rastu, što uzrokuje i povećanjem pulzacije tlaka.

Sile aksijalne propulzije tlaka dovode do pomicanja radnog kola na vratilu i njihovog oštećenja. Za rješenje ovog problema preporučuje se da se pogon svih crpki vrši promjenom brzine vrtnje pomoću hidraulične spojke.

LITERATURA

- [1] Pogonski propisi cirkulacijskih pumpi DH 86-50, EL-TO Zagreb, Jugoturbina Karlovac 1985.
 [2] M. MAJCEN, M. FRANJIĆ: "Ispitivanje energetske karakteristika pumpi DH 86-50", FSB Zagreb, 1986.

[3] B. STANIŠA: "Rekonstrukcija parnoturbinskog postrojenja snage 30 MW EL-TO u Kombi-proces", Zbornik radova FSB 19(1995) 65-72.

[4] B. STANIŠA i dr.: "Studija energetske i mehaničke karakteristike cirkulacijskih pumpnih agregata u toplinskoj stanici EL-TO Zagreb", ENIN-Energetski institut, Karlovac 1995.

TESTING AND ANALYSING OF CIRCULAR PUMPS ENERGY CHARACTERISTICS IN THE HEAT STATION EL-TO ZAGREB

Testing and analysing of pumps energy characteristics offers an insight into their operation and state, based on which different disorders can be discovered and their causes found.

In the paper, the results of all-inclusive tests of circular pump energy characteristics and of the double level system of water pressure increase in the heat station EL-TO Zagreb are given. The analysis of the results obtained led to the determination of the parameter change and the real state of pumps, based on which trends of their amelioration are given.

PRÜFUNGEN UND AUSWERTUNG ENERGETISCHER KENNGRÖßENKURVEN VON UMLAUFPUMPEN IM WÄRMEUMFORMWERK DES WÄRMEKRAFTWERKES "EL-TO", ZAGREB

Prüfungen und Auswertung energetischer Kenngrößenkurven von Umlaufpumpen geben die Einsicht in ihre Wirkung und ihr Zustand, auf deren Grund sich verschiedene Funktionsstörungen feststellen und ihre Ursachen untersuchen lassen. In dieser Arbeit sind die Ergebnisse sehr ausführlicher Prüfungen energetischer Kenngrößen der Umlaufpumpen und des zweistufigen Systems der Druckerhöhung im Wärmeumformwerk des Wärmekraftwerkes "EL-TO", Zagreb dargestellt. Durch Auswertung gewonnener Ergebnisse sind gewisse Gesetzmäßigkeiten von Parameteränderungen und der eigentliche Zustand der Pumpen festgestellt worden. Auf grund dieser Feststellungen sind Richtlinien für ihren besseren künftigen Betrieb gegeben.

Naslov pisaca:

Izv. prof. dr. sc. Branko Staniša,
dipl. ing.

Tehnički fakultet Rijeka i
ENIN-Energetski institut d.d.
Mala Švarča 155

47000 Karlovac, Hrvatska

Vladimir Srb, dipl. ing.

Mr. sc. Antun Luketić, dipl. ing.

TURBOTEH d.o.o.

Mala Švarča 155

47000 Karlovac, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 1996-05-07.

industrogradnja d.d.





HEAD OFFICE:
OBALA KNEZA TRPIMIRA 2
23000 ZADAR
HRVATSKA

Tel.: 023/311-222

023/441-897

Fax.: 023/437-470

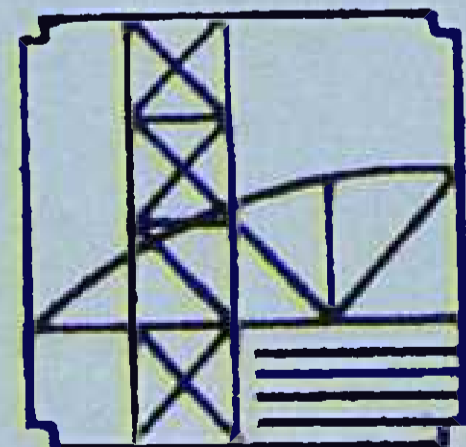
023/311-897

023/441-826

Telex: 27164

Telegrams: TANKERKOMERC

Trgovina na veliko i malo



Konstruktor d.d.

ZA GRADITELJSTVO - RIJEKA

Strossmayerova ul. 11
POŠT. PRETINAC 193
TEL.©: (051) 216-777
TELEFAX: (051) 217-388
(051) 217-934

ŽIRO RAČUN 33800-601-11438

PROCJENA UVJETA ELEKTROMAGNETSKE IZLOŽENOSTI ŽIVIH BIĆA U BLIZINI RAZLIČITIH DALEKOVODA

Mr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.315.1:338.52

STRUČNI ČLANAK

Dana je metoda za približnu procjenu jakosti električnog polja i magnetske indukcije pri tlu, u blizini proizvoljno oblikovanog opterećenog dalekovoda, uz zanemarenje međudjelovanja vodiča i pretpostavku savršene vodljivosti zemljišta. Izvedeni su računski primjeri s različitim vrstama dalekovoda, a rezultati su uspoređeni s važećim normama dozvoljive izloženosti poljima frekvencije 50 Hz.

Ključne riječi: visokonaponski dalekovodi, električno polje, magnetska indukcija, ograničenja izloženosti ljudi.

Uvod

U [1] je dan proračun električnog i magnetskog polja u blizini horizontalnog dalekovoda napona 400 kV, opterećenog s 500 A, i to za slučaj najnižeg spuštanja voda do zemlje. Vrijednosti polja izvedene su uz najnepovoljnije moguće pretpostavke, s ciljem utvrđivanja gornjih granica elektromagnetske "zagađenosti" bliske okoline voda, kako bi se omogućilo oponašanje takvih uvjeta u laboratoriju, za potebe vršenja pokusa sa živim (bakterijskim, krvnim i sl.) preparatima. Vrijednosti električnog polja nešto malo premašuju zaštitne razine definirane u aktualnim propisima [2], [3], dočim su amplitude magnetskog polja daleko ispod ograničenja. Radi toga je zaključeno da 400 kV prijenosni vod s horizontalnim rasporedom vodiča, po današnjim saznanjima, nije opasan za ljudsko zdravlje. Naime, maksimum polja javlja se na rubu koridora dalekovoda, gdje se ljudi uopće ne zadržavaju, a posebno ne trajno. Na udaljenostima većim od 50 m od središta voda polja imaju razinu koja se općenito smatra bezopasnom, i to na temelju brojnih biomedicinskih istraživanja [4]. Pregled problematike proučavanja bioloških utjecaja električnih i magnetskih polja čitatelj može naći u [5].

Ovaj članak nastavlja se na [1], proširujući metodu proračuna na proizvoljan oblik dalekovoda. Pritom se i dalje zadržavaju ključne pretpostavke: tlo je modelirano kao savršeno vodljiva ravnina, a međusobni utjecaj vodiča, čiji su polumjeri mnogo puta manji od dimenzija promatranih struktura, zanemaren je. Uslijed toga, proračun će dati precijenjene vrijednosti polja, a bit će korektan samo na relativno velikoj udaljenosti od vodiča. Budući su interesantne samo prilike blizu tla, ovo je pojednostavljenje opravdano. Kao potencijal linije koji ulazi u proračun uzima se amplituda napona prema zemlji, a kao struja vodiča unosi se amplituda najveće linijske struje pronađene za konkretna vod u [6] i [7]. Valja naglasiti razliku između jedne osobe izračunatog električnog i magnetskog polja: električno je prisutno uvijek u istom iznosu, dokle god je vod pod naponom, bez obzira na opterećenje, dočim magnetsko ovisi proporcionalno o struji tereta, koja jako varira tijekom dana, tako da je ovo možda najistaknutiji primjer uporabe

metode najlošijeg slučaja. Proračun se, kao i u [1], odnosi na prostor blizu točke najnižeg spusta vodiča.

1. RAČUNSKI MODEL

Ako se beskonačno dugi vodič i protjecan strujom I_i nalazi iznad beskonačno vodljive horizontalne ravnine, i u koordinatnom sustavu (čija os x leži u njoj i okomita je na vodič, a os y gleda okomito prema gore) ima koordinate (d_i, h_i) , tada se njegovi doprinosi indukciji u točki (x, y) lako dobiju kao:

$$B_{ix} = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \left[\frac{h_i - y}{(h_i - y)^2 + (d_i - x)^2} + \frac{h_i + y}{(h_i + y)^2 + (d_i - x)^2} \right] \quad (1)$$

$$B_{iy} = \frac{\mu_0 I_i}{2\pi} \left[\frac{d_i - x}{(h_i + y)^2 + (d_i - x)^2} + \frac{d_i + y}{(h_i - y)^2 + (d_i - x)^2} \right] \quad (2)$$

Obzirom da su vodiči napajani izmjenično, komponente indukcije od i -tog vodiča su:

$$b_{ix} = B_{ix} \cos(\omega t + \varphi_i) \quad (3)$$

$$b_{iy} = B_{iy} \cos(\omega t + \varphi_i) \quad (4)$$

Definiraju li se konstante:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{iB} &= B_{ix} \cos \varphi_i & \beta_{iB} &= -B_{ix} \sin \varphi_i \\ \gamma_{iB} &= B_{iy} \cos \varphi_i & \delta_{iB} &= -B_{iy} \sin \varphi_i \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

(3) i (4) se mogu zapisati pomoću kvadrature komponenti:

$$b_{ix} = \alpha_{iB} \cos \omega t + \beta_{iB} \sin \omega t \quad (6)$$

$$b_{iy} = \gamma_{iB} \cos \omega t + \delta_{iB} \sin \omega t, \quad (7)$$

Ukupna indukcija proizvedena od n vodiča bit će definirana konstantama:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_B &= \sum_{i=1}^n \alpha_{iB} & \beta_B &= \sum_{i=1}^n \beta_{iB} \\ \gamma_B &= \sum_{i=1}^n \gamma_{iB} & \delta_B &= \sum_{i=1}^n \delta_{iB} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

pa je:

$$b_x = \alpha_B \cos \omega t + \beta_B \sin \omega t \quad (9)$$

$$b_y = \gamma_B \cos \omega t + \delta_B \sin \omega t \quad (10)$$

Iz toga se oblika lako izvode amplitude indukcije u x i y smjeru, te efektivna vrijednost:

$$B_{xM} = \sqrt{\alpha_B^2 + \beta_B^2} \quad (11)$$

$$B_{yM} = \sqrt{\gamma_B^2 + \delta_B^2} \quad (12)$$

$$B_{ef} = \sqrt{\frac{\alpha_B^2 + \beta_B^2 + \gamma_B^2 + \delta_B^2}{2}} \quad (13)$$

B_{xM} i B_{yM} određuju rastezanje elipse polarizacije magnetske indukcije u x i y smjeru.

Vremenska funkcija iznosa vektora gustoće magnetskog toka glasi:

$$\begin{aligned} B^2(\omega t) &= b_x^2 + b_y^2 = \\ &= (\alpha_B^2 + \gamma_B^2) \cos^2 \omega t + (\beta_B^2 + \delta_B^2) \sin^2 \omega t + (\alpha_B \delta_B + \gamma_B \beta_B) \sin 2\omega t \end{aligned} \quad (14)$$

Ona poprima ekstremne vrijednosti za ωt koji iznose:

$$(\omega t)_{\text{ext}} = \pm \lambda = \frac{1}{2} \arcsin \frac{2(\alpha_B \beta_B + \gamma_B \delta_B)}{\sqrt{(\alpha_B^2 + \gamma_B^2 - \beta_B^2 - \delta_B^2)^2 + 4(\alpha_B \delta_B + \gamma_B \beta_B)^2}}, \quad (15)$$

pa je maksimalna vrijednost magnetske indukcije:

$$B_M = \sqrt{(\alpha_B^2 + \gamma_B^2) \cos^2 \lambda + (\beta_B^2 + \delta_B^2) \sin^2 \lambda + (\alpha_B \beta_B + \gamma_B \delta_B) \sin 2\lambda} \quad (16)$$

Nagib glavne osi elipse polarizacije je:

$$\tan \Psi_B = \frac{\gamma_B \cos \lambda + \delta_B \sin \lambda}{\alpha_B \cos \lambda + \beta_B \sin \lambda} \quad (17)$$

Aksijalni odnos za magnetsku indukciju je:

$$AO_B = \frac{1}{\sqrt{2 \left(\frac{B_{ef}}{B_M} \right)^2 - 1}} \quad (18)$$

Doprinos električnom polju od pojedinog vodiča i može se izračunati iz njegova udjela u formiranju magnetskog polja. Lako je pokazati da, kada je u pitanju samo jedan vodič, vrijedi jednostavan omjer:

$$K_i = \frac{|E_{ix}|}{|H_{iy}|} = \frac{|E_{iy}|}{|H_{ix}|} = \frac{U_i}{I_i} \cdot \frac{\pi}{\ln \frac{2h_i - R_i}{R_i}} \quad (19)$$

gdje je E_i jakost električnog polja [V/m], H_i je jakost mag-

netskog polja [A/m], h_i je y koordinata vodiča (visina iznad tla), U_i i I_i su amplitude napona i struje vodiča, dok je R_i elektrostatski ekvivalentni polumjer vodiča [6]. Ovaj odnos ima očito dimenziju Ω . Zanimljivo je uočiti da kada svi vodiči imaju isti polumjer i visinu iznad tla, omjer vrijedi i za ukupne vrijednosti polja, što se vrlo plastično vidi na grafovima rezultata proračuna u [1]. U slučaju proizvoljnog rasporeda vodiča i njihova polumjera, međutim, može se računati samo s doprinosima svakog vodiča posebno, jer faktor K_i ovisi o podacima za i -ti vodič:

$$E_{ix} = \frac{1}{\mu_0} K_i B_{iy} \quad (20)$$

$$E_{iy} = -\frac{1}{\mu_0} K_i B_{ix} \quad (21)$$

Sada se definiraju konstante:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_E &= \sum_{i=1}^n \alpha_{iE} & \beta_E &= \sum_{i=1}^n \beta_{iE} \\ \gamma_E &= \sum_{i=1}^n \gamma_{iE} & \delta_E &= \sum_{i=1}^n \delta_{iE} \end{aligned} \right\}, \quad (22)$$

gdje su:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{iE} &= E_{ix} \cos \varphi_i & \beta_{iE} &= -E_{ix} \sin \varphi_i \\ \gamma_{iE} &= E_{iy} \cos \varphi_i & \delta_{iE} &= -E_{iy} \sin \varphi_i \end{aligned} \right\}, \quad (23)$$

pa električno polje glasi:

$$e_x = \alpha_E \cos \omega t + \beta_E \sin \omega t \quad (24)$$

$$e_y = \gamma_E \cos \omega t + \delta_E \sin \omega t \quad (25)$$

Treba naglasiti da upravo navedene konstante općenito nisu u proporciji s odgovarajućima za magnetsku indukciju (kao što je to bilo u [1]), pa ukupna polja neće biti razmjerna s istim faktorom u svakoj točki prostora.

Kada se prešlo na oblike (24) i (25), daljnji postupak je potpuno isti kao i kod proračuna magnetske indukcije, pa se neće ponovno prolaziti. Samo treba u formulama od (11) do (18) sve simbole i indekse "B" zamijeniti sa "E". Zanimljivo je na kraju definirati kvocijent efektivnih vrijednosti električnog i magnetskog polja:

$$K_{ef} = \frac{E_{ef}}{H_{ef}}, \quad (26)$$

koji se mijenja u nekim (ne preširokim) granicama, za konstantno opterećenje voda. Primjerice, za dvostruki bačvasti vod napona 400 kV i struje 500 A on na 2 m iznad tla varira između 170 Ω i 320 Ω , uz visinu $h_i = 9$ m. Veće vrijednosti nalaze se bliže vodu.

Omjer jakosti električnog i magnetskog polja općenito ne mora biti isti za maksimalne vrijednosti i pojedine okomite komponente.

2. PROVEDBA PRORAČUNA

Na osnovi algoritma izloženog u 1. odjeljku načinjen je računalni program koji omogućuje računanje električnog polja i magnetske indukcije u okolini vodova sastavljen

Tablica 1. Ulazni podaci za proračun

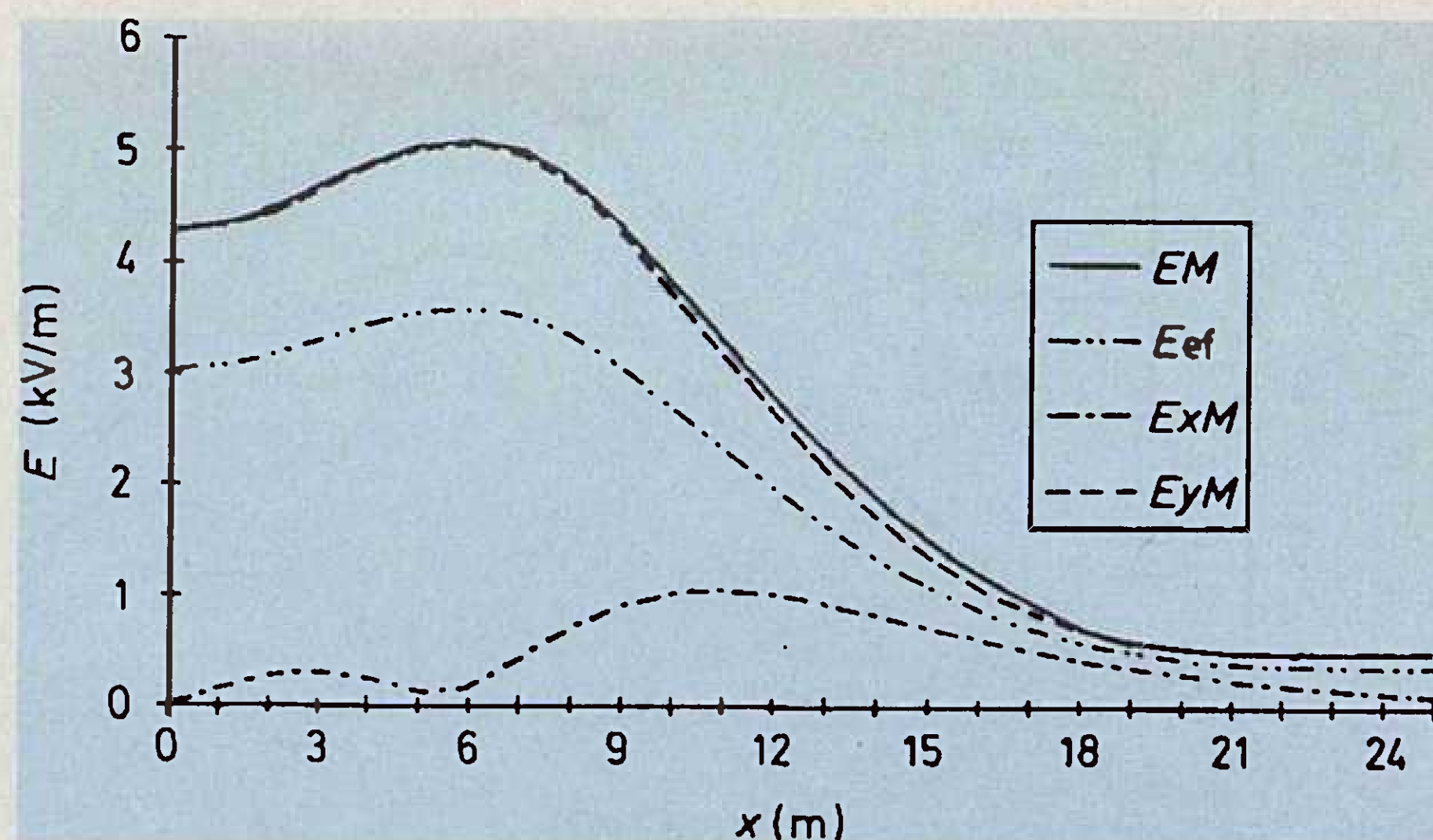
Vod	i	Koordinate vodiča ($d_i; h_i$) [m]	R_i [cm]	U_i [kV]	I_i [A]	φ_i [°]
DV1	1	(6.7 ; 9)	7.82	327	707	0
dvostruki	2	(9.9 ; 17)	7.82	327	707	120
bačvasti	3	(5.6 ; 25.5)	7.82	327	707	240
(tri etaže)	4	(-6.7 ; 9)	7.82	327	707	0
	5	(-9.9 ; 17)	7.82	327	707	120
	6	(-5.6 ; 25.5)	7.82	327	707	240
DV2, jedno-	1	(6 ; 7)	6.4	180	312	0
struki, trokut	2	(4.5 ; 13)	6.4	180	312	120
(tri etaže)	3	(-5.3 ; 10)	6.4	180	312	240
DV3	1	(-10.4 ; 7)	1	180	283	0
dvostruki	2	(-6.24 ; 7)	1	180	283	120
horizontalni	3	(-2.08 ; 7)	1	180	283	240
(jedna	4	(2.08 ; 7)	1	180	283	0
etaža)	5	(6.24 ; 7)	1	180	283	120
	6	(10.4 ; 7)	1	180	283	240

od maksimalno 6 vodiča ili snopova vodiča. Njihov broj suštinski nije ograničen, ali nije bilo potrebe za većim, jer se time da obuhvatiti dobar dio postojećih varijanti dalekovoda obzirom na razmještaj i broj vodiča. Koordinatni sustav bio je postavljen ovako: ishodište se nalazi ispod točke najnižeg provjesa voda, i to na spojnici centara tlocrta stupova. Za horizontalni teren to mjesto je točno na polovici raspona između stupova. Os x leži na tlu i gleda okomito na smjer pružanja voda, a os y je okomita na teren i gleda prema gore. U tablici 1 su navedeni ulazni podaci prikupljeni mahom iz [7] za vodove koji su razmatrani. Postupak je najprije proveden za postav iz [1], koji je tamo proračunavan drugim programom, i dao je identične rezultate.

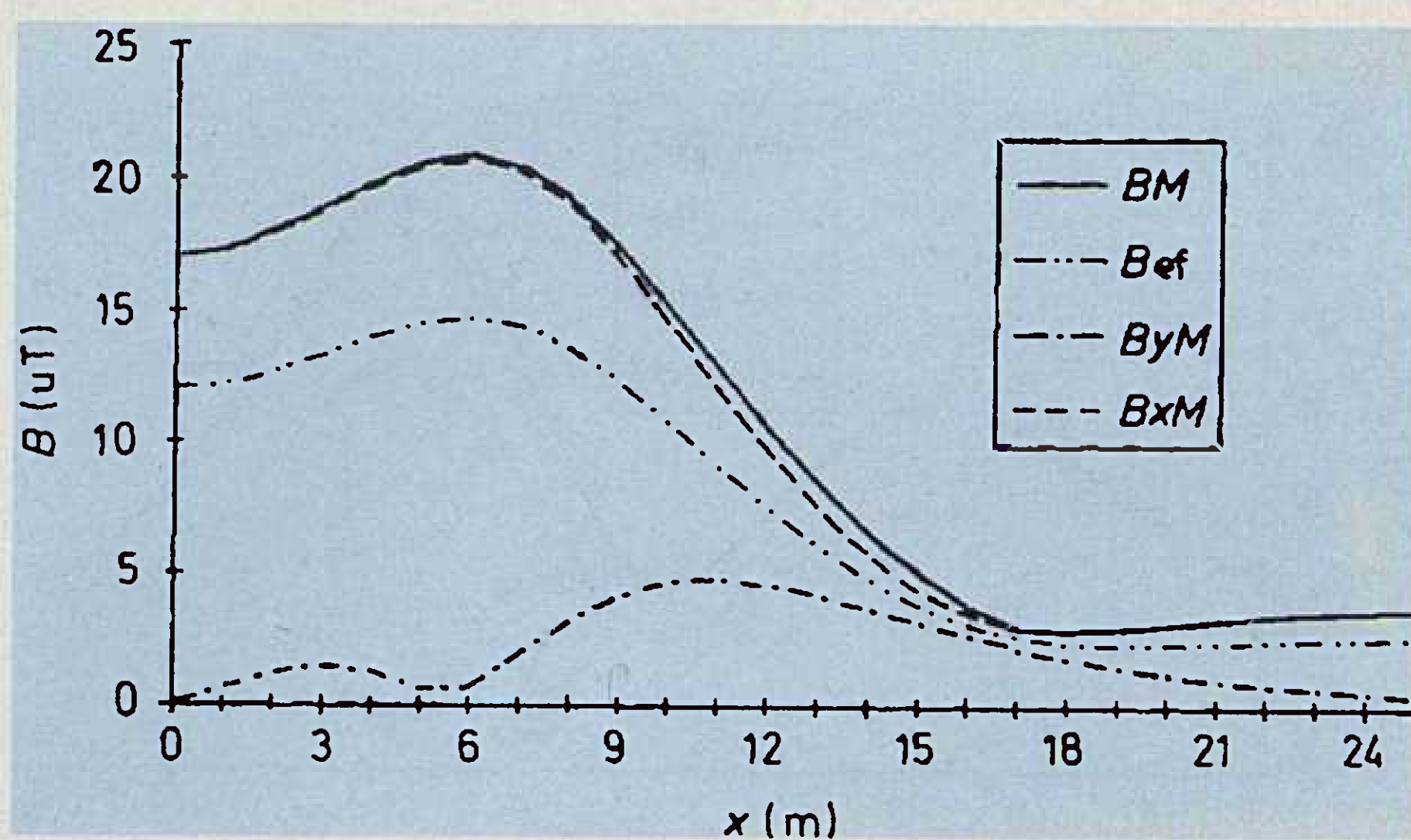
3. REZULTATI

Proračuni su izvedeni za tri različite vrste stupova, od kojih bačvasti i horizontalni predstavljaju dvosistemske vodove sa simetričnom geometrijom, a trokutasti daje primjer nesimetričnog jednostrukog dalekovoda. Dobivene su vrijednosti svih veličina definiranih u 1. odjeljku, ali su radi ograničenosti prostora ovdje prikazane samo krivulje za parametre jakosti električnog polja i magnetske indukcije na visini $y = 2$ m iznad tla.

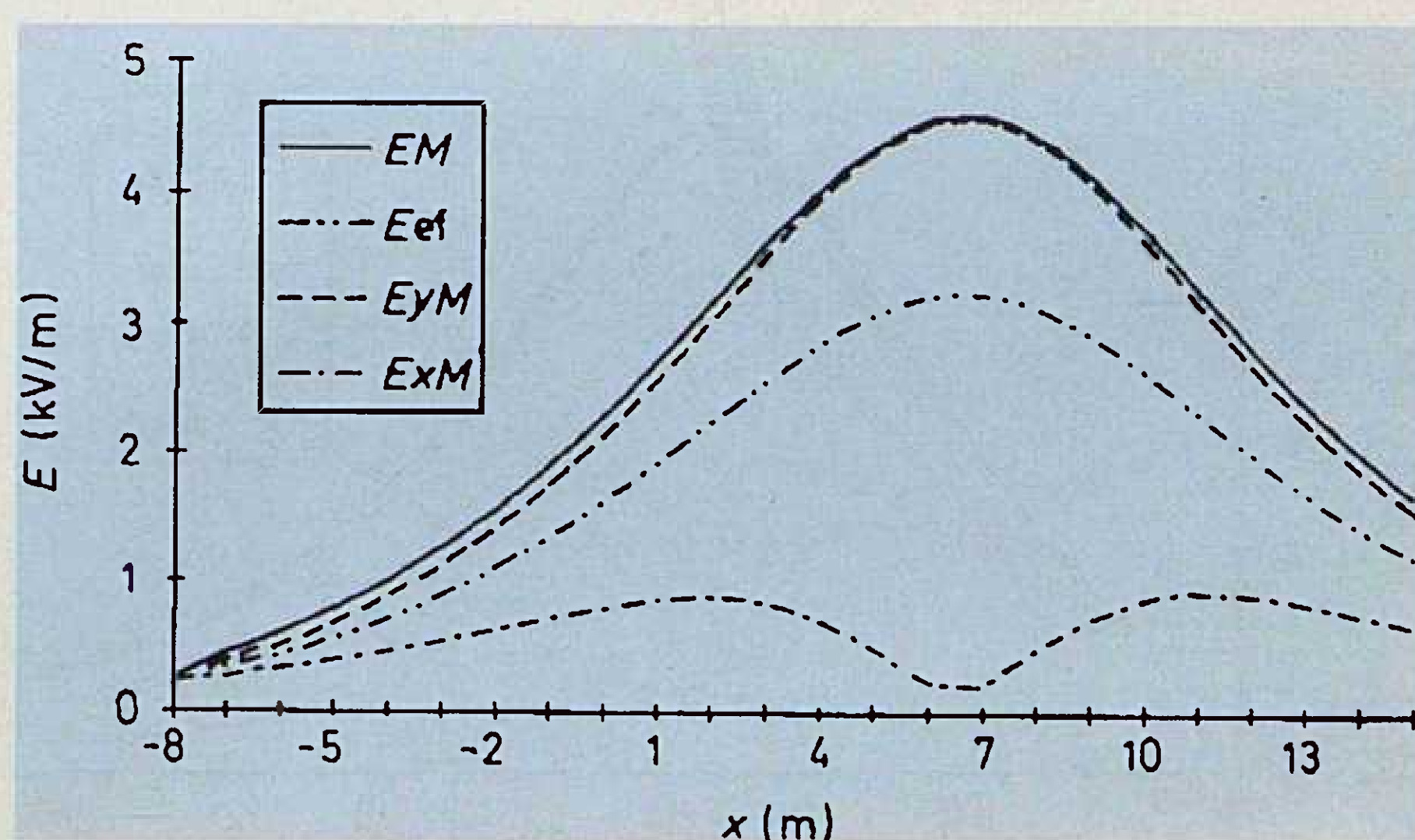
Za bačvasti raspored (400 kV, 500 A) promatrao se najprije slučaj najvećeg opterećenja uz raspored faza kao u tabeli 1 (DV1). Rezultirajuće krivulje dane su na slikama 1 i 2. Točka maksimalnih jakosti nalazi se na koordinati $x = 6$ m. Električno polje je vertikalno polarizirano i ima amplitudu $E_M = 5.066$ kV/m. Indukcija je polarizirana horizontalno, s amplitudom $B_M = 20.810$ μ T. Efektivne vrijednosti su za V_2 puta manje. Na udaljenosti od 50 m polja su jednako tako polarizirana, a amplitude su im 0.350 kV/m, odnosno 2.29 μ T, dakle daleko ispod aktualnih normi [2], [3]. Zatim promatrano ponašanje ovih veličina uz permutiranje redoslijeda faza na jednoj strani voda. To je rezultiralo u neznatno smanjenim vrijednostima pa se neće prikazivati. Slike 3 i 4 daju rezultate proračuna za slučaj kada je jedna strana voda (lijeva) potpuno isključena s na-



Slika 1. Električno polje u okolini dvostrukog dalekovoda bačvastog rasporeda na visini $y = 2$ m (400 kV, 500 A ef.). Oba voda su jednako opterećena



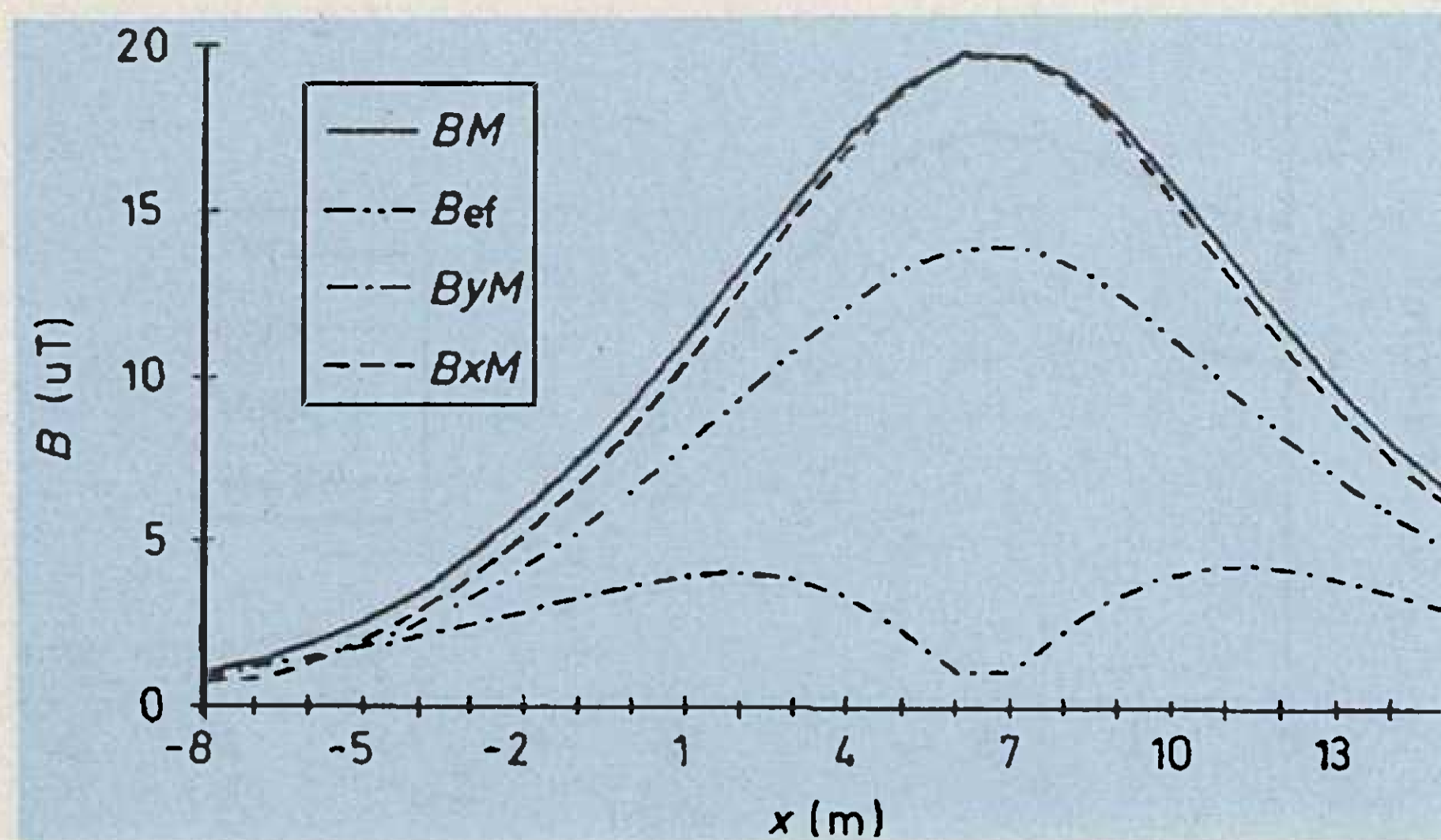
Slika 2. Magnetska indukcija u okolini dvostrukog dalekovoda bačvastog rasporeda na visini $y = 2$ m (400 kV, 500 A ef.). Oba voda su jednako opterećena



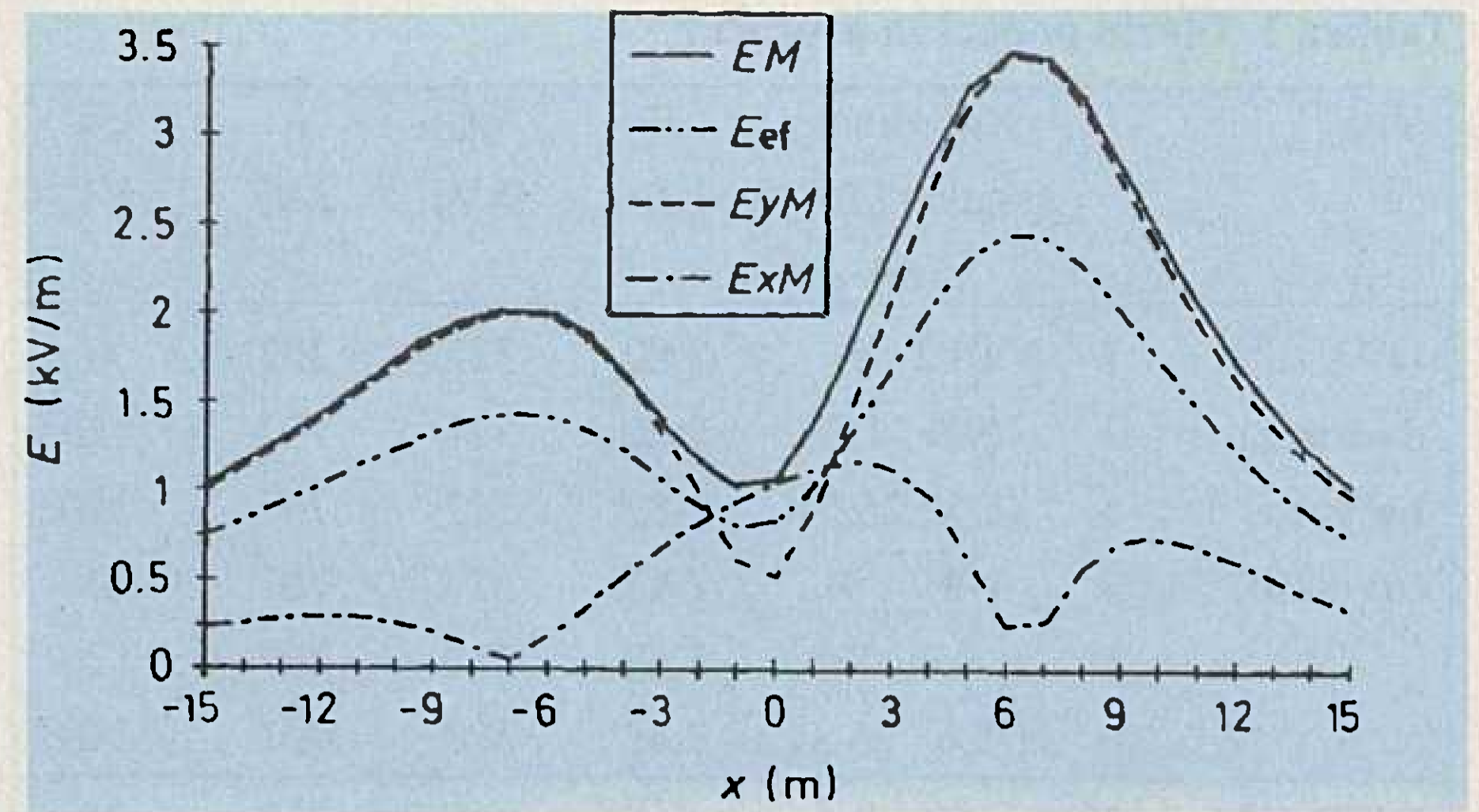
Slika 3. Električno polje u okolini dvostrukog dalekovoda bačvastog rasporeda na visini $y = 2$ m (400 kV, 500 A ef.). Lijevi vod je odspojen s napona

pona, tako da ne doprinosi ni električnom ni magnetskom polju. Vidi se da najvažniji parametri, dakle amplitude promatranih veličina u točki maksimuma, ne trpe velike promjene. Vrijednosti polja su ipak nešto manje. U slučaju kada je jedna strana pod naponom, ali mnogo manje opterećena od maksimalnog tereta, indukcija će se ponašati kao na slici 4, a električno polje kao na slici 1. Zaključujemo da električna nesimetrija kod ove vrste dvosistemskih dalekovoda ne igra važnu ulogu u pitanjima elektromagnetskog onečišćenja bliske okoline voda.

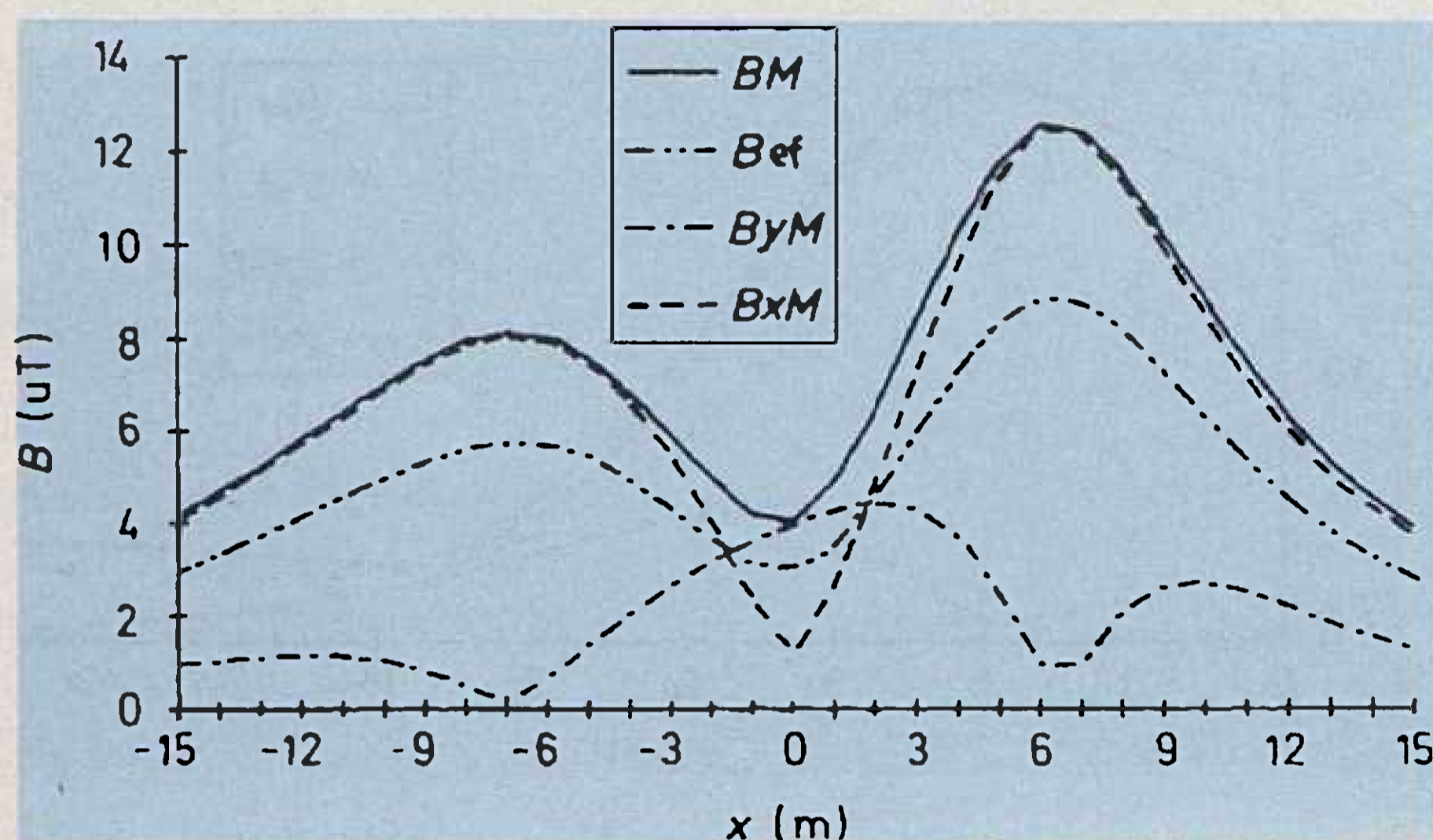
Nadalje, promatran je trokutasti raspored u vodu linijskog napona 220 kV opterećenog snagom od 84 MW. Rezultati



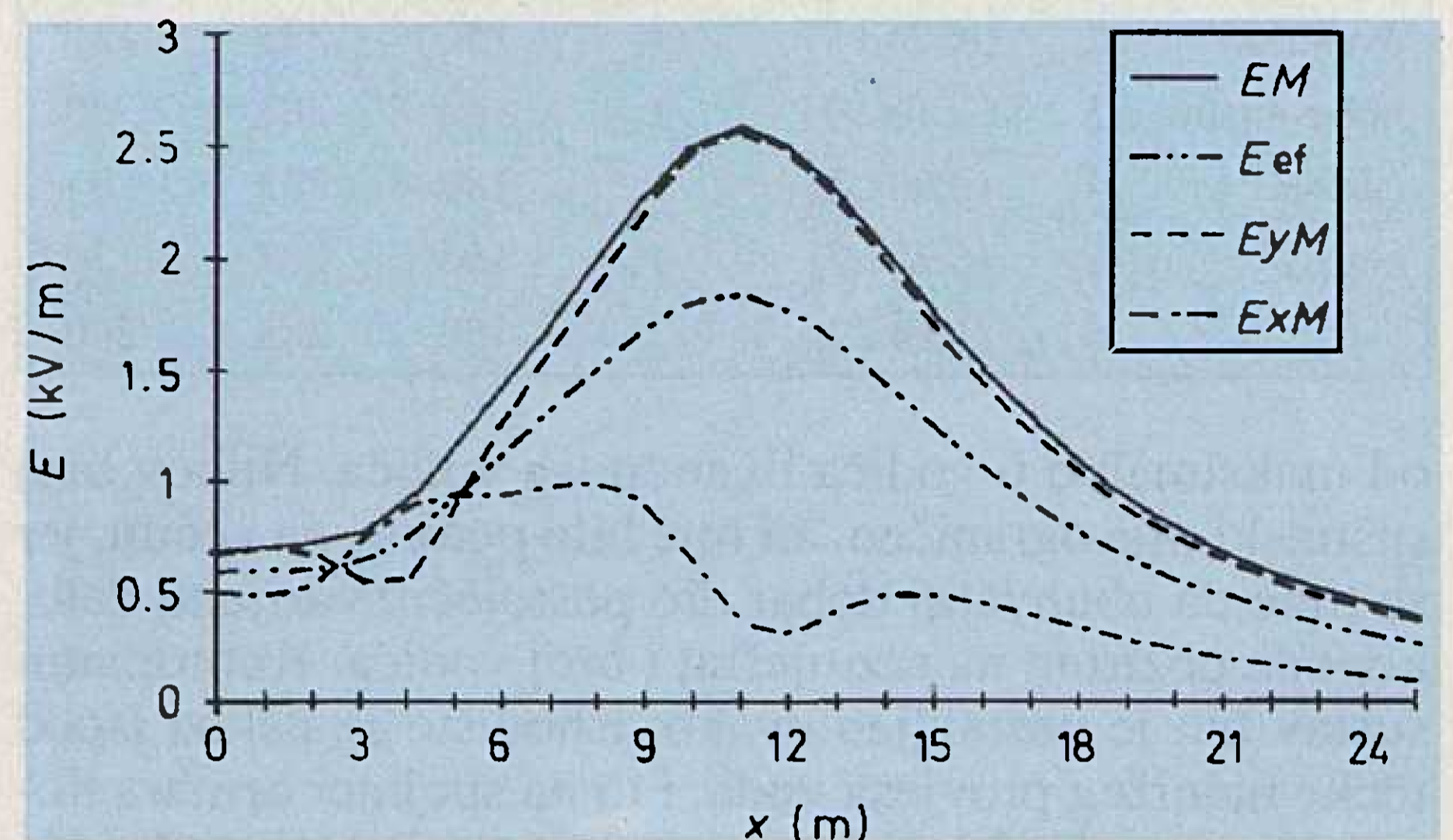
Slika 4. Magnetsko polje u okolini dvostrukog dalekovoda bačvastog rasporeda na visini $y = 2$ m (400 kV, 500 A ef.). Lijevi vod je isključen s napona



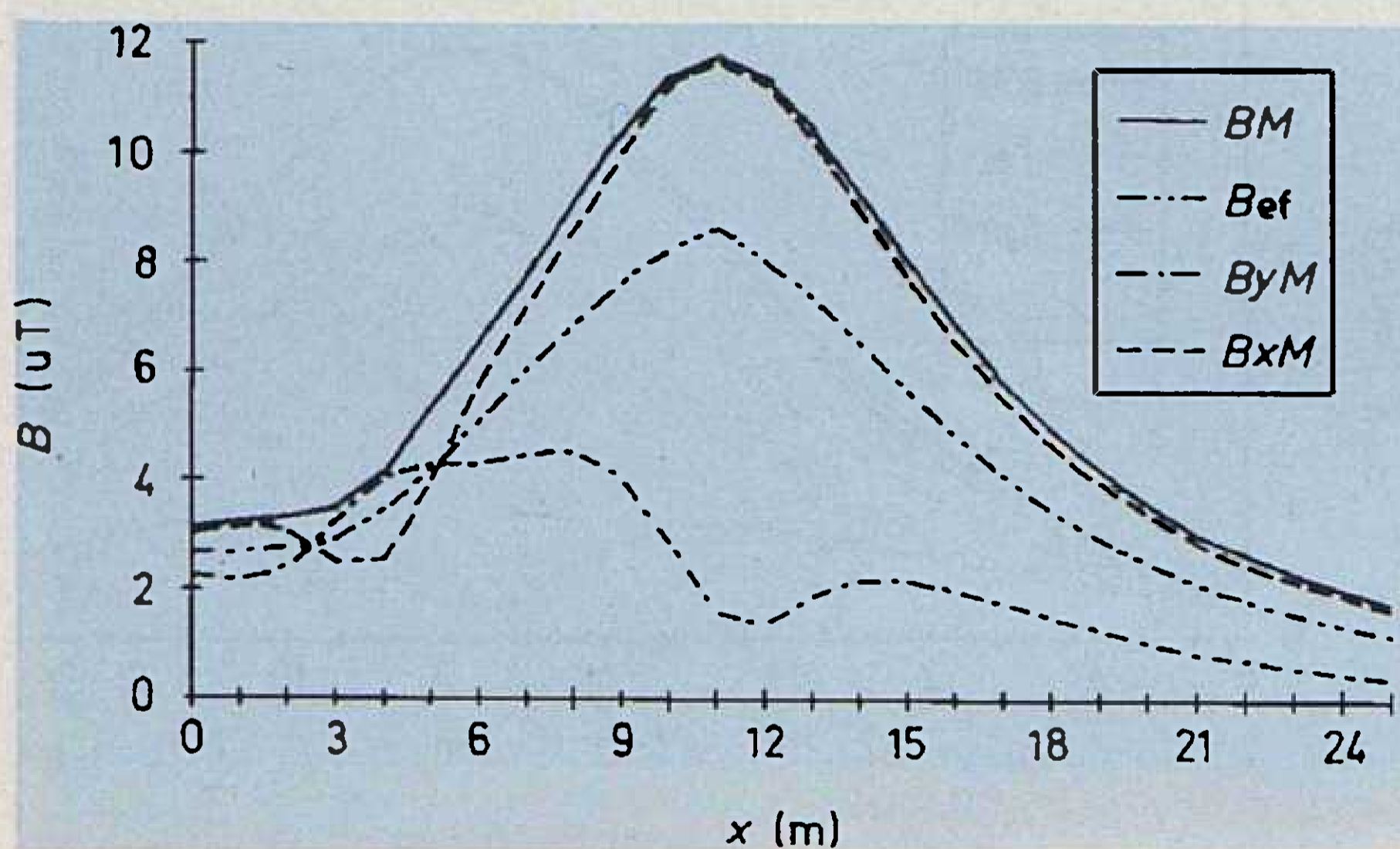
Slika 5. Električno polje u okolini jednostrukog dalekovoda s trokutastim rasporedom na visini $y = 2$ m (220 kV, 84 MW.)



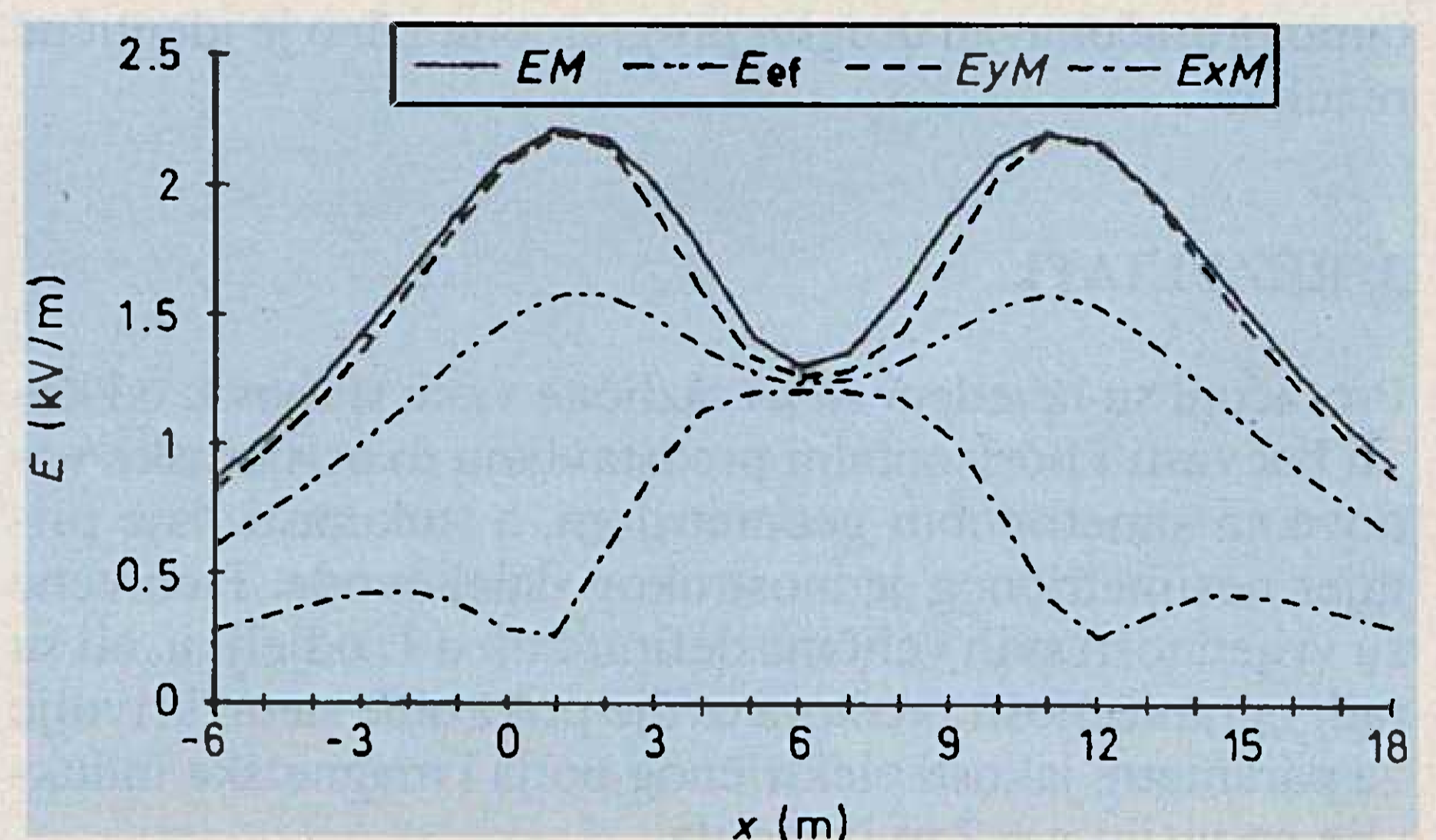
Slika 6. Magnetska indukcija u okolini jednostrukog dalekovoda trokutastog rasporeda na visini $y = 2$ m (220 kV, 84 MW.)



Slika 7. Električno polje u blizini dvostrukog horizontalnog dalekovoda na visini $y = 2$ m (220 kV, 200 A ef.). Oba voda su jednako opterećena



Slika 8. Magnetska indukcija u okolini dvostrukog horizontalnog dalekovoda na visini $y = 2$ m (220 kV, 200 A ef.). Oba voda su jednako opterećena

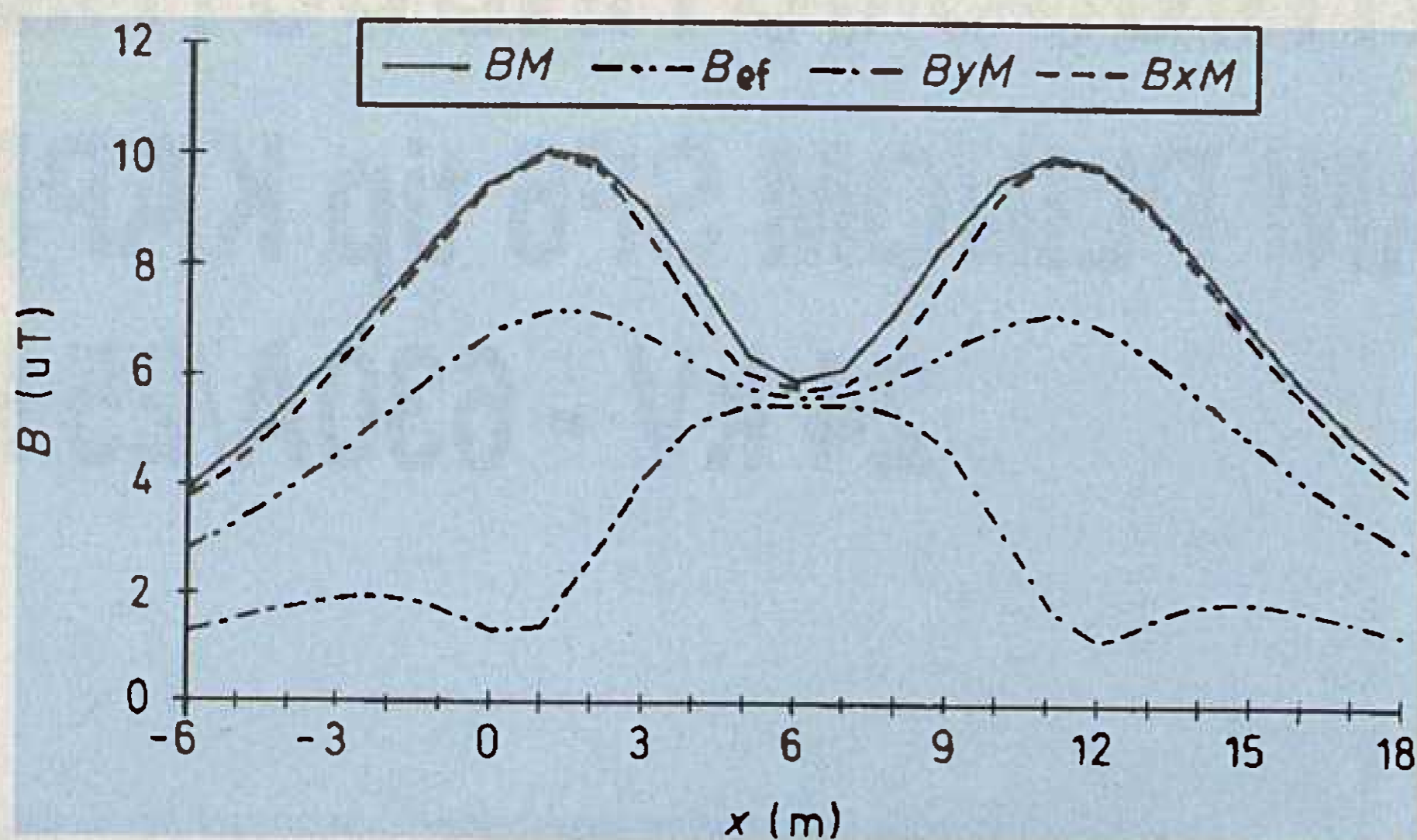


Slika 9. Električno polje u okolini dvostrukog horizontalnog dalekovoda na visini $y = 2$ m (220 kV, 200 A ef.). Lijevi vod je isključen s napona

su dani na slikama 5 i 6. Polarizacija je u točki maksimuma i na udaljenosti od 50 m također praktički linearna, i to vertikalna za električno, a horizontalna za magnetsko polje. Najviše vrijednosti su pri $x = 6$ m: $E_M = 3.476$ kV/m i $B_M = 12.497$ μ T. To je dostatno ispod važećih normi. Na 50 m ove veličine iznose 0.067 kV/m i 0.308 μ T. Čini se da je ovakav dalekovod (npr. Mraclin–Brinje) sasvim bezopasan sa stanovišta zdravstvenog djelovanja polja u njegovoj okolini.

Konačno, uzet je i primjer 220 kV dvostrukog horizontal-

nog voda s linijskom strujom amplitude 283 A, sa simetričnim rasporedom faza kao u tablici 1. Karakteristike polja na 2 m iznad tla dane su slikama 7 i 8. Slike 9 i 10 daju pak razdiobe uz potpuno isključenje s napona jedne strane dalekovoda. Pod naponom i opterećenjem ostali su desni vodiči, čije su koordinate pozitivnih vrijednosti. Konstantacije o polarizaciji opet su približno ispunjene, a vršne vrijednosti na $x = 11$ m ne prelaze ni u kom slučaju $E_M = 2.573$ kV/m, tj. $B_M = 11.722$ μ T. Na 50 su njihovi iznosi redom 0.0427 kV/m i 0.195 μ T.



Slika 10. Magnetska indukcija u okolini dvostrukog horizontalnog dalekovoda na visini $y = 2$ m (220 kV, 200 A ef.). Lijevi vod je isključen s napona

4. ZAKLJUČAK

- Usporedbom s rezultatima iz [1] dolazi se do zaključka da tamo diskutirani model horizontalnog voda napona 400 kV zaista predstavlja najgori mogući slučaj u smislu jakosti električnog polja od svih vrsta visokonaponskih vodova. Magnetska indukcija nije ni blizu propisanih dozvoljenih vrijednosti ni u kojem razmatranom slučaju, bilo u ovom članku, ili u [1]. Prema računskim podacima može se reći da prema važećim normama ni jedan od ovih vodova ne predstavlja realnu zdravstvenu opasnost niti za dugotrajni boravak ljudi, osim ako je riječ o najbližoj zoni oko koridora horizontalnih 400 kV linija. Čak i tada je povremeni kraći boravak bezopasan.
- Uočljivo je da se u svakom slučaju maksimalne vrijednosti polja javljaju vrlo približno ispod najisturenijeg vodiča najdonje etaže dalekovoda. Također je primjetljivo da potpuna nesimetrija opterećenja dvosistenskog voda ne igra gotovo nikakvu ulogu na strani koja je ostala pod teretom. Presudnu ulogu u formiranju jakosti polja u točki maksimuma ima dakle vodič koji joj je najbliži.
- Na udaljenostima iznad 50 m vrijednosti polja u rasponu visine čovjeka (do 2 m) u svim slučajevima su daleko ispod dozvoljenih norma [2], [3].
- Metoda proračuna se ne može koristiti za računanja blizu vodiča, kao ni u slučajevima naglog skretanja voda i dramatičnih projekcija reljefa i osobina terena. Ona dakle služi samo za procjenu najgorih predvidljivih uvjeta elektromagnetske izloženosti. U konkretnim slučajevima jedini mjerodavni način ustanovljenja tih uvjeta je mjerenje.

LITERATURA

- [1] D. SABOLIĆ: "Procjena uvjeta elektromagnetske izloženosti živih bića u blizini 400 kV dalekovoda", Energija, Vol. 45, 5/1996, Zagreb, 1996.
- [2] B. KUNSCH: "The New European Pre-Standard ENV 50166, Human Exposure to Electromagnetic Fields", COST 244, 7th. MCM and Workshop, Athens, March 1995.
- [3] IRPA / INIRC Guidelines: "Interim Guidelines on Limits of Exposure to 50/60 Hz Electric and Magnetic Fields, Health Physics, Vol. 8, No. 1, 1990.
- [4] Z. J. SEINKEIWICZ, R. D. SAUNDERS, C. I. KOWALCZUK: "Biological Effects of Exposure to Non-Ionising Electromagnetic Fields and Radiation, II. Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields"; National Radiological Protection Board, Oxfordshire UK; Feb. 1991.
- [5] I. PLAČKO: "Istraživanje utjecaja električnog i magnetskog polja na žive organizme", Energija, Vol. 43, 5/1994, Zagreb, 1994.
- [6] Z. SMRKIĆ et. al.: "Studija o radiosmetnjama zbog pojave korone na visokonaponskim vodovima (I faza); Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, 1979.
- [7] Z. SMRKIĆ et. al.: "Studija o radiosmetnjama zbog pojave korone na visokonaponskim vodovima (II faza); Elektrotehnički fakultet u Zagrebu, 1981.

ESTIMATION OF ELECTRO-MAGNETIC EXPOSURE CONDITIONS FOR LIVING BEINGS NEAR DIFFERENT TRANSMISSION LINES

The method for estimation of electric field intensity and magnetic induction at ground near an arbitrarily created and loaded transmission line is given, whereby the interaction among conductors is neglected and conductivity of soil is supposed to be perfect. Different transmission lines calculation examples are made and the results are compared to valid norms of allowed exposure to the fields of 50 Hz.

DIE ABSCHÄTZUNG DER AUSSETZUNGSBEDINGUNGEN DER ELEKTROMAGNETISCHEN EINWIRKUNG FÜR LEBEWESSEN IN DER NÄHE VERSCHIEDENER FERNLEITUNGEN

Gegeben ist das Verfahren für die annähernde Bewertung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen induktion in Bodennähe im Bereich einer beliebig gestalteten und belasteten Freileitung unter Vernachlässigung der gegenseitigen Wirkungen von Leitern und unter Voraussetzung einer vollkommenen Leitfähigkeit des Erdbodens. Durchgerechnet sind Beispiele mit verschieden gestalteten Fernleitungen und die Ergebnisse der Berechnungen mit geltenden Normen über die zugelassene Aussetzung den Feldern von 50 Hz verglichen.

Naslov pisca:

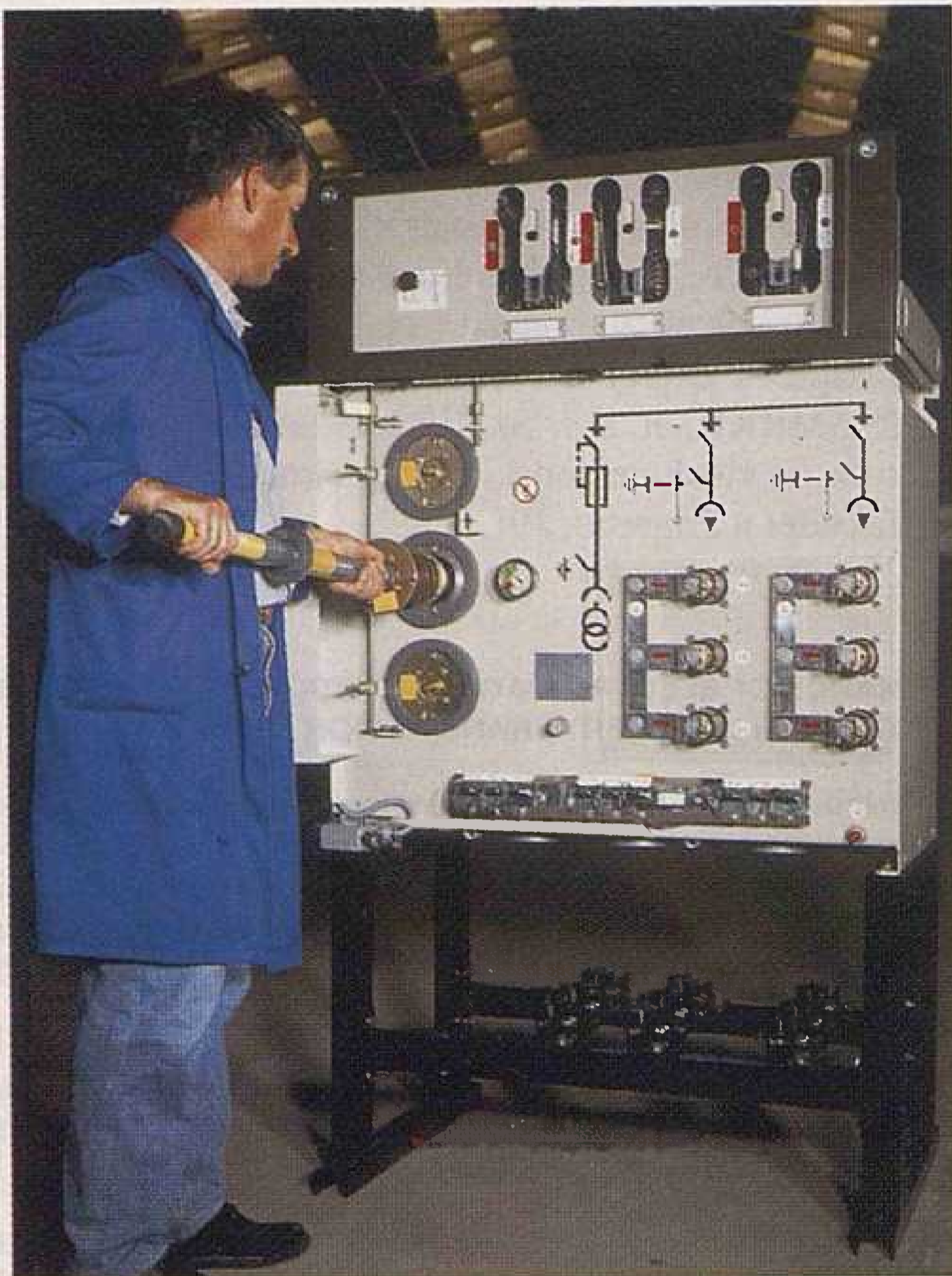
mr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Prijenosno područje Zagreb
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
1996-08-08.

SKLOPNI BLOKOVI ZA DISTRIBUCIJU I INDUSTRIJU

IZOLIRANI PLINOM SF6 tip KAPEX

24 kV - 630A/25 kA

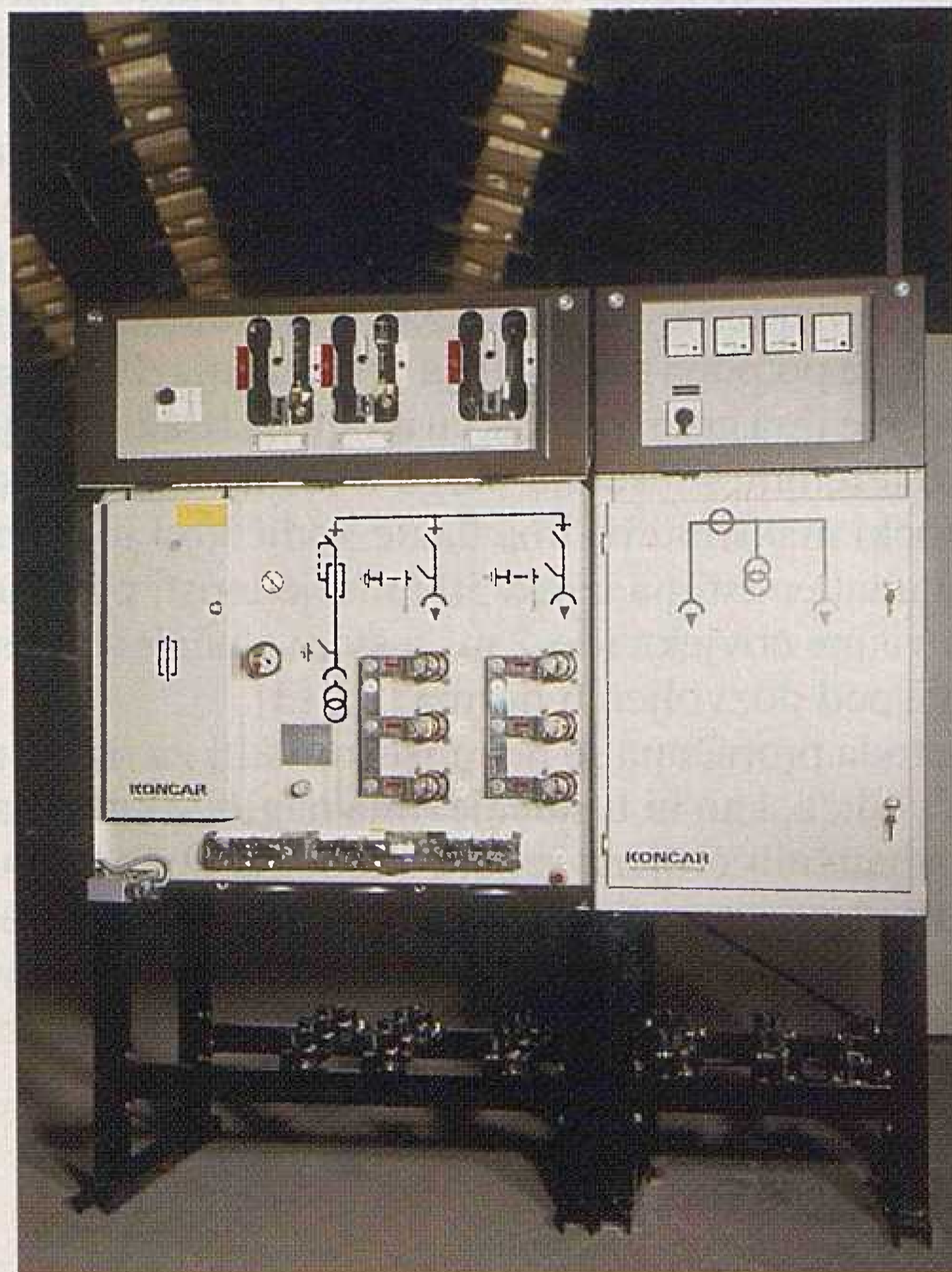


* okosnica transformatorskih stanica tip KTS, MTS i VTS

* više od 700 polja u distribucijskoj mreži Hrvatske

* izvedba s mjernim poljem

* mogućnost realizacije različitih shema u industriji i distribuciji



Visoka kakvoća izvedbe • bez održavanja !

KONČAR • SKLOPNA POSTROJENJA

10361 SESVETSKI KRALJEVEC, Industrijska 10

telefon 01/747 233, 747 366 - fax 01/746 764

OSNOVNE NORME IZ PODRUČJA ELEKTROTEHNIKE

Podloge za izradu hrvatskih normi

Normama je potrebno odrediti osim proizvodnih i bitne zahtjeve vezane uz potrošnju kao što je sigurnost proizvoda, zaštita života i zdravlja, zaštita okoliša, korištenje resursa, komunikacije te ostalo od šireg i zajedničkog interesa građana. Sa stajališta primjene normi, one se mogu svrstati u međunarodne (IEC), europske (CEN/ELC, ETSI) i nacionalne norme. Za područje elektrotehnike podloga za pripremu svih hrvatskih normi su međunarodne osnovne norme prema pregledu, koje će se usvojiti i prevesti. One su obvezne za primjenu na nacionalnoj razini. Pregled osnovnih međunarodnih normi prikazan je u tablicama 1, 2 i 3 a preuzet je iz Glasila broj 5-6/1996 Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo. S obzirom da još nema terminologije na hrvatskom jeziku pregled je načinjen na engleskom jeziku tj. jednom od jezika originala. U tablicama su korištene slijedeće skraćenice:

- EN – Europska norma
- DIR – Smjernice Europske unije
- TC – Broj tehničkog odbora ili pododbora IEC
- EMC – Elektromagnetska uskladivost (89/336/EEC)
- PPD – Postupak u području opskrbe vodom, energijom, prometom i telekomunikacijama (93/38/EEC)
- LVD – Električna oprema određena za upotrebu unutar određenih naponskih granica (niskonaponska smjernica) (73/23/EEC)
- CPD – Proizvodi u građevinarstvu (89/106/EEC)
- TOYS – sigurnost igračkaka (88/378/EEC)

U tablicama je uz oznaku i naziv norme te pripadajućeg tehničkog odbora ili pododbora (TC) prikazana i godina izdavanja, te broj stranica pojedine norme. Također je prikazana odgovarajuća europska norma (EN), te postojeća

hrvatska norma (HRN – bivši JUS).

Tablica 1. daje pregled odredbi i kriterija kojih se treba pridržavati u pripremi i izradi normi, da bi se postigla razumljivost, smislenost, ujednačenost, doslovnost i jednoznačnost normi. Ova skupina osnovnih normi obuhvaća nazivlje (HEK TO 1), dokumentaciju i grafičke simbole (HEK TO 3), grafičke simbole za dijagrame (HEK TO 3A), tehničke crteže (HEK PO 3B), grafičke simbole za upotrebu na opremi (HEK TO 3C), količine i jedinice te njihove simbole (HEK TO 25), kondenzatore i otpornike za elektroničku opremu (HEK TO 40).

Tablica 2. obuhvaća skupinu normi o zajedničkim kriterijima koji se odnose na uvjete okoliša: ispitivanje utjecaja okoliša (HEK TO 50) i klasifikacija utjecaja okoliša (HEK TO 75).

Tablica 3. obuhvaća područje sigurnosti. Obuhvaćena su kratkotrajna ispitivanja (HEK PO 15A), oznake stezaljki i drugi znaci raspoznavanja (HEK TO 16), usklađivanje izolacije za niskonaponsku opremu (HEK PO 28A), ispitivanja udarom i vibracijama (HEK PO 50A), klimatska ispitivanja (HEK PO 50B), električne instalacije u zgradama (HEK TO 64), stupnjevi zaštite kućištem (HEK TO 70), sigurnost i energetska učinkovitost opreme za informacijsku tehnologiju (HEK TO 74), ispitivanje opasnosti od požara (HEK TO 89), svojstva gorenja električnih kabela (HEK PO 20 C), naprave za spajanje (HEK PO 23F), sigurnost mjerne, upravljačke i laboratorijske opreme (HEK TO 66), laserska oprema (HEK TO 76), sigurnost audioelektroničke i videoelektroničke i slične opreme (HEK TO 92), te transformatori i reaktivni elementi male snage i posebne namjene (HEK TO 96)

Tablica 1. Pregled osnovnih IEC normi vezanih uz normizaciju (Basic IEC Standards)

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
		1	Standardized terminology					
ISO/IEC Guide 2	–		General terms and their definitions concerning standardization and related activities		45020		–	–
50	–	–	International Electrotechnical Vocabulary (all parts). Note 1: See also the "IEC Multilingual Dictionary of Electricity" and the "IEC Catalogue of publication" -keyword "Terminology". Note 2: See also the "ISO Catalogue" – keyword "Vocabulary".		Postoje: N.A0... 026, 391, 441 531, 551, 581		–	–
ISO/IEC 2382	95		Information technology – Vocabulary					
		25	Letter symbols to be used in electrical technology					
27-1	92	25	Part 1: General	111	–	–	–	–
27-2	72	25	Part 2: Telecommunication and electronics	42	–	–	–	–
27-2A	75	25	First supplement	27	–	–	–	–
27-2B	80	25	Second supplement	8	–	–	–	–
27-3	89	25	Part 3: Logarithmic quantities and units	23	–	–	–	–

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
27-4	85	25	Part 4: Symbols and quantities to be used for rotated electrical machines	21	–	–	–	–
		3B	Prparation of documents used in electrotechnology					
750	83	3B	Item designation in electrotechnology	39	–	–	–	–
1082-1 (113-1, -3, -7, -8)	91	3B	Part 1: General requirements	157	–	61082-1 +corr. 93	93	–
1082-1/A1 1082-2 (113-4, -7, -8)	95 94	3B	– Part 2: Function oriented diagrams	13	–	61082-1/A1 61082-2	95 94	–
1082-3 (113-5,6)	94	3B	Part 3: Connections, diagrams, tables and lists	47	–	61082-3	94	–
			Graphical symbols					
416 (=ISO 3461-1)	88	3C	General principles for the creation of graphical symbols for use on equipment	23		HD 571 S1	90	–
417 A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M	–	3	Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets		–	HD 243 SA12	95	–
417 N	95	3C	General principles for the creation of graphical symbols for use on equipment. Thirteenth supplement	80	–	–	–	–
		3A	Graphical symbols for diagrams					
617-1	85	3A	Part 1: General information, general index. Cross-reference tables.	89	–	–	–	–
617-2	83	3A	Part 2: Symbol elements qualifying symbols and other symbols having general application.	32	–	–	–	–
617-3	83	3A	Part 3: Conductors and connecting devices	13	–	–	–	–
617-A	83	3A	Parat 4: Passive components	18	–	–	–	–
617-5	83	3A	Part 5: Semiconductors and electron tubes	44	–	–	–	–
617-6	83	3A	Part 6: Production and conversion of electrical energy	33	–	–	–	–
617-7	83	3A	Part 7: Switchgear, controlger and protective devices	56	–	–	–	–
617-8	83	3A	Part 8: Measuring instruments, lamps and signalling devices	23	–	–	–	–
617.9	83	3A	Part 9: Telecommunications: Switching and peripheral equipment	27	–	–	–	–
617-10	83	3A	Part 10: Telcommunications: Transmission	52	–	–	–	–
617-10/A1	87	3A		4	–	–	–	–
617-11	83	3A	Part 11: Architectural and topographical installation plans and diagrams	30	–	–	–	–
617-12	91	3A	Parat 12: Binary logic elements	214	–	–	–	–
617-12/A1	92	3A	–	6	–	–	–	–
617-12/A2	94	3A	–	18	–	–	–	–
617-13	93	3A	Part 13: Analogue elements	50	–	60617-13	93	–
			Statistical methods					
50(91) '271, A,B,C)	90	1	Chapter 191: Dependability and quality of service	149	–	–	–	–
300-2-3 (IEC 362)	93	56	Dependability management. Part 3: Application guide. Section 2: Collection of dependability data from the field	29	–	–	–	–
409	81	56	Guide for the inclusion of reliability clauses into specifications for components (or parts) for electronic equipment	29	N.N0.026	–	–	–
410	73	56	Sampling plans and procedures for inspection by attributes	82	–	–	–	–
863	86	56	Presentation of reliability, maintainibility and availability predictions	23	–	–	–	–
			Preferred numbers					
63	63	40	Preferred number series for resistors and capacitors	15	–	–	–	–

Tablica 2. Pregled osnovnih IEC normi vezanih uz okoliš

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
Environmental testing								
68-1 Ed. 6	88	50	Environmental testing. Part 1: General and guidance	53	N.A5:700	60068-1	94	-
68-2-XX serija (prema IEC katalogu)	-	50 50A 50b	Environmental testing. Part 2: Test-serie (59 normi prema IEC katalogu 1996. Dio tih normi naveden je pojedinačno u dijelu tablice 3. Basic Safety Standards)		N.A5.7XX serija prema HRN katalogu)	60068-2-XX serija HD 323.2 XX serija	-	-
68-3-1	74	50b	Part 3: Background information. Section 1: Cold and dry heat tests.	59	N.A5.960	HD 323.3.1. S1	88	-
68-3-1A	78	50b	First supplement	7	-	-	-	-
68-3-2	76	50b	Part 2: Combined temperature/low air pressure tests	12	-	HD 323.3.1 S1	88	-
68-3-3	91	50A	Part 3: Background information. Section 3: Guidance. Seismic test methods for equipments.	83	-	60068-3-3	-	-
IEC 68-4	87	50	Part 4: Information for specification writers - Test summaries	107	-	-	-	-
68-5-1 Ed.1	91	50	Part 5: Guide for drafting of test methods. General principles	23	-	-	-	-
68-5-2 Ed.1	91	50	Part 5: Guide for drafting of test methods - terms and definitions	27	-	-	-	-
355 Ed. 1	71	50	An appraisal of the problems of accelerated testing for atmospheric corrosion	21	-	-	-	-
653 Ed. 1	79	50	General consideration on ultrasonic cleaning	13	N.A5.820	-	-	-
Classification of environmental conditions								
653 Ed.1	79	50	General consideration on ultrasonic cleaning	13	N.A5.820	-	-	-
Classification of environmental condition								
712-1	90	75	Part 1: Environmental parameters and their severities	41	-	60721-1	95	-
721-1/A2	95	75		9	-	60721-1/A2	95	EMC
721-2-1 Ed. 1	82	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Temperature and humidity	26	-	HD 478.2.1 S1	89	-
721-2-2 ED.1	88	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Precipitation and wind	21	-	HD 478.2.2 S1	90	-
721-2-4 Ed.1	87	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Solar radiation and temperature	15	-	HD 478.2.4 S1	89	-
721-2-Ed.1	91	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Section 5: Dust, sand, salt mist	35	-	HD 478.2.5 S1	93	-
721-2-6	90	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Earthquake vibration and shock	22	-	Hd 478.2.6 S1	93	-
721-2-7 Ed.1	87	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Fauna and flora	11	-	HD 478.2.7 S1	90	-
721-2-8 Ed.1	94	75	Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Section 8: Fire exposure	43	-	-	-	-
721-3-0 Ed. 1	84	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Introduction	17	-	60721-3-0	93	-
721-3-1 Ed. 1	87	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Storage	29	-	60721-3-1	93	-
721-3-1/A2	93	75		7	-	60721-3-1/A2	94	-
721-3-2 Ed.1	85	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Transportation	37	-	60721-3-2	93	-
721-3-2/A2	93	75	-	7	-	60721-3-2/A2	94	-
721-3-3 Ed.2	94	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Section 3: Stationary use at watherprotected locations	79	-	60721-3-3	95	-
721-3-4 Ed.2	95	75	Part 3: Classification of groups of environmental parmeters and their severities. Section 4: Stationary use at non-weatherprotected locations	53	-	60721-3-4	95	-
721-3-5 Ed.1	85	75	Part 3: Classifitacion of groups of environmental parameters and their severities. Ground vehicle installations	51	-	60721-3-5	93	-
721-3-5/A2	94	75	-	5	-	60721-3-5/A2	94	-
721-3-6 Ed.1	87	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Ship environment	25	-	60721-3-6	93	-

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
721-3-7 Ed.2	95	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Section 7: Portable und nonstationary use	67	-	60721-3-7	95	-
721-3-9 Ed. 1	93	75	Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities. Section 9: Microclimates inside products	21	-	60721-3-9	93	-
721-3-9/A1	94	75	-	-	-	60721-3-9/A1	95	-

Tablica 3. Pregled osnovnih IEC normi iz područja sigurnosti

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
			IEC Basic Safety Standards Short time tests					
112	79	15A	Method for determining the comparative and the proof tracking indices of solid insulated materials under moist condition	17	-	-	-	-
587 Ed.2	84	15A	Test method for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under several ambient condition	19	N.A5.145	HD 380 S2	87	-
73	91	16	Terminal markings and other identifications Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means	45	- + corr. 93	60073 93	PPD	
445	88	16	Identification of equipment terminals and of terminations of certain designed conductors, including general rules for an alphaumeric system	13	-	60445	90	PPD
446	89	16	Identification of conductors by colours and numerals	15	-	-	-	-
447 Ed.2	93	16	Man-machine-interface (MMI) - Actuating principles	38	N.A9.004	60447	93	PPd
757 Ed.1	83	16	Code for designation of colours	7	N.A9.005	HD 457 S1	85	PPd
1293	94	16	Marking of electrical equipment with ratings related to electrical supply - safety requirements	21	-	61293	94	LVD
			Insulation co-ordination for low-voltage equipment					
664-1 Ed.1	92	28A	Insulation coordination for equipment within lowvoltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests	127	-	-	-	-
664-3 Ed.1	92	28A	Insulation coordination for equipment within lowvoltage systems - Part 3: Use of coatings to achieve insulation coordination of printed board assemblies	41	-	-	-	-
			Environmental testing Shock and vibration tests					
68-2-6 Ed.6	95	50A	Part 2: Tests. Test Fc: Vibration (sinusoidal)	87	N.A5.730	60068-2-6	95	-
68-2-7 Ed.2	83	50A	Part 2: Tests. Test Ga: Acceleration, steady state	23	N.A5735	60068-2-7	93	-
68-2-27	87	50A	Part 2: Tests. Test Ea and guidance. shock	49	N.A5.7325	60068-2-27	93	-
68-2-29	87	50A	Part 2: Tests. Test Eb and guidance: Bump	29	N.A5726	60068-2-29	93	-
68-2-31 Ed. 1	69	50A	Part 2: Tests. Ec: Drop and topple, primary for equipment-type specimens	7	N.A5.727	60068-2-31	93	-
68-2-32 ED.2	75	50A	Part 2: Tests. Test Ed: Free fall (Procedure 1)	12	-	60068-2-32	93	-
68-2-34 Ed.1	73	50A	Part 2: Tests. Test Fd: Random vibration wide bend - General requirements	35	N.A5.731	-	-	-
68-2-35 Ed.1	73	50A	Part 2: Tests. Test Fda: Random vibration wide band - Reproducibility High	47	-	-	-	-
68-2-36 Ed.1	73	50A	Part 2. Tests. Test Fdb: Radnom vibration wide band - Reproducibility Medium	47	N.A5.733	-	-	-
68-2-37 Ed.1	73	50A	Part 2: Tests. Test Fdc: Radnom vibration wide band - Reproducibiliy Low	27	-	-	-	-
68-2-55 Ed.1	87	50A	Part 2: Tests. Test Ee and guidance: Bounce	28	-	60068-2-55	93	-
68-2-62 Ed.1	91	50A	Part 2: Test methods - Test Ef: Impact, pendulum hammer	33	-	60068-2-62	95	-

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
68-2-63	91	50A	Part 2: Test Eg. Impact, spring hammer	33	-	60068-2-63	91	-
68-2-64 Ed.1	93	50A	Part 2: Test methods - Test Fh: Vibration, broad band random (digital control) and guidance	-	-	60068-264	94	-
68-2-66	94	50A	Part 2: Test methods - Tes Cx: Damp, heat, steady state (unsaturated pressurized vapour)	33	-	60068-2-66	94	-
Climatic test								
68-2-42 Ed.2	82	50b	Environmental testing - Part 2: Tests. Test Kc: Suphur dioxide test for contacts and connections	14	-	-	-	-
68-3-43 Ed.1	76	50b	Environmental testing - Part 2: Tests. Test Kd: Hydrogen sulphide test for contacts and connections	14	-	-	-	-
68-2-46 Ed.1	82	50b	Environmental testing - Part 2: Tests. guidance to test Kd: Hydrogen sulphide test for contacts and connections	23	-	HD 323.2.46 S1	88	-
355	71	50b	An appraisal of the problems testing for atmospheric corrosion	21	-	-	-	-
1816 TR1 Ed.1	95	50b	Resistance to rusting of protected steel surfaces - Assessment test	11	-	-	-	-
Electrical installations of buildings								
364-4-41 Ed.3	92	64	Electrical installations of buildings - Part 4: Protection for safety - Chapter 41: Protection against electric shock	49	N.B2.741 S1	Hd 384.4.41	80	PPd
364-5-54-Ed.1	80	64	Electrical installations of buildings - Part 5: Selection and erection of electrical equipment.	30	N.B2 754	HD 384.5.54 S1	88	PPd
Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors								
364-5-54/A1	82	64	-	2	-	-	-	-
449 Ed.1	73	64	Voltage bands for electrical installation of buildings	7	N.B2.702	HD 193 S2	82	PPD
479-1 TR2 ed. 3	94	64	Effects of current on human being and livestock Part 1: General aspects	66	-	-	-	-
479-2 Ed.2	87	64	Effects on current passing through the human body. Part 2: Special aspects - Chapter 4: Effects of alternating current with frequencies above 100 Hz - chapter 5: Effects of special waveforms of current - Chapter 6: Effects of unindirectinal single impuls	11	N.A9.001	-	-	-
536-2 Ed.1	92	64	Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock	37	-	-	-	-
529 Ed.2	89	70	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	73	N.A5.070 N.A5.034	60529 +corr. 93	91	LVD
Safety of information technology equipment including electrical business equipment and telecommunication equipment								
90 Ed.1	90	74	Methods of measurement of touch-current and protective conductor current	71	-	-	-	-
Fire hazard testing								
695-1-1 Ed.2	95	89	Part 1: Guidance for assessing fire hazard of electrotechnical products - Section 1: General guidance	47	N.A5.920	60695-1-1	95	LVD
695-1-2	82	89	Part 1: Guidance for assessing fire hazard of electrotechnical products - Section 2: Guidance for electronic components	13	-	-	-	-
695-1-3 Ed.1	86	89	Part 1: Guidance for the preparation of requirements and test specifications for assessing fire hazard of electronical products. Guidance for use of preselection procedures	15	-	-	-	-
695-2-1/0 Ed.1	94	89	Part 2: Test methods - Section 1/sheet 0: glowwire test methods - general	23	-	-	-	-
695-2-1/1 Ed.1	94	89	Part 2: Test methods - Section 1/sheet 1: glowwire end-product test guidance	17	-	-	-	-
695-2-1/2 Ed. 1	94	89	Part 2: Test methods - Section 1/sheet 2: Glowwire flammability test on materials	-	-	-	-	-
695-2-1/3 Ed.1	94	89	Test methods - Section 1/sheet 3: Glow wire ignitability test on materials	15	-	-	-	-
695-2-2 Ed.2	91	89	Part 2: Test methods - Section 2: Needle-flame test	18	N.A5.926	60695-2-2	94	LVD

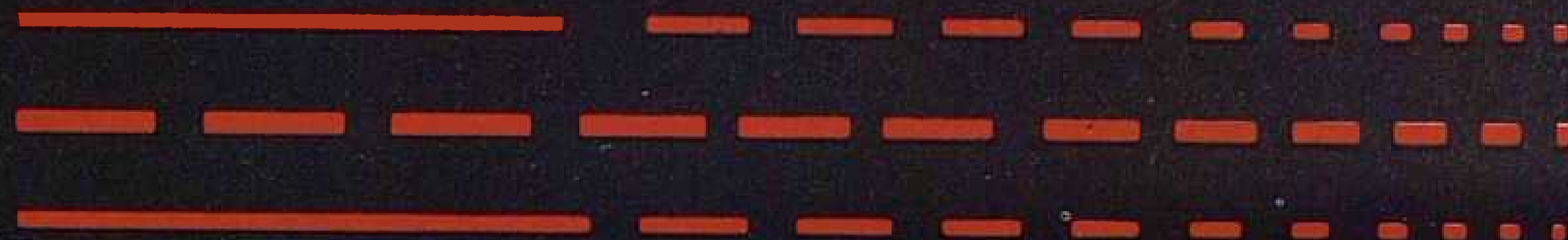
IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
695-2-2/A1	94	89	Test methods - Section 1/sheet 3:	10	-	60695-2-2/A1	95	LVD
695-2-20 Ed.1	95	89	Part 2: Gowing/Hot wire based test methods- Section 20: Hot-wire coil ignitability test of materials	14	-	-	-	-
695-2-3 Ed.1	84	89	Part 2: Test methods. Bad-connection test with heaters	29	N.A5.927	HD 444.2.3. S1	87	LVD
695-2-4/0 Ed.1	91	89	Part 2: Test methods - Section 4/sheet 0: Diffusion type and premixed type flame test methods	28	-	60695-2-4/0	93	LVD
695-2-4/1 Ed.1	91	89	Part 2: Test methods - Section 4/sheet 1:1 kW nominal premixed test flame and guidance	24	-	60695-2-4/1	93	LVD
695-2-4/2 ED.1	94	89	Part 2: Test methods - Section 4/sheet 2:500 W nominal test flames guidance	38	-	ENV 60595-2-4/2	95	LVD
695-3-1 Ed.1	82	89	Part 3: Examples of fire hazard assessment procedures and interpretation of results. Combustion characteristics and survey of test methods for their determination	15	-	-	-	-
695-7-1 Ed. 1	93	89	Part 7: Guidance on the minimization of toxic hazards due to fires involving electrotechnical products - Section 1: General	19	-	60695-7-1	95	CPD
695-7-4 TR2 Ed.1	95	89	Part 7: Guidance on the minimization of toxic hazards due to fires involving electrotechnical products - Section 4: Unusual toxic effects in fires	19	-	-	-	-
695-10-2	95	89	Part 10. Guidance and test methods for the minimization of the effects of abnormal heat on el. products involved in fires - Section 2: Method for testing products made from non-metalic materials for resistance to heat using the ball pressure test	11	-	-	-	-
IEC Guide 105	85	-	Priciples concerning the safety of equipment electrically connected to a telecommunications network	10	-	-	-	-
ISO/IEc Guide 50	87	-	Child safety and standards - General guidelines	13	-	-	-	-
ISO/IEC Guide 51	90	-	Guidelines for the inclusion of safety in standards	7	-	-	-	-
IEC Group Safety Standards								
		20C	Burning characteristics of electric cables					
332-1 Ed. 3	93	20C	Tests on electrical cables under fire conditions - Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable	16	N.C0.075	HD 405.1 S1	83	LVD
-	-	-	-	-	-	HD 405.1 S1/A1	92	LVD
332-2	89	20C	Tests on electrical cables under fire conditions - Part 2: Test on a single small vertical insulated copper wire or cable	9	-	HD 405.2 S1	91	LVD
332-3	92	-	Tests on electrical cables under fire conditions- Part 3: Test on bunched wires or cables	56	-	HD 405.3 S1	93	-
754-1 Ed.2	94	20c	Test on gases evolved during combustion of materials from cables - Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas	25	-	-	-	-
998	-	23F	Connecting devices for low voltage circuir for household and similar purposes	-	-	-	-	-
998-1 Ed.1	90	23F	Connecting devices for low voltage circuir for household and similar purposes - Part 1: General requirements	50	-	60998-1	93	LVD
998-2-1 Ed.1	90	23F	Connecting devices for low voltage circuit for household and purposes- Part 2:1: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screw-type clamping units	41	-	60998-2-1	93	LVD
998-2-2 Ed.1	91	23F	Connecting devices for low voltage circuit for household and similar purposes - Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units	29	-	60998-2-2	93	LVD
998-2-3 Ed. 1	91	23F	Connecting devices for low voltage circuir for household and similar purposes - part 2-3: Particular requirements for connecting devices as separate entities with insulation piercing clamping units	34	-	60998-2-3	93	LVD
998-2-4 Ed.1	93	23F	Connecting devices for low voltage circuir for household and similar purposes - Part 2-4: Particular requirements for twist-on connecting devices	39	-	60998-2-4	93	LVD
999 Ed.1	90	23F	Connecting devices - Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units for electrical copper conductors - Part 1: General requirements and particular requirements for conductors from 0,5 mm ² up to 35 mm ² (included)	55	-	60999	93	LVD

IEC	God.	TC	Naziv	Str.	HRN	EN	God.	DIR
Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use								
1010-2-010 Ed. 1	92	66	Part 2-010: Particular requirements for laboratory equipment for the heating of material	35	-	61010-2-010	94	LVD
1010-2-020 Ed.1	92	66	Part 2-020: Particular requirements for laboratory centrifuges	57	-	61010-2-020	94	LVD
1010-2-031	93	66	part 2-031: Particular requirements for hand-held probe assemblies for electrical measurement and test	45	-	-	-	-
1010-2-051	95	66	Part 2-051: Particular requirements for laboratory equipment for mixing and stirring	17	-	-	-	-
1010-2-061	95	66	Part 2-061: Particular requirements for laboratory atomic spectrometers with thermal atomization and ionization	29	-	-	-	-
Laser equipment								
825-1 Ed.1	93	76	Safety laser products - Part 1: Equipment classification, requirements and user's guide	204	-	60825-1 +corr.95	94	LVD
Safety of audio, video and similar electronic equipment								
65	85	92	Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use	137	N.N0.202 N.A5.024 N.A5.025 N.A5.026	60065 +corr.93	93	LVD
Small power and special transformers and reactors								
742	83	96	Isolating transformer and safety isolating transformers. Requirements	202	N.H8.010 N.H8.020 N.H8.021 N.H8.022 N.H8.023	60742	95	LVD PPd TOY S

Pripremila: mr. Slavica Barta-Koštrun, dipl. el. ing.



COTRA



**PODUZEĆE ZA TRANSPORT,
VELETRGOVINU, UVOZ-IZVOZ I
POSREDOVANJE**

42000 VARAŽDIN, A. STEPINCA 7,
☎ 042/51-023, 042/51-255, 042/51-010,
FAX: 042/51-424, 042/55-440,
MOBITEL: TEL. 099-411-407

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE

OSNOVNI STATISTIČKI POKAZATELJI ZA RAZDOBLJE I-VI. 1996.

Između statističkih podataka objavljenih u Mjesečnom statističkom izvješću 7/1996. Državnog zavoda za statistiku, izabrani su najvažniji podaci za elektroprivrednu djelatnost, za razdoblje I-VI 1996. godine. Obuhvaćeni:

- indeksi fizičkog obujma proizvodnje,
- podaci o proizvodnji električne energije,
- podaci o broju zaposlenih u elektroprivredi, te
- podaci o bruto i neto plaći po zaposlenom u elektroprivredi.

Indeksi fizičkog obujma industrijske proizvodnje skupni su indeksi proizvoda prema usvojenoj nomenklaturi. Ponderacijski koeficijenti društveni su proizvod za jediničnu proizvodnju određenog proizvoda i korigiraju se svake godine na razini grane, u skladu s preporukom statističkog ureda UN.

Znak "Φ" ispred brojčane vrijednosti označava godišnji prosjek. Indeksi fizičkog obujma proizvodnje za elektroprivrednu djelatnost prikazani su u tablici 1.

U tablici 2. prikazana je ukupna proizvodnja električne energije, te količine električne energije proizvedene u hidroelektranama i termoelektranama.

Podaci o radnicima prema tablici 3. iskazani su kao godišnji prosjek podataka prikupljenih polugodišnjim izvješćem, sa stanjem 31. ožujka i 30. rujna. Godišnji prosjek broja zaposlenih izračunat je kao aritmetička sredina dvaju polugodišnjih stanja. Podaci o zaposlenima koji se odnose na mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovnog mjesečnog izvješća.

Podaci o prosječnim neto-plaćama po zaposlenom u elektroprivredi prikazani su u tablici 4. Među zaposlene se ubrajaju svi zaposleni bez obzira na to jesu li svoj radni odnos zasnovali na određeno ili neodređeno vrijeme. Pod prosječnim neto plaćama po zaposlenom podrazumijevaju se primanja zaposlenih po osnovi redovnog radnog odnosa. Osim isplata za stvarno izvršeni rad, obuhvaćene su i ostale isplate koje ulaze u neto-plaće, tj. naknada za godišnji odmor, državne blagdane i neradne dane utvrđene zakonom, bolovanja do 42 dana, odsustvo za stručno obrazovanje, obnašanje vojne obveze, te naknade za topli obrok.

Bruto-plaća po zaposlenom u elektroprivredi prikazana je u tablici 5. Bruto-plaća po zaposlenom obuhvaća sve vrste neto isplata, tj. plaće iz radnog odnosa u koje su uključena i zakonom propisana obvezna izdvajanja, a to su doprinosi (stopa 23,85%), porezi i prirezi.

Tablica 1.

	1993/Φ 1995.	1994/Φ 1995.	I-VI.1995./ I-VI. 1994.	I-VI. 1996./ I-VI.1995.	1995./Φ1995.						1996./Φ1995.	
					V	VI	VII	II	III	IV	V	VI
Indeks fizičkog obujma proizvodnje	103,2	95,3	103,6	123,6	99,0	80,2	85,3	138,4	120,2	120,6	113,4	112,6

Tablica 2.

Proizvodnja električne energije	1994.	1995.	I-VI.		1995.			1996.			
			1995.	1996.	V	VI	VII	III	IV	V	VI
Ukupno MWh	8 716 727	9 145 654	4 703 156	5 817 186	754 723	611 224	649 856	915 902	919 351	864 461	858 342
Hidroenergija MWh	5 425 994	5 614 448	2 924 116	4 149 091	427 479	407 795	423 875	600 623	694 125	627 322	571 162
Termoenergija MWh	3 290 733	3 531 206	1 779 040	1 668 095	327 244	203 429	225 981	315 279	225 226	237 139	287 180

Tablica 3.

	Prosjek		1994.		1995.			1996.					
	1993.	1994.	XI	XII	V	VI	VII ¹	I	II	III	VI	V	VI
Broj zaposlenih (u tisućama)	16,3	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,2

Tablica 4.

	Prosjek		Prosjek I-V.		1995.			1996.				
	1994	1995	1995	1996	III	IV	V	II	III	IV	V	
Neto-plaća po zaposlenom (u kunama)	1 350	2 032	1 964	2 560	1 958	1 861	1 925	3 086	2 265	2 409	2 705	

Tablica 5.

	Prosječne bruto plaće po zaposlenom u kunama					Indeksi bruto plaće po zaposlenom		
	II. 1996.	III. 1996.	IV. 1996.	V. 1996.	I-V. 1996.	III.1996./ II. 1996.	IV. 1996./ III. 1996.	V. 1995./ IV. 1996.
Bruto-plaća i indeksi bruto-plaće po zaposlenom	5 248	3 624	3 898	4 485	4 205	69,1	107,6	115,1

¹ Podatak je privremen

STATISTIČKI PODACI O PROIZVODNJI I POTROŠNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE U HRVATSKOJ U 1995. GODINI

Općenito pod pojmom energetske bilance podrazumijeva se statistika posebnog oblika kojom se prate tokovi energije od njezine pojave do predaje neposrednim potrošačima, odnosno pretvorbe u korisnu energiju u potrošačkim postrojenjima ili aparatima.

Hrvatska elektroprivreda redovito dostavlja podatke o elektroenergetskoj bilanci Državnom zavodu za statistiku, koji ih objavljuje u svojim Statističkim ljetopisima. Prema primijenjenoj metodologiji prikaza podataka izvori električne energije podijeljeni su na hidroelektrane, male elektrane i termoelektrane. Podaci prema tablici 1. odnose se na proizvedenu električnu energiju na generatoru i na pragu elektrane. Posebno su iskazani podaci za proizvedenu električnu energiju u industrijskim elektranama, te uvezena i izvezena električna energija.

Ukupno raspoloživa električna energija u 1995. godini iznosi 10 997 821 MWh, dok je ukupno instalirana snaga elektrana 3 669 700, kW.

Ukupno potrošena električna energija prema tablici 2. iskazana je za direktne potrošače i distribuciju. Potrošnja potrošača koje snabdjeva distribucija iskazana je po naponskim nivoima, za kućanstva i ostale potrošače na 0,4 kV.

Ukupno je potrošena električna energija 10 997 821 MWh, odnosno u vrijednosti od 4 390 019 116 kuna. Od toga je utrošak direktnih potrošača 583 683 MWh, a distribucije 10 414 138 MWh.

U tablici 3. iskazan je utrošak goriva za proizvodnju električne energije. U termoelektranama u 1995. godini utrošeno je 93 447 t kamenog ugljena, 668 770 t mazuta i 350 486 000 m³ zemnog plina.

Tablica 1. Proizvodnja, uvoz-izvoz i nabava električne energije

Elementi energetske bilance		Električna energija MWh	Instalirana snaga elektrane kW
1	2	3	4
I.	<i>Proizvedena električna energija na generatoru i instalirana snaga elektrana</i>	8 143 191	3 669 700
	a) hidroelektrane	5 136 267	2 060 900
	b) male elektrane	57 867	15 200
	c) termoelektrane	2 949 057	1 593 600
II.	<i>Vlastita potrošnja</i>	244 993	
	a) u hidroelektranama (ukupno)	31 391	
	b) u malim elektranama	1 001	
	c) u termoelektranama	212 601	
III.	<i>Proizvedena električna energija na pragu</i>	7 898 198	
	a) hidroelektrane	5 104 876	
	b) male elektrane	56 866	
	c) termoelektrane	2 736 456	
IV.	<i>Proizvodnja industrijskih elektrana</i>	9 385	
V.	<i>Uvezena električna energija - ukupno</i>	4 385 900	
	a) izvan teritorija bivše Jugoslavije	1 833 713	
	b) iz drugih republika bivše Jugoslavije	272 954	
	c) uvoz na temelju zajedničkih ulaganja s republikama na teritoriju bivše Jugoslavije	2 279 233	
VI.	<i>Izvoz električne energije - ukupno</i>	894 699	
	a) izvan teritorija bivše Jugoslavije	301 894	
	b) u druge republike bivše Jugoslavije	592 805	
	c) izvoz na temelju zajedničkih ulaganja s republikama na teritoriju bivše Jugoslavije		
VII.	<i>Gubici prijenosa (gubici u mreži)</i>	400 963	
VIII.	<i>Ukupno raspoloživa električna energija</i>	10 997 821	

Tablica 2. Utrošak, prodaja i gubici električne energije

Elementi energetske bilance		Električna energija MWh	Vrijednost, u kunama
1	2	3	4
IX. <i>Ukupno utrošena električna energija</i>		10 997 821	4 390 019 116
1) Direktni potrošači 1) ukupno		583 683	150 853 602
2) HŽ		107 367	33 765 266
2) Distribucija		10 414 138	4 239 165 514
■ na 110 kV		211 209	60 591 458
■ na 35 kV		606 081	216 248 101
■ na 10 kV		1 784 088	90 383 407
kućanstvo na a) jednotarifno brojilo 0,4 kV		1 591 054	723 457 992
b) dvotarifno brojilo		3 006 871	1 030 615 856
c) trotarifno brojilo		14 031	3 495 559
d) upravljačka potrošnja		8 686	1 114 495
ukupno kućanstvo		4 620 642	1 758 683 902
jednotarifno brojilo		284 369	233 746 662
dvotarifno brojilo		558 219	382 024 650
ukupno I: tarifna grupa		842 588	615 771 312
II. tarifna grupa		894 935	575 360 818
Javna rasvjeta		209 741	-

Tablica 3. Utrošak goriva za proizvodnju električne energije

	Jed. mjere	Količina	Toplinska vrijednost, TJ	
1	2	3	4	
1.	Kameni ugljen	t	93 447	2 269
2.	Mazut	t	668 770	26 600
3.	Zemni plin ¹	tis. m ³	350 486	11 684

¹ tis. m³ = tisuća m³

SBK

OZNAKA I IZGLED HRVATSKIH NORMI

Oznaka hrvatskih normi određena je međunarodnom normom ISO 3166:1993 Codes for the representation of names of countries (Kodovi za označavanja imena zemalja). Da se izbjegne višestruko označavanje iste zemlje za različite uporabe (automobilske oznake, pošta, bankarstvo, itd.) pripremljena je na međunarodnoj razini navedena norma, koja određuje jednoznačne brojčane oznake, odnosno kratice imena pojedinih zemalja. Kodove je utvrdio Statistički ured Ujedinjenih naroda za sve moguće namjene. Primjena jedinstvenih kodova olakšava međusobno komuniciranje u svim područjima primjene. Prema normi ISO 3166 određena su načela za određivanje kodova za imena zemalja, pa je prema tome utvrđen za Hrvatsku:

- dvoslovni kod HR
- troslovni kod HRV
- brojčani kod 191

Za održavanje ove norme ustanovljen je Ured pri DIN Deutsches Institut für Normung. Ovaj Ured utvrđuje popis naziva zemalja i pridružuju im kodove, daje upute za primjenu kodova i sve ostale informacije, vodi brigu o distribuiranju popisa zemalja i kodova, te vrši izmjene i dopune prema potrebi.

Tako je oznaka hrvatskih normi (HRN) nastala kombinacijom koda prema ISO 3166 i prvog slova dokumenta norme (N).

Da bi se hrvatsko gospodarstvo povezal sa europskim okruženjem, te uklonile tehničke prepreke u trgovini, neophodno je da hrvatske norme budu istovjetne s međunarodnim i europskim normama. To je jedan od preduvjeta za primanje u punopravno članstvo europskih organizacija za normizaciju.

Hrvatska je punopravni član međunarodnih organizacija za normizaciju ISO i IEC, a pridruženi član europskih organizacija za normizaciju CEN, CENELEC i ETSI, što joj daje pravo da može prihvaćati međunarodne i europske norme kao hrvatske norme na nekoliko načina:

- umnožavanjem uz dodatak nacionalnih obilježja (nacionalna naslovna stranica, nacionalni predgovor, nacionalni dodaci),
- priznavanjem, tj. objavom nacionalne obavijesti o priznavanju, te
- prijevodom službenih verzija adekvatnih normi.

Hrvatske norme pripremljene prevođenjem službenih verzija europskih normi moraju biti istovjetne u tehničkom sadržaju i oblikovanju europskim normama u skladu s PNE pravilima (PNE Rules – CEN/CENELEC International Regulations, Part 3: Rules for the drafting and presentation of European Standards), koja su usklađena sa odredbama međunarodnih organizacija za normizaciju. Ovim pravilima je propisan i izgled tako prihvaćenih normi. Zbog ujednačenog izgleda svih hrvatskih normi, oznaka i izgled ostalih hrvatskih normi prilagođena je ovim zahtjevima. Na primjeru norme EN ISO 8402 (Prilog 1: Nacionalna stranica i Prilog 2: Naslovna stranica europske norme – hrvatska verzija) prikazan je izgled naše norme (prijevod).

Prilog 1.

ELEMENTI NACIONALNE NASLOVNE STRANICE

(Primjer za HRN EN ISO 8402)

Naziv:	HRVATSKA NORMA
Oznaka norme:	HRN EN ISO 8402
Oznaka izdanja:	Prvo izdanje ožujak 1996.
Naslov norme:	Upravljanje kakvoćom i osiguravanje kakvoće Rječnik (ISO 8402:1994; EN ISO 8402:1995) Četverojezična verzija
ICS oznaka:	01.040.03:03.120.10
Ključne riječi:	Upravljanje kakvoćom, osiguravanje kakvoće, sustav upravljanja kakvoćom, rječnik
Naslov norme na jezicima izvornika:	Quality management and quality assurance-Vocabulary (ISO 8402:1994; EN ISO 8402:1995) Quadrilingual version Management de la qualité et assurance de la qualité - Vocabulaire (ISO 8402:1994; EN ISO 8402:1995) Version quadriligue Qualitätsmanagement-Begriffe (ISO 8402:1994; EN ISO 8402:1995) Viersprachige Fassung
Izjava o statusu europske norme:	Europska norma EN ISO 8402:1995 ima status hrvatske norme.
Oznaka izdavača:	Logotip i Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo
Napomena o pravima umnožavanja:	Zabranjeno je umnožavanje hrvatskih normi ili njihovih dijelova
Referencijski broj:	HRN EN ISO 8402:1996

Prilog 1. Nacionalna naslovna stranica

Prilog 2.

EUROPSKA NORMA EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM	EN ISO 8402 ožujak 1995
---	--------------------------------

ICS 03.120.10

Zamjena za EN 28402:1991

Ključne riječi: Kakvoća, upravljanje kakvoćom, rječnik

Hrvatska verzija

Upravljanje kakvoćom i osiguravanje kakvoće Rječnik (ISO 8402:1994)

Quality management and Quality assurance-Vocabulary (ISO 8402:1994)	Management de la qualité et assurance de la qualité - Vocabulaire (ISO 8402:1994)	Qualitätsmanagement Begriffe ISO 8402:1994)
---	---	---

Ovu europsku normu CEN je prihvatio 1995-01-11.

Članice CEN-a moraju se pridržavati Poslovnika CEN/CENELEC-a, u kojem su utvrđeni uvjeti pod kojima se ovoj europskoj normi mora bez ikakvih promjena dati status nacionalne norme.

Najnoviji popisi tih nacionalnih normi s njihovim bibliografskim podacima mogu se na zahtjev dobiti u glavnom tajništvu CEN-a ili od svake njegove članice.

Ova europska norma postoji u tri službene verzije (engleskoj, francuskoj i njemačkoj). Izdanje na kojem drugom jeziku koje je na nacionalni jezik s vlastitom odgovornošću prevela koja od članica CEN-a i o tome obavijestila Glavno tajništvo ima isti status kao i službena verzija. Članice su CEN-a nacionalne normirne ustanove Grčke, Irske, Islanda, Italije, Luksemburga, Nizozemske, Norveške, Njemačke, Portugala, Španjolske, Švedske, Švicarske i Velike Britanije.

CEN

EUROPSKI ODBOR ZA NORMIZACIJU
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Glavno tajništvo: rue de Stassart 36, B.1050 Bruxelles, Belgija

© 1995. Članice CEN-a pridržavaju prava
umnožavanja

Ref. br. EN ISO 8402:1995 H

Prilog 2: Naslovna stranica europske norme Hrvatska verzija

SBK

MEĐUNARODNA KONFERENCIJA "NUKLEARNA OPCIJA U ZEMLJAMA S ELEKTRIČNOM MREŽOM MALE I SREDNJE VELIČINE"

U Opatiji je od 7. do 9. listopada ove godine održana međunarodna konferencija o nuklearkama. Cilj joj je bio prikupljanje i razmjena iskustava u korištenju nuklearnih elektrana u zemljama s manjom elektroenergetskom mrežom. Konferenciju je organiziralo Hrvatsko nuklearno društvo pod pokroviteljstvom Europskog nuklearnog društva, Ministarstava gospodarstva te znanosti i tehnologije. Na konferenciji su se razmotrili raznovrsni problemi od izbora lokacija, preko sigurnosti do zbrinjavanja otpada. Iako u našoj zemlji nije predviđena izgradnja nuklearne

elektrane, nuklearna opcija nije isključena u budućnosti. Zbog toga je potrebno održati kontinuitet i pratiti trendove razvoja nuklearne energije. Stručnjaci za razvoj i primjenu nuklearne tehnologije ne stvaraju se preko noći. Osim toga tu je i nuklearna elektrana Krško. Ne mogu se zaobići pitanja vezana uz korištenje nuklearne energije, učinci na okoliš, sigurnost pogona, ekonomičnost i pouzdanost, te odlaganje nuklearnog goriva. Osim ovih tema posebna pozornost je posvećena i pitanju odnosa s javnošću, što predstavlja važan dio pri uvođenju nuklearnih elektrana u elektroenergetske sustave pojedinih zemalja, zbog osjetljivosti stanovništva na građenje nuklearnih elektrana u njihovoj blizini.

SBK

MEĐUNARODNI KONGRES "ENERGIJA I ZAŠTITA OKOLIŠA"

Pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti i tehnologije, Ministarstva gospodarstva, Državne uprave za zaštitu okoliša, te lokalne uprave održan je u Opatiji međunarodni kongres "Energija i zaštita okoliša" od 23. do 25. listopada ove godine. Na kongresu se raspravljalo o energetske strategiji, racionalnoj uporabi energije, zaštiti okoliša, te novim i obnovljivim izvorima energije. Prezentirani radovi se mogu podijeliti u nekoliko tematskih cjelina:

- novi i obnovljivi izvori energije,
- energetska strategija,
- racionalna uporaba energije i
- zaštita okoliša.

Ovo je 15. po redu kongres, koji je posvećen problemima energije i zaštite okoliša. Kongresu prisustvuje oko 300 znanstvenika i istraživača, stručnjaka, proizvođača i korisnika opreme. Brojna predložena rješenja sa dosadašnjih kongresa našla su primjenu u praksi i pokazala opravdanost održavanja ovakvih skupova. Izneseni stavovi i problemi na ovom kongresu bit će od koristi kreatorima energetske politike u našoj zemlji, pogotovo pri razmišljanjima o novim i obnovljivim izvorima energije, te o zaštiti okoliša.

SBK

NASTAVAK IZGRADNJE TERMOELEKTRANE PLOMIN II

Početak studenog ove godine potpisan je ugovor između Hrvatske elektroprivrede i njemačke firme za proizvodnju i isporuku električne energije RWEE iz Essena o dovršetku izgradnje termoelektrane Plomin II na uvozni ugljen. Ugovorom se osniva zajedničko poduzeće i osigurava zajedničko ulaganje kako bi se okončala gradnja TE Plomin II do kraja 1998. godine. U okviru ovog projekta izgradit će se i pristanište za brodove od 60 000 DWT u Plominskom zaljevu. Njemačka firma ulaže financijska sredstva, a HEP vrijednost dosada izgrađenog dijela TE Plomin II. Njemačka firma će voditi cijelu investiciju. Kroz plaćanje struje iz Plomina II njemačkoj tvrtki RWEE, nakon 15 godina HEP bi postao potpuni vlasnik TE Plomin II.

SBK

industrogradnja d.d.



SAVJETOVANJA I KONFERENCIJE

TREĆA MEĐUNARODNA KONFERENCIJA (DEVETA PODRUČNA KONFERENCIJA IUAPPA ZA SREDNJU EUROPU): PROCJENA UTJECAJA NA OKOLIŠ Prag, 23.-26. rujna 1996.

U Pragu je od 23. - 26. rujna 1996. održana Treća međunarodna konferencija - "Procjena utjecaja na okoliš" (Environmental Impact Assessment - EIA). Ujedno, međunarodna udruga "International Union of Air Pollution Prevention and Environmental Protection Associations" (IUAPPA), promaknula je ovu konferenciju u značenje devete područne konferencije za Srednju Europu: "The 9th Regional Central European Conference IUAPPA" (u daljem tekstu: Konferencija).

Cilj Konferencije bio je da se predoče najnovija iskustva i utvrdi trenutačno stanje razvoja postupaka procjene utjecaja na okoliš i odgovarajućih stručno-znanstvenih područja.

Rad Konferencije odvijao se je po odjelima (sekcije), a samo uvodni i završni dio u punom sastavu (plenum).

Odjeli Konferencije bili su:

A. Procjena utjecaja na okoliš; procjena rizika; nadzor i praćenje okoliša (A. 1. gospodarske djelatnosti, A.2. teorijski problemi, A.3. građevinarstvo).

B. Tehnologija, istraživanje i razvoj postupaka zaštite i poboljšanja okoliša (B. 1. zrak, B. 2. voda, B. 3 tlo, B. 4. otpad, buka, vibracije).

C. Međunarodna suradnja, zakonodavstvo, norme i propisi, gospodarska sredstva, naobrazba i zaštita zdravlja (C.1. međunarodna suradnja, zakonodavstvo, norme i propisi, C.2 iskustva u području zdravstvene i okolišne zaštite, C.3. naobrazba).

Konferencija je okupila oko 200 sudionika: najmanje dvije trećine iz Češke, te iz 22 europske zemlje i SAD (iz Hrvatske 8 sudionika). Sudjelovali su, također službeni predstavnici IUAPPA-e, čeških ministarstva za okoliš i graditeljstvo, gradskog poglavarstva Praga, itd. (službena lista sudionika obznanjuje se naknadno). U čekom tisku, na radiju i televiziji Konferenciji je poklonjena velika pozornost. Održana je i službena konferencija za novinstvo. Radovi (nešto preko 140) tiskani su u tri sveska-Zbornika (pretežno na češkom i slovačkom jeziku, a manji dio na engleskom jeziku): Svezak 1. - uvodni plenarni dio, sekcija A.; Svezak 2. - sekcija B.; Svezak 3.- sekcija C., završni plenarni dio.

Zaključak je (prema izjavama na konferenciji za novinstvo) da izloženi radovi i rasprave na Konferenciji znače daljnji korak k ustanovljenju jednog općeg obrasca, na međunarodnoj razini, za provođenje postupka i izradu procjene utjecaja na okoliš. Organizacija Konferencije bila je, u vanjskom vidu (satnica, razglas, itd.) vrlo dobra. Nedostaci (u cjelini): u Zborniku je srazmjerno veliki udio članaka tiskan na češkom jeziku, a njima odgovarajuća izlaganja i rasprave vođeni su također na češkom jeziku (istodobni prijevod na engleski jezik obično je bio nedostatan za cjelovito razumijevanje biti); razvrstavanje radova po odjelima često je neprikladno, a uvrštavanje dijela radova u plenarni dio neutemeljeno; tematska izložba (u povodu Konferencije) u osnovi je bila siromašna i nezanimljiva. Ipak, značajan broj radova i rasprava, po kakvoći i aktualnosti, bili su primjereni ugledu IAU-APPA konferencija. Radovi sudionika iz Hrvatske udovoljili su mjerililima kakvoće i aktualnosti.

Nabrojat će se nazivi radova sudionika Kongresa iz Hrvatske i, uz kraći sadržaj, radovi u izravnoj vezi s postrojenjima za proizvodnju energije.

a) Naslovi radova sudionika Konferencije iz Hrvatske (prijevod s engleskog):

- G. Avirović, V. Vadić: Uzorci atmosferskog amonijaka u blizini industrije gnojiva, Zbornik 1., str. 85.-89.;

- K. Božičević, G. Avirović, J. Kovač: Praćenje utjecaja na okoliš odlagališta fosfo-gipsa, Zbornik 1., str. 95.-98.;
- V. Jelavić, H. Sučić: Studija utjecaja na okoliš nove plinske TE-TO u Zagrebu, Zbornik 1., str. 113.-118.;
- V. Vadić, J. Hršak: Kakvoća zraka u blizini gradskog odlagališta otpada; Zbornik 2., str. 289.-292.;
- E. Hadžić, I. Mijatović, S. Leaković: Čišćenje industrijske otpadne vode ionskim izmjenjivačem, Zbornik 2., str. 359.-362.;
- I. Eškinja, M. Eškinja, K. Risek: Korištenje mulja galvanizacijskog postupka čišćenja otpadne vode, Zbornik 2., str. 386-389.;
- N. Barbalić, V. Jelavić: Značajne razlike u procjenama emisija spaljivaonica otpada zbog "uzgrednih" razlika u postupcima praćenja i procjene, Zbornik 3., str. 534.-539.

b) Radovi u izravnoj vezi s postrojenjima za proizvodnju energije:

- K. Kankaanpaa (finska): Zajedničke mjere - novi pristup zaštiti okoliša, Zbornik 1., str. 12. - 16. (engleski);

Zajedničke mjere (Joint Implementation - JI) znače načelo prema kojem najmanje dvije države poduzimaju zajedničke mjere smanjenja emisije. Objašnjeno je ustrojstvo JI i dokazuje se da ono nedvojbeno pruža značajne ekonomske i okolišne prednosti.

- P. Kubeš (Češka): Nova istraživanja u području termonuklearne fuzije, Zbornik 1., str. 53. - 58. (češki);

Na temelju podataka iz novije literature, opisano je stanje izvora proizvodnje energije u svijetu (npr., 87% fosilna goriva) i naglašeno je da su mogućnosti značajnije primjene "obnovljivih" izvora i hidroenergije nedovoljne da zamijene "okolišno nepovoljne" izvore (fosilna goriva, nuklearna fisija): budućnost je u kontroliranoj termonuklearnoj fuziji. Prikazano je stanje istraživanja u ovom području - u svijetu i u Češkoj.

- M. Neužil (Češka): Utjecaj energetike na okoliš, Zbornik 1., str. 75.-81. (češki);

Nabrojani su i opisani (poznati) okolišni problemi koji "opterećuju" proizvodnju energije, njen prijenos i raspodjelu: od dobivanja goriva (ugljen, uran itd.), njihove uporabe, do zbrinjavanja ostataka (leteći pepeo, šljaka, radioaktivni otpaci itd.). Objašnjeno je postojanje uske korelacije između potrošnje energije i socijalnog blagostanja. Dana su predviđanja o promjenama cijena energije, sirovina (goriva) i socijalnog stanja.

- I. Svoboda, F. Vanek (Češka): Mogućnosti povećanja učinkovitosti proizvodnje električne energije velikih energetske blokove u R. Češkoj, Zbornik 1., str. 90.-94. (češki);

Razmatraju se različite mogućnosti umanjenja emisija velikih blokova 100, 200, 500 MWe češkog energetskog sustava (ČEZ) s ciljem udovoljenja propisima češkog zakona o zraku. Navedeni su odgovarajući tehnički podaci i iznosi potrebnih investicija.

- V. Jelavić, H. Sučić (Hrvatska): navedeno pod a.; engleski);

Dane su osnovne značajke kakvoće zraka u Zagrebu i utjecaji različitih grupa izvora onečišćavajućih tvari na onečišćenje zraka. Utjecaj nove plinske TE-TO procijenjen je na temelju matematskog modela kojim se simulira rasprostiranje u uvjetima složene konfiguracije tla.

- V. Prchlik (Češka): Razvoj energetike i njen utjecaj na okoliš u graničnom području "Češka - Saksonija - Šlezija", Zbornik 1., str. 119.-123. (češki).

Granično područje "Češka - Saksonija - Šlezija" u okvirima Eu-

ropske zajednice poznato je pod nazivom "Crni trokut", zbog velike onečišćenosti zraka. Češki i njemački stručnjaci izradili su studiju energetskog razvoja i program mjera kojim će se u ovom području, do 2020. godine, potpuno riješiti problem onečišćenosti zraka: detaljniji podaci dani su u članku.

- V. Čuhalev, Z. Rajh-alatič, J. Pengov (Slovenija): Usporedba kvalitativnih analiza onečišćenja zraka i meda u Sloveniji, Zbornik 1., str. 127.-131. (engleski).

Predložen je i isproban postupak jednog "općeg" uzorkovanja onečišćavajućih tvari u blizini termoelektrana: koriste se mjesečni uzorci prikupljenog meda sa određenih mjesta u bližoj i daljoj okolini termoelektrane. Na taj način "prostorna raspoređenost" uzorka je neusporedivo veća nego kod uzorkovanja "u točki", jer se pčela napaja na površini od 7 km² u okolini košnice. Vrednovanje postupka izvršeno je utvrđivanjem udjela sulfata i anorganskih tvari u vodenim otopinama uzoraka meda.

- L. Ochrana (Češka): Okolišno povoljni postupci korištenja ugljena za proizvodnju energije, Zbornik 2., str. 263.-266. (češki).

Opisani su (poznati) novi postupci korištenja ugljena za dobijanje energije (fluidni sloj - atmosferski i tlačni; natkritični parametri pare; kombi-postupak). Izvršena je njihova usporedba sa stajališta stupnja učinkovitosti, emisijskih vrijednosti, troškova.

- J. Konečný (Češka): Praktična znanja o spaljivanju i odsumporavanju proizvoda izgaranja u toplanama, Zbornik 2., str. 267.-273. (češki).

Daju se detaljni podaci o tehničkim i radnim značajkama toplane u Zlinu (spaljivanje u fluidiziranom sloju uz dodavanje vapnenca) i toplane u Otrokovcama (polusuhi postupak odsumporavanja).

- A. Trikkel, T. Kaljuvee, R. Kuusik, J. Maarend (Estonija): Aktivirani pepeo naftnih škriljaca kao sorbent za odsumporavanje SO₂ iz dimnih plinova, Zbornik 2., str. 306-310. (engleski).

Termogravimetrijski su ispitani različiti postupci aktiviranja da bi se povećala vezivna svojstva letećeg pepela uljenih škriljaca različitog mjesta nastanka (ciklon, dogrijač. ložište) za odvajanje SO₂ iz dimnih plinova. Korišten je pepeo TE Baltic (1390 MW), a aktivacija je rađena u laboratorijskim uvjetima. Prikazani su rezultati istraživanja.

- J. Dobrozemsky, A. Dobrozemsky (Češka): Zbrinjavanje otpada velikih TE - tehnička i zakonodavna stajališta, Zbornik 3., str. 491.-493. (češki)

Razmatrana su svojstva i mogući sastav letećeg pepela velikih TE sa stajališta njegovog trajnog odlaganja. Nabrojani su češki zakoni i pravilnici, tj. odgovarajuće odredbe tih zakonskih propisa prema kojima se mora obavljati odlaganje ili, pak, neki drugi postupak zbrinjavanja letećeg pepela.

- J. Kuneš, J. Knapek: Državna potpora uštedi energije i njen utjecaj na poboljšanje okoliša, Zbornik 3., str. 590.-596. (češki).

U češkoj, od 1990. godine djeluje program vladinih mjera potpore uštedi energije. U radu se procjenjuje stupanj izvršenja programa te utjecaj sprovedenih mjera na smanjenje onečišćavanja zraka u proteklom razdoblju. Navedene su ismijene programa koje će uslijediti nakon 1996. godine.

Zbornik radova (3 sveska) Konferencije EIA - Prag '96. nalazi se u Sektoru za TE HEP-a, Miševačka 15a, 10000 Zagreb. Djelatnici HEP-a mogu pojedine dijelove Zbornika dobiti na uvid ili mogu tražiti kopije pojedinih članaka.

Nikola Barbalić
HEP - Sektor za termoelektrane

SEMINAR ZA PROJEKTANTE I IZVOĐAČE MUNJOVODNIH INSTALACIJA Maribor 1996.

Vrlo aktivno Slovensko društvo za geoelektriko, statično električno in strelovode u Mariboru, održalo je 18. travnja 1996. na Fakultetu za elektrotehniku, računarstvo i informatiku u Mariboru seminar s navedenim naslovom i tematikom. Osnovni je cilj bio europske standarde i koncepte rješavanja zaštite od udara munja i prenapona približiti projektantima i izvođačima u Sloveniji. Zbog toga je predstavljen i prijedlog novog suvremenog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje s komentarom. naglašeno je da su praksa zaštite i odgovarajuća standardizacija i u Europi u stalnom razvoju zbog potenciranog napretka elektronske tehnologije u svim područjima ljudskog bivanja i djelovanja. Zbog izražene želje za ulaskom na europsku tehničku i tehnološku razinu treba se približiti i prilagoditi odgovarajućim standardima i konceptima rješavanja problematike zaštite u razvijenim zemljama. Posebno je ukazano na potrebu temeljite i konstruktivne promjene razmišljanja, rješavanja i djelovanja na području zaštite od udara munja i prenapona. Dakako da je ovisno samo o stručnjacima koji projektiraju i izvode tu zaštitu od udara munja i prenapona. Dakako da je ovisno samo o stručnjacima koji projektiraju i izvode tu zaštitu, koliko će vremena biti potrebno za tu promjenu i ulazak u svijet suvremene tehnike i tehnologije.

Temeljni sadržaj seminara činili su ovi referati, prikazi i predavanja, skupljeni u "Zbornik referata" s posebnom oznakom: 30 godina SDGSS / tj. Slovenskog društva za geoelektriko, statično električno in strelovode). Ovdje su naslovi sadržaja zbornika prevedeni na hrvatski.

1. **Putovi razvoja elektronske tehnologije**
Mr. Frac Hercog, dipl. inž., Stojna Maribor.
2. **Optika i njezina uloga u smanjivanju utjecaja prenapona**
Mr. Gerhard Angleitner, dipl. inž., FERI Maribor.
3. **Konstrukcija energetskog kabela, sigurnog od djelovanja munje u ekstremno zahtjevnim uvjetima**
Dr. Jože Pungertl, dipl. el. inž., SDGSS Maribor, i Zdravko Pamić, dipl. el. inž., ELKA Zagreb.
4. **Prijedlog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje s komentarom**
SDGSS Maribor, Grupa suradnika-autora.

U program seminara uključeno je još i ovo:

- **Zakonska regulativa u području elektroenergetike na snazi od 1.1. 1996. nadalje**
Marjan Kern, dipl. inž., Republički elektroenergetski inspektor.
- **Zaštita od atmosferskih udara**
Prof. Dr. Maks Babuder, dipl. inž., Institut Milan Vidmar, Ljubljana.
- **Predstavljanje proizvodnih programa.**

Seminaru je prisustvovalo 60 prijavljenih sudionika, projektanta i izvođača zaštite od munja i prenapona, te stanoviti broj studenata FERI Maribor. Iz R. Hrvatske bila su 2 sudionika.

O tematici razmjerno širokog opsega problematike seminara vodena je veoma živa i opsežna rasprava i razmjena iskustava - uz brojna pitanja autorima predloženih tema.

U prvom referatu prikazana je kratka povijest i sadašnji pregled jakostnih elemenata elektronike, uz brojne crteže, kao i njihova budućnost, po tipovima s obzirom na njihovu komercijalnu uporabljivost, te osnovne električne karakteristike kao što su napon, struja i kontaktna frekvencija. Kratko su naznačeni i trendovi njihovog razvoja. Za nove poluprovodničke elemente (SIT tranzistor, SITH tiristor i MCT tiristori) autor je naglasio da oni još nisu postigli komercijalni uspjeh, jer se još razvijaju i imaju previsoku cijenu.

Prema programu seminara, Republički elektroenergetski inspektor Marjan Kern dao je pregled zakonske materije iz cjelokup-

nog područja elektroenergetike. Naglasio je da stari YU propisi, što još nisu zamijenjeni novim slovenskim propisima, načelno i dalje vrijede.

U drugom referatu o optičkim komunikacijama autor je vrlo zorno prikazao područja elektromagnetskih valova. Opisani su izvori najčešćih smetnji u izvođenju i pogonu informacijskih mreža i navedene osnovne prednosti, te karakteristike optičkih sustava u telekomunikacijama. Autor zaključuje da je razvoj telekomunikacija već sada tijesno povezan s razvojem optičkih sustava prijenosa.

Zbog smrtnog slučaja u obitelji Prof. Dr. M. Babuder nije mogao održati svoje predavanje, pa je u program "uskočio" voditelj seminara Dr. Zvonimir Krulc (iz Zagreba).

Dr. Zvonimir Krulc je najprije dao kratki osvrt na (ne)djelatnost Hrvatskog društva za geoelektro i gromobrane, koje postoji zapravo, samo još formalno. Postoji stanoviti interes za djelovanje u području zaštite od munje i prenapona među stručnjacima u rijeci i Poreču. U Splitu su pak neki stručnjaci pod vodstvom Prof. S. Miluna planirali (još u 1995. god.) održavanje savjetovanja o elektromagnetskoj kompatibilnosti. Ovom izvjestitelju nije poznato današnje stanje odnosnih priprema. Na višoj razini učinjeni su već prijevodi IEC propisa (normi) "Zaštita objekata od munje". Prema informaciji iz Istre u tom je dijelu Hrvatske nastavljena praksa korištenja, odnosno obnavljanja radioaktivnih gromobrana - kako je i u nas već dobro poznato, davno opisanih i odbačenih u Europi. Prema informaciji u dnevnom tisku da je udar munje u dio mosta na rijeci Savi između Hrvatske i Bosne pobudio eksploziju i rušenje dijela mosta, ovaj izvjestitelj smatra da se može govoriti o potrebi uvođenja ratne ili vojne prakse izvođenja zaštite od udara munje. Čestitajući Slovenskom društvu 30 godina postojanja i veoma uspješnog djelovanja, sjetio se i Prof. Dr. Volker Fritsch-a iz Beča, poznatog europskog geoelektričara i znanstvenika zaštite od munja, koji je dao velik doprinos razvoju odgovarajuće teorije i prakse te discipline elektrotehnike u Sloveniji i Hrvatskoj.

U trećem referatu o posebnom energetskom kabelu Dr. Jože Pungertl prikazao je, uz brojne crteže i tabele, pojave prenapona na kablovima uslijed udara munje u sam kabel ili njegovu blizinu. Prikazana je i konstrukcija kao i praktična izvedba, odnosno polaganje kablova i kablovskih glava. Navedena su i električna mjerenja na kablovima, kao i prikaz kvalitete od udara munje sigurnih kablova. Svakako treba naglasiti da su predmetni sigurnosni

kablovi ugrađeni u suradnji sa tvrtkom "ELKA" Zagreb (Ing. Zdravko Pamić).

Prije predstavljanja prijedloga novog pravilnika za zaštitu od djelovanja munje (četvrti referat, odnosno materijal u spomenutom zborniku Ing. Boris Žitnik, dao je opsežan osvrt na već poznate i razmatrane standarde IEC 1024. Spomenuo je i VDE propise i naglasio da je glavna dilema i poteškoća u strogo prihvaćanju europske suvremene tehnologije i razmišljanja o izvođenju zaštite, a ne razmišljati na stari način. IEC preporuke su općenite i razmjerno kompleksne, ali nema pojedinačnih praktičnih rješenja. Svakako će trebati prihvatiti strane jezike, posebice engleski, kao i odgovarajuće izraze i pojmove.

Glavni koautori i suradnici u izradi Prijedloga pravilnika za zaštitu od djelovanja munje, Ing. Boris Žitnik i Ing. Aleš Napast, vrlo su detaljno, uz brojne crteže, prikazali sadržaj tog pravilnika. Tekst pravilnika sa crtežima i tabelama ima 25 stranica. Glavna poglavlja su:

- Izrazi i definicije
- Opće odredbe za munjovode
- Vanjski sustav zaštite od djelovanja munje
- Uzemljivački sustav
- Materijali i mjere
- Unutarnji sustav zaštite od djelovanja munje
- Projektiranje, održavanje i kontroliranje sustava
- Zaštita od munje na specifičnim objektima.

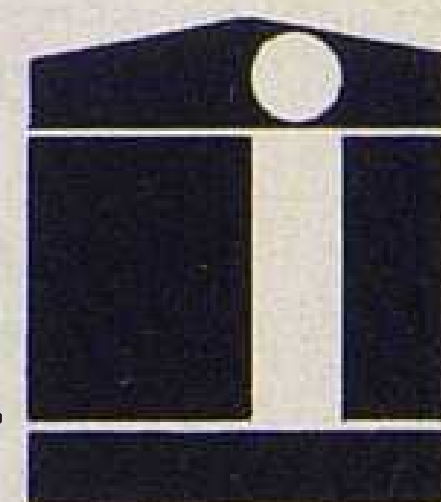
Posebice je naglašeno da kod određivanja zaštitnog prostora treba kombinirati različite metode određivanja / zaštitni kut, LPS kugla i metoda mreže /. Spomenuta je i važnost koordinacije izolacije. Dana je i procjena troška sigurne zaštite od udara munje po suvremenim standardima i to oko 8% ukupne investicije.

U predstavljanju proizvodnih programa zaštite od udara munje posebice su se istaknuli proizvođači tvrtke ISKRA ZAŠTITE, Ljubljana.

Zaključno ovaj izvjestitelj želi na temelju ovog prikaza referata, predavanja i opsežnih rasprava na tom seminaru naglasiti da predstavljanje i razmatranje problematike zaštite od udara munja i prenapona može poslužiti i našim elektroenergetskim stručnjacima za unaprijeđenje rada u predmetnom području elektrotehničke znanosti i prakse u Hrvatskoj. To bi moglo biti i poticaj za slične akcije i rad u području zaštite od udara munje i prenapona.

Dr. Zvonimir Krulc, Zagreb

industrogradnja d.d.



DESET GODINA NAKON ČERNOBILJA

Deset godina nakon katastrofe u Černobilju mogu se stvoriti neki važni zaključci. Poznato je da su uzrok katastrofe loša konstrukcija i nedostatna obučenost pogonskog osoblja. No, prava odgovornost leži na bivšem sovjetskom sustavu. Bez samoodgovornosti, uz utjecaj političke vlasti i hijerarhijske strukture, slaba ili nikakva koodinacija između pogona i nadzora, između elektroprivrede i proizvodnje oružja, dok su sve radnje bile podložne ideološkim ciljevima, što neizbježno dovodi do katastrofe.

Černobiljska katastrofa donijela je mnogo nevolja stanovništvu bivšeg Sovjetskog Saveza, no, izvan tog prostora nisu do sada zamijećene nikakve tjelesne ozljede od radijacije, niti se u budućnosti očekuju. Uzimajući u obzir sve posljedice katastrofe treba zaključiti dvije stvari: Prvo, i nadalje treba pomagati pogodnim područjima i odmah izvesti poboljšanja na reaktorima koji su još u pogonu. Stručnjaci zapadnih zemalja u tome će im pomoći. Drugi se zaključak tiče korištenja nuklearne energije u zemljama izvan bivšeg SSSR-a. I deset godina nakon katastrofe nema argumenta protiv uporabe nuklearne energije u demokratskim zemljama zapada. Razvoj tehnike u tim zemljama praktički isključuje sličnu katastrofu. Tu činjenicu treba stalno naglašavati i isticati mjerodavnima.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 11

Mrk

PROIZVODNJA FOTVOLTAIČKIH UREĐAJA SNAGE 100 MW

Njemačka tvrtka Siemens bavi se proizvodnjom fotovoltaičkih uređaja od šezdesetih godina. Od tada je ukupno isporučila fotovoltaičkih ćelija, odnosno modula ukupne vršne snage 100 MW. Sjedište tvrtke Siemens Solar GmbH je u Münchenu. Ona usko surađuje s istraživačkim institutima i sveučilištima, koji su pomagani od Savezne vlade. Stjecanjem tvrtke Arco Solar u Kaliforniji, Siemens Solar je postao najveći u svijetu ponuđač ćelija. Osim spomenute tvrtke u Kaliforniji, Siemens je vezan s tvrtkom Showa Solar u Singapuru i Showa Solar Energy KK u Tokiju. Tvrtka zapošljava ukupno 450 djelatnika.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 11

Mrk

INFORMACIJE O PATENTIMA U SVIJETU

Znanstvenotehnička informacijska organizacija STN International nudi putem svog europskog servisnog centra u Karlsruhe (Njemačka) uvid u svjetsku patentnu dokumentaciju. Kompjutorski sistem CD-ROM "Derwent World Patents Index (DEPTI), kojim raspoložu, sadrži banku podataka sa više od 7 milijuna patentnih dokumentacija iz 40 industrijski razvijenih zemalja.

ETZ, god. 117 (1996), br. 10

Mrk

POVEĆANJE SIGURNOSTI NUKLEARNIH REAKTORA

U okviru zajedničke njemačko-francuske suradnje na projektu EPR (European Pressurized Water Reactor) na promaknuću sigurnosti nuklearnih reaktora, radi već tri godine istraživački centar u Karlsruhe u suradnji s njemačkom elektroprivredom i in-

dustrijom. Kako se ovakva suradnja pokazala vrlo uspješnom, produžena je za još četiri godine. Kooperanti će financijski pomoći istraživački centar sa svotom od 1 milijuna DEM godišnje. Za sada se znanstvenici centra prvenstveno bave razvojem sigurnosnih uređaja nuklearnih reaktora, kako bi zadovoljili zakonske propise i 1999. godine.

ETZ, god. 117 (1996), br. 11

Mrk

SKUPO SMANJENJE EMISIJE UGLJIČNOG DIOSKIDA U ŠVICARSKOJ

Provedena istraživanja su pokazala da, ukoliko Švicarska želi udovoljiti međunarodnoj konvenciji o klimi, trebala bi utrošiti znatne svote novca. Istraživanja su krenula od dviju opcija: Od moratorija na nuklearnu energiju i od slobodne gradnje nuklearnih postrojenja. No, u oba se slučaja došlo do sličnih rezultata. Pod pretpostavkom da se u Švicarskoj emisija ugljičnog dioksida snizi do godine 2030. za 30%, svaka smanjena tona CO₂ stajala bi 400 CHF. To je u usporedbi s troškovima u susjednim zemljama vrlo visoko. Takvi troškovi dolaze odatle što je emisija ugljičnog dioksida već sada razmjerno mala, a u drugim su zemljama u račun obuhvaćene i skupe tehnologije koje sudjeluju u emisiji. Stoga stručnjaci preporučuju povezivanje s drugim industrijskim zemljama koje imaju u pogonu uređaje na ugljen i plin. Ovako preračunati troškovi za 1993. deset su puta manji.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 5

Mrk

POGON AUTOMOBILA TEKUĆIM ZEMNIM PLINOM

Motori na pogon zemnim plinom imaju znatne prednosti pred benzinskim motorima. Manje onečišćuju zrak i stvaraju manju buku. U Njemačkoj je konstruiran prvi pokusni automobil koji kao pogonsko sredstvo koristi tekući zemni plin. Tvrtka Messer Griesheim ugradila je odgovarajući uređaj u automobile VW Golf. Izgleda da je riješen najveći dio problema koji su onemogućavali uporabu takvog automobila, koji će se sada iskušavati u praksi. Tekući zemni plin pri temperaturi od -161 °C, uz niski tlak, pohranjen je u visoko izolirani spremnik. U usporedbi sa spremnikom za dizelsko gorivo on je dva puta veći, ali samo 40% teži. Sistem punjenja gorivom riješen je tako da se punjenje može izvesti kao kod ostalih tekućih goriva. Praksa će pokazati može li se stvarno takvo vozilo koristiti umjesto vozila na benzinski pogon i pokazati očekivane prednosti. Ovdje treba istaknuti da je u Njemačkoj pokrenuta široka akcija za uvođenjem vozila na pogon zemnim plinom, ali u plinovitom stanju pod visokim tlakom.

U Mainzu (Njemačka) je organiziran stručni skup "Vozila na pogon zemnim plinom", gdje su proizvođači automobila BMW, Mercedes Benz, Ford i Honda iznijeli svoje planove o proizvodnji vozila na zemni plin. Koncem 1995. već je tvrtka BMW stavila u prodaju nekoliko svojih modela na plinski pogon. Naravno da je široka uporaba takvih vozila moguća uz izgradnju dovoljnog broja stanica, koje će moći vozila opskrbiti plinom onako kako to rade današnje benzinske crpke. Tehnički razvoj plinskih punionica također je važan činilac u čitavoj ovoj akciji plinifikacije vozila.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 5

Mrk

PROGNOZE PREDVIĐAJU STAGNACIJU POTROŠNJE PRIMARNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Predviđa se da u Njemačkoj do godine 2020. stagnirati potrošnja primarne energije, ali će porasti potrošnja električne energije. Unatoč gospodarskom napretku, u tom razdoblju, tehničkim se razvojem predviđa smanjenje energetske potrebe za 45%. Kamene će ugljen, zbog povoljne cijene, i nadalje biti glavni energent u proizvodnji električne energije. Do 2020. godine trebalo bi izgraditi 4850 MW neto snage u termoelektranama na kamenu ugljen. Udio zemnog plina će se udvostručiti, a porast će i udio regenerativne energije. Zadržat će se važnost nuklearne energije i smeđeg ugljena. Takav razvoj potrošnje primarne energije u Njemačkoj predviđa studija "Njemačko energetske tržište u ujedinjenoj Europi". Po prilici slični rezultati dobiveni su i u studiji koju je izradio naftni koncern Esso za razdoblje od 1995. do 2010. godine. Porast potrošnje primarne energije iznosio bi 0,5%. Prognoza predviđa pad uporabe kamenog i smeđeg ugljena kao i nafte. Udio nuklearne energije ostaje konstantan, a povećava se značaj zemnog plina i regenerativne energije. Prognoza počiva na pretpostavci da će se poboljšati iskorištenje raspoložive energije, a motorizacija će doseći zasićenje. Predviđeni potrošak primarne energije u jedinicama ekvivalentnog ugljena (ek. u) u 2010. godini iznosio bi kako slijedi:

Energent	1995. (ek. u)	2010. (ek. u)
Nafta	195	184
Zemni plin	96	117
Kameni ugljen	73	68
Smeđi ugljen	60	53
Nuklearna energija	49	49
Regenerativna energija	13	18
Ukupno	486	489

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 5

Mrk

RAZLUČITI EKOLOŠKE PROBLEME

U rješavanju globalnih problema zaštite okoliša, pojedine zemlje ne stavljaju težište na iste probleme. Kao posebno hitno i važno u Japanu, SAD i Njemačkoj je zbrinjavanje otpada i reciklaža, dok je glavna briga Francuske, Italije, Španjolske i zemalja Azije voda i odvodnja.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 5

Mrk

POPRAVAK ROTORA U ELEKTRANI

Tvrtka ABB prva je u Europi konstruirala pokretni uređaj za popravak rotora turbina i generatora u samoj elektrani. Time otpada skupi transport u tvornicu, a vrijeme popravka se bitno smanjuje. Sam uređaj ima masu od 25 t, a može služiti za rotore promjera do 4,5 m, duljine 20 m i mase 100 t.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 5

Mrk

VLASTITI POTROŠAK TERMOELEKTRANA

Termoelektrane u zapadnom dijelu Njemačke potrošile su tijekom 1995. 7,2% proizvedene električne energije za vlastite potrebe. Glavni potrošači u elektranama bile su pojne crpke, mlino- vi za ugljen, upravljački i regulacijski uređaji, te uređaji za zašti-

tu okoliša. Vlastiti potrošak termoelektrana u istočnom dijelu Njemačke bio je nešto veći i iznosio je 8,9%. Povećanje dolazi odatle što tamošnje termoelektrane troše smeđi ugljen, a ne kamene kao na zapadu, i što tehnologija uređaja još nije na onoj razini kao u ostalom dijelu Njemačke.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 13

Mrk

NJEMAČKA SAVEZNA VLADA PODUPIRE RAZVOJ SOLARNIH ČELIJA

Njemačka savezna vlada najavila je da će u okviru svog plana promicanja energetike podupirati i razvoj solarnih ćelija. Da se snizi cijena trebalo bi razviti automatiziranje njihove proizvodnje i povećati korisnost. Plan "100 000 krovova" tražit će iznos od 5,5 milijardi DEM, ali povećati udio u proizvodnji električne energije samo za 0,04%. Sada stoji kWh iz solarnih ćelija 2 DEM, prema 0,17 do 0,23 DEM iz termoelektrana. Savezna vlada spremna je staviti na raspolaganje kao pripomoć da se stave na tržište solarni uređaji koji će služiti samo gdje se pokažu prednosti pred priključkom na električnu mrežu. Tu bi, naprimjer došli u obzir prometni signalni uređaji na udaljenim cestama, sigurnosni i telefonski uređaji i slično.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 13

Mrk

NOVINJEMAČKI RAZVOJNI PROGRAM ENERGETIKE

Novi njemački razvojni energetske program stavlja težište na povećanje učinkovitosti proizvodnje električne energije, uštedi energije i povećanju udjela obnovljive energije. Prema dosadašnjem planu financiranja u 1996. godini bi se za tu svrhu trebalo izdvojiti 746 milijuna DEM, a do 2000. godine povećati na 834 milijuna DEM. Glavnu pozornost treba posvetiti termoelektranama na ugljen i smanjiti emisiju ugljičnog dioksida te povećati korisnost. Razvoj u području termoelektrana na naftu i zemni plin neće biti potpomagan saveznim sredstvima. U okviru programa uštede energije važan je program "Daljinsko grijanje 2000", osobito za istočni dio zemlje. Promicat će se nadalje razvoj tzv. niskoenerskih kuća, kako bi se što više uštedjela energija. Savezna će vlada do godine 200. staviti na raspolaganje 220 milijuna DEM za promicanje uporabi obnovljive energije.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 14

Mrk

DA LI BRZI BRUT-REAKTORI IMAJU BUDUĆNOST U EUROPI

Nakon tehničkih poteškoća s brut-reaktorom "Super-Phenix" u Francuskoj i napuštanja plana u Kalkaru u Njemačkoj, pozabavila se stručna grupa u Europskom parlamentu pitanjem, ima li takav tip reaktora budućnost u Europi. No, stručnjaci EU-komisije su potvrdili da u Kazahstanu radi od 1973. godine brzi brut-reaktor tipa BN-350 bez poteškoća. On služi za proizvodnju električne energije, ali i za odslanjivanje morske vode. Vlada u Kazahstanu planira daljnju izgradnju takve elektrane.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 14

Mrk

RAZVOJ LITIJ-POLIMERNIH AKUMULACIJSKIH BATERIJA

Godine 1993. učinjen je ugovor između Američkog konzorcija

za razvoj baterija (USABC) i kanadskog Hydro-Quebec i suradnika za istraživanje i rad na razvoju litij-polimernih akumulacijskih baterija (LPB) za potrebe elektromobila. Takve bi baterije imale peterostruki energetska kapacitet prema olovnim akumulatorima. One bi se razlikovale od sadašnjih baterija za elektrovozila što su lakše, sigurnije i omogućuju veću duljinu vožnje bez punjenja. Osim toga, ne sadrže toksične tvari, kao npr. živu, olovo ili kadmij. U prvoj fazi rada razrađena je tehnologija LPB baterija, koje se sastoje od tankih folija metalnog litija i polimera. Realizirana je ekomičnost izrade, a u drugoj će se fazi baterija izraditi u modularnom obliku za igradnju u vozilo. Zbog dosadašnjih uspjeha ugovor je produljen 1996. na daljnje dvije godine u iznosu od 27 milijuna US dolara, pa bi cijeli ugovor bio financiran sa 60,3 milijuna US dolara. Tim bi se razvojnim radom omogućilo da se do kraja devedesetih godina konstruira elektrovozilo, koje bi s obzirom na snagu, duljinu vožnje i cijenu, bilo ravno morotnom vozilu.

Američki konzorcij USABC čine veliki proizvođači automobila (Ford, Crysler, General Motors) i EPRI (Electric Power Research Institute), a financijski ga podupire i država. Istraživačku grupu čini Hydro Quebec sa suradnicima. Prvenstveno se ta radna organizacija, sa sjedištem u Montrealu, bavi elektroprivrednom djelatnošću, ali u svojim institutima razvija, osim opisane tehnologije elektrovozila, projekte za poboljšanje kvalitete električne energije i pouzdanosti dobave električne mreže, a bavi se i pitanjima nuklearne fuzije, korisnosti električne energije, supravodljivosti i tehnologijom vodika.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 15

Mrk

RADIOAKTIVNO ODLAGALIŠTE U FRANCUSKOJ

Europska energetska zaklada u Parizu objavila je da je francuska vlada odobrila ispitivanje na tri lokacije gdje bi se mogao odlagati visokoradioaktivni otpad. Za podzemno će se odlaganje ispitati lokacije Marcoule (Gard), Bire (Meuse) i Capelle-Bton (Vienne).

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 16

Mrk

NJEMAČKI SAVEZ ZA VODIK

U Berlinu je osnovan "Njemački savez za vodik" (DWV) za promicanje uporabe vodika kao energenta. Savez je uzeo u zadatak da potiče razvoj i rješenje za pitanja uporabe vodika. Obuhvaćeno je normiranje i propisi kao i širenje zanimanja politike, gospodarstva i znanosti o temi vodika. Kao prvi članovi u Savez su išli istraživački instituti, poduzeća i nekoliko privatnih osoba.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

NATJECANJE U ELEKTROENERGETICI

Uvedeno natjecanje na polju tržišta električne energije u Europi primljeno je sa zadovoljstvom u Švedskoj. Uslijedila je orijentacija prema potrošačima i racionalizacija korištenja elektroenergetskih sustava. U središtu nije više proizvodnja već potrošnja od strane potrošača. Iz tog se razvija mnogostruka ponuda elektroenergetskih usluga. Teži se za tim da se stvori jedinstveno skandinavsko elektroenergetsko tržište. Danska, Finska, Norveška i Švedska traže mogućnosti da se ujednače oporezovanja i stvore jednake pretpostavke za proizvodnju električne energije. Cilj je ujednačenje i stabiliziranje cijena u sjevernoj Europi.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

BIOTERMoeLEKTRANA U FRANCUSKOJ

U mjestu Millery u blizini Nancya (Francuska) puštena je u pogon biotermoelektrana za pokrivanje vršnih opterećenja. Gradnja elektrane poduprta je od EU u okviru programa APAS. U elektrani se spaljuje etilester iz uljne repice. Istraživanja su pokazala da se njenim uzgojem na površini od 110 ha može dobiti toliko etilestera da se njegovim spaljivanjem može uštedjeti oko 85 tona ekvivalentne nafte. Time se smanjuje emisija ugljičnog dioksida, sumpornog oksida i prašine.

• O pogonu i razvoju elektrane se brine Compagnie Generale de Chauff s francuskim Nadleštvom za zaštitu okoliša i energiju i nekoliko industrijskih poduzeća.

• Računa se da će elektrana u 296 pogonskih sati godišnje proizvesti oko 2570 kWh za elektroenergetsku mrežu EdF-a.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

ENERGETSKO KORIŠTENJE SLAME

Investicijska banka Schleswig-Holstein Energieagentur (Njemačka) potiče dobivanje energije paljenjem slame. Time će biti poljoprivrednicima otvoren novi djelokrug rada i mogućnost osnivanja srednjih poduzeća u području alternativne tehnologije, a koristit će povoljno za okoliš. U svezi s time spomenuta je banka izdala brošuru o tehničkim mogućnostima korištenja slame koja ostaje u tom kraju prvenstveno od žitarica i uljene repice. Računa se da bi se time moglo uštedjeti 15% loživog ulja. U brošuri su također navedene upute o financiranju i mogućnostima potpomaganja ovakve tehnologije.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

RUHRGAS AKUMULIRA PLIN U AUSTRIJI

Njemačko poduzeće Ruhrgas zaključilo je s austrijskim poduzećem za istraživanje nafte dogoročni ugovor o akumuliranju plina u austrijskom podzemlju. Radni volumen spremnika iznosio bi 235 milijuna m³, a nalazi se u blizini mjesta Puchkirchen. Na raspolaganju će biti od 1999. godine.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

NAJVEĆA SOLARNA ELEKTRANA MONTIRANA NA KROVU

U njemačkom gradu Gelsenkirshen završena je, najveća u svijetu, elektrana sa solarnim ćelijama montirana na krovu. Uređaj čine 900 solarnih modula, ukupne aktivne površine 1 520 m². Ćelije su visoke iskoristivosti od 17%, pa se računa da bi elektrana mogla godišnje dati u mrežu oko 190 000 kWh. U nosećoj krovnoj konstrukciji i uređajima za vezu s električnom mrežom dana su nova originalna rješenja. Cijena cijelog postrojenja iznosila je 6 milijuna DEM, a financirala ga je elektroprivreda uz pomoć država u okviru EU.

Postrojenje predstavlja demonstracioni objekt vrhunske solarne tehnologije, a želi se pokazati mogućnost korištenja energije sunca i u urbaniziranim područjima srednje Europe.

Elektrizitätswirtschaft, god. 95 (1996), br. 15

Mrk

SPALIONICE SE I NADALJE USAVRŠAVAJU I GRADE

U tisku često nalazimo napise u kojima se iznosi štetnost spalionica smeća. Čak se govori o likvidaciji takvih uređaja u svijetu.

No u stručnoj se literaturi iznose primjeri promicanja gradnje spalionica i vrlo intenzivan rad na njihovu poboljšanju. Spalionice se i nadalje smaraju vrlo učinkovitim uređajima za zbrinjavanje smeća. Poboljšanja se provode u dva smjera: na usavršavanju pročišćavanja plinova izgaranja i što potpunijeg spaljivanja da bi u izlaznim plinovima bilo što manje štetnih sastojina. Naravno, da uz to investicioni i pogonski troškovi budu što manji.

U Njemačkoj (Schwabach) upravo je u tijeku test novog uređaja za pročišćavanje plinova izgaranja u spalionici. Njegova je prednost u tome, što se u jednom uređaju objedinjuju pročišćivači za različite štetne komponente plinova izgaranja, pa je zato nazvan Venturi – kompaktni prečišćivač. Takvom se konstrukcijom uspjela i sniziti cijena, ali je kvaliteta ostala ista.

U Japanu je nekoliko tamošnjih tvrtki od Nijemaca (Siemens) otkupilo licencu za izgradnju spalionica koje rade postupkom izgaranja švelovanjem (Schwel-Brenn-Verfahren). To je uslijedilo nakon uspješnog jednogodišnjeg rada takvog uređaja. Zainteresirana se poduzeća nadaju da će ubrzo uslijediti još više narudžbi za gradnju takvih spalionica u Japanu.

Deset najvećih proizvođača spalionica smeća, sa svojom djelatnošću širom svijeta osnovali su udrugu "Inicijativa sigurnog zbrinjavanja otpada" (ISA). Cilj je udruge da građanstvu predoči pravu sliku o spaljivanju otpada.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

SVJETSKO TRŽIŠTE TEHNIKE ZA ZAŠTITU OKOLIŠA

Veliki dio industrije u svijetu orijentirao se na proizvodnju tehnike za zaštitu okoliša. Na svjetskom tržištu takve zaštitne tehnike najveći udio ima Njemačka s 21%. Udjeli nekoliko ostalih industrijskih zemalja vide se iz slijedećeg:

Njemačka	21,0%	Francuska	8,0%
SAD	16,9%	V. Britanija	7,1%
Japan	13,1%	Ostali	24,4%
Italija	9,5%		

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

INICIJATIVA ZA GLOBALNU ZAŠTITU KLIME

Proizvođači električne energije sedam najrazvijenijih zemalja svijeta odlučili su da surađuju na problemu globalne zaštite klime. Inicijativa je krenula 1991. godine od kanadskog elektroprivrednog poduzeća Hydro Qoubec i francuskog EdF. Nakon godine dana pridružila su im se još poduzeća: kanadski Ontario Hydro, njemački RWE, španjolski ENEL S.P.A., japanska elektroprivredna poduzeća Kansai E.P. i Tokyi E. P. kao i električno poduzeće Južne Kalifornije-Edison. Sva navedena elektroprivredna poduzeća proizvode ok 11% svjetske proizvodnje električne energije. Njihov zajednički cilj je pomoći zemljama u razvoju da izgrade energetiku koja nije štetna za okoliš i da zajedno surađuju na pitanjima globalne zaštite klime.

Na sastanku grupe E7 u Kölnu istaknuto je da je danas u svijetu još dvije milijarde ljudi bez električne energije, što im onemogućuje povećanje životnog standarda. Stoga Međunarodna energetska agentura (IEA) očekuje da će se do godine 2010. u zemljama u razvoju potrošnja energije više nego podvostručiti. Osnovni nosioci energije, s udjelom od 90%, bit će fosilni energenti, što će povećati emisiju ugljičnog dioksida za 50%. Svjetska potrošnja energije u komercijalnom toku povećat će se u vremenskom rasponu 1993. – 2010. za 34% do 46%.

Mineralna će ulja ostati najveći nosilac energije s udjelom od 40%. Rasti će potrošnja zemnog plina, osobito zbog sve veće upotrebe u proizvodnji električne energije. Računa se da bi udio ugljena bio 27,5 do 28,5 posto, a udio obnovljive energije u primarnoj energiji povećao bi se od današnjih 3 na 4%.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

NOVA SPALIONICA OTPADA U NIZOZEMSKOJ

Nakon trogodišnje gradnje završena je spalionica otpada Huisvuilcentrale u nizozemskom mjestu Alkmaar. Kapacitet uređaja je godišnje spaljivanje 400 000 t opada iz 57 općina sjeverne Nizozemske, s oko milijun stanovnika.

Električna energija proizvedena u postrojenju služiti će za vlastite potrebe i za javnu mrežu mjesta Alkmaar. Investicije za kompletno postrojenje iznosile su oko 500 milijuna guldena.

Energie Spectrum, god. 11 (1996), br. 7/8

Mrk

industrogradnja d.d.

