

IZDAVAČ – PUBLISHER

**Hrvatska elektroprivreda d.d., Zagreb**

ZA IZDAVAČA

**Mr. sc. Ivan Mravak, dipl. ing.**

POMOĆ U IZDAVANJU

**Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa**

UREDIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

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

UREDNIČKI ODBOR – EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. ing.  
Urednik – Editor: Zdenka Jelić, prof.  
Tajnik – Secretary: mr. sc. Slavica Barta-Koštrun, dipl. ing.  
Lektor – Šimun Čagalj, prof.

HEP d.d. – Energija  
Uredništvo – The Editorial Board  
Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb  
Telefoni: +385 1 /632-2641 i 632-2083  
Telefaks: +385 1 /617-0438  
e-mail: energija@hep.hr i slavica.barta@hep.hr  
www.hep.hr

**Godišnje izlazi 6 brojeva.**

Godišnja pretplata bez PDV-a (22 %) iznosi:  
- za pojedince 245,90 kn  
- za poduzeća 394,16 kn  
- za studente 57,38 kn

Žiro račun kod Zagrebačke banke broj:  
2360000-1400129978

Godišnja pretplata za inozemstvo iznosi US\$ 95.

Devizni račun:  
Zagrebačka banka broj: 2000006299  
Tisak: Intergrafika d.o.o., Zagreb  
Naklada 1000 primjeraka

Godište 54 (2005)

Zagreb 2005

Br. 2

**SADRŽAJ**

<i>Sabolić D.</i> : Analiza šuma na razdjelnim mrežama u frekvencijskom području za širokopolasni PLC, od 10 do 30 MHz (Izvorni znanstveni članak) .....	93
<i>Kolega V.</i> : Energetski audit zgrada javne namjene – načini prikupljanja podataka (Stručni članak) .....	107
<i>Majstrović G.</i> – <i>Dizdarević N.</i> – <i>Bajs D.</i> : Upravljanje zagušenjem u prijenosnoj mreži (Pregledni članak) .....	121
<i>Santica I.</i> : Transformatorska stanica 10(20)/0,4 kV tipa tornjić u prilikama povećanog konzuma, novih tehnoloških zahtjeva (Stručni članak) .....	137
<i>Vuković I.</i> – <i>Vrbanić I.</i> – <i>Šimić Z.</i> – <i>Mikuličić V.</i> : Kvarovi sa zajedničkim uzrokom u vjerojatnosnim analizama sigurnosti tehničkih sustava (Prethodno priopćenje) .....	143
<b>Vijesti iz elektroprivrede i okruženja</b> .....	155
<b>Iz inozemne stručne literature</b> .....	165

Fotografija na omotu:

**TRAFOSTANICA ERNESTINOVO** (1. str.)

**TE-TO ZAGREB** (3. i 4. str.)

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sektor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

# Upute autorima

Da bi se članak mogao objaviti u časopisu ENERGIJA, potrebno ga je prirediti na sljedeći način:

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 stranica. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "presude" recenzenti.
4. Valja se držati zakonskih normi. 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 na računalu u Wordu 6 i novijoj verziji, s razmakom između redaka 11/12, u jednom stupcu, a slike u tif ili jednom od sličnih formata. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Članak mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova treba napisati ime, prezime i mjesto stanovanja autora. Na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu (dr.sc., mr.sc.), ime i prezime, stručni naziv (prof, dipl. ing., oec, iur. i dr.), 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 pokuse 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 naznačuju sadržaj članka. One pomažu čitatelju da sazna je li mu članak zanimljiv ili nije.
  - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka ubraja njegov: u originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni članak ili pripada izvješćima sa savjetovanja, vijestima iz svijeta itd.
  - **literaturu**. Navodi se na kraju članka redom kojim je spomenuta u članku. Kad se autor u tekstu poziva na literaturu, u uglatoj zagradi piše se samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na istom listu papira. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevoditelji.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnoj listu - svaka slika na svom listu. Trebaju biti nacrtani po pravilima tehničkog crtanja i obično trostruko veći nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da trostruko smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

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

Da bi autori lakše odredili u koju će kategoriju prema kvaliteti biti uvršten neki članak, donosimo osnovne upute o kategorizaciji članaka.

**IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK** (originalni znanstveni rad, originalno znanstveno djelo; original scientific paper, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja, tehnike ili aparate (npr. doktorska disertacija). Toj kategoriji pripada i dotad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom shvaćanju, a napisan je tako da svaki kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

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

**PRETHODNO PRIOPĆENJE** (preliminary note, Vorlaufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate koji zahtijevaju objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan ili više podataka novih znanstvenih informacija, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je prethodno opisano.

**PREGLEDNI ČLANAK** (subject review, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je ono u članku objedinjeno i raspravljeno. Autor preglednog članka obvezno treba 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 ako je moguće, u literaturi valja navesti i radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

**STRUČNI ČLANAK** (professional paper, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge s 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 se smatra korisnim radom u svezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

Nakon primjene uputa potpuno završene i kompletirane članke treba uputiti na adresu:

Hrvatska elektroprivreda - Uredništvo časopisa Energija, mr. sc. Slavica Barta, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska.

Objavljeni se članci honoriraju. Autor (i suautori) dobivaju besplatno po dva primjerka časopisa u kojemu je objavljen njihov članak.

U roku mjesec dana nakon primitka broja u kojemu je objavljen njegov članak (prvi) autor može dostaviti Uredništvu prijedlog ispravaka možebitnih tiskarskih pogrešaka (navodeći stranicu, stupac, redak, uz napomenu o tome kako stoji i kako treba biti), da bi se potrebne ispravke mogle objaviti u sljedećem broju časopisa.

Ako je potrebno, Uredništvo se obraća samo prvom navedenom autoru. U slučaju bilo kakvih nejasnoća ili različitih stavova, prihvaćaju se samo stavovi što ih iznese prvi autor. Molimo autore da tu činjenicu uzmu u obzir.

# energija

ČASOPIS  
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektro-tehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda d.d. uz pomoć Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede i okruženja, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala.

UREDNIŠTVO

# ANALIZA ŠUMA NA RAZDJELNIM MREŽAMA U FREKVENCIJSKOM PODRUČJU ZA ŠIROKOPOJASNI PLC, OD 10 DO 30 MHz

Dr. sc. Dubravko Sabolić, Zagreb

UDK 621.395.38:621.315.052.7  
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Prezentirani su rezultati istraživanja šuma na unutarnjim električnim distribucijskim mrežama u frekvencijskom opsegu od 10 do 30 MHz. Izmjereni podaci su obrađeni kako bi se dobile osnovne statističke karakteristike šuma. Definiran je kriterij za razgraničenje između uskopojskih komponenti i pozadinskog šuma. Ustanovljena je korelacija između dijagrama opterećenja mreže i ukupne snage šuma u promatranom opsegu frekvencija.

**Ključne riječi:** šum, pozadinski, uskopojski, statistika, PLC frekvencijsko područje, unutarnja instalacijska mreža.

## 1. UVOD

U ovome radu dat ćemo kratku sintetičku klasifikaciju šuma PLC medija, u području do 30 MHz, bilo onog prisutnog na vanjskoj ili unutarnjoj mreži, baziranu na literaturi [1 – 7], pa ćemo zatim prezentirati rezultate vlastitih istraživanja. Poznavanje cjelovitog modela šuma u prijenosnom mediju omogućuje teoretsku evaluaciju, simulaciju i eksperimentalno utvrđivanje djelovanja šuma na komunikacijski proces.

Istraživanja koja su provedena i prikazana u ovom radu odnose se na spektar namijenjen širokopojskim komunikacijama u unutarnjim instalacijskim mrežama – od 10 do 30 MHz. O osobinama šuma u ostalim (nižim) frekvencijskim područjima postoje objavljeni podaci i analize [1 – 7], pa se njima ovdje nećemo baviti. Proveli smo i istraživanja statističkih osobina uskopojsnog šuma u području do 1 MHz, ali ih ovdje ne prikazujemo. Rezultati su objavljeni u domaćoj i stranoj literaturi [8, 9].

Za razliku od mnogih drugih, ali opet ne svih, prijenosnih medija, PLC niti približno ne odgovara predodžbi AWGN kanala (engl. Additive White Gaussian Noise). Termički šum u opsegu do 30–ak MHz, zanemariv je u odnosu na ostale vrste šuma proizvedene ljudskom aktivnošću, ili ponekad prirodnim procesima (npr. udari groma). Sveukupno, šum PLC medija može se klasificirati u šest glavnih vrsta. Detaljniji opis nalazi se u članku [10], a ovdje samo nabrajamo vrste:

- Pozadinski (engl. background) šum, koji nije bijeli, već je naglašeniji na nižim frekvencijama, do 5 MHz, a dolazi iz različitih izvora koje je teško identificirati, i na mreži je prisutan uvijek. Spektralna gustoća je relativno niska u odnosu na ostale vrste šuma, dok su njene promjene u vremenu polagane, i u značajnoj mjeri se događaju unutar intervala dugačkih više minuta ili sati.
- Uskopojski šum najznačajniji je šum na frekvencijama u području iznad nekoliko MHz, a nastaje npr. prijamom elektromagnetskih polja radijskih predajnika, pa je prema tomu njegov spektralni sastav jednostavan. Drugi važan izvor uskopojsnog šuma su različiti elektronički uređaji široke potrošnje, odnosno njihovi napajajući. Istraživanja uskopojsnog šuma u području frekvencija do 1 MHz prezentirana su u [8, 9].
- Šum koji se proizvodi u sinkronizmu s frekvencijom napona elektroenergetske mreže, ili češće njenom dvostrukom vrijednošću, duguje se različitim napajajkim i prekidačkim sklopovima koji koriste tiristorsku tehnologiju.
- Asinkroni periodički šum potječe od svih uređaja koji imaju tzv. napajanje sa sjeckanjem napona (engl. switch-mode), a to je danas većina elektroničkih uređaja koji se spajaju na niskonaponsku mrežu. Impulsi koje oni proizvode su periodični, ali nisu u korelaciji s frekvencijom mreže.

- Šum s kontinuiranim spektrom, odnosno bez posebno istaknutih stacionarnih spektralnih linija, potječe od vrlo čestih trošila s univerzalnim elektromotorima i s četkicama.
- Pojedinačni impulsi nastaju npr. zbog udara groma, uključivanja i isključivanja kondenzatorskih baterija u trafostanicama, preklapanja termostata, različitih prekidača, itd, i posve su slučajnog karaktera, bilo po trenutku nastajanja, trajanju, valnom obliku i amplitudi. Podrobniji opis ove vrste šuma nalazi se u [7, 11].

Zanimljivo je da su istraživači kroz protekle godine znatno više pažnje posvetili definiranju modela kanala PLC medija, nego li određivanju modela šuma, premda je analiza komunikacijskog sustava nemoguća bez bilo koje od ovih komponenti. Naime, prijamni signal jednak je sumi odaslanog signala izobličene djelovanjem kanala i šuma, pa je svakako potrebno definirati vjerodostojan model šuma. Posebno, vrlo rijetko se susreće analiza impulsnog šuma, bez čijeg modela se ne mogu proučavati komunikacijski sustavi s PLC-om kao prijenosnim medijem. Chan i Donaldson u [4] daju rezultate mjerenja statistike impulsnog šuma samo u frekvencijskom području do 200 kHz. Tek Zimmerman i Dostert u [7], 2000. godine, iznose jedan dobar model impulsnog šuma s Markovljevim lancima koji simuliraju proces stvaranja šuma, baziran na stvarnim mjeranjima impulsnih pojava, primjenjiv u analizi komunikacijskih sustava velike širine pojasa.

U nastavku dajemo pregled provedenih istraživanja svojstava pozadinskog šuma na temelju mjerenja izvršenih na dvije bitno različite lokacije: u poslovnoj zgradi u središtu Zagreba (sedam katova, devet etaža, preko 150 ureda, periodička struktura mreže), odnosno u stambenoj kući u rezidencijalnom dijelu grada (dva kata, 10 prostorija s električnom instalacijom i značajnijim trošilima, nepravilna topologija mreže). Mjerenja su u svakom slučaju obavljena na paru vodiča neutralni – zaštitni, jer je suvremena literatura okrenuta sprezanju komunikacijskih signala upravo na taj par [12], što ima višestruke prednosti u pogledu elektromagnetske kompatibilnosti, razvođenja signala po mreži, korištenja linije na kojoj inherentno nema visokog napona frekvencije 50 Hz, a viši naponi koji se javljaju u kvarnim stanjima ograničeni su zaštitnim napravama, itd... U nastavku slijede prikazi tipičnih veličina dobivenih mjeranjima, odnosno obradom mjernih podataka. Odabrani su uzorci koji su reprezentativni u skupu mjerenja iste veličine u istom frekvencijskom pojasu u takvom smislu da odgovaraju prosječnoj situaciji. Naime, izbjegavano je usrednjavanje više snimki iste pojave, jer ono zapravo ne daje matematički korektne rezultate, s obzirom da se ovdje barata s decibelima, a u stvarnosti se naponi šuma zbrajaju po snazi. Kao kriterij po kojemu je ocjenjivano koja od svih snimki iste pojave u istim uvjetima najbolje odgovara

prosječnoj situaciji korišteno je najmanje odstupanje prosječne razine šuma pojedine snimke od srednje vrijednosti prosječnih razina svih snimaka. Pod pojmom "prosječne razine šuma" smatra se zbroj decibelskih vrijednosti svih uzoraka koje daje spektralni analizator podijeljen s ukupnim brojem uzoraka (400 po snimci). Ponegdje se daju i podaci o maksimalnim snimljenim razinama šuma, koji su snimljeni korištenjem "max hold" funkcije spektralnog analizatora. U svim mjeranjima korišten je spektralni analizator ugrađen u instrument Anritsu Site Master 114B, sa sljedećim podešenjima analizirajućeg filtra: RBW = 10 kHz (Resolution Band-Width), OBW = 3 kHz (Optical Band-Width). Uz takvo podešenje, uzimanje uzoraka u rasponu frekvencija od 10 do 30 MHz, kojega ćemo promatrati u ovom poglavlju, traje oko 5 sekundi. Snimanje pomoću funkcije "max hold" u svakom prezentiranom slučaju trajalo je 5 minuta, tako da te slike predstavljaju maksimalne vrijednosti snage šuma u jedinici dBm, koje su detektirane u pet minuta, odnosno u 60 cjelovitih prolazaka analizatora. Time se na dovoljno dobar način procjenjuje maksimalna vrijednost snage šuma u vrijeme izvođenja mjerenja. Cilj mjerenja je utvrditi opće osobine šuma, odnosno varijacije u svezi s opterećenjem elektroenergetskog sustava. Te varijacije mogu se u prvom redu svesti na spore vremenske varijacije srednjih razina šuma, tako da je bitno promatrati pojave u vremenskom nizu tijekom radnog dana u poslovnoj zgradi, te, kada se tako ustanovi najlošiji sat, u nizu dana u tjednu, vršeći mjerenja u doba najlošijeg sata. Za utvrđivanje najlošijeg sata treba najprije provesti mjerenje tijekom cijeloga dana (osim možda manje interesantnog perioda noći), te zatim identificirati potencijalno najproblematičnije satove. Zatim kroz cijeli tjedan treba pratiti sve satove koji bi mogli biti najlošiji, te onda odabrati u prosjeku najlošiji niz. Moguće je pratiti i prostorne varijacije snage šuma, mijenjajući lokacije mjerenja po istom katu zgrade, ili pak po istim mjestima na različitim katovima. Ovakvu vrstu mjerenja treba provoditi isključivo izvan radnog vremena, kada zaposlenici više nisu prisutni u zgradi, zato što bi inače prostorne varijacije snimljenih uzoraka šuma bile značajno uvjetovane činjenicom je li neko trošilo koje možda proizvodi mnogo šuma uključeno u blizini pojedinog mjernog mjesta ili ne. Tako bi se informacija o prostornoj varijaciji pozadinskog šuma izgubila u čitavom nizu proizvoda drugih, nekontroliranih, izvora šuma. Naposljetku, potrebno je izvršiti temeljne statističke obrade dobivenih informacija, što nećemo ovdje previše elaborirati, a s obzirom da se radi o računanju jednostavnih razdioba sohasitičkih varijabli i njihovih numeričkih pokazatelja. Slike izmjerene šuma u ovom i sljedećim poglavljima na ordinatnoj osi će sadržavati podatak o izmjerenoj razini snage u jedinici dBm, pri rezolucijskoj širini pojasa od 10

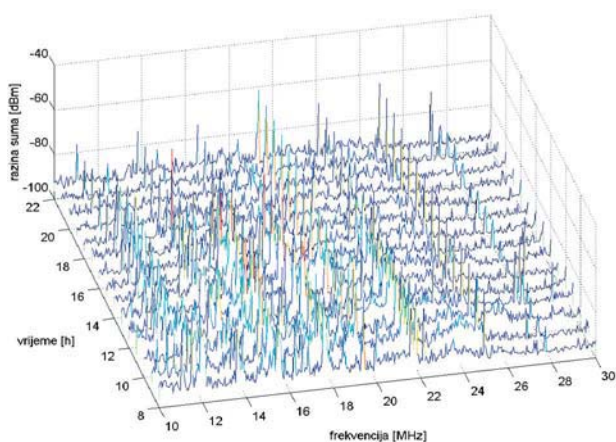


kHz. Da bi se podatak iz dBm-a preračunao u dB(W/Hz), potrebno je dakle od vrijednosti dBm oduzeti 70 dB.

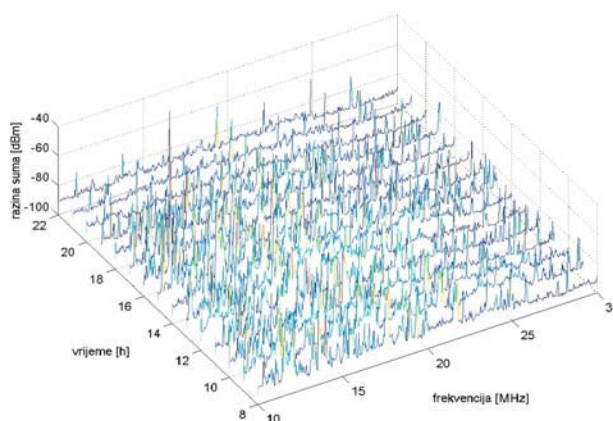
## 2. POZADINSKI ŠUM U UREDSKOJ ZGRADI

U uredskoj zgradi, u širem centru Zagreba, sa sedam katova, odnosno devet etaža, te sa oko 150 ureda, vršena su mjerenja tijekom pet dana (radnih) približno jednoliko raspoređenih kroz dva mjeseca, a za prezentaciju ovdje odabran je dan (22. rujna 2003.) kod kojega prosječna razina snage u pojasu od 10 do 30 MHz, tj. aritmetička sredina svih izmjerenih uzoraka u jednom danu, najmanje odudara od aritmetičke sredine svih izmjerenih uzoraka u svih pet dana. Stoga je ovdje riječ o prezentaciji prosječnih prilika. Istodobno s uzimanjem uzoraka šuma, uzimani su također i uzorci "maksimalnog šuma", tako da je korištena opcija "max hold" na mjernom instrumentu kroz pet minuta kontinuiranog mjerenja. Konačno, demonstracije radi načinjeno je i nekoliko sporadičnih mjerenja maksimalnih razina šuma u periodima od po dva sata. Istodobno sa snimanjem šuma, praćeno je i opterećenje elektroenergetske mreže zgrade na kojoj su obavljani pokusi, tako da je dobiven profil prosječnih satnih opterećenja u odgovarajućem vremenskom periodu. Snimanja šuma obavljana su od 8:00 do 22:00 na svaki puni sat, a satna opterećenja električne mreže računata su tako što su bilježena stanja brojila u koracima od po sat vremena, ali na polovici intervala mjerenja šuma. Jedan od ciljeva je i istraživanje veze opterećenja sustava i osobina pozadinskog šuma. Koriste se metode i alati objašnjeni u prethodnom odjeljku.

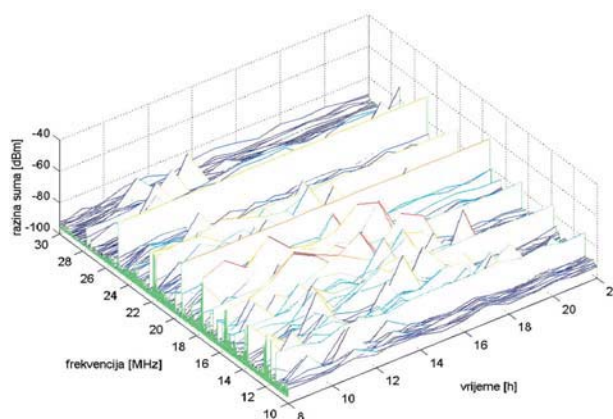
Slike 1 do 14 u najkraćemu prikazuju rezultate ovih mjerenja i njihove obrade.



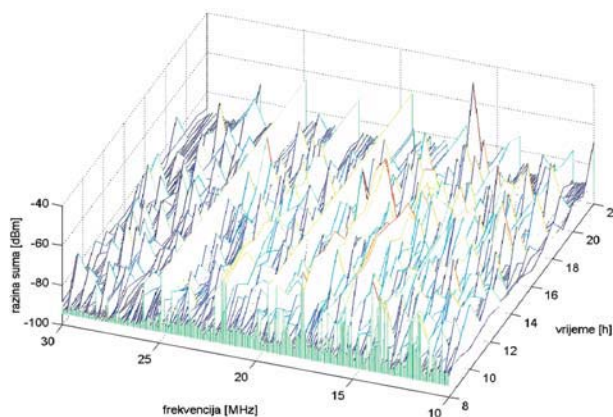
**Slika 1.** Snimljeni uzorci razine šuma u poslovnoj zgradi od 8:00 do 22:00 sati, te u pojasu frekvencija od 10 do 30 MHz. Vrijeme snimanja je parametar, a može se pratiti frekvencijski tijek.



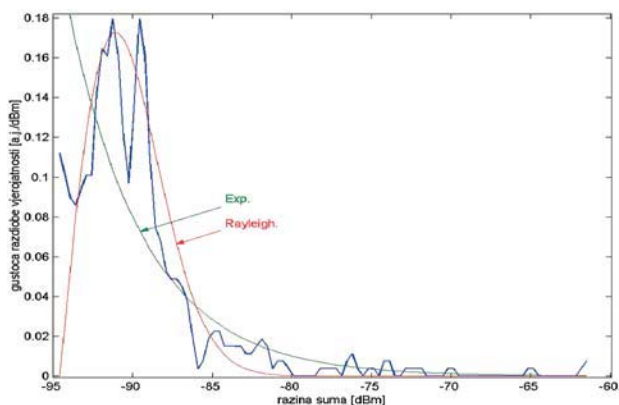
**Slika 2.** Snimljeni uzorci petominutnih maksimalnih vrijednosti razine šuma u poslovnoj zgradi od 8:00 do 22:00 sati, te u pojasu frekvencija od 10 do 30 MHz. Vrijeme snimanja je parametar, a može se pratiti frekvencijski tijek.



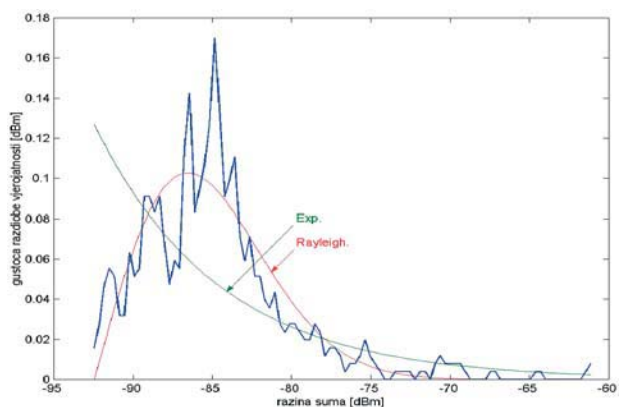
**Slika 3.** Snimljeni uzorci razine šuma u poslovnoj zgradi od 8:00 do 22:00 sati, te u pojasu frekvencija od 10 do 30 MHz. Prikaz omogućuje praćenje varijacija razine šuma na svakoj pojedinoj frekvenciji kroz vrijeme.



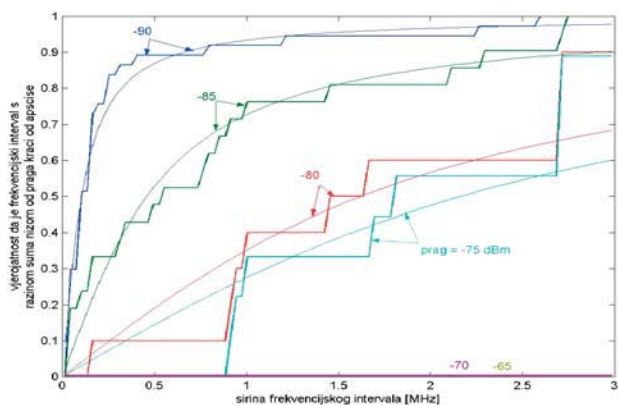
**Slika 4.** Snimljeni uzorci petominutnih maksimuma razine šuma u poslovnoj zgradi od 8:00 do 22:00 sati, te u pojasu frekvencija od 10 do 30 MHz. Prikaz omogućuje praćenje varijacija razine šuma na svakoj pojedinoj frekvenciji kroz vrijeme.



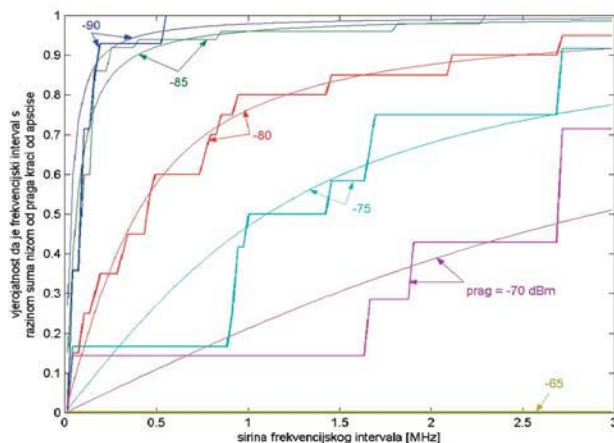
Slika 5. Zbirna gustoća razdiobe vjerojatnosti po decibelskim razinama snage i dvije testirane optimalne aproksimacije: eksponencijalna i Rayleighova. Obradeni su svi uzorci jednoga dana.



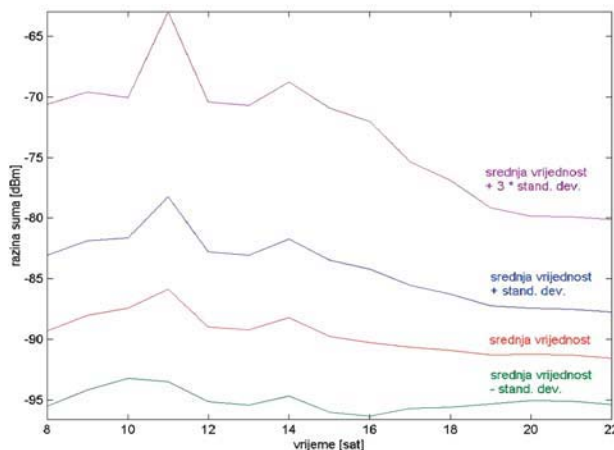
Slika 6. Zbirna gustoća razdiobe vjerojatnosti po najvećim razinama snage zatečenim kroz pet minuta mjerenja, i dvije testirane optimalne aproksimacije: eksponencijalna i Rayleighova. Očekivanje petominutnih maksimalnih razina je u prosjeku za oko 5 dB veće od očekivanja trenutanih razina. Obradeni su svi uzorci jednoga dana.



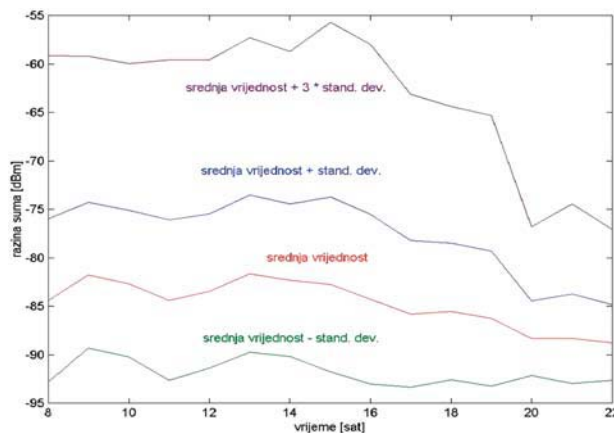
Slika 7. Razdioba vjerojatnosti po duljini frekventijskog intervala u kojemu je razina šuma niža od praga, s optimalnim Cauchyevim aproksimacijama za trenutne snimke razine šuma. Cauchyeva razdioba vjerojatnosti ima oblik:  $v(x) = [(2/\pi)] \times \text{Atan}(x/\lambda)$ , gdje je  $\lambda$  parametar. Gustoća razdiobe zvonolika je krivulja s jednadžbom:  $g(x) = \{2/(\lambda\pi)\} \times \{1 / [1 + (x/\lambda)^2]\}$ .



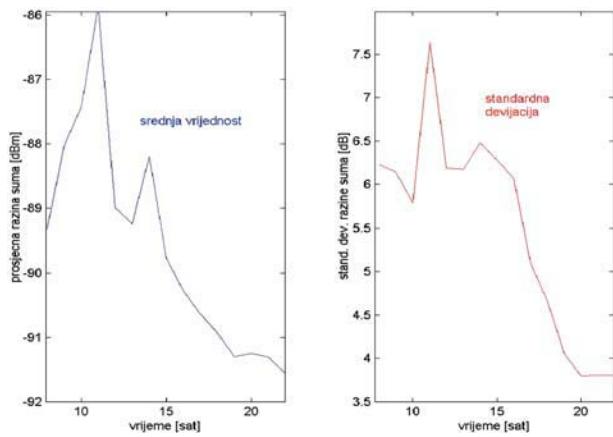
Slika 8. Razdioba vjerojatnosti po duljini frekventijskog intervala u kojemu je razina šuma niža od praga, s optimalnim Cauchyevim aproksimacijama za maksimalne vrijednosti zabilježene kroz pet minuta. Statistika je nepovoljnija, ako promatranje traje dulje.



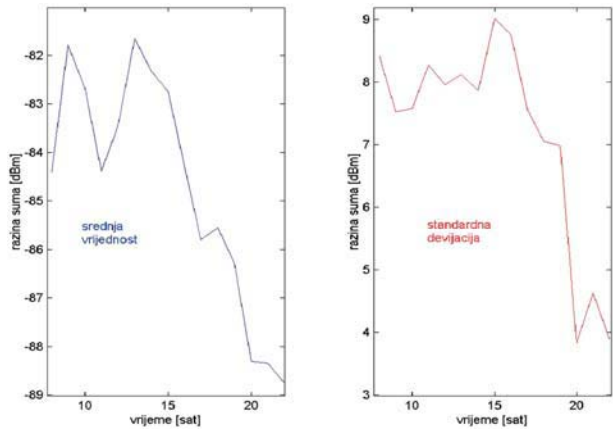
Slika 9. Prikaz srednjih decibelskih razina i devijacija za trenutačne uzorke šuma. Oko pola od svih uzoraka smješteno je između donje dvije krivulje, a ispod najdonje krivulje praktički nema uzoraka.



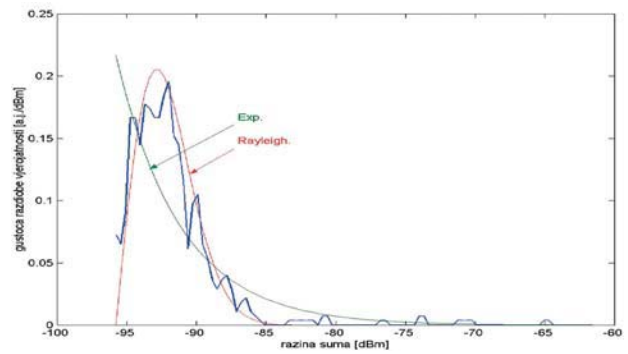
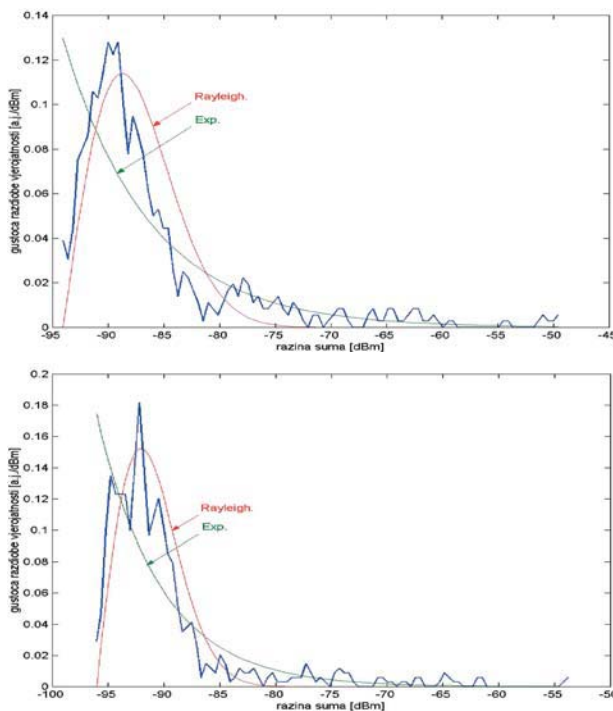
Slika 10. Prikaz srednjih decibelskih razina i devijacija za maksimalne vrijednosti snimljene kroz pet minuta. Očekivana razina petominutnih maksimuma je tipično za 5 dB veća nego kod trenutanih vrijednosti, a devijacija je za oko 2 dB veća.



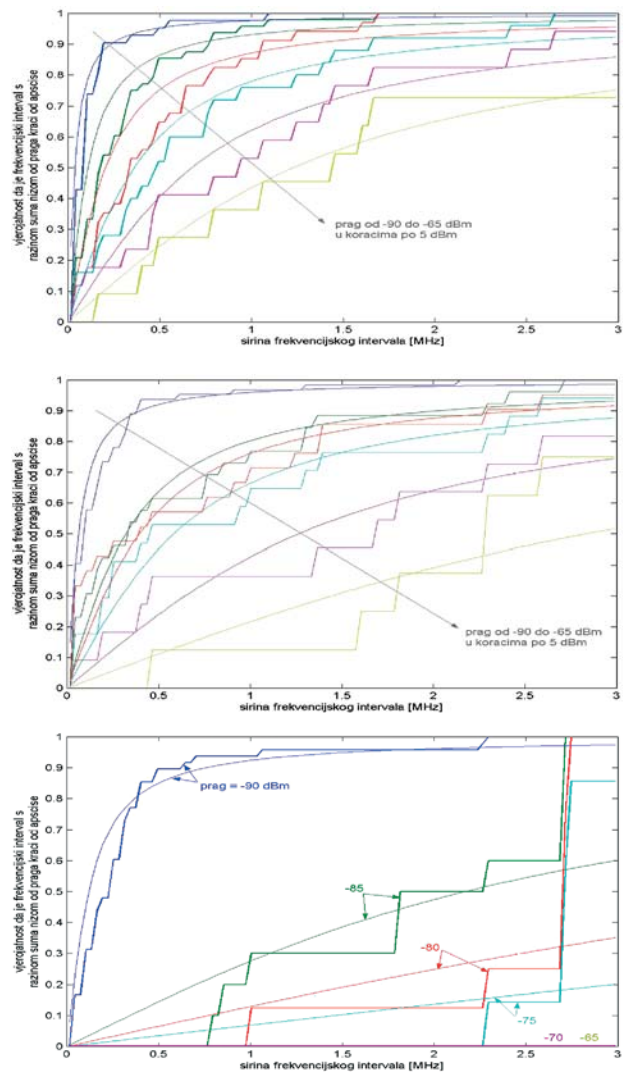
Slika 11. Detaljniji prikaz vremenskog tijeka snage i devijacije snage za trenutne uzorke šuma



Slika 12. Detaljniji prikaz vremenskog tijeka snage i devijacije snage za maksimalne vrijednosti dostignute kroz pet minuta



Slika 13. Usporedba gustoće razdiobe vjerojatnosti po decibelskim razinama snage šuma trenutnih uzoraka, s eksponencijalnom i Rayleighovom optimalnom aproksimacijom, u tri specifična vremena: (a) 11:00 – najveća ukupna snaga šuma; (b) 15:00 – osrednja ukupna snaga šuma; (c) 22:00 – najmanja ukupna snaga šuma



Slika 14. Usporedba razdiobe vjerojatnosti po frekventnim intervalima s razinom šuma manjom od praga, za trenutne uzorke, s Cauchyevim optimalnim aproksimacijama, u tri specifična vremena: (a) 11:00; (b) 15:00; (c) 22:00. Situacija je najbolja u 22:00, a najlošija u 11:00.

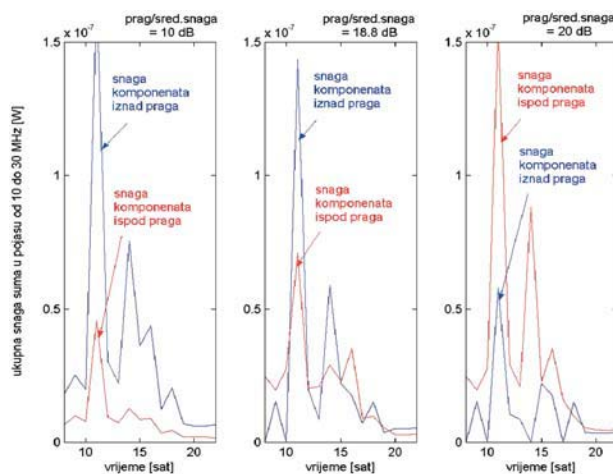


Kada je riječ o frekvencijskim intervalima slobodnim od smetnji izvjesne razine (praga), potrebno je pojasniti ovu statističku karakteristiku šuma. Govorimo, naime, o razdiobi vjerojatnosti po duljini frekvencijskog intervala izraženog u jedinici MHz, u kojemu je razina šuma u dBm–ima manja od neke vrijednosti, koju nazivamo "pragom", a tu razdiobu definiramo kao vjerojatnost da je frekvencijski interval s razinom šuma nižom od praga kraći od vrijednosti nanešene na apscisu. Na slikama 7 i 8 zamjećujemo da je situacija bolja kada govorimo o trenutačnoj raspodjeli razina snage šuma, nego li o petominutnom maksimumu. Primjerice, kod praga od  $-80$  dBm, očekivanje širine slobodnog frekvencijskog intervala iznosi oko 1,5 MHz prema trenutačno prikupljenim podacima, dok u petominutnom intervalu ono iznosi samo oko 0,5 MHz. Razdiobe se u svakom slučaju dobro aproksimiraju Cauchyevim tipom ovisnosti. Ta je aproksimacija bolja od eksponencijalne u smislu najmanjeg kvadratnog odstupanja. Ova usporedba trenutačne situacije i najgorih prilika u petominutnom intervalu upozorava da će u realnim komunikacijskim sustavima, u kojima se želi postići maksimalna iskoristivost raspoloživog pojasa, morati biti razvijeni sofisticirani postupci adaptiranja primopredajnika prema karakteristikama kanala. Manje složeni postupci borbe protiv smetnji nalažu računanje s dugoročno utemeljenim procjenama šuma. Vidimo također da će zbog karakteristike da se šum mijenja u dosta velikim granicama kroz vrijeme, biti prisutna pojava kolebanja odnosa signal/šum. U većini slučajeva, to će biti posljedica kolebanja šuma, ali moguće je i kolebanje prijamne razine signala zbog djelovanja trošila spojenih u bliske točke prijamnog ili predajnog uređaja.

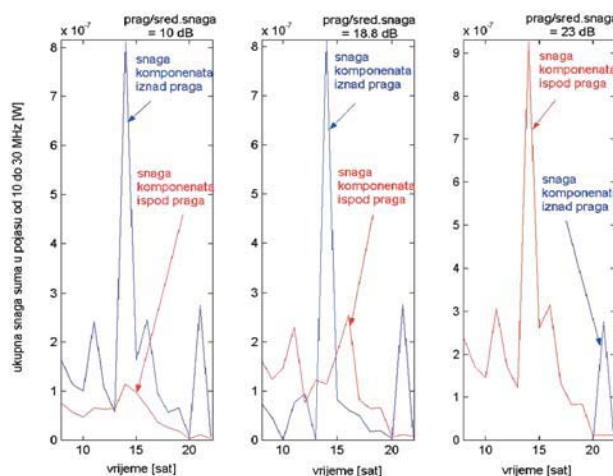
U nastavku uvodimo definiciju parametra  $q$ , koji omogućuje kvantifikaciju odnosa doprinosa uskopojasnih istaknutih komponenti i neistaknutih komponenti šuma ukupnoj snazi šuma. Obrada se provodi nad svim raspoloživim podacima u zadanom frekvencijskom opsegu, mjerenim tijekom cijelog interesantnog razdoblja, u našem slučaju tijekom cijelog dana. Postupak se sastoji od određivanja omjera snage  $P_0$  i prosječne snage šuma ukupnog uzorka,  $P_{avg}$ , za kojega vrijedi da je ukupna snaga svih komponenti koje imaju snagu veću od  $P_0$  jednaka ukupnoj snazi svih komponenti koje imaju snagu manju od  $P_0$ .

Naravno, ovaj račun se provodi nad vrijednostima snage izraženim u W, a ne u dBm, ali se konačan pronađeni omjer  $P_0/P_{avg}$  može izraziti u decibelima, kao  $q = 10 \times \log(P_0/P_{avg})$ . Što je ovaj omjer veći, to je veći težinski udio komponenti koje su uskopojasne, a po snazi su značajno istaknute u odnosu na većinu ostalih komponenti. S obzirom na stvarne razdiobe snaga komponenti šuma, prilikom istraživanja smo utvrdili da je ova definicija mnogo prikladnija od takve, koja bi utvrđivala postotak snage koja dolazi od istaknutih komponenti viših od nekog fiksno određenog praga. Slike 15 i 16 ilustriraju proces traženja gore navedenog omjera. Kada je  $P_0$  za  $q = 18,8$  dB veći od srednje snage,

komponente jače od  $P_0$  nose istu snagu kao i one slabije od  $P_0$ .



Slika 15. Određivanje omjera praga  $P_0$  i srednje snage  $P_{avg}$ , kod kojega je ukupan zbroj snaga tijekom cijelog perioda mjerenja komponenti jačih od  $P_0$  jednak ukupnom zbroju snaga komponenti slabijih od  $P_0$ . Slijeva nadesno povećava se omjer praga i srednje snage, a točan omjer,  $q$ , iznosi u decibelima 18,8 dB. Račun je izvršen s podacima o trenutačnim vrijednostima razina šuma prikupljenim tijekom cijeloga jednog dana.



Slika 16. Određivanje omjera praga  $P_0$  i srednje snage  $P_{avg}$ , kao na prethodnoj slici, za petominutne maksimume prikupljene tijekom cijelog jednog dana. Zanimljivo je da je  $q = 18,8$  dB isti za trenutačne vrijednosti i za petominutne maksimume.

### 3. O POZADINSKOM ŠUMU U STAMBENOJ ZGRADI

Mjerenja u stambenoj kući provedena su na isti način kao što je gore opisano, na paru vodiča neutralni – zaštitni. Umjesto detaljnog prikaza mjernih rezultata i izvedenih statističkih razdioba, dobivenih na isti način kao što je gore opisano za slučaj poslovne zgrade, navodimo samo zaključke istraživanja:



- U većem dijelu obuhvaćenog frekvencijskog područja, ponajprije u opsegu od 5 do 30 MHz, srednje razine šuma kreću se oko –88 do –90 dBm, što je oko 5 do 7 dB iznad razine šuma upotrijebljenog mjernog instrumenta. Općenito, može se reći da pozadinski šum u prosjeku ima relativno niske vrijednosti, s izuzetkom područja od nekih 10 do 16 MHz, u kojemu se zapaža veći broj komponenti izdignutih znatno iznad opće razine šuma, koja je i sama za otprilike 8 dB viša nego u preostalom dijelu frekvencijskog područja. To se može pripisati radijskim emisijama različite vrste, koje podižu opću razinu šuma.
- Promatrajući najniže dijelove spektra, ispod 5 MHz, primjećuje se da srednja razina šuma pada s frekvencijom izuzetno brzo, tj. oko 10 dB/MHz, tako da dosizanjem frekvencije od 5 MHz praktički padaju na opću razinu pozadinskog šuma oko –90 dBm.
- Kada je riječ o uskopojasnim istaknutim komponentama šuma u nama najzanimljivijem području, od 10 do 30 MHz, naj snažnije uskopojasne komponente ističu se 20–ak dB iznad opće razine šuma. Te, kao i manje istaknute uskopojasne komponente, nose značajan dio snage ukupnog šuma u području od 10 do 30 MHz.
- Govoreći o statističkim osobinama pozadinskog šuma, u koje su ubrojene i komponente koje se značajno izdižu iznad opće razine, mogu se istaknuti ove glavne osobine:
  - Razdioba po amplitudama kreće se u pravilu između eksponencijalnog i Rayleighovog tipa funkcija razdiobe, odnosno gustoće razdiobe [13].
  - U frekvencijskim područjima u kojima postoji izvjestan broj komponenti šuma znatno izdignutih iznad okolne posječne razine, te ako te komponente imaju izrazito malu širinu pojasa, razdioba decibelskih razina snage šuma izvrsno se može opisati Rayleighovim modelom. Slaganje s Rayleighovim modelom osobito je dobro ako su istaknute komponente mnogo snažnije od razine šuma u ostalim dijelovima spektra, ako su uskopojasne, ako su relativno rijetke, te ako je opća razina pozadinskog šuma približno konstantna preko čitavog frekvencijskog opsega. Tu se posebno ističu obrađeni opsezi od 5 do 10 MHz i od 30 do 60 MHz.
  - U slučajevima kada izdignute komponente šuma imaju širi pojas, kada ih ima više, i kada su pretežito koincidentne s područjima u kojima je i razina okolnog pozadinskog šuma izdignuta, najbolji opis daje eksponencijalni tip razdiobe. Tipičan primjer je područje od 10 do 30 MHz, u kojemu je karakter razdiobe decibelskih amplituda šuma izrazito eksponencijalan.
  - Ostale situacije mogu se opisati modelom koji je negdje između eksponencijalnog i Rayleighovog, s tim da se manje vrijednosti razine snage raspodjeljuju bliže Rayleighovom, a veće bliže eksponencijalnom

zakonu. Rayleighov model u takvim slučajevima potcjenjuje ulogu jačih komponenti šuma. Ovakve razdiobe karakteristične su za situacije u kojima postoje izdignute komponente zbog kojih bi inače razdioba težila Rayleighovoj, ali u kojima istodobno razina okolnog šuma varira s frekvencijom. Kada bi se mjerenja obavljala u užim frekvencijskim područjima, zaobišavši tako varijacije u osnovnom pozadinskom šumu, gotovo u čitavom području frekvencija od nekih 18 MHz nadalje mogla bi se ustanoviti esencijalno Rayleighova razdioba decibela snage šuma.

S obzirom na potrebu optimizacije iskorištavanja raspoloživog frekvencijskog pojasa, od koristi je izračunati razdiobe onih frekvencijskih intervala, u kojima razina šuma nikada ne prelazi jednu određenu vrijednost, koju nazivamo "pragom". U svezi s tim možemo zaključiti da, kada su pragovi dovoljno niski, razdiobu takvih intervala po njihovoj duljini u osnovi možemo modelirati Cauchyevom ovisnošću, kod koje je razdioba vjerojatnosti izražena kao  $(2/\pi) \times \text{Atan}(x/\lambda)$ . To je situacija u kojoj prevladava pozadinski šum. Kako se prag izdiže iznad razine općeg pozadinskog šuma, razdiobe postaju stupnjevite, s tim da se u mnogim slučajevima i dalje može zamijetiti opći trend u skladu s navedenom ovisnošću.

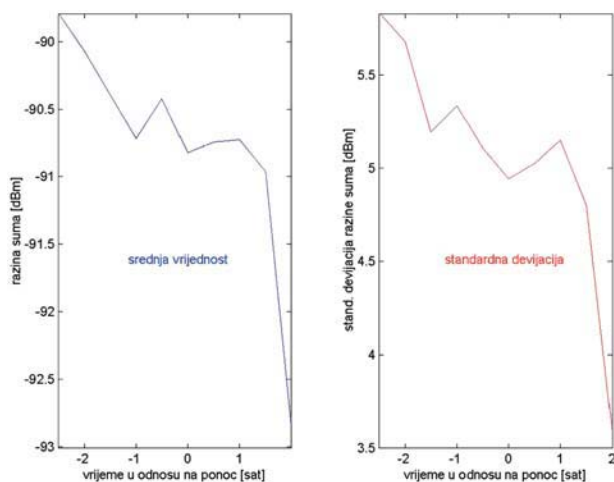
U stambenoj kući obavljana su i mjerenja uz uključivanje nekoliko tipičnih trošila, kako bi se sagledao njihov utjecaj na ukupnu snagu šuma. Bez ulaženja u detaljniju obradu, već na prvi pogled s prethodnih slika se vidi sljedeće:

- Televizor znatno onečišćuje frekvencijski pojas između 12 i 16 MHz, i to za prosječno 10–ak dB.
- Osobito problematična trošila su punjači za mobilni telefon, odnosno za računalo, premda su oba ispitana predmeta proizvele vodeće svjetske kompanije u svojim područjima, što jamči visoku razinu kvalitete. Zanimljivo, punjač za računalo najmanje ometa kada je najviše opterećen (punjenje poluprazne baterije i osiguravanje pogonske energije za aktivno računalo). Punjač za mobilni telefon više ometa dok je opterećen punjenjem baterije, nego dok je u praznom hodu. U prosjeku, ovi uređaji kvare šumnu karakteristiku kanala za približno 15 do 20 dB, u vrlo širokom opsegu od nekih 15 do 25 MHz.
- Ukupno djelovanje televizora i punjača za računalo, ili za mobilni telefon, povećava razinu snage šuma za 15–ak dB praktički u čitavom razmatranom pojasu frekvencija.

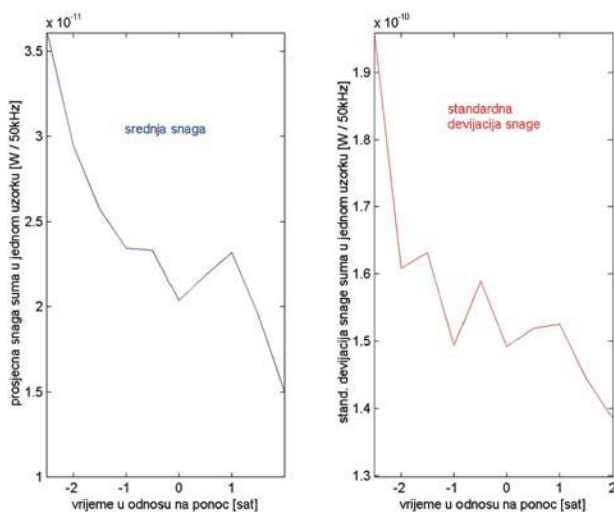
Premda su u ovim ograničenim pokusima izvori šuma spajani na samo mjerno mjesto, tako da je njihov utjecaj na prvi pogled možda precijenjen, treba primijetiti da će u realnosti PLC uređaji vrlo često biti korišteni upravo za podatkovno komuniciranje, što obvezno uključuje korištenje računala. Sasvim vjerojatno će, dakle, korisnikovo najbliže okruženje sadržavati takve uređaje, poput računala, monitora, televizora, razne uredske opreme i sl, a postoji i

velika vjerojatnost da će osobno računalo biti priključeno upravo na istu utičnicu kao i PLC komunikacijski modem. Nadalje, i sam PLC uređaj imat će vlastiti napajač. Stoga ovo može biti ozbiljan limitirajući faktor za postizanje većih prijenosnih kapaciteta.

Nadalje, izvršena su i mjerenja s ciljem praćenja varijacija razine snage šuma i standardne devijacije te razine tijekom noćnog razdoblja. Na slikama 17 i 18 prikazane su krivulje tih ovisnosti za trenutačno uzete uzorke, te za petominutne maksimume. Evidentno je da razine šuma bitno padaju u kasnijim satima, nakon isključivanja elektroničkih uređaja spojenih u blizini mjernog mjesta.



Slika 17. Prosječna decibelska razina šuma i standardna devijacija razine u noćnom razdoblju



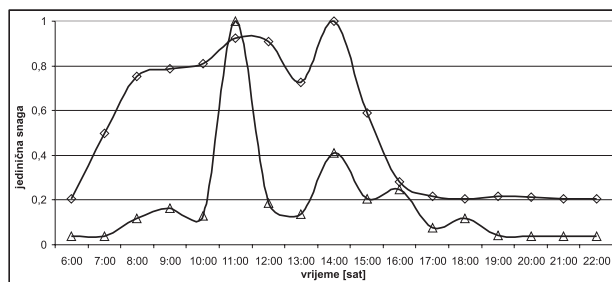
Slika 18. Prosječna snaga šuma u jednom uzorku i standardna devijacija snage u jednom uzorku, tijekom noćnog razdoblja. Ukupna snaga u pojasu od 10 do 30 MHz je 400 puta veća od ordinatnih vrijednosti na lijevoj slici.

#### 4. VEZA IZMEĐU SNAGE ŠUMA I OPTEREĆENJA INSTALACIJSKE MREŽE

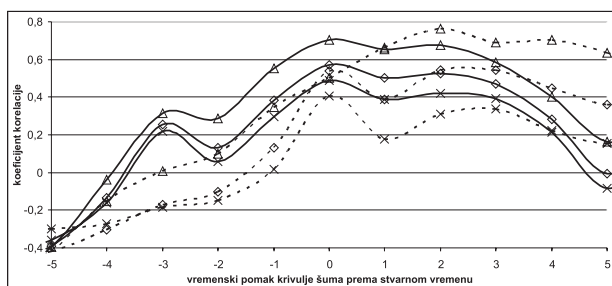
Sada ćemo dovesti u vezu opterećenje elektroenergetskog sustava kao zadanu činjenicu, s ponašanjem detektiranog

šuma u frekventijskom pojasu između 10 i 30 MHz. Već i letimičnom usporedbom dijagrama opterećenja čitavog elektroenergetskog sustava, ili njegovih krupnih dijelova (regije, gradovi), s dijagramima jedinične snage šuma na instalacijama, vidi se da te krivulje u osnovi nisu korelirane. Stoga je potrebno potražiti korelaciju s opterećenjem elektroenergetskog sustava na mikro razini, npr. u srednje velikoj uredskoj zgradi, okruženoj s većim brojem sličnih objekata u najbližoj okolini. S tim ciljem, paralelno s mjerenjima šuma bilo je provođeno mjerenje opterećenja poslovne zgrade.

Na slici 19 dajemo usporedni prikaz vremenskog tijeka jediničnih snaga opterećenja zgrade i ukupne snage šuma. Jedinična snaga šuma dobije se tako, da se ukupna snaga izražena u vatima podijeli s najvećom zabilježenom snagom, naime onom u 11:00 sati. Krivulja jedinične snage, dakle, nosi istu informaciju kao i krivulja na slici 11, samo što su relativne snage prikazane u linearnom, a ne u logaritamskom (decibelskom) obliku. Vršna snaga krivulje jediničnog opterećenja zgrade bila je u radnom danu u 11:00 sati oko 17 kW. Korelaciju te dvije krivulje ispitujemo na taj način, da tražimo korelacijske koeficijente između krivulja, kada krivulju jedinične snage šuma pomičemo na vremenskoj osi.



Slika 19. Jedinične snage opterećenja zgrade (rhom) i ukupne snage trenutačnih uzoraka šuma (trokut). Ostale jedinične snage šuma nisu prikazane zbog bolje preglednosti. Njihove korelacijske funkcije dane su na sljedećoj slici.



Slika 20. Koeficijent korelacije između krivulja šuma i opterećenja električne mreže zgrade. Rhom: korelacija ukupne snage šuma. Trokut: korelacija snage istaknutih komponenti, uz  $q = 18,8$  dB. Križić: korelacija snage osnovnog šuma (neistaknutih komponenti), također uz  $q = 18,8$  dB. Pune linije: korelacijske funkcije za trenutačne uzorke šuma. Crtkane linije: korelacijske funkcije za maksimalne vrijednosti šuma dostignute kroz pet minuta mjerenja.

Slika 20 prikazuje korelacijsku funkciju za pomake krivulje šuma od  $-5$  sati do  $+5$  sati u odnosu na stvarno vrijeme. Time pokrivamo čitav vremenski period u kojemu postoji aktivnost ljudi u zgradi, pa prema tomu i veće opterećenje mreže. Iz ovoga primjera vidimo da je korelacija između krivulja opterećenja mreže i snage šuma najveća upravo kada je pomak u odnosu na stvarno vrijeme jednak nuli, što je prvi znak da međusobna veza postoji.

Korelacijski koeficijent ukupne snage trenutačnih uzoraka u maksimumu poprima relativno velik iznos, oko 0,6, što znači da je veza razmjerno čvrsta. U preostala četiri dana u kojima je obavljano cjelodnevno mjerenje kao i ovdje prezentirano, najveći iznosi toga faktora bili su između 0,53 i 0,62, i u svim slučajevima su se pojavljivali u 11 sati. Svi se oni odnose na ukupnu snagu šuma u području od 10 do 30 MHz. Kada bi se promatrala manja frekvencijska podpodručja, korelacija bi se mogla pokazati čvršćom u nižem frekvencijskom opsegu, npr. od 10 do 15 MHz, dok bi npr. u području od 25 do 30 MHz poprimala manje vrijednosti, jer se u njemu više ne pojavljuju znatne komponente šuma uzrokovane trošilima spojenim na mrežu. Kako se povećava pomak u odnosu na stvarno vrijeme, korelacija postaje negativna, i također poprima veće iznose, do oko  $-0,5$ .

To također potvrđuje relativno jaku vezu promatranih pojava. Istaknute uskopojasne komponente šuma pokazuju značajno manju korelaciju s opterećenjem mreže nego li ukupna snaga i osnovni šum, jer važan dio njihove ukupne snage dolazi u mrežu prijamom elektromagnetskih polja radijskih predajnika. Korelacijska funkcija za maksimalne vrijednosti uskopojasnih komponenti zabilježene kroz pet minuta pokazuje tendenciju prema vremenskom zaostajanju maksimuma korelacije za oko 2 sata. Do toga dolazi zbog povećanja udjela iz vana primljenih smetnji nakon završetka radnog vremena, zbog čega snaga istaknutih uskopojasnih komponenti pada sporije od opterećenja mreže. Efekt toga se blago reflektira i u krivulji za ukupnu snagu petominutnih maksimuma.

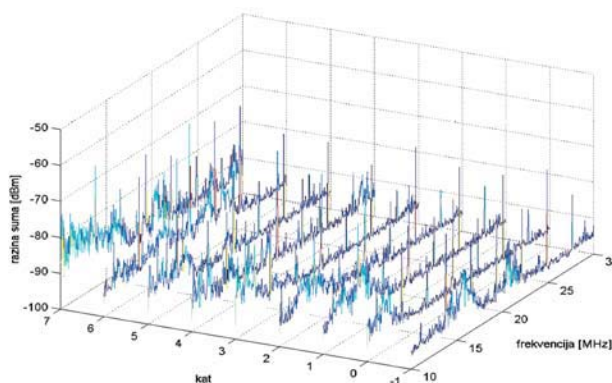
Iz gornjih razmatranja općenito zaključujemo sljedeće:

- ❑ Pozadinski šum u području od 10 do 30 MHz nije u čvrstoj korelaciji s opterećenjem velikih dijelova elektroenergetskog sustava, nego je relativno čvrsto koreliran (koeficijent korelacije oko 0,5 – 0,6) s opterećenjem sustava koji napaja mikrolokaciju (zgradu) u kojoj se provode mjerenja.
- ❑ Relativne promjene snage šuma su, općenito gledano, zamjetno veće od promjena opterećenja mreže, zbog toga što veliki dio potrošnje električne energije čine trošila koja ne uzrokuju praktički nikakav šum na ovako visokim frekvencijama, poput pumpi centralnog grijanja, liftova, različitih grijača, itd. Šumu doprinose elektronički uređaji koje koriste službenici na poslu. Iz snimljenih ovisnosti šuma kroz svih pet promatranih dana, naime, vidljivo je da je doba najveće aktivnosti

zaposlenika oko 11 sati, te oko 14 sati (neposredno pred kraj radnog vremena).

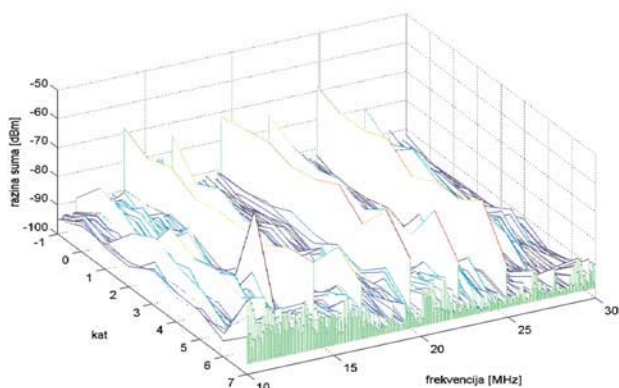
- ❑ Istaknute uskopojasne komponente čvršće su korelirane s opterećenjem na električnoj mreži nego li neistaknute komponente, odnosno ukupan šum, što znači da pretežito dolaze iz mreže u relativno bliskoj okolini mjernog mjesta, a ne, kako bi se moglo očekivati, prijamom elektromagnetskih valova iz okolnog prostora.
- ❑ Šum prisutan preko noći treba pripisati elektroničkim trošilima koja su trajno priključena na mrežu i koja injektiraju šum o kojemu je bilo govora u razmatranju u prethodnom odjeljku. Najbolji primjer su obnavljači na katovima i njihovi trajno uključeni ventilatori (serijski elektromotori). Tijekom noći veću relativnu važnost dobivaju uskopojasne komponente šuma koje instalacijska mreža prima od vanjskih elektromagnetskih polja s udaljenih izvora.
- ❑ Najveći dio snage šuma PLC medija na promatranim frekvencijama dolazi upravo iz sredine u kojoj se obavlja promatranje. Tek jedan manji dio unose vođene emisije iz vanjske električne mreže, i elektromagnetski valovi koje prima mrežna žičana struktura iz okoline.

U nastavku dajemo najkraći pregled rezultata u svezi s prostornim varijacijama šuma detektiranih u poslovnoj zgradi na dan 22. rujna 2003. S obzirom da obrada ovih rezultata nema prevelikog smisla, samo ih navodimo kao podsjetnik da šumne prilike u istoj zgradi mogu biti u bitnome različite. Prostorne varijacije snimane su u neaktivno doba dana, oko 18 sati, kada zaposlenika u zgradi uglavnom više nema, i kada spremačice više nisu koristile usisivače, koji su potencijalno veliki izvori smetnji. Na sljedećim slikama kao ilustracija daju se dvije grupe mjernih rezultata. Slike 21 i 22 prikazuju snimke šuma detektiranog na svim etažama poslovne zgrade u kojoj je obavljano mjerenje, počev od podruma, do zaključno 7. kata. Mjerenja su obavljena uvijek na utičnici koja se nalazi na sredini hodnika dugačkog oko 35 metara. Slike 23 i 24 prikazuju pak nekoliko uzoraka šuma uzetih na različitim mjernim mjestima na istom katu.

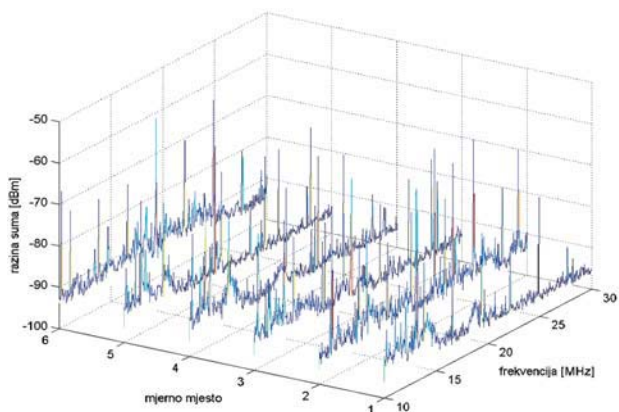


Slika 21. Uzorci šuma na različitim katovima poslovne zgrade. Mjerenja su obavljena na utičnici na sredini hodnika svakog kata, dugačkog 35 m. Mogu se pratiti varijacije razine snage šuma po frekvenciji.

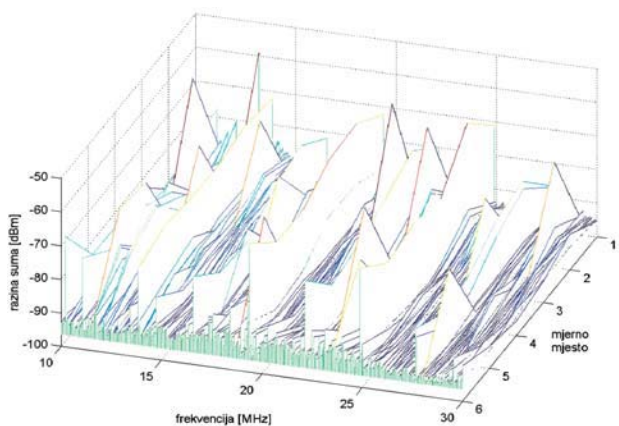




**Slika 22.** Uzorci šuma na različitim katovima poslovne zgrade. Mjerenja su obavljena na utičnici na sredini hodnika svakog kata, dugačkog 35 m. Mogu se pratiti varijacije razine snage šuma po katovima poslovne zgrade.



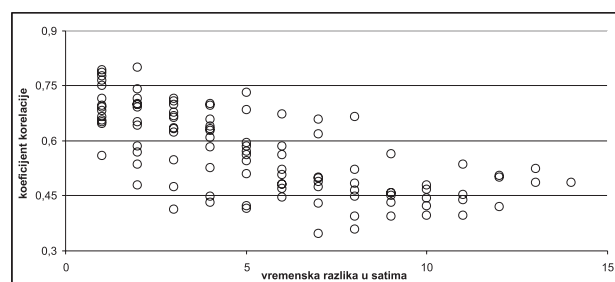
**Slika 23.** Uzorci šuma na različitim mjernim mjestima 5. kata poslovne zgrade. Mjerna mjesta bila su jednoliko raspoređena po čitavom katu. Mogu se pratiti varijacije razine snage šuma po frekvenciji.



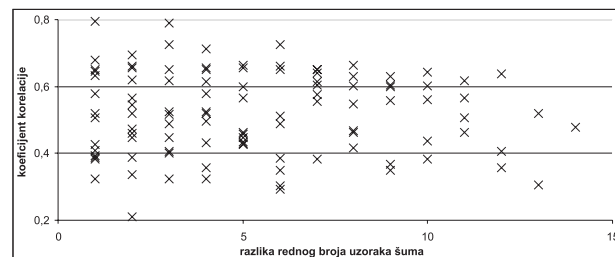
**Slika 24.** Uzorci šuma na različitim mjernim mjestima 5. kata poslovne zgrade. Mjerna mjesta bila su jednoliko raspoređena po čitavom katu. Mogu se pratiti varijacije razine snage šuma po mjernim mjestima na katu.

Na kraju analize šuma osvrnut ćemo se na korelacijska obilježja uzoraka šuma uzetih u različito vrijeme, odnosno na različito mjestu. Koristit ćemo po petnaest vremenskih, odnosno prostornih uzoraka, snimljenih 22. rujna 2003. u poslovnoj uredskoj zgradi u centru Zagreba. Kada je riječ o uzorcima uzetim u različito vrijeme, razmak među susjednim uzorcima jednak je sat vremena. Prostorni uzorci snimani su na različitim katovima, odnosno na različitim priključnicama na istome katu. U oba slučaja riječ je, dakle, upravo o snimkama šuma koje su korištene u analizi provedenoj ranije u ovome odjeljku.

Najprije ćemo promotriti koeficijente križne korelacije između svih parova uzoraka šuma snimljenih u različitim vremenima, tako da se parovi ne ponavljaju, i tako da ne sadrže iste uzorke. Prema tomu, računamo 105 kroskorelacijskih koeficijenata. Isti postupak provodimo i za petnaest prostornih uzoraka šuma. Rezultati su dani na slikama 25 i 26. Ilustracija (25) odnosi se na vremenske, a (26) na prostorne uzorke.



**Slika 25.** Svi koeficijenti križne korelacije za parove između 15 različitih uzoraka šuma uzetih u različito vrijeme, u razmaku od po sat vremena

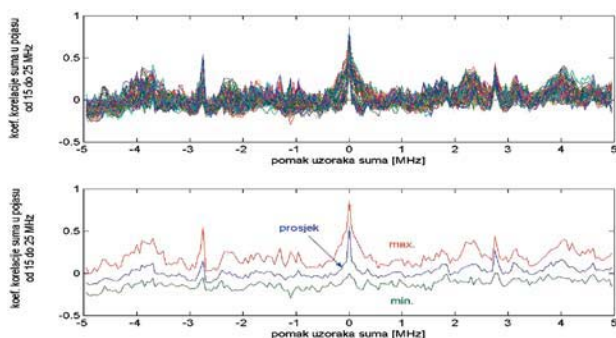


**Slika 26.** Svi koeficijenti križne korelacije za parove između 15 različitih uzoraka šuma uzetih na različitim mjestima

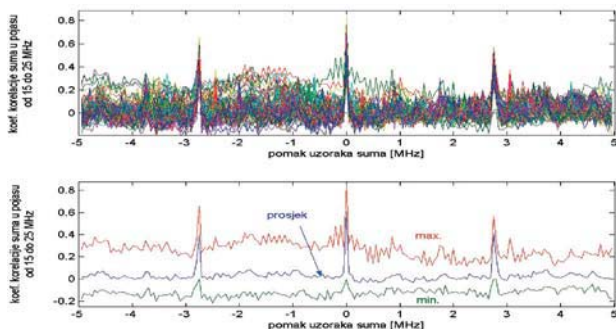
Slike 27 i 28 daju funkcije križne korelacije za sve moguće parove različitih uzoraka. Zbog određivanja funkcija u rasponu pomaka frekvencije od  $-5$  do  $+5$  MHz u odnosu na poravnanje uzoraka po stvarnim frekvencijama, domena uzoraka je skraćena na pojas od 15 do 25 MHz. Prema tomu, vrijednosti kroskorelacijskih funkcija na ovoj slici odnose se na šum između 15 i 25 MHz. Slika (27) prikazuje funkcije za vremenske uzorke, a slika (28) za prostorne. Kod izračunavanja vrijednosti funkcija, uzorci su međusobno posmicani u kvantima od 50 kHz po frekvencijskoj osi.



Na svakoj slici nalazi se u gornjem dijelu prikaz svih 200 tako dobivenih funkcija, dok se u donjem dijelu, samo zbog lakše čitljivosti, prikazuju krivulje najvećih, najmanjih i prosječnih vrijednosti tih 200 kroskorelacijskih funkcija.



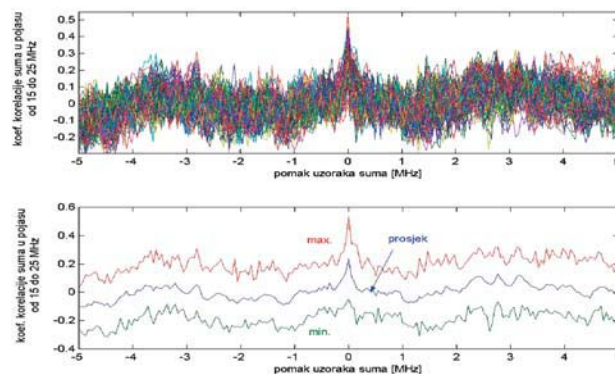
**Slika 27.** Gore: 200 kroskorelacijskih funkcija svih mogućih različitih parova među 15 uzoraka šuma uzetih na istom mjestu u različito vrijeme. Dolje: Zbog bolje preglednosti dane su krivulje najvećih, najmanjih i prosječnih vrijednosti između gornjih 200 krivulja.



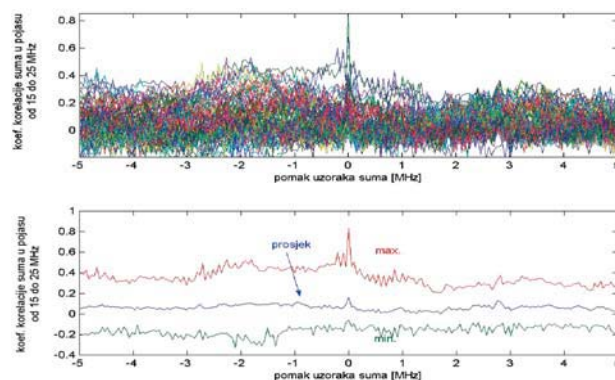
**Slika 28.** Gore: 200 kroskorelacijskih funkcija svih mogućih različitih parova među 15 uzoraka šuma uzetih na različitim mjestima iste zgrade, u kratkom vremenskom rasponu. Dolje: Zbog bolje preglednosti dane su krivulje najvećih, najmanjih i prosječnih vrijednosti između gornjih 200 krivulja.

Slučajan šum trebao bi u osnovi biti slabo koreliran, bilo kada se promatraju uzorci uzeti u različito vrijeme, ili na različitom mjestu. Međutim, na slikama 27 i 28 vidimo da u oba slučaja postoje parovi uzoraka šuma koji su snažno korelirani, pri čemu je prosječna vrijednost svih 105 koeficijenata jednaka 0,57 za vremenske, odnosno 0,53 za prostorne uzorke. Standardna devijacija je 0,11 za vremenske, odnosno 0,13 za prostorne uzorke. Veliki broj koeficijenata u oba slučaja ima iznose između 0,6 i 0,8. Promatrajući kroskorelacijske funkcije, vidimo da one za frekvencijski pomak 0 imaju zamjetno visoke korelacijske koeficijente. S izuzetkom pomaka za oko  $\pm 2,8$  MHz, gdje se također zamjećuju malo jače veze, koje se dužuju jakim uskopojasnim komponentama s tim frekvencijskim razmakom, pri ostalim relativnim pomacima uzoraka veza između uzoraka šuma je slaba. Iz svih ovih podataka

zaključujemo da uzorci šuma pokazuju u prosjeku visok stupanj međusobne korelacije, što znači da pozadinski šum PLC medija u velikoj mjeri *nije posve slučajna pojava*. Ovo istraživanje je i poduzeto zato što se kod snimanja petominutnih maksimuma ispostavilo da praktički u cijelom spektru, a ne samo na frekvencijama uskopojasnih smetnji, postoje brojne i guste istaknute linije. Iste istaknute linije vide se i međusobnom usporedbom trenutačnih uzoraka. Ovdje izložena analiza potvrdila je, dakle, da se najveći dio snage šuma dužuje mnogobrojnim komponentama uskoga pojasa, koje dolaze od mnogih trošila u samoj zgradi u kojoj se mjeri, ili pak prijamom izvana, samo je najveći broj njih toliko prigušen, da na prvi pogled izgleda kao da pripada "pravom" bijelom (barem u ograničenom smislu) pozadinskom šumu.



**Slika 29.** Gore: Kroskorelacijske funkcije za sve moguće parove različitih jediničnih uzoraka šuma načinjenih od stvarnih uzoraka snimljenih u različito vrijeme. Dolje: Zbog bolje preglednosti dane su krivulje najvećih, najmanjih i prosječnih vrijednosti između gornjih krivulja.



**Slika 30.** Gore: Kroskorelacijske funkcije za sve moguće parove različitih jediničnih uzoraka šuma načinjenih od stvarnih uzoraka snimljenih na različitim mjestima. Dolje: Zbog bolje preglednosti dane su krivulje najvećih, najmanjih i prosječnih vrijednosti između gornjih krivulja.

Upravo izrečene tvrdnje mogle bi se dovesti u sumnju zbog postojanja nekoliko doista jakih komponenti šuma sa stabilnom frekvencijom, koje su periodički razmještene

na frekvencijskoj osi. Da bismo dokazali da uzorci šuma i bez njih imaju slična kroskorelacijska svojstva, od svih razmatranih uzoraka šuma načinit ćemo uzorke koje ćemo nazvati "jediničnima". Jedinični uzorak nastaje tako da se na razliku između stvarnog uzorka i srednje vrijednosti razine toga uzorka primijeni funkcija signum. Na taj način se potpuno gubi informacija o iznosima svake pojedine komponente šuma u uzorku, i izolira se samo informacija o smještaju komponenti na frekvencijskoj osi i činjenici ulazi li svaka pojedina komponenta u proračun kovarijance s pozitivnim ili negativnim predznakom. Ako kroskorelacijske funkcije takvih "bezličnih" uzoraka pokazuju jaku vezu kada je pomak uzoraka na frekvencijskoj osi jednak nuli, a slabu kada je drugačiji, dokazali smo da maločas navedene osobine kroskorelacije nisu jedino ili dominantno posljedica postojanja jakih uskopojasnih komponenata. Doista, na slikama 29 i 30 vidimo da je tomu tako. Ovo je svojstvo jače izraženo kod uzoraka koji su uzimani u različito vrijeme, a na istom mjestu, nego kod onih koji su snimani na različitim mjestima. To govori u prilog tezi da većinu pozadinskog šuma čini zapravo uskopojasni šum mnogih izvora spojenih na mrežu, prigušenih propagacijom, ili, manjim dijelom, prigušenih širenjem valova kroz okolni prostor, ako se radi o prijemu elektromagnetske energije iz okoliša. Da veći dio energije uskopojasnih komponenti stiže iz same mreže, a ne iz okoliša, zaključujemo po korelacijskim osobinama između uskopojasnog šuma i opterećenja električne mreže (slika 20). Promjenom lokacije više ističemo jedne komponente na račun drugih.

## 5. ZAKLJUČCI O SVOJSTVIMA ŠUMA U PLC MEDIJU

Na temelju provedenih istraživanja i analiza, prikazanih u ovom poglavlju, o osnovnim obilježjima pozadinskog šuma u PLC mediju u području frekvencija od 10 do 30 MHz možemo zaključiti sljedeće:

- ❑ Razdioba vjerojatnosti po decibelskoj razini snage odgovara eksponencijalnoj, kada se promatra unutar čitavog opsega, odnosno Rayleighovoj, kada se promatra unutar podopsega u kojima je opća razina šuma (engl. floor noise) konstantna, te u kojima postoje jako istaknute komponente.
- ❑ Razdioba vjerojatnosti po širini frekvencijskog intervala u kojemu je decibelska razina snage komponenti šuma manja ili jednaka od izvjesnog definiranog praga odgovara u prvoj aproksimaciji Cauchyevom tipu razdiobe. Stvarne razdiobe su stupnjevite, a stepenice najbolje slijede Cauchyevu teoretsku razdiobu vjerojatnosti.
- ❑ Pozadinski šum instalacije sadrži velik broj uskopojasnih komponenti, od kojih su neke jako istaknute, ali najveći broj nije. To se može dokazati metodom opisanom na kraju ovoga poglavlja, tj. promatranjem korelacijskih

osobina različitih izmjerenih uzoraka šuma. Zaključili smo da pretežiti dio snage šuma dolazi iz uskopojasnih izvora spojenih na samu mrežu, a ne, kako bi se *a priori* moglo smatrati, prijamom uskopojasnih radijskih emisija iz okolnog prostora.

- ❑ Pomoću veličine  $q$ , koju smo definirali u ovom poglavlju, može kvantificirati udio uskopojasnih komponenti u ukupnoj snazi šuma, čak i kada su te komponente maskirane unutar pozadinskog šuma.
- ❑ Šum instalacijske mreže nije koreliran s opterećenjem krupnijih dijelova elektroenergetskog sustava, nego je koreliran s opterećenjem lokalne mreže u zgradi u kojoj se obavlja mjerenje. To znači da najveći dio snage šuma dolazi iz električnih uređaja spojenih na mrežu u relativno bliskoj okolini.
- ❑ Uskopojasne komponente, izlučene pomoću  $q$  kriterija, u čvršćoj su korelaciji s opterećenjem električne mreže, nego li ukupan šum, ili pak preostali pozadinski šum.
- ❑ Dakle, najzastupljenija vrsta šuma PLC medija u području od 10 do 30 MHz je uskopojasni šum, čije se mnogobrojne komponente, oslabljene propagacijom u mreži, stapaju s pozadinskim šumom, ali ih je u snimljenim uzorcima šuma moguće prepoznati, te je njihov udio moguće kvantificirati.

Pretpostavljamo da ove, u znatnoj mjeri stacionarne, komponente (vidjeti slike 27 do 30), generiraju mnoga elektronička trošila spojena na mrežu. Količina takvih trošila u prometu, od onih najviše kvalitete, pa do masovno zastupljene niskokvalitetne robe široke potrošnje, vrlo je velika i, vjerojatno, raste značajnim tempom. Nažalost, korištena literatura ne pruža uvid u pozadinski šum instalacija, barem ne na frekvencijama između 10 i 30 MHz, prije dvadesetak ili više godina, kada su najčešći tipovi priključenih elektroničkih trošila bili po načinu rada napajanih sklopova bitno različiti od današnjih, tako da ne možemo donijeti zaključak o promjenama u strukturi šuma instalacija nastalima zbog tehnološkog napretka i povećanja uporabe različitih kućnih i uredskih aparata, tj. o osobinama u zadnje vrijeme nastalog dodatnog elektromagnetskog zagađenja.

## LITERATURA

- [1] P. K. van der GRACHT, R. W. DONALDSON, "Communication Using Pseudonoise Modulation on Electric Power Distribution Circuits", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-33, No. 9, Sept. 1985.
- [2] K. DOSTERT, "High Speed Data Transmission over Power Lines Using Multi-Carrier (OFDM) Techniques", Frequenz, Vol. 54 (2000), No. 11-12.
- [3] R. M. VINES et al, "Noise on Residential Power Circuits", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-26, No. 4, Nov. 1984.
- [4] M. H. L. CHAN, R. W. DONALDSON, "Amplitude, Width, and Interarrival Distribution for Noise Impulses on

- Intrabuilding Power Line Communication Networks", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 31, No. 3, Aug. 1989.
- [5] O. G. HOIJEN, "A Channel Model for the Residential Power Circuit Used as a Digital Communications Medium", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 40, No. 4, Nov. 1998.
- [6] D. LIU et al, "Wide Band AC Power Line Characterization", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 4, Nov. 1999.
- [7] M. ZIMMERMAN, K. DOSTERT, "An Analysis of the Broadband Noise Scenario in Powerline Networks", Proceedings of the 4th International Symposium on Powerline Communications and its Applications, Limerick, Ireland, April 5th–7th, 2000, dostupno na Internetu (2. lipnja 2004.): <http://www-iiit.etec.uni-karlsruhe.de/~plc/>
- [8] D. SABOLIĆ, "O statističkim svojstvima impulsnog šuma na distribucijskoj mreži", Energija, Vol. 52, Br. 1, Zagreb, veljača 2003.
- [9] D. SABOLIĆ, "On the Distribution Network Narrowband Noise Statistics", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 18, No. 1, January 2003.
- [10] D. SABOLIĆ: "Pregled karakteristika šuma na PLC mediju", Energija, Vol. 52, Br. 2, Zagreb, travanj 2003.
- [11] M. ZIMMERMANN, K. DOSTERT, "Analysis and Modeling of Impulsive Noise in Broad – Band Powerline Communications", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 44, No. 1, Feb. 2002.
- [12] K. DOSTERT, "Powerline Communications", Prentice Hall PTR, 2001.
- [13] C. R. WYLIE, L. C. BARRETT, "Advanced Engineering Mathematics", 6th Ed, McGraw Hill, 1995.
- [14] D. SABOLIĆ, "Analiza razdjelne elektroenergetske mreže kao širokopojasnog pristupnog medija", doktorska disertacija, Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, rujna 2004.

## ANALYSIS OF NOISE ON DISTRIBUTION NETWORKS IN THE FREQUENCY BAND FROM 10 TO 30 MHz

Results of experimental investigations of noise phenomena on indoor distribution networks in the frequency band from 10 to 30 MHz are presented. Measured data are processed to obtain basic statistical properties of noise. The criterion for separation between narrow-band interferences and background noise is defined. The correlation between total noise power profile in the observed frequency band and the network electric load power profile is established.

## UNTERSUCHUNG DES VERTEILUNGSNETZ-GERÄUSCHES IM FREQUENZBEREICH DER BREITBAND-REGELSCHLEIFE VON 10 BIS 30 MHz

Dargestellt sind die Ergebnisse der Untersuchungen von Geräuschen in lokalen Verteilungsanlagen und Leitungen (bedingt genannt: Verteilungsnetz) im Frequenzbereich von 10 bis 30 MHz. Man hat die Ergebnisse der Messungen bearbeitet um statistische Grundwerte der Geräusche zu gewinnen, Bestimmt wurde das Trennungsmerkmal zwischen den Schmalband-Geräuschkomponenten und dem Hintergrundgeräusch sowie die wechselseitige Beziehung des Diagrammes der zugehörigen Belastung und der gesamten Geräuschleistung im betrachteten Frequenzbereich.

Naslov pisca:

**Dr. sc. Dubravko Sabolić, dipl. ing.**  
**HEP – Operator prijenosnog sustava d.o.o.**  
**Kupska bb, 10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 11 – 02.

## HRVATSKO ENERGETSKO DRUŠTVO ZAKLADA "HRVOJE POŽAR"

Glavni odbor Zaklade "Hrvoje Požar", na temelju Poslovnika o dodjeli godišnje nagrade "Hrvoje Požar", te Poslovnika o stipendiranju mladih energetičara, objavljuje

### NATJEČAJ

- I. Znanstvenim i stručnim djelatnicima dodjeljuju se godišnje nagrade "Hrvoje Požar", u obliku plakete i povelje:
- za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike;
  - za inovacije u području energetike;
  - za realizirani projekt racionalnog gospodarenja energijom;
  - za unapređenje kvalitete okoliša, vezano uz energetske objekte;
  - za popularizaciju energetike.

Nagrada za stručni i znanstveni doprinos razvitku energetike u pravilu se dodjeljuje pojedincu. Ostale nagrade se mogu dodijeliti pojedincu, grupi stručnjaka koji su zajedno izvršili nagrađeno djelo, ili organizaciji – nositelju nagrađenog projekta.

Prijedlog za dodjelu godišnjih nagrada, s pismenim obrazloženjem i s priloženom dokumentacijom, mogu podnijeti znanstvene i znanstveno-nastavne organizacije, znanstvena i stručna društva, pojedini znanstveni i javni radnici, te ostale ustanove i trgovačka društva.

- II. Studentima energetskeg usmjerenja, završnih godina studija i diplomantima, dodjeljuje se pet (5) godišnjih 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.

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

Prijedlozi se podnose pismeno, s obrazloženjem.

- III. Studentima energetskeg usmjerenja dodjeljuje se pet (5) jednogodišnjih stipendija za završne godine dodiplomskog studija.

Prijedlog za dodjelu stipendija mogu podnijeti sveučilišni nastavnici, ili sami studenti.

Kandidati koji se žele natjecati za nagradu ili stipendiju dužni su popuniti upitnik koji mogu dobiti u tajništvu Hrvatskog energetskeg društva te na web stranici HED-a: [www.heh.hr](http://www.heh.hr).

- IV. Natječaj je otvoren od 1. do 30. travnja 2005. godine.

Prijedlozi se podnose tajništvu Hrvatskog energetskeg društva, Zagreb, Savska cesta 163, p.p.141. Prijava mora sadržavati ime/naziv i adresu predloženika s brojem telefona.

**Stipendije Zaklade "Hrvoje Požar", bit će dodijeljene kandidatima koji ne primaju druge stipendije.**

**Sve obavijesti mogu se dobiti na tel. 01/ 60 40 609, 63 26 134, e-mail: [hed@eihp.hr](mailto:hed@eihp.hr), [mmoric@eihp.hr](mailto:mmoric@eihp.hr)**

Odluka Glavnog odbora o dodjeli nagrada bit će objavljena u dnevnim listovima i stručnim publikacijama te na WEB stranici HED-a: [www.hed.hr](http://www.hed.hr).



# ENERGETSKI AUDIT ZGRADA JAVNE NAMJENE – NAČINI PRIKUPLJANJA PODATAKA

Mr. sc. Vesna K o l e g a, Zagreb

UDK 620.9:728  
STRUČNI ČLANAK

Provođenje energetske audita zgrade je veoma djelotvorna metoda s ciljem reduciranja potrošnje svih tipova energije u zgradama javne namjene. U članku je dan detaljan prikaz načina prikupljanja relevantnih podataka o zgradi nužnih za uspješnu provedbu energetske audita zgrade koji rezultira energetske-ekonomski optimalnim mjerama energetske efikasnosti čija implementacija osigurava značajnu uštedu energije u promatranoj zgradi javne namjene.

**Ključne riječi:** zgrada javne namjene, energetske audit, obrasci za prikupljanje podataka, upute za unos podataka.

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

Karakteristika gotovo cjelokupnog fonda zgrada javne namjene u Hrvatskoj (osim novoizgrađenih poslovnih zgrada građenih po principima održive gradnje) je neracionalno velika potrošnja svih tipova energije (prvenstveno za grijanje, zatim pripremu tople vode, rasvjetu, hlađenje i provjetravanje, razna električna trošila i dr.). Brojna iskustva pokazuju da se primjenom raznih mjera energetske efikasnosti mogu postići uštede energije i do 80%.

Za uspješan odabir mjera energetske efikasnosti za konkretnu zgradu od izuzetne je važnosti prikupljanje i kvalitetna obrada relevantnih podataka koja će omogućiti donošenje ispravnih odluka o redoslijedu provođenja mjera energetske efikasnosti, koji se osim na ekonomskoj isplativosti pojedine mjere mora temeljiti i na ekološkom imperativu, uštedi energije i osiguravanju udobnosti korisnika zgrade na razini minimalno jednakoj onoj prije primjene spomenute mjere. Jedan od dokazano djelotvornih načina za određivanje konkretnih mjera energetske efikasnosti u zgradi kao i energetske-ekonomski optimalne liste prioriteta njihove implementacije je provedba *energetskog audita zgrade*.

## 2. OPĆENITO O ENERGETSKOM AUDITU ZGRADA JAVNE NAMJENE

*Energetski audit zgrade* je, ustvari, dokument o energetske karakteristikama zgrade koji se bazira na prikupljanju i

obradi prikupljenih podataka prema točno definiranom obrascu što rezultira prijedlogom mjera energetske učinkovitosti i energetske-ekonomski optimalnom redoslijedu njihove implementacije radi smanjenja potrošnje svih tipova energije u promatranoj zgradi.

Provedba energetske audita zgrade javne namjene podijeljena je u nekoliko faza:

- a) prikupljanje podataka prema obrascu s točno definiranim smjernicama;
- b) obrada prikupljenih podataka;
- c) provedba raznih analiza i proračuna na osnovi prikupljenih podataka;
- d) odabir energetske-ekonomski najisplativijih mjera energetske efikasnosti;
- e) izrada rasporeda implementacije pojedine mjere energetske efikasnosti;
- f) izrada prateće dokumentacije za sve faze provedbe.

## 3. OBRAZAC ZA ENERGETSKI AUDIT ZGRADA JAVNE NAMJENE

Obrazac za energetske audit zgrade javne namjene je tako koncipiran da omogućuje tehnički kvalificiranim osobama u zgradama javne namjene (elektrotehničari, strojar i dr.) da na relativno jednostavan način prikupe sve potrebne podatke o energetske karakteristikama zgrade i da ispravnim odabirom mjera energetske efikasnosti značajno smanje potrošnju energije, a time i ukupne troškove zgrade.

Tablica 1. Tablični prikaz obrasca za energetski audit zgrade

<b>Naslovnica</b>	1 stranica	Energetski audit, naziv zgrade i lokacija, autor i datum izrade
<b>Sadržaj</b>	1 stranica	1. Uvodna razmatranja 2. Prikupljanje podataka 3. Obrada prikupljenih podataka 4. Selektiranje mjera energetske efikasnosti 5. Prijedlog redoslijeda implementacije selektiranih mjera energetske efikasnosti
<b>Uvodna razmatranja</b>	1 stranica	Općenito o energetskom auditu zgrade, te metodologiji prikupljanja i obrade podataka
<b>Prikupljanje podataka</b>	20 stranica	Prikupljanje podataka
<b>Obrada prikupljenih podataka</b>	5 stranica	Obrada prikupljenih podataka
<b>Selektiranje mjera energetske efikasnosti za zgradu</b>	5 stranica	Mjere poboljšanja energetske efikasnosti zgrade
<b>Prijedlog redoslijeda implementacije mjera</b>	5 stranica	Energetsko-ekonomska isplativost pojedine mjere, načini redovitog praćenja relevantnih podataka, ciljevi i dr.

Obrazac za energetski audit zgrade podijeljen je u tri glavne cjeline:

- prikupljanje podataka;
- obrada prikupljenih podataka;
- mjere poboljšanja energetskih karakteristika zgrade.

Radi što bolje preglednosti, te jednostavnijeg i točnijeg unosa potrebnih podataka prva je faza izrade energetskog audita zgrade (faza prikupljanja podataka) podijeljena prema tipu podataka u sljedeće kategorije:

- a) osnovni podaci o zgradi;
- b) klimatološki podaci;
- c) energetski pokazatelji zgrade;
- d) podaci o grijanoj površini zgrade po etažama;
- e) temeljni podaci o građevinskim i energetskim karakteristikama zgrade;
- f) podaci o korištenju zgrade (vremenski);
- g) primjedbe rukovodeće osobe u zgradi (tajnika, ravnatelja, direktora, načelnika i dr.);
- h) primjedbe korisnika zgrade;

Nakon faze prikupljanja podataka slijedi faza obrade prikupljenih podataka koja je, također, podijeljena u nekoliko kategorija:

- a) korištenje, potrošnja i troškovi energije;
- b) određivanje energetskog omjera zgrade;
- c) procjena energetskog potencijala zgrade;
- d) zaključna razmatranja o energetskim karakteristikama zgrade.

Posljednja je faza energetskog audita, na temelju prikupljenih i obrađenih parametara zgrade predložiti mjere za poboljšanje njenih energetskih karakteristika.

Mjere energetske efikasnosti za promatranu zgradu podijeljene su u dvije osnovne kategorije na temelju vremena i investicijskih troškova potrebnih za implementaciju određene mjere:

- a) mali investicijski troškovi + brza implementacija;

- b) veći investicijski troškovi + obvezna analiza ekonomske isplativosti.

Potrebne upute i objašnjenja radi što jednostavnijeg i kvalitetnijeg unosa podataka u obrazac slijede svaku kategoriju pitanja.

U tablici 1. dan je okvirni prijedlog izgleda i sadržaja energetskog audita zgrade.

Zbog jasnoće i jednostavnosti provedbe energetskog audita zgrada javne namjene u drugom je stupcu tablice 1. dan okvirni broj stranica po pojedinoj fazi provedbe.

U sljedećim će poglavljima biti prezentirani načini prikupljanja podataka za energetski audit zgrada javne namjene prema *Obrascu za prikupljanje podataka* uz detaljan opis, objašnjenja i dodatne upute. Ovaj obrazac prati korake procedure i preporuka je upisivati podatke zadanim redoslijedom.

#### 4. NAČINI PRIKUPLJANJA PODATAKA ZA ENERGETSKI AUDIT ZGRADA JAVNE NAMJENE

Prikupljanje podataka o zgradi javne namjene na kojima će se temeljiti uspješni energetski audit zgrade provodi se prema *Obrascu za prikupljanje podataka* koji se ovisno o karakteristikama podataka može podijeliti u sljedeće podobrasce:

- Osnovni podaci o zgradi;
- Klimatološki podaci o području na kojem se zgrada nalazi;
- Energetski pokazatelji zgrade;
- Podaci o grijanoj površini zgrade po etažama;
- Temeljni podaci o građevinskim i energetskim karakteristikama zgrade;
- Podaci o korištenju zgrade;
- Primjedbe rukovodeće osobe u zgradi (tajnika, ravnatelja, direktora, načelnika i dr.);
- Primjedbe korisnika zgrada.

**Tablica 2.** Pregled srednjih vrijednosti broja dana grijanja i stupanj-dana grijanja za 42 lokacije na području Hrvatske za temperaturni prag od 10, 12 i 15°C uz unutarnju projektnu temperaturu od 20°C [4]

Temperaturni prag	Broj dana grijanja			Stupanj-dan grijanja		
	10°C	12°C	15°C	10°C	12°C	15°C
Osijek	161	180	200	2827	3002	3134
Brestovac-Belje	163	181	201	2860	3026	3155
Vukovar	157	177	198	2710	2890	3031
Zagreb-Grič	152	173	197	2541	2732	2892
Varaždin	169	187	205	2987	3151	3270
Lipik	164	185	203	2863	3052	3171
Topusko	163	183	203	2842	3021	3158
Skrad	182	197	209	3286	3414	3496
Gospić	182	198	209	3318	3457	3536
Knin	137	164	194	2065	2310	2512
Pula	124	157	192	1735	2037	2268
Rijeka-Kozala	126	158	191	1752	2044	2266
Šibenik	97	132	177	1328	1636	1932
Split-Marjan	83	122	168	1089	1438	1749
Hvar	62	105	161	780	1168	1540
Križevci	170	188	206	3004	3169	3288
Lastovo	72	122	187	908	1359	1791
Makarska	77	112	156	1006	1328	1616
Mali Lošinj	96	122	149	1348	1582	1762
Ogulin	167	180	191	3002	3120	3194
Opatija	120	151	183	1677	1957	2169
Pag	95	128	172	1290	1590	1877
Palagruža	59	100	153	744	1113	1468
Sisak	166	189	215	2859	3049	3198
Slavonski Brod	165	186	209	2775	2983	3159
Sljeme	195	222	253	3263	3508	3715
Zadar-Puntamika	100	135	182	1365	1683	1986
Zagreb-Maksimir	169	193	220	2831	3044	3224
Zavižan	238	258	274	4337	4520	4621
Čepić (Istra)	147	185	224	2058	2400	2661
Daruvar	158	178	195	2755	2938	3052
Dubrovnik	69	101	140	907	1198	1457
Jastrebarsko	176	200	229	2945	3167	3353
Karlovac	164	187	213	2745	2951	3125
Korčula	64	109	168	812	1216	1603
Ploče	92	134	185	1199	1583	1926
Rab	96	130	174	1308	1611	1902
Rijeka-Omišalj	124	156	189	1733	2022	2242
Rovinj	132	167	204	1847	2168	2414
Senj	141	169	200	2132	2385	2594
Sinj	115	144	175	1602	1869	2073
Parg (kraj Čabra)	199	215	228	3590	3731	3820

#### 4.1. Osnovni podaci o zgradi

Osnovni podaci o zgradi trebaju obuhvaćati sljedeće informacije:

1. naziv zgrade;
2. adresu zgrade;
3. ime i prezime osobe zadužene za prikupljanje podataka (upravitelj zgrade, domar, i dr.);
4. telefonski broj osobe zadužene za prikupljanje podataka;
5. namjenu zgrade,
6. godinu izgradnje zgrade;
7. datum ispunjavanja obrasca;
8. primjedbe o zatečenom stanju zgrade.

*Upute za unos osnovnih podataka o zgradi*

U točki 8. treba navesti uočene, veće nedostatke građevinskih, energetskih ili strojarskih karakteristika zgrade (npr. na istočnom pročelju zgrade dva su napukla prozorska stakla, grijalica vode na trećem katu je u kvaru, i dr.)

#### 4.2. Klimatološki podaci

Klimatološki podaci potrebni za provedbu energetskog audita zgrade javne namjene su:

1. broj dana grijanja;
2. stupanj-dan grijanja.

*Upute za unos klimatoloških podataka*

Toplinski proračuni zgrade baziraju se na klimatološkim podacima [2]. Broj dana grijanja i stupanj-dan grijanja su temperaturni pokazatelji očekivane potražnje energije za grijanje, i kao takvi su od velike važnosti za energetski audit zgrade. Zbog velike klimatske raznolikosti na relativno malom hrvatskom području, razlike u trajanju sezone grijanja i količini potrebne energije u različitim dijelovima zemlje su značajne.

Broj dana grijanja za pojedinu lokaciju u Hrvatskoj je podatak kojim raspolaže Državni hidrometeorološki zavod, a predstavlja broj dana čija je srednja dnevna

temperatura zraka ( $T$ ) tijekom hladnog dijela godine manja od određenog temperaturnog praga ( $T_v$ ). Za određivanje stupanj-dana grijanja koriste se razne formule koje se baziraju na vrijednostima srednje dnevne temperature zraka, a predstavljaju sume temperaturnog odstupanja srednje vanjske temperature od temperaturnog praga koji je jednak onome za broj dana grijanja. Određivanje stupanj-dana grijanja je složen zadatak koji se bazira na unutarnjoj projektnoj temperaturi u zgradi koja prema Članku 9. Tehničkog propisa o uštedi energije i toplinskoj zaštiti kod zgrada za zgrade javne namjene iznosi  $20^{\circ}\text{C}$  [3]. U tablici 2. dani su broj dana grijanja i stupanj-dani grijanja za tri različita temperaturna praga:  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $12^{\circ}\text{C}$  i  $15^{\circ}\text{C}$  za 42 lokacije na području Republike Hrvatske pri čemu su podaci za prvih 15 lokacija (završno s Hvarom) dobiveni od Državnog hidrometeorološkog zavoda (srednja vrijednost za referentni period od 1961. do 1990. godine), dok su podaci za preostalih 27 lokacija interpolirani.

Broj dana grijanja i stupanj-dana grijanja povećavaju se odabirom većeg temperaturnog praga, što je logično jer uz višu vanjsku temperaturu definiranu za početak grijanja više je i dana grijanja i veća je količina potrošene toplinske energije. Za potrebe ovog energetskog audita koristit će se temperaturni prag od  $15^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3. Energetski pokazatelji zgrade

Pod pojmom *energetski pokazatelji zgrade* podrazumijeva se:

1. potrošnja goriva za posljednje četiri godine;
2. potrošnja električne energije za posljednje četiri godine;
3. ukupna energetska potrošnja za posljednje četiri godine.

U stranoj se literaturi mogu naći razna vremenska razdoblja za koja se prikupljaju energetski pokazatelji zgrade (posljednje 3, 4, 5, pa čak do 8 godina) ali je autor procijenio da su posljednje 4 godine vremenski dovoljno dug interval da bi se dobili zadovoljavajući rezultati [5].

Podaci o potrošnji goriva za posljednje četiri godine obuhvaćaju:

**Tablica 3.** Podaci o potrošnji goriva i troškovima za posljednje četiri godine za razne izvore energije

	Jedinica	Godina				Srednja vrijednost
		2003.	2002.	2001.	2000.	
Ukupni iznos potrošenog goriva	[l, kg, ili m <sup>3</sup> ]					
Ukupni iznos potrošene energije	[ kWh]					
Ukupni troškovi	[ kn]					
Troškovi po jedinici energije	[ kn/kWh]					



**Tablica 4.** Podaci o potrošnji električne energije i troškovima za posljednje četiri godine

	Jedinica	Godina				Srednja vrijednost
		2003.	2002.	2001.	2000.	
Ukupni iznos potrošene električne energije	[ kWh]					
Ukupni troškovi	[ kn]					
Troškovi po jedinici energije	[ kn/kWh]					

**Tablica 5.** Podaci o ukupnoj energetskej potrošnji i troškovima za posljednje četiri godine

	Jedinica	Godina				Srednja vrijednost
		2003.	2002.	2001.	2000.	
Ukupni iznos potrošene energije	[ kWh]					
Ukupni troškovi	[ kn]					
Troškovi po jedinici energije	[ kn/kWh]					

1. izvore energije (navode se svi izvori energije u zgradi);
2. namjene pojedinih izvora energije (za grijanje, hlađenje, pripremu tople vode i dr.);
3. ogrjevnu vrijednost goriva,  $H_u$  [kWh/jedinici, tabl. 6].

Za svaki pojedini izvor energije u zgradi prikupljaju se podaci prema tablici 3.

Podaci o potrošnji električne energije za posljednje četiri godine prikupljaju se prema tablici 4.

Podaci o ukupnoj energetskej potrošnji za posljednje četiri godine prikupljaju se u skladu s tablicom 5.

*Upute za unos podataka o energetskim pokazateljima zgrade*

Dva su osnovna načina na koja se prikupljaju potrebni podaci:

- a) račun za energiju + preostala razina goriva;
- b) samo račun za energiju.

**Tablica 6.** Ogrjevne vrijednosti različitih vrsta goriva u Hrvatskoj [6]

Vrsta goriva	Jedinica	kcal	MJ	Ogrjevna vrijednost, $H_u$ (kWh/jedinici)
Kameni ugljen	kg	5800-7000	24,28 – 29,31	6,7 – 8,1
Kameni ugljen za koksiranje	kg	7000	29,31	8,1
Smeđi ugljen	kg	4000 - 4500	16,75 – 18,84	4,7 – 5,2
Lignit	kg	2300 - 3000	9,63 – 12,56	2,7 – 3,5
Koks	kg	6300 - 7000	26,38 – 29,31	7,3 – 8,1
Ogrjevno drvo	dm <sup>3</sup>	2150	9,00	2,5
Prirodni plin	m <sup>3</sup>	8120-8570	34 – 35,88	9,4 - 10
Sirova nafta	kg	10127	42,40	11,8
Ukapljeni plin	kg	11200	46,89	13
Ekstralako loživo ulje	kg	10200	42,71	11,9
Dizelsko gorivo	kg	10200	42,71	11,9
Loživo ulje	kg	9600	40,19	11,2
Rafinerijski plin	kg	11600	48,57	13,5
Etan	kg	11300	47,31	13,1
Koksni plin	m <sup>3</sup>	4278	17,91	5
Gradski plin	m <sup>3</sup>	4655	19,49	5,4
Visokopećni plin	m <sup>3</sup>	860	3,6	1
Električna energija	kWh	860	3,6	1

Računi za potrošenu energiju za zgrade javne namjene za posljednje četiri godine trebali bi biti pohranjeni u računovodstvu, a ako nisu zatraži se evidencija o plaćenim troškovima direktno od energetskih kompanija (Elektre, Plinare, INE i dr.).

Za precizno određivanje godišnje potrošnje goriva se od zbroja kupljenog goriva i energetskih rezervi na početku godine odbije preostala uskladištena količina goriva (način a). U slučaju da se iz nekog razloga ne može očitati preostala uskladištena količina goriva na kraju godine, potrošena se količina goriva bazira jedino na računima za promatranu godinu (način b). Ovaj je način, nažalost, prilično neprecizan i često daje pogrešnu sliku o stvarnoj potrošnji određene vrste energije u zgradi.

Ogrjevna vrijednost goriva,  $H_u$ , veličina je koja pokazuje koliko je energije pohranjeno u određenoj vrsti goriva, a koristi se za pretvorbu kilograma, litre ili  $m^3$  krutog, tekućeg ili plinovitog goriva u kWh energije. Ogrjevna bi vrijednost goriva trebala biti prikazana na računu za gorivo a ako to nije slučaj do podatka se može doći u relevantnoj energetskoj kompaniji ili iz tablice ogrjevnih vrijednosti za razne vrste goriva (tablica 6) [6].

Ukupni se iznos potrošenog goriva, ovisno o tome da li je u pitanju tekuće, kruto ili plinovito gorivo, obračunava u litrama, kilogramima ili  $m^3$ . Srednja se vrijednost dobiva zbrajanjem godišnjih iznosa, te dijeljenjem s brojem promatranih godina. Ukupni se iznos potrošene energije dobije u ovisnosti o ogrjevnoj vrijednosti za pojedinu vrstu goriva, jednostavnim dijeljenjem ukupnog iznosa potrošenog goriva s njegovom ogrjevnom vrijednošću.

Potrošeno se gorivo obračunava u kunama. Ukupni su godišnji troškovi za neku vrstu energije (gorivo) za promatranu zgradu zbroj svih iznosa kupljenog goriva (prema prikupljenim računima) umanjen za vrijednost preostale razine goriva u spremniku na kraju godine.

Ukupni se godišnji iznos potrošene električne energije može odrediti na dva načina:

1. na osnovi godišnjeg obračuna, ako su mjesečni računi za električnu energiju akontacije, a ne stvarna potrošnja;
2. zbrajanjem očitanih mjesečnih potrošnji električne energije.

Ukupni se troškovi električne energije dobiju zbrajanjem iznosa na računima kroz cijelu godinu, a troškovi po jedinici energije dijeljenjem ukupnih troškova s ukupnom potrošnjom električne energije u promatranoj godini. Srednja se vrijednost dobije zbrajanjem svih godišnjih vrijednosti i dijeljenjem s brojem promatranih godina.

Ukupna se energetska potrošnja u zgradi dobiva zbrajanjem potrošnje električne energije i potrošnji svih ostalih izvora energije koji se koriste u promatranoj zgradi izraženih u kWh.

#### 4.4. Podaci o grijanoj podnoj površini zgrade ( $m^2$ ) i grijanom bruto volumenu zgrade ( $m^3$ )

Podaci o grijanoj podnoj površini zgrade i grijanom bruto volumenu zgrade obuhvaćaju podatke o grijanoj podnoj površini zgrade po etažama ( $m^2$ ) (podrum, prizemlje, karakterističan kat, potkrovlja), ukupnoj grijanoj površini zgrade i grijanom bruto volumenu zgrade ( $m^3$ ).

Grijana podna površina je netto korisna podna površina grijanih prostora svake etaže, mjerena unutar vanjskih zidova zgrade. Grijani bruto volumen je volumen grijanog prostora zgrade. Bitan podatak za točan izračun potrošnje energije je i oplošje grijanog prostora zgrade, a to je ukupna površina svih građevnih dijelova koji razdvajaju grijani prostor zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (pod, zid, strop, tj. omotač grijanog prostora zgrade). Ukupna potrošnja energije ovisi o faktoru oblika zgrade, tj. o količniku oplošja i volumena grijanog prostora zgrade.

#### 4.5. Podaci o temeljnim konstrukcijskim (građevinskim) i energetskim karakteristikama zgrada

Podaci o temeljnim konstrukcijskim (građevinskim) i energetskim karakteristikama zgrade čine najveću skupinu podataka koja obuhvaća:

1. konstrukcijske (građevinske) karakteristike zgrade;
2. karakteristike sustava za grijanje (proizvodnja i distribucija toplinske energije);
3. karakteristike sustava za pripremu tople vode;
4. karakteristike sustava za prozračivanje i/ili hlađenje zgrade;
5. karakteristike sustava rasvjete u zgradi;
6. zastupljenost i energetska efikasnost električnih i dr. energetskih uređaja.

##### 4.5.1. Konstrukcijske karakteristike zgrade

Shema za prikupljanje podataka o zatečenom stanju s obzirom na građevinske karakteristike promatrane zgrade uz posvećivanje posebne pažnje kvaliteti primijenjene toplinske zaštite prikazana je u tablici 7.

U prva dva stupca tablice unose se nazivi materijala pojedinih konstrukcijskih dijelova zgrade i njihova debljina. U treći stupac se upisuje vrsta i debljina sloja toplinske izolacije. U slučaju da promatrani konstrukcijski dio zgrade nije izoliran ne treba upisati ništa. U posljednjem se stupcu tablice navode podaci o zatečenom stanju pojedinih građevinskih elemenata (razbijeni prozori, vlažni vanjski zidovi i sl.).

Daljnje informacije o konstrukcijskim karakteristikama korisne za uspješni energetski audit zgrade daju odgovori na sljedeća pitanja:

1. Je li i gdje neki zid zgrade vlažan?

Tablica 7. Podaci o konstrukcijskim karakteristikama zgrade

Dijelovi konstrukcije zgrade	Sastav konstrukcije	Ukupna debljina	Vrsta i debljina sloja toplinske izolacije	Primjedbe o zatečenom stanju
Vanjski zid				
Zid između grijanih prostora različitih korisnika				
Zid prema negrijanom prostoru				
Vanjski zid prema terenu				
Pod na terenu				
Međukatna konstrukcija koja odvaja prostore različitih korisnika				
Strop prema negrijanom podrumu				
Strop prema negrijanom tavanu				
Ravni i kosi krov iznad grijanog prostora				
Strop iznad vanjskog prostora				
Prozori, balkonska vrata i krovni prozori				
Vanjska vrata				

2. Je li i gdje na nekom konstrukcijskom dijelu zgrade vidljiva plijesan?
3. Je li niša u kojoj su smješteni radijatori je izolirana?
4. Naliježu li dobro prozori i vanjska vrata?

#### 4.5.2. Karakteristike sustava za grijanje – proizvodnja toplinske energije

Potrebne informacije o proizvodnji toplinske energije za potrebe grijanja u zgradi trebaju obuhvaćati podatke o:

1. osnovnom načinu grijanja (centralno grijanje, sobno grijanje);
2. načinu proizvodnje toplinske energije (kotlovnica, toplinska pumpa, centralizirani toplinski sustav (CTS) ili dr.);
3. broju, tipu, godini proizvodnje i izlaznoj snazi sustava za grijanje (kW) (očitaju se s nazivne pločice);
4. izvoru energije za grijanje;
5. toplinskoj udobnosti korisnika (je li u prostorijama ugodno toplo, nije dovoljno toplo ili je previše toplo);
6. vrsti materijala i debljini izolacije kotla (u slučaju da kotao nije izoliran to treba naglasiti);
7. kvaliteti izolacije kotla (ako je kvaliteta nezadovoljavajuća treba navesti razloge);
8. zatečenom stanju unutarnje grijane površine kotla (čista, tanki ili debeli sloj nečistoće i dr.);
9. zatečenom stanju grijača kotla (čist, tanki ili debeli sloj nečistoće i dr.);
10. tome je li kotao opremljen mjeracem tlaka, termometrima ili nekim drugim mjernim instrumentima;
11. održavanju i kontroli sustava za grijanje (koliko se često obavljaju?);
12. tome da li se uz sustav za grijanje koriste i neki drugi načini grijanja (npr. razne vrste električnih ili plinskih grijalica i dr.);
13. načinu reguliranja dotoka topline (automatsko, ručno, bez regulacije);
14. vremenskim razdobljima grijanja (da li se prostorije griju noću i za vrijeme vikenda i praznika: ne, djelomično, da (uvijek jednakim kapacitetom));
15. godišnjem rasporedu grijanja (datum početka i završetka grijanja za promatranu kalendarsku godinu);
16. dnevnom rasporedu grijanja (sat početka i završetka grijanja za karakterističan radni dan);
17. noćnom rasporedu grijanja (sat početka i završetka grijanja u slučaju noćnog grijanja).

*Upute za unos podataka o proizvodnji toplinske energije*

Načini pretvorbe korištenih jedinica za snagu (na nazivnim se pločicama mogu naći razne jedinice za snagu) prikazani su u tablici 8.

**Tablica 8.** Načini pretvorbe jedinica za snagu

Jedinice za snagu	kW	kcal/h	kJ/h
kW	1	860	3600
kcal/h	0,00116	1	4,186
kJ/h	0,000278	0,2389	1

Izlazna snaga (toplinski kapacitet) primijenjenog sustava za grijanje je previsoka ako puni kapacitet nije dosegnut čak ni u najhladnijim zimskim danima, ili ako se sustav koristi samo sporadično (česti slučaj u starim zgradama). Izlazna snaga je preniska ako ugodna sobna temperatura nije dostignuta za normalnih zimskih dana iako sustav radi punim kapacitetom.

Ako je sustav za grijanje opremljen mjernim uređajima preporuka je periodički provjeravati da li spomenuta mjerna oprema radi ispravno. U sklopu 12. pitanja o karakteristikama dodatnih grijalica treba navesti njihov broj, prosječnu izlaznu snagu i procijeniti koliko su sati dnevno u pogonu.

Korištenje električnih grijalica (radijatora) je sigurno jedan od energetsko-ekonomski najneisplativijih načina grijanja prostora i preporuka je da ih se koristi u što manjoj mjeri, te po potrebi zamjenjuje isplativijim načinima grijanja.

#### 4.5.3. Karakteristike sustava za grijanje – distribucija toplinske energije

Podaci o načinu distribucije toplinske energije u zgradi obvezno trebaju obuhvatiti odgovore na sljedeća pitanja:

1. Je li distribucija toplinske energije u sustavu za grijanje direktna ili preko spremnika topline?
2. Je li korišteni spremnik topline izoliran, i ako je navesti izolacijski materijal i debljinu izolacijskog sloja (cm)?
3. Je li toplinski medij voda ili para, te navesti njegovu temperaturu (°C)?
4. Jesu li toplinske cijevi kroz negrijane prostorije izolirane, i ako jesu navesti izolacijski materijal i debljinu izolacijskog sloja (cm)?
5. Je li sustav za grijanje opremljen termostatskim ventilima (da, djelomično, ne)?
6. Da li se u zgradi radi očuvanja topline koriste neke od naprava za prihvati i zaštitu od sunca, i ako da navesti koje?
7. Koliko često se obavlja održavanje i čišćenje sustava za distribuciju toplinske energije u zgradi (jednom godišnje, jednom u 2 godine, nikad i dr.)?

*Upute za unos podataka o distribuciji toplinske energije*

Pod pojmom termostatski ventil (pitanje 5.) podrazumijeva se ventil na grijaćem tijelu koji se koristi za regulaciju temperature u pojedinoj prostoriji.

U pitanju 6. se pod pojmom naprava za prihvati i zaštitu od sunca podrazumijevaju sve vrste zavjesa, zastora, roleta, grilja i dr. koje se inače koriste za prihvati i zaštitu od sunca, ali se u ovom konkretnom slučaju koriste radi očuvanja toplinske energije.

#### 4.5.4. Karakteristike sustava za pripremu tople vode

Potrebni podaci o sustavu za pripremu tople vode su odgovori na sljedeća pitanja:

1. Je li sustav za pripremu tople vode:
  - a) u sklopu sustava za grijanje prostora
  - b) potpuno odvojen od sustava za grijanje prostora
  - c) ljeti odvojen, a zimi u sklopu sustava za grijanje?
2. Ako je sustav za pripremu tople vode potpuno odvojen od sustava za grijanje treba navesti njegov tip, broj, godinu proizvodnje, izlaznu snagu (kW) i korišteni izvor energije.
3. Je li sustav opremljen spremnikom za pohranu tople?
4. Ako je sustav za pripremu tople vode opremljen spremnikom:
  - a) Kolika je temperatura vode u spremniku (°C)?
  - b) Je li spremnik izoliran, i ako je navesti izolacijski materijal i debljinu izolacijskog sloja (cm).
  - c) Koliko se često zagrijava voda u spremniku (npr. svaki dan, 5 puta tjedno, 2 puta tjedno i dr.)?
5. Navesti u kojim se vremenskim intervalima provodi kontrola i održavanje sustava za pripremu tople vode.
6. Jesu li toplovodne cijevi izolirane i ako jesu navesti izolacijski materijal i debljinu izolacijskog sloja (cm)?
7. Navesti za što se sve koristi topla voda.

Brojna iskustva pokazuju da su električne grijalice vode ekonomsko-energetski najlošiji način pripreme tople vode i da ih kao takve treba u što većoj mjeri izbacivati iz uporabe i zamjenjivati energetski efikasnijim uređajima i sustavima.

#### 4.5.5. Karakteristike sustava za prozračivanje i/ili hlađenje zgrade

Informacije koje treba prikupiti o sustavu za prozračivanje i/ili hlađenje zgrade su sljedeće:

1. Za prozračivanje i/ili hlađenje zgrade se koristi:
  - a) Centralizirani sustav
  - b) Samostojeći ventilatori
  - c) Jedino prozori.
2. Ako je zgrada opremljena centraliziranim sustavom:
  - a) Sustav se koristi za:



- a) Grijanje zraka
  - b) Hlađenje zraka
  - c) Vlaženje (odvlaživanje) zraka.
- b) Je li sustav u pogonu za vrijeme vikenda i praznika?
- c) Provodi li se vlaženje (odvlaživanje) zraka i noću?
- d) Temperatura zraka u prostoru zgrade u ljetnim mjesecima je:
- a) Previsoka
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Preniska.
- e) Vlažnost zraka u prostoru zgrade u ljetnim mjesecima je:
- a) Previsoka
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Preniska.
- f) Temperatura zraka u prostoru zgrade u zimskim mjesecima je:
- a) Previsoka
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Preniska.
- g) Vlažnost zraka u prostoru zgrade u zimskim mjesecima je:
- a) Previsoka
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Preniska.
- h) Učestalost izmjena unutarnjeg s vanjskim zrakom u prostoru zgrade je:
- a) Nedovoljna
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Pretjerana.
- i) Je li sustav opremljen podsustavom za povrat topline iz odlaznog zraka?
- j) Koliko često se provodi održavanje i servis sustava (npr. jednom godišnje, svakih 6 mjeseci, nikada ili dr.)?
3. Ako zgrada nije opremljena centraliziranim sustavom:
- a) Koliko se često otvaraju prozori u sezoni grijanja zgrade?
    - a) Gotovo nikad
    - b) Često, ali na kraći period (nekoliko minuta)
    - c) Često, ali na duži period (nekoliko sati)
    - d) Prozori nikad nisu potpuno zatvoreni.
  - b) U sezoni grijanja vanjska su vrata:
    - a) Obično zatvorena
    - b) Često otvorena.

#### Upute za unos podataka o prozračivanju zgrade

Prema Članku 17. Tehničkog propisa o uštedi energije i toplinskoj zaštiti kod zgrada, zgrade moraju biti projektirane i izgrađene na način da se osigura minimalno prozračivanje prostora zgrade nužno iz higijenskih razloga

[3]. Ukoliko posebnim tehničkim propisom nije drugačije zahtijevano broj izmjena unutarnjeg s vanjskom zrakom u jednom satu, u razdoblju kad ljudi borave i rade u zgradi treba iznositi najmanje  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ . U razdoblju kad ljudi ne borave u zgradi potrebno je osigurati izmjenu unutarnjeg zraka od najmanje  $n = 0,2 \text{ h}^{-1}$ . Nadalje, Članak 18. propisuje da ako se za prozračivanje zgrade osim prozora ili umjesto njih koriste posebni sustavi ili uređaji s otvorima za prozračivanje, tada mora postojati mogućnost njihova jednostavnog podešavanja od strane korisnika zgrade. Spomenuta se odredba ne primjenjuje u slučaju ugradnje uređaja za prozračivanje s automatskom regulacijom propusnosti vanjskog zraka [3].

Što se tiče vlažnosti zraka, optimalnim za prosječnu udobnost u prostoru zgrade smatra se cca 65% odvlaživanja vanjskog zraka ljeti i 35% ovlaženja zimi.

Jednostavno je pravilo da ako je zrak u prostoriji zagušljiv izmjena je nedovoljno česta i treba radi bolje koncentracije i ugodnosti omogućiti veći broj izmjena, dok je u suprotnom, ako se često osjeća propuh izmjena pretjerana i treba je, radi uštede energije reducirati.

Ako zgrada nije opremljena nikakvim sustavom ili uređajima za prozračivanje preporuka je da se nakratko (maksimalno desetak minuta) širom otvore svi prozori, i to prvenstveno oni nasuprotni.

#### 4.5.6. Karakteristike sustava rasvjete u zgradi

Podatke koji se odnose na sustav rasvjete u zgradi a nužni su za uspješnu provedbu energetskog audita zgrade prikuplja se prema tablici 9. i sljedećim pitanjima.

Tablica 9. Podaci o sustavu rasvjete u zgradi

Tip rasvjete	Broj rasvjetnih tijela	Snaga (kW)	Intenzitet rasvjete (lux)
Obične žarulje			
Štedne žarulje			
Fluorescentne lampe			
Halogenske lampe			

1. Navesti prosječni broj dana godišnje u kojima se rasvjeta koristi 8 sati dnevno.
2. Navesti prosječni broj dana godišnje u kojima se rasvjeta koristi 4 sata dnevno.
3. Navesti prosječni broj dana godišnje u kojima se koristi isključivo prirodno osvjetljenje.
4. Imaju li zaposlenici običaj gašenja svjetla za vrijeme pauze za ručak?

**Tablica 10.** Podaci o energetskim trošilima u zgradi

<b>Energetska oprema</b>	<b>Broj uređaja</b>	<b>Snaga [ kW ]</b>	<b>Radne karakteristike uređaja a) zadovoljavajuće b) poboljšanja poželjna i moguća</b>	<b>Klasa energetske efikasnosti a) visoka (energetske klase A,B) b) srednja (klase C,D) c) niska (klase E, F,G)</b>
Ventilatori				
Pumpe				
Električni radijatori				
Hladnjaci i zamrzivači				
Električna kuhala				
Plinska kuhala				
Računala				
Printeri				
Fotokopirni uređaji				
Druga oprema				

*Upute za unos podataka o sustavu rasvjete u zgradi*

Odgovori na 1., 2. i 3. pitanje su gruba procjena o učestalosti korištenja rasvjete (iz dobivenih se odgovora izračuna broj sati godišnje u kojima se koristi umjetna rasvjeta).

*4.5.7. Zastupljenost i energetska efikasnost električnih i dr. energetskih uređaja*

Potrebni podaci o energetskim trošilima u zgradi prikazani su u tablici 10.

*Upute za unos podataka o energetskim trošilima u zgradi*

U tablici 10. treba navesti samo važnija trošila energije, bilo ona veće snage ili trošila manje snage ali zastupljena u većem broju. Pod radnim karakteristikama uređaja se prije svega podrazumijeva način na koji se uređaj koristi (mod rada uređaja): npr. ako je uređaj uključen i kad nije u funkciji stanje je nezadovoljavajuće i treba ga mijenjati. Prema Direktivi Europske unije o energetskim oznakama (naljepnicama) (92/75/EEC) [7] uređaji su prema potrošnji energije podijeljeni u 7 kategorija (klasa) koje se određuju prema omjeru potrošnje uređaja u odnosu na potrošnju referentnog uređaja (od A do G). Radi jednostavnijeg određivanja kategorije uređaja uvedena je veličina *indeks energetske efikasnosti, I*, koja pokazuje za koliko je postotaka energetska potrošnja nekog uređaja veća ili

manja od energetske potrošnje referentnog uređaja (tablica 11) [8], [9].

**Tablica 11.** Kategorije energetske efikasnosti ovisno o indeksu energetske efikasnosti

<b>Indeks energetske efikasnosti, I (%)</b>	<b>Klasa energetske efikasnosti</b>
I < 55	A
55 < I < 75	B
75 < I < 90	C
90 < I < 100	D
100 < I < 110	E
110 < I < 125	F
125 < I	G

Oznaka energetske efikasnosti omogućuje usporedbu različitih modela nekog uređaja ovisno o energetskoj efikasnosti, godišnjoj energetskoj potrošnji i nekim važnijim radnim karakteristikama i mogućnostima uređaja.

**4.6. Podaci o korištenju zgrade javne namjene**

Podaci o korištenju zgrade trebaju obuhvatiti sljedeće informacije:

1. Navesti dane u kojima se zgrada koristi:
  - a) od ponedjeljaka do petka;
  - b) od ponedjeljaka do subote;
  - c) svih sedam dana u tjednu.

2. Prosječni radni dan traje od \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ sati.
3. Prosječni broj praznika godišnje za vrijeme kojih se zgrada ne koristi iznosi \_\_\_\_\_ dana.
4. Na koju su temperaturu zagrijane prostorije u sezoni grijanja? \_\_\_\_\_ °C
5. Koriste li zaposlenici kolektivni godišnji odmor?

#### *Upute za unos podataka o korištenju zgrade*

Pitanja pod rednim brojevima 1, 2 i 3 odnose se na vremenska razdoblja u kojima se promatrana zgrada koristi, odnosno ne koristi. Prema dobivenim odgovorima procjenjuje se broj sati godišnje kada je zgrada u funkciji.

#### **4.7. Primjedbe rukovodeće osobe u zgradi javne namjene**

Primjedbe rukovodeće osobe u zgradi trebaju obuhvatiti odgovore na sljedeća pitanja:

1. Navedite glavne motive za štednju energije u zgradi:
  - a) Smanjenje troškova
  - b) Povećanje udobnosti korisnika
  - c) Poboljšanje radnih uvjeta
  - d) Neki drugi motivi: \_\_\_\_\_.
2. Jesu li u vašem poduzeću postavljeni određeni ciljevi koji se odnose na energetske uštede i ako jesu, koji?
3. Imate li energetskog upravitelja zgrade, i ako ne planirate li ga zaposliti?
4. Provodi li se redovita evidencija o raznim vrstama energetske potrošnje u zgradi?
  - a) Da, mjesečna
  - b) Da, godišnja
  - c) Ne.
5. Je li netko u poduzeću zadužen za vođenje računa o energetskoj potrošnji u zgradi i ako ne planirate li nekoga uskoro zadužiti?
6. Jesu li zaposlenici upoznati s potrebom i mogućim mjerama upravljanja energijom u zgradi:
  - a) Uopće nisu upućeni u relevantnu problematiku
  - b) Djelomično su upućeni
  - c) Dobro su upućeni.
7. Jesu li u zgradi provedene ili se trenutačno provode neke mjere radi uštede energije, i ako da navesti koje?
8. Je li moguće u sklopu poduzeća osigurati novčana sredstva za investiranje u mjere energetske efikasnosti u zgradi?
9. Hoće li se podaci o zgradi prikupljeni ovim energetskim auditom dalje obrađivati kao podloga za implementaciju mjera energetske efikasnosti u vašu zgradu?
10. Vaši prijedlozi o nužnim mjerama energetske efikasnosti u zgradi i mogućnostima njihove realizacije.

#### *Upute za unos podataka o primjedbama rukovodeće osobe u zgradi*

Brojna iskustva pokazuju da je za uspješno provođenje mjera energetske efikasnosti u zgradama od izuzetne važnosti motivacija i spremnost na suradnju njezinih korisnika. Cilj ove grupe pitanja je utvrditi koliko je rukovodeća osoba u nekoj zgradi javne namjene s jedne strane upoznata s relevantnom problematikom upravljanja energijom u zgradama, a s druge motivirana za upoznavanje s idejom racionalnog korištenja energije i provedbu potrebnih mjera energetske efikasnosti. U ovisnosti o dobivenim odgovorima procjenjuju se i rangiraju potrebne mjere energetske efikasnosti za promatranu zgradu. Od velike su važnosti odgovori na 4., 5. i 6. pitanje jer se u brojnim slučajevima pokazalo da su najbolji rezultati postignuti u javnim zgradama u kojima je netko konkretno zadužen za evidentiranje energetske potrošnje i provedbu mjera energetske efikasnosti. Praksa je Japana, bez ikakve sumnje trenutačno, jedne od najuspješnijih i najnaprednijih zemalja u području energetske efikasnosti, da svaka zgrada javne (i industrijske) namjene koja prelazi tehničkim propisom određenu energetsku potrošnju mora zaposliti osobu zaduženu za provođenje mjera energetske efikasnosti [10], [11]. Nadalje, u ovisnosti o tome za koliko energetska potrošnja premašuje propisanu, što je također zakonski regulirano, rukovodeća je osoba u promatranoj zgradi obvezna zaposliti energetskog upravitelja ili energetskog domara. Energetski upravitelj mora biti fakultetski obrazovana osoba, dok je za domara dovoljno srednjoškolsko obrazovanje elektrotehničkog smjera, pri čemu je važno da obadvojica moraju položiti tečaj o upravljanju energijom u zgradama koji pod pokroviteljstvom japanskog Ministarstva gospodarstva organizira i vodi Centar za očuvanje energije, kao jedna od stožernih institucija u promicanju racionalnog upravljanja energijom na državnoj razini.

#### **4.8. Primjedbe korisnika zgrade javne namjene**

Primjedbe korisnika zgrade javne namjene trebaju dati odgovore na sljedeća pitanja:

1. Kakvom doživljavate toplinsku udobnost u radnim prostorijama (vrlo dobrom, zadovoljavajućom, nezadovoljavajućom, dr.)?
2. Kakvom doživljavate svjetlosnu udobnost u radnim prostorijama (vrlo dobrom, zadovoljavajućom, nezadovoljavajućom, dr.)?
3. Kakvom doživljavate temperaturu u radnim prostorijama u sezoni grijanja (optimalna, previsoka, preniska, dr.)?
4. Jesu li radne prostorije ljeti pregrijane zbog direktnog utjecaja sunca i ako jesu navesti gdje?
5. Da li se na nekim mjestima u radnim prostorijama osjeća propuh i ako da navesti gdje?

6. Da li na nekim zidovima probija vlaga i ako da navesti gdje?
7. Jesu li svi radijatori u radnoj prostoriji podjednako zagrijani?
8. Kakvo je vaše mišljenje o sustavu rasvjete u radnoj prostoriji?
  - a) Odlična
  - b) Zadovoljavajuća
  - c) Nezadovoljavajuća.
9. Da li se i koliko često otvaraju prozori u sezoni grijanja (nikada, često ali na kraće periode, rijetko i na kraće periode, često na dulje periode, rijetko na dulje periode, prozori nikad nisu potpuno zatvoreni i dr.)?
10. Prijedlozi korisnika zgrade o mogućim načinima uštede energije u zgradi.

#### *Upute za unos podataka o primjedbama korisnika zgrade*

Sa stajališta uštede energije, temperatura na koju se zagrijevaju radne prostorije u sezoni grijanja izuzetno je važan parametar. Analize pokazuju da se smanjenjem temperature u prostorijama za samo 1°C, prosječno može uštedjeti do 6% toplinske energije godišnje. Ako je odgovor na 7. pitanje NE, tj. ako radijatori nisu ujednačeno zagrijani, u velikoj većini slučajeva ih jednostavno treba odzračiti.

## 5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Osnovni cilj energetskog audita zgrade je prikupljanjem i obradom točno definiranih parametara zgrade dobiti što točniji uvid u zatečeno stanje zgrade s obzirom na njene građevinske karakteristike, kvalitetu sustava za grijanje, hlađenje, prozračivanje i rasvjetu, zastupljenost i kvalitetu energetskih uređaja, strukturu upravljanja zgradom, te pristup zaposlenika energetskoj problematici na osnovi kojeg će se pristupiti odabiru konkretnih energetsko-ekonomski što optimalnijih mjera energetske efikasnosti za promatranu zgradu čija će implementacija rezultirati znatnom uštedom raznih tipova energije s jedne i financijskom uštedom s druge strane.

Energetskim auditom nije obuhvaćena sama implementacija mjera energetske efikasnosti i praćenje postignutih rezultata baziranih na energetskom auditu.

Zadnja faza u provedbi energetskog audita zgrada javne namjene je konkretan prijedlog redosljeda mjera energetske efikasnosti za promatranu zgradu javne namjene čija će implementacija ovisiti o odlukama rukovodećeg kadra.

Preporuka je da se finalni dokument s prijedlogom mjera energetske efikasnosti izvjesi na vidljivom mjestu u zgradi kako bi svi zaposlenici bili s njime upoznati. Nadalje, od velike je važnosti pronaći djelotvorne načine motivacije zaposlenika kako bi svaki od njih u granicama vlastitih mogućnosti potpomogao realizaciji predloženih mjera energetske efikasnosti.

U prvoj fazi pilot projekta provedbe energetskog audita zgrada javne namjene u Hrvatskoj u sklopu Nacionalnog programa energetske efikasnosti u zgradarstvu KUEN<sub>ZGRADA</sub> kao demonstracijske su odabrane zgrade državne uprave.

## LITERATURA

- [1] "Energy in Europe – European Union Energy Outlook to 2020", Special Issue, November 1999, the Shared Analysis Project, European Commission
- [2] N. V. KOBYSHEVA: "Guidance Material on the Calculation of Climatic Parameters used for Building Purposes", 1992.
- [3] Prijedlog Tehničkog propisa o toplinskoj zaštiti i uštedi energije kod zgrada, u fazi donošenja
- [4] V. KOLEGA [et. al.]: "KUEN<sub>zgrada</sub> – Program energetske efikasnosti u zgradarstvu: prethodni rezultati i buduće aktivnosti", Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, travanj 1998.
- [5] FEDERANE (European Federation of Regional Energy and Environment Agencies), Energy Planning in Public Buildings, Procedures to be followed, Brussels
- [6] B. VUK, D. MARUŠIĆ: "Energija u Hrvatskoj 2002.", Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva
- [7] Council Directive 92/75/EEC of 22 September 1992 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances, Official Journal L 297, 13/10/1992
- [8] V. KOLEGA: "Važnost donošenja standarda energetske efikasnosti radi povećanja nacionalnih energetskih ušteda", ENERGIJA br. 5., listopad 2003.
- [9] V. KOLEGA: "Test procedure kao tehnička osnova standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme", ENERGIJA br. 6., prosinac 2003.
- [10] Japan Energy Conservation Handbook 2002, The Energy Conservation Center, Tokyo, June 2003
- [11] The Energy Conservation Center, Japan  
Web adresa: [www.eccj.or.jp](http://www.eccj.or.jp)

## ENERGY AUDIT OF PUBLIC BUILDINGS – WAYS OF DATA COLLECTION

Energy audits are very useful as a tool of energy consumption reduction in all public buildings. In the paper a detailed mode of relevant data collection is given, which is necessary for a successful energy audit that results in energy and economy optimal energy efficiency measures whose implementation ensures significant energy savings in the public building observed.

## ENERGETISCHE ÜBERPRÜFUNG ÖFFENTLICHER GEBÄUDE - ART UND WEISE DER DATENSAMMLUNG

Energetische Gebäudeüberprüfung ist ein sehr wirksames Verfahren zwecks Einschränkung des Verbrauches aller Arten von Energie in öffentlichen Gebäuden. Im Artikel ist eine

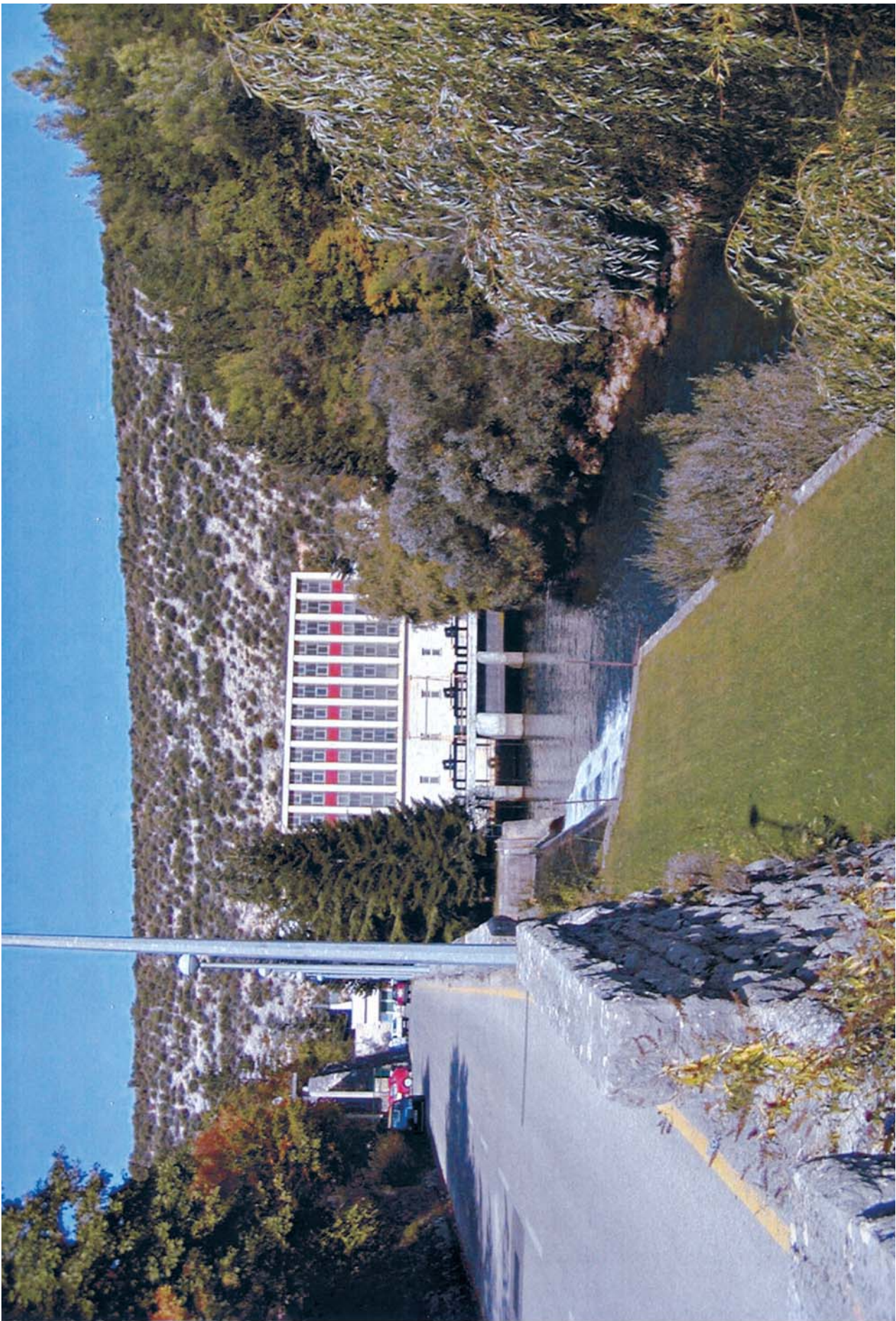


ausführliche Darstellung der Ansammlungsweisen energetisch sachbezogener und für die erfolgreiche Durchführung energetischer Überprüfung notwendiger Angaben vom Gebäude gegeben. Aus den Überprüfungsergebnissen folgen energetisch und wirtschaftlich bestmögliche Massnahmen für die energetische Leistungsfähigkeit des Gebäudes, deren Durchführung eine bedeutende Energieeinsparung im betrachteten öffentlichen Objekt sichert.

Naslov pisca:

**Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.**  
**Energetski institut "Hrvoje Požar"**  
**Savska cesta 163, Zagreb**  
**Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 04 – 10.





# UPRAVLJANJE ZAGUŠENJEM U PRIJENOSNOJ MREŽI

Mr. sc. Goran Majstrovic, dr. sc. Nijaz Dizdarevic, mr. sc. Davor Bajs, Zagreb

UDK 621.316.1:621.305.052.7  
PREGLEDNI ČLANAK

Otvaranjem tržišta električne energije sa svim popratnim posljedicama (restrukturiranje elektroprivrednih tvrtki, razdvajanje djelatnosti, promjena zakonodavstva, formiranje operatora sustava i tržišta, regulacija energetskog sektora, privatizacija) bitno su se promijenili uvjeti pogona i planiranja razvoja prijenosne mreže. Uloga prijenosne mreže sada se nalazi u funkciji osiguravanja učinkovitog tržišta električne energije, odnosno postizanja zadovoljavajuće razine konkurentnosti između proizvodnih subjekata na tržištu te pružanja mogućnosti potrošačima da sami biraju svog opskrbljivača električne energije. Opskrbljivač ne mora nužno biti samo iz vlastitog, već može biti i iz drugih elektroenergetskih sustava, pri čemu se iznos uvoza, izvoza i tranzita značajno povećava. Pri tome jednu od najvećih prepreka realizaciji svih željenih tržišnih transakcija predstavlja pojava zagušenja u prijenosnoj mreži. U ovom je radu opisan problem prepoznavanja i upravljanja zagušenjem u prijenosnoj mreži.

**Ključne riječi:** tržište električne energije, razmjena snage, zagušenje u prijenosnoj mreži, upravljanje zagušenjem.

## 1. UVOD

Elektroenergetski sustavi susjednih zemalja inicijalno su započeli s električkim povezivanjem ponajprije iz razloga povećanja pouzdanosti pogona. Nakon toga, međusobna povezanost korištena je radi ostvarivanja razmjene energije, uglavnom putem dugoročnih bilateralnih ugovora. Nakon dugotrajnih analiza učinkovitosti takvog tradicionalnog načina upravljanja, elektroenergetski sektor u Europi ulazi u postupak restrukturiranja, zbog čega elektroenergetska mreža u Europi danas predstavlja osnovnu infrastrukturu za obavljanje znatno složenijih tržišnih transakcija. Tradicionalne okomito organizirane elektroprivredne tvrtke koje su do sada kontrolirale i upravljale svim transakcijama odnedavno su dužne to omogućiti i novim tržišnim subjektima (IPP, trgovci) koji žele trgovati ne samo na nacionalnom, nego i na većem, europskom tržištu.

Pojam zagušenja u prijenosnoj mreži postojao je prije deregulacije i otvaranja tržišta, ali se nije nazivao tim imenom, već je korišten izraz "sigurnost stacionarnog pogona". U oba je slučaja sa stajališta operatora sustava cilj isti: siguran pogon uz najniže troškove. Međutim, uvjeti pogona sustava su promijenjeni. Danas svaki subjekt na tržištu ima različite interese i potrebe. Proizvodne tvrtke brinu o plasmanu svoje proizvodnje po što višim cijenama, prijenosne tvrtke brinu o tehničkim aspektima pogona mreže, trgovci brinu o financijskim detaljima njihovih ugovora, dok potrošače zanima jeftina i kvalitetna opskrba. Ekonomski efikasan i tehnički siguran pogon takvog

složenog sustava može se dobiti jedino nediskriminirajućom kombinacijom svih spomenutih aspekata. U pravilu, u takvim situacijama zbog suprotstavljenih interesa različitih sudionika ne postoje jednostavna rješenja. Ovo se posebno odnosi na izrazito uzamčene sustave kao što je to uglavnom slučaj u Europi.

Dodatna posebnost upravljanja prijenosnom mrežom u tržišnim uvjetima uočava se u pojavi kružnih tokova snaga na zagušenim poveznicama. Na primjer, u slučaju pojave zagušenja u regiji moguće je ugovoriti transakcije električne energije preko nezagušenih poveznica te na taj način formirati kružne tokove snage koje je ponajprije teško otkriti, a osim toga mogu izazvati niz sigurnosnih problema u pogonu na drugim poveznicama. Tipičan primjer predstavljaju transakcije između sjeverne Njemačke i Nizozemske koje često izazivaju ozbiljna zagušenja između Francuske i Belgije [1]. Čitav niz nesigurnosti i ograničenja koja se javljaju pri razmatranju i upravljanju zagušenjima naveden je u ovom članku i primijenjen na jednom jednostavnom primjeru.

## 2. PREPOZNAVANJE ZAGUŠENJA U PRIJENOSNOJ MREŽI

Prije zakonskih procedura za normalno funkcioniranje elektroenergetskog sustava u novim tržišnim okvirima potrebno je zadovoljiti određene tehničke norme i definirati regulacijske mehanizme. Ograničenja transakcija koja se javljaju na tržištu najčešće su vezana uz ograničenja

prijenosne moći među pojedinim regijama, odnosno uz zagušenja u prijenosnoj mreži. **Zagušenjem u prijenosnoj mreži naziva se stanje prijenosnog sustava u kojem proizvođači ili potrošači električne energije iskazu potrebu za proizvodnjom i potrošnjom električne energije na način koji bi uzrokovao pogon prijenosnog sustava na granici jednog ili više ograničenja.** Ta ograničenja podrazumijevaju prekoračenja termičkih granica opteretivosti elemenata, nezadovoljenje naponskih prilika ili nestabilnost rada sustava. Općenito se može reći da je interna mreža unutar nekog sustava razvijenija od prekograničnih poveznica među susjednim sustavima. Stoga se nakon otvaranja međunarodnog tržišta električne energije zagušenja često javljaju na prekograničnim poveznim vodovima. Posebnostima vlasništva, upravljanja i investiranja u povezne vodove te zagušenjima na poveznicama pridaje se značajna pozornost. Međunarodne institucije (npr. ETSO – European Transmission System Operators) predlažu rješenje zagušenja na prekograničnim poveznim vodovima, dok se problemi zagušenja u internim mrežama rješavaju između lokalnih Operatora sustava korištenjem vlastitih metoda i uglavnom bez velike međusobne koordinacije [2, 3]. Stoga prepoznavanje i upravljanje zagušenjima predstavlja važan, ali vrlo složen aspekt sigurnosti elektroenergetskog sustava i efikasnosti tržišta.

Zagušenje u prijenosnoj mreži jasan je pokazatelj financijske vrijednosti raspoloživih prijenosnih kapaciteta. U uvjetima idealnog tržišta, svaki korisnik sustava pojedinačno treba pokriti troškove koje njegove aktivnosti izazivaju u sustavu. U europskim prijenosnim sustavima uglavnom se koristi fiksna naknada za prijenos (mrežarina), koja je neovisna o udaljenostima. Na taj se način stvara jednostavan i transparentan model obračuna troškova prijenosa, ali takav model ne rezultira pravednom podjelom troškova izazvanih vlastitim aktivnostima i ne pruža cjenovni signal za potrebe izgradnje prijenosnog sustava. Stoga metode upravljanja zagušenjima mogu biti promatrane kao dopuna postojećim prijenosnim mrežarinama radi pravodobnog prepoznavanja i izbjegavanja troškova zagušenja.

Troškovi u prijenosnoj mreži općenito se dijele na kapitalne i pogonske troškove. U kapitalne troškove uključena je cijena svih komponenti sustava koje omogućuju izvođenje prijenosne djelatnosti. Pogonski troškovi dijele se na fiksne i varijabilne troškove. Najveći dio fiksnih troškova podrazumijeva troškove osoblja i održavanja, dok varijabilni troškovi obuhvaćaju troškove gubitaka i raznih pogonskih ograničenja. Povećanjem trgovanja električnom energijom pogonski troškovi proširuju se s dodatnom kategorijom: troškovima zbog prekograničnih transakcija koje podrazumijevaju uvoz, izvoz i tranzit energije. Prekogranične razmjene izvedive su samo ukoliko postoje dostatni proizvodni, ali i raspoloživi prijenosni kapaciteti koji mogu podržati željene transakcije. U slučaju nedostatnih prijenosnih kapaciteta

za realizaciju svih željenih transakcija dolazi do pojave zagušenja u prijenosnoj mreži. S obzirom da prekogranične transakcije ovise o topologiji prijenosne mreže (poveznoj i internoj) i kompletnoj pripadnoj opremi, može se reći da prekogranične transakcije imaju utjecaj i na kapitalne troškove prijenosa [4].

Očito se uvođenjem tržišnih osnova poslovanja u prijenosnu djelatnost značajno mijenjaju principi obračuna troškova prijenosa. S obzirom na činjenicu da je svaki elektroenergetski sustav poseban na svoj način, da tržište električne energije nije usporedivo s klasičnim tržištima drugih roba te s obzirom na opći nedostatak iskustva u provođenju elektroenergetske reforme, očito je potrebno razviti nove, specifične mehanizme upravljanja troškovima u prijenosnoj djelatnosti u tržišnim uvjetima. Zbog dugoročnog perioda planiranja i izgradnje te životnog vijeka elemenata prijenosne mreže sve pogreške i nepravodobno provedene aktivnosti mogu imati ozbiljne posljedice na pogon i razvoj cjelokupnog elektroenergetskog sustava.

Rad elektroenergetskog sustava u tržišnim uvjetima iziskuje objavljivanje mnoštva podataka o programima proizvodnje i potrošnje unutar svakog kontrolnog područja te između pojedinih kontrolnih područja. Bez razmjene potrebnih podataka Operator sustava nije u mogućnosti precizno definirati i izbjeći ograničenja u sustavu. Minimalna informacija koja mora biti objavljena između pojedinih sustava odnosi se na vrijednosti ostatne prijenosne moći – NTC (engl. *Net Transmission Capability*). NTC predstavlja vrijednost koja se odnosi na maksimalnu mogućnost razmjene snage između dvaju promatranih područja. Radi se o pokazatelju trenutačnih prijenosnih (tržišnih) mogućnosti na promatranoj poveznici. Prema preporukama Europske komisije, NTC vrijednost mora biti periodično proračunata i obnovljena radi određivanja tržišnih mogućnosti. Elektroenergetski sustav je vrlo dinamičan, zbog čega su NTC vrijednosti objavljene godinu, mjesec ili tjedan unaprijed vrlo nepouzdan. Čak i na dnevnoj razini NTC vrijednosti mogu biti značajno promijenjene zbog kružnih tokova snaga, ispada elemenata i sl. U tom smislu je vrlo važna suradnja među pojedinim Operatorima sustava, tim više što način proračuna NTC vrijednosti propisan od strane europskog udruženja operatora sustava (ETSO) nije trivijalan postupak. Pojednostavljenje izračuna NTC vrijednosti može dovesti do krivih signala sudionicima na tržištu, što može uzrokovati značajne poteškoće. Uz objavljivanje NTC vrijednosti potrebno je objaviti i druge podatke, kao što su gornja granica ukupne prijenosne moći (TTC – engl. *Total Transmission Capability*), statistička nesigurnost objavljenih podataka, ovisnost o raznim čimbenicima, kao npr. razmjenama u suprotnom smjeru [5, 6] itd.

Kad se dosegne razina razmjena jednaka NTC vrijednosti, Operator sustava ne dopušta realizaciju dodatnih transakcija. Tada se primjenjuje neka od metoda koja određuje prioritete korištenja NTC kapaciteta. Prioriteti se mogu odrediti na



više načina koji su opisani u idućem poglavlju. Prednost ovakvog pristupa je jednostavnost prema kojoj se objavljuju prijenosne mogućnosti (NTC), nakon čega sudionici na tržištu predaju svoje zahtjeve Operatoru sustava koji transakcije prihvaća ili odbacuje ovisno o rezultatima primijenjene metode upravljanja zagušenjem.

### 3. METODE UPRAVLJANJA ZAGUŠENJEM

Prije definiranja metoda upravljanja zagušenjem u vlastitom sustavu potrebno je opisati uvjete koje je nužno ispuniti prije njihove primjene. Osnovni uvjeti korišteni pri definiranju navedenih metoda su [7]:

- nepristranost;** za istu uslugu dva korisnika trebaju platiti istu cijenu i biti jednako tretirani,
- ekonomska učinkovitost;** individualno ponašanje proizvođača, potrošača i Operatora sustava treba biti usklađeno i dovedeno do optimalnog pogona sustava pomoću detaljno definiranih sustava stimulacija i kazni,
- transparentnost;** metoda i njena primjena moraju biti jasne svakom sudioniku,
- primjenjivost;** upravljanje zagušenjem mora uvijek biti izvedivo, jer je ključno za raspoloživost sustava,
- sukladnost s različitim vrstama ugovora i transakcija;** metoda mora biti primjenjiva na spot tržištu, te kod dugoročnih i kratkoročnih bilateralnih ugovora itd.

Pri definiranju metoda upravljanja zagušenjem potrebno je također predvidjeti i stimulacije prijenosnim tvrtkama, odnosno Operatorima sustava za učinkovitije iskorištavanje raspoloživih prijenosnih kapaciteta, odnosno povećanje ukupne ekonomske učinkovitosti prijenosne mreže.

Prije opisa pojedinih metoda upravljanja zagušenjem potrebno je navesti nekoliko dodatnih konkretnih postavki koje moraju biti ispunjene da bi upravljanje zagušenjem postiglo ranije navedene uvjete:

1. U donošenju odluka Operator sustava mora biti potpuno neovisan o proizvođačima, opskrbljivačima, trgovcima i krajnjim korisnicima,
2. Operator sustava ne smije imati konkurenciju. Susjedni Operatori moraju pronaći zajednička jedinstvena rješenja na obostranu korist. Suradnja i razmjena podataka ne smije biti razlog za odbacivanje bilo koje od navedenih metoda upravljanja zagušenjima,
3. zbog posebnosti organizacije tržišta na nekim područjima moguće je istodobno primijeniti i više različitih metoda (npr. u skandinavskim zemljama primjenjuje se razdvajanje tržišta i preraspodjela proizvodnje, što će kasnije biti detaljnije opisano),
4. ukoliko je potrebno, moguće je u jednom dijelu sustava primijeniti jednu metodu, a u drugom dijelu sustava drugu metodu upravljanja zagušenjima,

5. svi sudionici na tržištu mogu biti uključeni u upravljanje zagušenjima, a ne samo Operator sustava i proizvođače tvrtke,
6. nakon više incidenata tijekom ljeta 1997. godine u Belgiji na razini europskih Operatora sustava dogovoreno je da se umjesto modeliranja tzv. 'ugovorenih putanja' (engl. *contract path*) (na čemu se zasnivala većina trgovinskih transakcija) za potrebe analiza modeliraju realni, fizički tokovi snaga,
7. tretiranje postojećih, ranije sklopljenih dugoročnih ugovora pri rješavanju problema zagušenja ovisi o metodi, tj. procjenama pojedinih Operatora sustava, dok se povrat ranije ugovorenih investicija u prijenosne kapacitete (engl. *stranded costs*) važne za rješavanje zagušenja mora uvažiti pri rješavanju naknada za zagušenja,
8. da bi se osigurala efikasnost tržišta nužno je potvrditi rezervaciju prijenosnih kapaciteta dan prije realizacije transakcije, u suprotnom se gubi pravo na rezervirani kapacitet,
9. konačna odluka o prekograničnim transakcijama mora biti potvrđena od oba Operatora sustava, odnosno svih Operatora čiji sustavi sudjeluju u izvođenju transakcije (na taj način transakcija može biti odbijena ukoliko izaziva zagušenje u trećem sustavu).

Općenito se može reći da postoje dvije grupe metoda upravljanja zagušenjem: netržišno orijentirane metode i tržišno orijentirane metode. Dugoročni učinci ovih dviju grupa su različiti. Prva grupa osigurava jasne poticaje sudionicima na tržištu, ali ne i Operatoru i vlasniku prijenosnog sustava. Druga grupa metoda ima suprotni učinak.

Primjer **netržišno orijentiranih metoda** upravljanja zagušenjem predstavljaju metode prioriteta dugoročnih ugovora nad kratkoročnim, zatim metoda prioriteta prema brzini prijave, prema iznosu ukupne transakcije, prema omjeru postojećeg i zatraženog kapaciteta ili prema doprinosu ugovorene transakcije stvarnom toku snage.

Zajednička karakteristika ovih metoda je uvođenje arbitraže nad prijavljenim transakcijama, pri čemu donesene odluke ne pridonose ekonomski učinkovitom korištenju postojećih prijenosnih kapaciteta. Međutim, za razvoj tržišta električne energije vrlo je važno da odabrane metode upravljanja zagušenjem što manje ograničavaju trgovanje, a što više potiču Operatore sustava i sudionike na tržištu na efikasno iskorištenje postojećih kapaciteta.

S druge strane, **tržišno orijentirane metode** upravljanja zagušenjem se sve više prihvaćaju kao ekonomski učinkovitije i inicijalno nediskriminirajuće. Također, ove metode daju poticaj za izgradnju dodatnih prijenosnih kapaciteta, što doprinosi bržem razvoju elektroenergetskog sustava i tržišta električne energije. U tablici 1 predstavljene su metode upravljanja zagušenjem.

Tablica 1. Metode upravljanja zagušenjem

Metode upravljanja zagušenjem	Netržišne metode	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. prema vrsti ugovora</li> <li>2. prema brzini prijave</li> <li>3. prema iznosu ukupne transakcije</li> <li>4. prema omjeru postojećeg i zatraženog kapaciteta</li> <li>5. prema udjelu u stvarnim tokovima snaga</li> </ol>
	Tržišne metode	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. eksplicitna aukcija</li> <li>2. implicitna aukcija</li> <li>3. razdvajanje tržišta</li> <li>4. preraspodjela proizvodnje</li> <li>5. trgovina u suprotnom smjeru</li> </ol>

### 3.1. Netržišno orijentirane metode

Prioriteti korištenja koji se navode kod netržišno orijentiranih metoda definirani su za podjelu raspoloživih NTC kapaciteta. Međutim, isti prioriteti mogu se koristiti kod svih ostalih aktivnosti na tržištu kod kojih je ukupni iznos željenih transakcija veći od mogućnosti realizacije. Općeniti nedostatak svih netržišnih metoda je u tome što pri upravljanju zagušenjima ne uključuju nikakve stimulacije za sudionike na tržištu (Operatore sustava, proizvođače, trgovce ili krajnje kupce) i stoga ne stimuliraju učinkovitije trgovanje i korištenje sustava.

#### 3.1.1. Prioritet prema vrsti ugovora

Ova metoda predstavlja najjednostavniju metodu upravljanja zagušenjem, a definirana je na način da transakcije definirane dugoročnim ugovorima imaju prednost pri korištenju prijenosnih kapaciteta nad transakcijama definiranim kratkoročnim ugovorima. Vremensku granicu između ovih dviju vrstu ugovora unaprijed određuje Operator sustava. Osnovna prednost ove metode je da se potiče planiranje i ugovaranje na dugoročnoj razini, a mana se očituje u mogućem nedostatku kapaciteta za realizaciju kratkoročnih ugovora nužnih za dinamičnost i razvoj tržišta.

#### 3.1.2. Prioritet prema brzini prijave

Prva vremenski pristigla prijava za određeni period i određeni kapacitet prijenosa ima prednost nad ostalim prijavama. Kad iznos rezerviranih kapaciteta dosegne vrijednost objavljenog NTC-a, Operator sustava ne prihvaća dodatne ponude. Svaka rezervacija mora biti potvrđena dan prije realizacije. Svaka promjena rasporeda mora biti dostavljena Operatoru sustava, dok se posebni iznosi kazni plaćaju za promjene u posljednji trenutak. Ova metoda stimulira tržišne sudionike na dugoročne prognoze, kao i na preciznije određivanje iznosa predviđenih transakcija. Međutim, u nekim slučajevima ova metoda ne ostavlja prostor za kratkoročno planiranje koje je nužno za dinamičnost i razvoj tržišta tako što se dugoročnim

ugovorima blokiraju prijenosni kapaciteti koji bi mogli biti iskorišteni u kratkoročnim transakcijama. Ovaj problem se rješava na način da se uvedu kazne za nekorištenje rezerviranih prijenosnih kapaciteta ili se po principu 'iskoristi ili izgubi' (engl. *use or lose*) rezervirani prijenosni kapacitet oduzima u slučaju nekorištenja.

#### 3.1.3. Prioritet prema iznosu ukupne transakcije

Ova metoda može se koristiti samo za trgovinu na tržištu organiziranom kao u Španjolskoj, Nizozemskoj ili Skandinaviji. Radi davanja prioriteta najekonomičnijem sudioniku tržišta dodjela prijenosnih kapaciteta obavlja se u skladu s cijenama i to na način da se prioritet prodaje daje ponuđačima s najnižim prodajnim cijenama električne energije, dok se prioritet kupovine daju kupcu s najvišom ponuđenom kupovnom cijenom. Drugim riječima, u slučaju zagušenja preuzima se snaga najjeftinijih ponuđača (dakle prema rastućem nizu cijena) i osigurava opskrba potrošača koji su spremni platiti najvišu cijenu električne energije (dakle prema padajućem nizu cijena), a sve dok se ne popune raspoloživi prijenosni kapaciteti. Premda je ovo netržišna metoda, ona ponekad može osigurati snažne ekonomske poticaje sudionicima na tržištu, ali iziskuje precizno određene granice cijena na tržištu postavljene od strane regulatora kako bi se izbjegle zloupotrebe.

#### 3.1.4. Prioritet prema omjeru postojećeg i zatraženog kapaciteta

Ova metoda je krajnje jednostavna, ali često dovodi do neekonomičnog korištenja prijenosne mreže. Naime, prema ovoj metodi u slučaju zagušenja realizira se samo dio svake pojedine transakcije i to onaj dio koji je jednak omjeru postojećeg i zatraženog kapaciteta. Ova metoda ne uvodi nikakve poticaje za smanjenje zagušenja ni za sudionike, ni za Operatora sustava. I ova metoda zahtijeva određene regulatorne procedure kojima bi se spriječilo umjetno povećavanje prijavljenih transakcija radi dobivanja većeg prijenosnog kapaciteta. Ovakav pristup koristi se na talijanskim poveznicama za prijenosni kapacitet koji preostane nakon realizacije dugoročnih ugovora.

### 3.1.5. Prioritet prema doprinosu ugovorene transakcije stvarnom toku snage

Operator sustava dužan je proračunati doprinos svake ugovorene transakcije stvarnom toku snage promatranom poveznicom i na osnovi toga definirati prioritet. Ovom metodom se prijenosni kapacitet dodjeljuje prema omjeru toka snage promatranom poveznicom koji je uzrokovan transakcijom i iznosom ugovorene transakcije. Ovaj omjer još se naziva i faktor udjela (engl. *participation factor*). Važno je napomenuti da se udio promatrane transakcije računa neovisno o drugim transakcijama. Dakle, ukoliko zbroj stvarnih tokova snaga prelazi prijenosnu moć voda, transakcijama se pridjeljuje dio raspoloživog prijenosnog kapaciteta koji je jednak pojedinačnim faktorima udjela. Ova metoda je pregledna, jer se stvarni tokovi snaga i faktori udjela računaju neovisno o drugim transakcijama. Nedostatak ove metode očituje se pri postojanju samo jedne transakcije. Također, proizvođači koji su električki udaljeni od mjesta zagušenja imat će male faktore udjela, pa će prema tome biti favorizirani.

## 3.2. Tržišno orijentirane metode

U tablici 1 navedeno je pet tržišno orijentiranih metoda. One se mogu podijeliti u dvije grupe: metode temeljene na troškovima zagušenja i korektivne metode.

Prva grupa metoda funkcionira na principu povišenja cijene prijenosnog kapaciteta u zagušenom dijelu mreže kako bi se smanjile transakcije i na taj način izbjeglo zagušenje. Ova grupa metoda obuhvaća eksplicitnu i implicitnu aukciju te razdvajanje tržišta.

Druga grupa tržišno orijentiranih metoda podrazumijeva jednako funkcioniranje tržišta prije i za vrijeme nastanka zagušenja te prepušta Operatoru sustava brigu o sigurnosti pogona sustava. Drugim riječima sudionici na tržištu ne osjećaju nikakve posljedice nastanka zagušenja u mreži. Postoje samo dvije ovakve metode: preraspodjela proizvodnje (engl. *redispatching*) i trgovina u suprotnom smjeru (engl. *counter trading*). Ukoliko se primjenjuju ove metode sudionici na tržištu ne osjećaju nastanak zagušenja. Tijekom zagušenja svim sudionicima na tržištu omogućeno je trgovanje jednako kao tijekom normalnog pogona, kao da nema nikakvih ograničenja. Kad se pojavi zagušenje, Operator sustava samostalno poduzima akcije izbjegavanja zagušenja.

### 3.2.1. Eksplicitna aukcija

Eksplicitna aukcija je jedna od najčešćih tržišno orijentiranih metoda upravljanja zagušenjem na poveznim vodovima u Europi. Pri tome Operatori sustava između čijih se sustava pojavilo zagušenje prodaju prijenosne kapacitete prema principu licitiranja. Svakako najvažniji dio postupka aukcije je propisivanje pravila postupka licitiranja. U

tradicionalnom poimanju aukcije podrazumijeva se da ponuđači plate onoliko koliko ponude. Međutim, kada je kapacitet poveznog voda podijeljen između više ponuđača, to bi značilo da različiti ponuđači plaćaju različite cijene za isto dobro. Stoga se kod takvih slučajeva najčešće kao alternativa koristi princip najnižeg iznosa ponude kojoj je dodijeljen kapacitet (marginalne cijene). U tom slučaju ponuđači koji ponude višu cijenu dobiju kapacitet po nižoj, marginalnoj cijeni. Ovaj postupak potiče ponuđače da objavljuju ponude prema svojim stvarnim željama i mogućnostima plaćanja, bez bojazni od previsoke konačne cijene. Razlika između eksplicitne aukcije i netržišne metode prioriteta prema iznosu ukupne transakcije je u tome što se kod netržišne metode automatski s primitkom svih početnih prijava dodjeljuje prijenosni kapacitet, dok se kod aukcije nakon pojave zagušenja organizira posebna aukcija s novim prijavama za podjelu prijenosnih kapaciteta. Osim postupka licitiranja potrebno je odrediti i druge ulazne varijable, kao npr. vremenski period aukcije (dani, tjedni, mjeseci ili godine) te sigurnost zakupljenih prava na prijenosni kapacitet.

Potrebno je napomenuti da eksplicitna aukcija odjeljuje tokove energije od prijenosnih kapaciteta. Ova karakteristika može biti prihvaćena kao generalni princip razdvajanja trgovine od monopolističke, regulirane djelatnosti prijenosa. Međutim, za tržišne sudionike ovaj princip može izazvati problem, jer je za jednu transakciju energije potrebno obaviti dvije odvojene procedure: jednu za energiju, a drugu za prijenosni kapacitet, što naravno može povećati ukupne troškove transakcije. Također, ovakva složenost realizacije cjelokupne transakcije može izazvati dodatne probleme ukoliko se jedna transakcija energije realizira preko više zagušenih poveznica ili paralelnih poveznica od kojih su neke zagušene.

S druge strane, eksplicitna aukcija ima i određene prednosti. Ovakvim postupkom u slučaju zagušenja automatski se osiguravaju sredstva za izgradnju dodatnih prijenosnih kapaciteta. Također, eksplicitnu aukciju moguće je realizirati i na poveznicama sustava koji ne sudjeluju na burzi te u slučaju dvaju ili više sustava koji imaju različite mrežarine u prijenosnoj djelatnosti. Sve navedeno objašnjava robusnost ovakvog rješenja upravljanja zagušenjem te široku primjenu i popularnost u Europi (poveznice Njemačka/Belgija – Nizozemska, Francuska – V. Britanija, V. Britanija – Irska, Danska – Njemačka) [8].

### 3.2.2. Implicitna aukcija

Implicitna aukcija značajno se razlikuje od eksplicitne. Zainteresirani ponuđači natječu se unutar organizirane burze i to u području s višom cijenom, odnosno na onom kraju zagušenog voda koji se nalazi u području s višom cijenom (engl. *high-price end*). Ukoliko se radi o prekograničnoj poveznici, ponuđači se natječu u državi u koju žele izvoziti. Pri tome Operator sustava poznaje krivulje

ponude i potražnje te zatim postavlja dodatnu cijenu na sve ponude i to u iznosu koji omogućuje da razina potražnje za prijenosnim kapacitetom bude jednaka ukupnom prijenosnom kapacitetu. Ovakav pristup je jednostavniji za sudionike na tržištu, budući da je objedinjena transakcija energije i prijenosnog kapaciteta. Teorijski, sredstva koja ovim postupkom prikupi Operator sustava trebala bi biti jednaka sredstvima prikupljenim eksplicitnom aukcijom. Također, značajna razlika prema eksplicitnoj aukciji je u tome da Operator sustava sam definira i prikuplja naknadu za zagušenje. Nedostatak korištenja ovakve metode je da se ne razdvaja trgovanje energijom od prijenosnih kapaciteta te da je nužno imati organiziranu burzu barem na jednoj (skupljoj) strani zagušene poveznice. Budući da u Europi sustav burzi još uvijek nije razvijen u tolikoj mjeri, razumljiv je dosadašnji izostanak značajnijeg korištenja ove metode te se ovakav pristup koristi samo na poveznici Portugala i Španjolske.

### 3.2.3. Razdvajanje tržišta

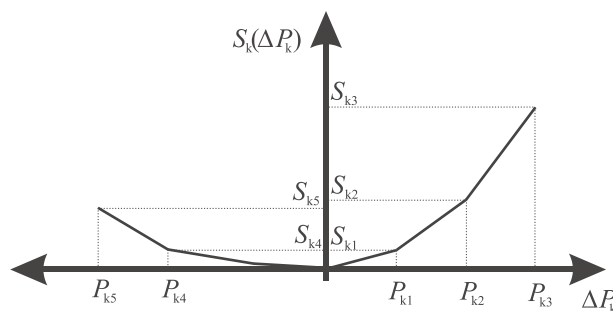
Razdvajanje tržišta predstavlja najsloženiju metodu upravljanja zagušenjem. Ova metoda zahtijeva organiziranu burzu na oba kraja zagušenog voda ili zajedničko tržište. Razdvajanje tržišta podrazumijeva i razliku u cijeni između dvaju razdvojenih područja, jer u suprotnom ne bi bilo značajnijih tokova snaga, pa ni zagušenja među promatranim područjima. Operator sustava unaprijed zaprima krivulje ponude i potražnje od svih sudionika i na temelju njih može predvidjeti pojavu zagušenja. Prilikom razdvajanja tržišta Operator sustava kupuje energiju u području s niskom cijenom i prodaje ga u području s visokom cijenom. Dodatnom kupovinom u jeftinijem području Operator sustava povisuje cijenu u tom području, a povećanjem ponude smanjuje u skupljem području te početno dodatno opterećuje zagušene poveznice. Međutim, istodobno se na taj način umjetno mijenja cijena energije u oba razdvojena područja, odnosno povećava cijena u jeftinijem i smanjuje u skupljem području. Posljedica toga je smanjenje iznosa budućih razmjena među promatranim područjima, pa samim tim i smanjenje zagušenja. Iznos konačno kupljene energije ograničen je krivuljama ponude i potražnje u promatranim područjima te kapacitetom zagušene poveznice. U navedenoj transakciji Operator sustava ostvaruje određeni profit. Iznos profita bi teorijski trebao biti jednak naknadama za zagušenje ostvarenim pri istim uvjetima korištenjem implicitne aukcije, odnosno marginalnoj cijeni kod primjene eksplicitne aukcije. Drugim riječima, ovaj iznos je jednak razlici cijena dvaju područja pomnoženom s ukupnim kapacitetom poveznice. Prednost razdvajanja tržišta je u tome što je princip vrlo jednostavan za sudionike na tržištu koji ne trebaju samostalno rješavati problem zagušenja, već to radi Operator sustava. Druga prednost ovakvog pristupa je brzina primjenjivosti. Postupak razdvajanja tržišta

započinje ukoliko se nakon objavljivanja svih ponuda na tržištu pojavi zagušenje. Tada Operator sustava preuzima brigu o rješavanju zagušenja te pojava zagušenja ne utječe na aktivnosti ostalih sudionika na tržištu.

Primjena metode razdvajanja tržišta uvjetovana je usklađenošću tržišta s obje strane zagušenih poveznica. Stoga je ova metoda do sada primijenjena samo u Norveškoj gdje je pokazala dobre rezultate. Daljnje istraživanje ove metode temelji se na primjenjivosti u izrazito uzamčenim mrežama. Mnogi stručnjaci očekuju najviše od ove metode u budućnosti.

### 3.2.4. Preraspodjela proizvodnje (redispatching)

Preraspodjela proizvodnje spada u grupu tržišnih metoda temeljenih na korektivnim aktivnostima. U slučaju pojave zagušenja Operator sustava u skladu s najpovoljnijim ponudama preraspodjeljuje proizvodnju elektrana kako bi se promatrano zagušenje izbjeglo. Pri tome se svi sudionici na tržištu ponašaju kao da zagušenje ne postoji, a korektivne radnje poduzima samo Operator sustava. Pri tome Operator sustava ima određene troškove, jer mora svakom dodatno angažiranom proizvođaču platiti dodatni angažman. Ovaj dodatni trošak predstavlja cjenovni signal Operatoru sustava za izgradnju dodatnog prijenosnog kapaciteta, što predstavlja prednost ove metode. Međutim, nedostatak ove metode je da takve cjenovne signale ne vide ostali sudionici na tržištu. Također, moguća je pojava tržišne moći (engl. *market power*) pojedinih proizvođača čija lokacija ima ključni utjecaj u izbjegavanju zagušenja. Pored toga, Operator sustava izravno utječe na angažmane elektrane, što može biti potencijalni izvor sukoba interesa, ukoliko Operator sustava i proizvođači nisu međusobno neovisni, već na tragu okomito organiziranih tvrtki. Ova metoda uvodi mogućnost realiziranja dodatnih transakcija preraspodjelom proizvodnje unutar razmatranog područja. Operator sustava mora imati ponude pojedinih proizvodnih tvrtki o tome kolika je cijena ( $S$ ) promjene njihove proizvodnje (povećanje i smanjenje proizvodnje  $-\Delta P$ ). Na slici 1 prikazana je ovisnost promjene cijene proizvodnje o promjeni angažmana elektrane. Ishodište koordinatnog sustava prikazuje ugovorenu vrijednost proizvodnje i cijene. Svako povećanje ili smanjenje proizvodnje izaziva povećanje ugovorene cijene.



Slika 1. Ponude za povećanjem i smanjenjem proizvodnje



Preraspodjela proizvodnje donosi dodatne troškove Operatoru sustava. Te troškove podmiruje sudionik tržišta koji je zainteresiran za dodatne transakcije koje premašuju prvotno objavljenu NTC vrijednost. Operator sustava može unaprijed objaviti neobvezujuće cijene preraspodjele proizvodnje kako bi odaslao određene tržišne signale i stimulacije. Međutim, objava takvih podataka iziskuje detaljne informacije o proizvodnim jedinicama, kao i složeni postupak predviđanja transakcija preko uskih grla i odgovarajućih cijena preraspodjele proizvodnje.

Posebnost skandinavskih sustava je u tome što troškove preraspodjele proizvodnje namiruje Operator sustava koji to uračunava u naknadu za prijenos, dakle u konačnici svi potrošači plaćaju troškove preraspodjele proizvodnje.

Odabir proizvodnih jedinica koje će povećati ili smanjiti proizvodnju izvodi se prema minimumu ukupnih troškova nastalih zagušenjem:

$$\min \left[ \sum_{k \in G} S_k (\Delta P_k) \right] \quad (1)$$

gdje je:  $S_k$  – cijena promjene proizvodnje generatora  $k$ ,  
 $\Delta P_k$  – promjena proizvodnje generatora  $k$ ,  
 $G$  – skup generatora čija preraspodjela proizvodnje može utjecati na smanjenje zagušenja.

Skup generatora čija preraspodjela proizvodnje može utjecati na smanjenje zagušenja definira se pomoću distribucijskih udjela  $D_{ij}$  (engl. *generalized generation distribution factors*) koji određuju utjecaj promjene proizvodnje pojedinog generatora  $\Delta P_k$  na promjenu opterećenja pojedinog prijenosnog voda  $\Delta P_{ij}$ .

$$\Delta P_{ij} = D_{ij,k} \Delta P_k \quad (2)$$

Prednost ove metode je u jednostavnosti i izvedivosti postupka, a nedostatak u ograničenju preraspodjele samo na interne proizvodne jedinice. Ukoliko se želi obaviti preraspodjela proizvodnih izvora između dvaju ili više različitih sustava (Operatora), koristi se metoda upravljanja zagušenjem koordiniranom prekograničnom preraspodjelom proizvodnje.

### 3.2.5. Trgovina u suprotnom smjeru (*counter trading*)

Trgovina u suprotnom smjeru također spada u korektivnu metodu upravljanja zagušenjem i predstavlja tržišno orijentiranu varijantu preraspodjele proizvodnje. Naime, kod preraspodjele proizvodnje Operator sustava izravno s proizvođačima ugovara dodatne angažmane, dok kod ove metode to radi na tržištu ugovarajući transakcije suprotne onima koje izazivaju zagušenje u prijenosnoj mreži. Pri tome Operator sustava ima dodatne troškove koji su jednaki ili veći od troškova klasične preraspodjele proizvodnje. Međutim, postupak je sada transparentan i tržišno utemeljen, iako ostaje mogućnost zloupotrebe uloge Operatora sustava s obzirom da on sudjeluje u trgovini. Na

taj način neovisnost Operatora može postati upitna, ukoliko nije provedeno potpuno razdvajanje djelatnosti.

### 3.3. Ekonomski efekt upravljanja zagušenjem u kratkoročnom razdoblju

Iz svega navedenog očito je da sve prikazane metode mogu kratkoročno riješiti ili ublažiti problem zagušenja u prijenosnoj mreži. Metode temeljene na troškovima zagušenja rezultiraju određenim tržišnim promjenama kojima se ostvaruje dodatni trošak te na taj način šalju određeni signali za efikasnije ponašanje tržišnih sudionika u kratkoročnom razdoblju. S druge strane metode korekcije također mogu biti indikativne, jer je Operator sustava prisiljen što efikasnije riješiti problem preraspodjelom proizvodnje ili novim transakcijama. Dakle, opisane metode rezultiraju određenim signalima namijenjenim ili Operatoru sustava ili tržišnim sudionicima, ali ni u jednom slučaju istodobno i Operatoru sustava i ostalim sudionicima [9]. Drugim riječima, rezultati primijenjenih metoda signaliziraju sudionicima potencijalno isplative lokacije novih elemenata sustava, njihove kapacitete, vrste tržišnih ponuda i sl. ili, u suprotnom, signaliziraju Operatoru potrebu za dodatnim prijenosnim kapacitetom. Značajan nedostatak dosadašnje razine razvijenosti opisanih metoda upravljanja zagušenjem je izostanak istodobnog poticaja za sve sudionike na tržištu i Operatora sustava. Prikupljene naknade za zagušenje su indikativne za trenutačnu tržišnu vrijednost zagušenog voda, ali ne i za vrijednost novog prijenosnog kapaciteta. Vrijednost novog prijenosnog kapaciteta je određena krivuljama ponude i potražnje u područjima povezanim zagušenim vodom.

Osim trenutačnog, kratkoročnog rješavanja problema potrebno je procijeniti ekonomske efekte u dugoročnom razdoblju.

Metode upravljanja zagušenjem temeljene na troškovima zagušenja rezultiraju konkretnim iznosima koji upućuju na trenutačnu tržišnu vrijednost zagušene poveznice. Rezultirajuća razlika cijena između dva područja odvojena zagušenom poveznicom jasno upućuje poruku proizvođačima o lociranju novih proizvodnih kapaciteta u području s višom cijenom, odnosno većom potražnjom, čime bi se automatski smanjila razina zagušenja u prijenosnoj mreži. Na taj način se smanjuje potreba za izgradnjom novih prijenosnih vodova, čime se smanjuju troškovi sustava u cjelini. Metode upravljanja zagušenjem temeljene na troškovima zagušenja imaju zajedničku karakteristiku da rezultiraju konkretnim prihodima. Teoretski se može dokazati da su naknade za zagušenje ostvarene eksplicitnom aukcijom pomoću marginalne cijene jednake ostvarenim iznosima implicitnom aukcijom ili razdvajanjem tržišta. Dakle, ukupan iznos naknade za zagušenje bez obzira kojom je metodom ostvaren, jednak je razlici cijena između dvaju područja povezanih zagušenom poveznicom pomnožen s instaliranom snagom poveznice. Važno je napomenuti da naknade za zagušenje ne ostaju

na slobodno korištenje Operatoru sustava, jer bi pri tom moglo doći do zloupotrebe položaja i umjetnog izazivanja zagušenja. Prikupljene naknade za zagušenje koriste se za: 1) izgradnju dodatnih prijenosnih kapaciteta radi smanjenja zagušenja u budućnosti ili 2) smanjenje naknada za korištenje prijenosne mreže (mrežarina).

Prednost troškovno orijentiranih metoda je u efikasnom ukazivanju tržišnim sudionicima na dugoročne poticaje, ali im je nedostatak da ne generiraju nikakve poticaje Operatoru sustava za pojačanje mreže. Drugim riječima, ukoliko se investicije u prijenosnu mrežu utemelje na rezultatima ovih metoda, neće postojati garancije da je dogradnja mreže izvršena na optimalnoj lokaciji i iznosu. U tom slučaju se preporuča korištenje raspoloživih metoda planiranja prijenosne mreže.

Korektivne metode upravljanja zagušenjem rezultiraju dugoročnim poticajima Operatoru sustava s aspekta investicija, odnosno proširenja mreže, dok takav poticaj izostaje za ostale sudionike na tržištu, budući da korištenjem ovakvih metoda sudionici tržišta ne osjećaju pojavu zagušenja u mreži, već dogovaraju i realiziraju transakcije na jednak način kao i bez zagušenja. Troškovi preraspodjele proizvodnje i trgovine u suprotnom smjeru mogu se usporediti s troškovima izgradnje novih vodova i posljedičnim smanjenjem troškova zagušenja te na taj način odrediti isplativost nove investicije. Međutim, ovakav pristup može ekonomski vrednovati samo trenutačni iznos smanjenja troškova zagušenja, dok se investicija odražava na dugoročno razdoblje. Promjene cijena, razina potrošnje i proizvodnje, cjenovna elastičnost itd. značajno utječu na zahtjeve za novim prijenosnim kapacitetima u budućnosti.

U izboru između analiziranih dviju grupa metoda upravljanja zagušenjem većina zemalja se odlučuje na metode temeljene na troškovima, jer smatraju da je važnije osigurati poticaje za nove lokacije i kapacitete proizvodnje i potrošnje, nego dogradnju prijenosne mreže. Dogradnja prijenosne mreže kao reguliranog monopola može se zaštititi regulatornim mehanizmima. Na taj način razvoj prijenosne mreže postaje reaktivan, umjesto proaktivan i predstavlja samo reakciju na nove prijavljene proizvodne kapacitete i nove potrošače, odnosno realizaciju njihovog priključka na mrežu. Ukoliko se nešto značajno ne promijeni, ovakvim pristupom u dogledno vrijeme razvoj elektroenergetskog sustava u cjelini ostat će utemeljen na pojedinačnim inicijativama i kombinaciji interesa pojedinih tržišnih sudionika.

### 3.4. Praktična primjenjivost

Osim poticaja kojima rezultiraju pojedine metode, potrebno je analizirati i njihovu praktičnu primjenjivost. Organizacijski gledano, metoda eksplicitne aukcije je vrlo jednostavna i primjenjiva u svim organizacijskim strukturama, budući da ne postavlja uvjete na organiziranost tržišta u okruženju, već se slobodno licitira prijenosnim

kapacitetima. U primjeru europskih elektroenergetskih sustava s različitim razinama i oblicima organiziranosti tržišta metoda eksplicitne aukcije je najrasprostranjenija. S druge strane, metoda implicitne aukcije i razdvajanje tržišta zahtijevaju postojanje organizirane burze te stoga nisu univerzalno primjenjivi. Korektivne metode također nemaju nikakve posebne zahtjeve na organiziranost tržišta, osim što Operator sustava mora biti ovlašten da ugovara preraspodjelu proizvodnje radi izbjegavanja zagušenja. Korektivne metode mogu biti korištene u svim sustavima u kojima regulatorno tijelo ovlasti Operatora sustava za takve aktivnosti.

Posebnu pozornost potrebno je posvetiti podložnosti sustava manipulacijama i zloupotrebama tijekom pojave zagušenja. Općenito se može reći da pojava zagušenja povećava rizik od pojave manipulacija, bez obzira koja se metoda upravljanja zagušenjem koristi. Primjerice, svaki sustav ima nekoliko vrlo važnih, nezamjenjivih proizvodnih jedinica, pa pri pojavi zagušenja njihov angažman može biti promijenjen (smanjen) samo uz vrlo velike troškove. Nijedna metoda upravljanja zagušenjem ne može samostalno riješiti ovaj problem, pa postoji stalna opasnost od posljedičnog značajnog povišenja troškova zagušenja. Korektivne metode koje podrazumijevaju uplitanje Operatora sustava u preraspodjelu proizvodnje ili dogovaranje transakcija automatski preuzimaju rizik od manipulacija. Proizvođači mogu formirati slobodno svoje ponude, pa tako i ponude koje su orijentirane samo na preraspodjelu proizvodnje ili trgovinu u suprotnom smjeru. Ovo može navesti proizvođače da svjesno formiraju svoje ponude tako da isforsiraju trgovinu u suprotnom smjeru koji im donosi veći profit. Birajući između preraspodjele proizvodnje i trgovine u suprotnom smjeru, očito je da je trgovina u suprotnom smjeru prihvatljivija, jer transparentno tržišno nadmetanje može donekle smanjiti rizik od moguće zloupotrebe.

Primjenjivost u upetljenim mrežama je jedna od važnih karakteristika analiziranih metoda. Npr. razdvajanje tržišta je kod jako upetljenih sustava vrlo teško provedivo. Također, aukcija se značajno komplicira pojavom zagušenja na višestrukim poveznicama ili nekima od njih čija opterećenja nisu međusobno neovisna. Ukoliko se na to nadovežu i kružni tokovi snaga, očito je da se kod upetljenih mreža upravljanje zagušenjem značajno usložnjava, bez obzira kojom metodom se upravlja zagušenjima. Ipak, korištenjem korektivnih metoda lakše je nadzirati kružne tokove snaga, jer se dio prijenosnih kapaciteta može rezervirati za kružne tokove snaga.

Konačni cilj upravljanja zagušenjem je stvaranje sveobuhvatne, sofisticirane metode kojom bi se određivali ukupni troškovi korištenja mreže svakog pojedinog korisnika, a ne samo tijekom pojave zagušenja.

Klasično funkcioniranje tržišta (burze) električne energije općenito se odvija u sljedećih pet koraka:

1. **definiranje ponuda:** proizvođači i potrošači šalju svoje ponude (cijene energije i iznose energije),

2. **odabir najpovoljnijih ponuda:** operator tržišta razmatra sve ponude i na temelju najpovoljnijih ponuda objavljuje kojim će sudionicima biti dopušteno prodavati i kupovati energiju u razmatranom intervalu,
3. **angažiranje izvora:** prema rezultatima odabira najpovoljnijih ponuda i provjere tehničkih mogućnosti sustava od strane Operatora sustava realizira se optimalni (ekonomski) dispečing i izračunavaju cijene energije za sve sudionike. Općenito, cijena kupljene električne energije može se podijeliti na dva dijela: troškovi proizvodnje i gubitaka prijenosa te troškovi zagušenja u mreži,
4. **naplata:** svim proizvođačima plaća se isporučena energija u skladu s definiranim cijenama i isporučenom količinom energije, jednako kao što svi potrošači plaćaju preuzetu energiju. U slučaju pojave zagušenja u mreži potpisnici posebnih financijskih ugovora (npr. ugovora o zagušenju u mreži, engl. *Transmission Congestion Contract ili Firm Transmission Rights - FTR*) ne plaćaju naknadu za zagušenje.
5. **uravnoteženje:** računa se razlika između ugovorenog i ostvarenog angažmana elektrana i potrošnje te usklađuju potraživanja.

U tržišnom okruženju neki proizvođač može odabrati opciju kontinuiranog angažmana, bez obzira na cijene na tržištu. U tom slučaju je njegova ponudena cijena energije jednaka nuli ili čak negativna, kako bi u svakoj opciji odabira najpovoljnijih ponuda angažman te elektrane bio osiguran (engl. *must run generators*). Slično, potrošači koji su cjenovno izrazito neelastični (engl. *must run load*) šalju ponude s iznimno visokom razinom cijene kako bi u svakoj opciji njihova ponuda bila najpovoljnija.

Zagušenje, odnosno određena ograničenja u prijenosnoj mreži mogu rezultirati povećanjem cijene isporučene električne energije. Trenutačno u svijetu postoje dva načina obračuna troškova zagušenja: uniformno (karakteristično za Europu) i lokacijsko (karakteristično za sjevernu Ameriku). U uniformnoj metodi svi proizvođači na spot tržištu su plaćeni istim iznosom za isporučenu električnu energiju, bez obzira na njihove pojedinačne početne ponude ili lokaciju u sustavu. Takva cijena još se naziva MCP (engl. *market clearing price*). Troškovi zagušenja u tom slučaju raspodjeljuju se jednako na sve potrošače, odnosno proporcionalno njihovom opterećenju. U drugoj, lokacijskoj metodi obračuna troškova zagušenja (engl. *locational marginal pricing – LMP*) posebna cijena je definirana za svako čvorište, ovisno o njihovoj lokaciji. Ta cijena definira se kao marginalni trošak proizvodnje kojim bi se pokrilo jedinično povećanje opterećenja u promatranom čvorištu. Ovaj marginalni trošak temelji se na ponudama proizvođača, angažmanima ostalih elektrana i ograničenjima u prijenosu. LMP iznos određuje se za jedno stanje sustava (ponude proizvođača, profil opterećenja za razmatrano razdoblje, topologija mreže, ograničenja u sustavu i sl.) te se mijenja sa svakim novim stanjem sustava,

tj. kontinuirano. Navedeni marginalni troškovi računaju se uvijek kad se javi zagušenje u mreži. Ukoliko nema zagušenja u prijenosnoj mreži, generatori se angažiraju na temelju njihovih pojedinačnih ponuda, a LMP iznosi su jednaki za sve čvorove u mreži, odnosno jednaki su MCP iznosima.

Općenito se može reći da zagušenje u mreži nastaje kad jeftinija proizvodnja ne može biti isporučena potrošačima zbog ograničenja u mreži. Zbog toga je potrebno angažirati druge, skuplje izvore energije, odnosno povećava se cijena energije. Takvo povećanje cijene energije naziva se trošak zagušenja u prijenosnoj mreži (engl. *Transmission Congestion Cost, TCC*). Dakle, razlika između početnih troškova angažmana elektrana (bez zagušenja) i konačnih troškova angažmana elektrana (zbog zagušenja angažmani su se promijenili) definira TTC vrijednost. Ranije spomenuti ugovori o zagušenju (engl. *Transmission Congestion Contracts ili Firm Transmission Rights - FTR*) predstavljaju financijske mehanizme upravljanja rizikom, a definiraju cijenu prijenosa električne energije između dvije točke, bez obzira na uvjete koji trenutačno vladaju mrežom. Opskrbljivač koji ima potpisan ugovor o zagušenju plaća samo dio cijene koji se odnosi na proizvodnju i gubitke u mreži, ali ne i dio koji se odnosi na zagušenje. Na taj način se subjekti na tržištu potiču na potpisivanje takvih ugovora unaprijed, odnosno potiču da unaprijed precizno definiraju svoje transakcije. U praksi se ugovor realizira na način da se električna energija kupuje i prodaje po punoj tržišnoj cijeni (uključujući naknadu za zagušenje), a naknadno se potpisniku ugovora o zagušenju kompenzira razlika koja se odnosi na zagušenje. Ugovori o zagušenju u mreži spominju se u ovom radu radi oslikavanja udjela naknade za zagušenje u ukupnoj tržišnoj cijeni.

#### 4. TROŠKOVI ZAGUŠENJA

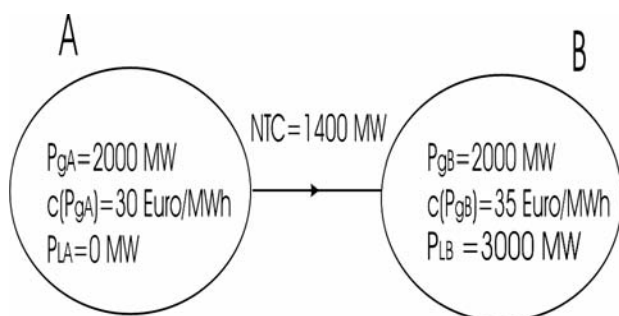
Vertikalno organizirane elektroprivrede tradicionalno su integrirale planiranje i upravljanje prijenosom i proizvodnjom. Ova koordinacija uključivala je i prepoznavanje troškova preraspodjele proizvodnje radi izbjegavanja preopterećenja u mreži. U okruženju otvorenog tržišta električne energije, s proizvodnjom poslovno potpuno odvojenom od prijenosa, troškovi zagušenja mogu biti vrijedne informacije o potencijalnim novim investicijama u prijenos, ali i u proizvodne objekte. Postoje tumačenja [12] da će, dugoročno gledajući, investicije u mrežu biti realizirane onog trenutka kada potrošačima postane ekonomično smanjiti troškove zagušenja i troškove gubitaka električne energije u sustavu. U tom smislu, razvoj mreže bit će određen od strane tržišta. Američka regulatorna komisija (FERC) u svom dokumentu Order 2000 propisuje da postupak planiranja prijenosne mreže mora počivati na tržišnim signalima i tržišnim rješenjima koji se uz razmatranje svih izvedivih varijanti (npr. izgradnja novih elektrana, preraspodjela postojeće proizvodnje i naravno izgradnja prijenosne mreže), odabiru



prema principu minimalnog troška. Stoga je planiranje izgradnje mreže u tržišnim uvjetima značajno složenije od klasičnog integriranog planiranja mreže. Osim toga, uvođenjem tržišta ne postoji jedan zajednički optimum izgradnje i vođenja sustava, već svaki sudionik na tržištu razvija vlastiti optimum poslovanja, bez obzira na sustav u cjelini. Štoviše, iz dosadašnje prakse brojni su primjeri korištenja nedostataka sustava radi ostvarenja vlastitog profita nekog od tržišnih sudionika. Planerima prijenosne mreže u tržišnim uvjetima prilikom formiranja objektne funkcije (optimiranja) preostaje samo korištenje varijable općedruštvene dobiti (engl. *social welfare*).

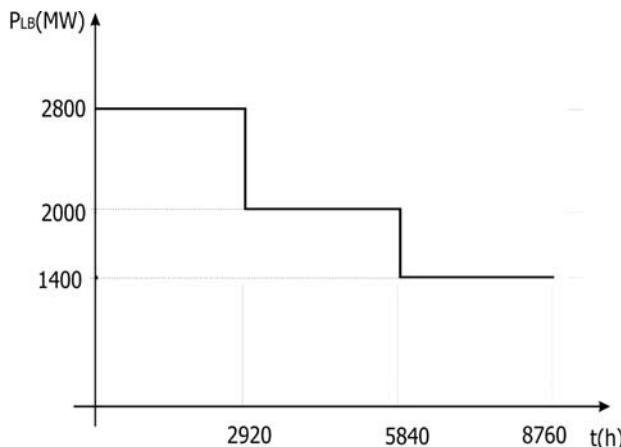
Odluka o tome gdje i kako nadograditi prijenosnu mrežu radi izbjegavanja zagušenja je vrlo složena. Naime, iznos troškova zagušenja u budućnosti je podložan mnogim nesigurnostima. Premda svjetski prosjek investicija u prijenosnu mrežu iznosi samo oko 10-15% ukupnih investicija u elektroenergetskom sustavu (iskustva okomito organiziranih elektroprivrednih tvrtki) te da su troškovi pogona prijenosa daleko manji od troškova proizvodnje, bilo bi neopravdano dograđivati prijenosni sustav koji nije nikad bio zagušen. Valja također napomenuti da u tržišnom okruženju ubuduće više neće biti moguće uspoređivati investicije u različitim djelatnostima (proizvodnja, prijenos, distribucija) s obzirom na činjenicu da se sada radi o upravljački, financijski i pravno potpuno razdvojenim tvrtkama (djelatnostima) i slobodnom tržišnom okruženju. Nesigurnosti troškova zagušenja odnose se na porast opterećenja, promjenjivost cijena s obzirom na promjene opterećenja (tzv. cjenovnu elastičnost), izgradnju novih i dekomisiju postojećih proizvodnih jedinica, troškove goriva i konačno ukupnu razinu cijene električne energije na tržištu.

U nastavku je prikazan jedan test primjer za ilustraciju navedenih nesigurnosti, njihovih odnosa i složenosti postupka. Pretpostavimo da postoje dva područja, A i B, udaljena 200 km. Područje A sadrži 2000 MW proizvodnih kapaciteta i nema instaliranog opterećenja, dok područje B uključuje 2000 MW proizvodnih kapaciteta i 3000 MW opterećenja. Pretpostavimo da je cijena proizvodnje u području A jednaka 30 €/MWh, u području B 35 €/MWh te da je ostatni prijenosni kapacitet (NTC) između područja A i B jednak 1400 MW (slika 2).



Slika 2. Primjer dvaju područja s različitim cijenama proizvodnje uz ograničeni prijenosni kapacitet poveznice

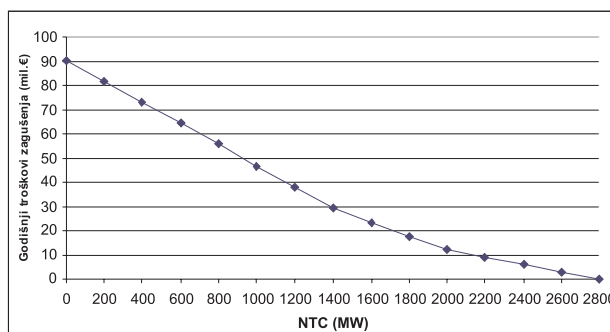
Opterećenje područja B tijekom godine varira između 1400 MW i 2800 MW, a zbog jednostavnosti proračuna pretpostavljena je godišnja krivulja trajanja opterećenja kao na slici 3.



Slika 3. Krivulja trajanja opterećenja u području B

Troškovi zagušenja određuju se kao razlika između: 1) ukupnih troškova proizvodnje koji kada je prijenosni kapacitet između dvaju područja ograničen i 2) ukupnih troškova proizvodnje kada je prijenosni kapacitet između dvaju područja neograničen. Troškovi proizvodnje u oba slučaja računati su za svaki sat promatranog vremenskog razdoblja.

Slika 4 prikazuje izračunate godišnje troškove zagušenja kao funkciju iznosa prijenosnog kapaciteta između dvaju promatranih područja. S 0 MW međupodručnog prijenosnog kapaciteta potrošači u području B plaćaju oko 90 mil.€ godišnje zbog zagušenja u prijenosnoj mreži. Ukoliko se iznos međupodručnog prijenosnog kapaciteta poveća, troškovi zagušenja će opadati budući da će pasti i broj sati godišnje u kojima se pojavljuje zagušenje. Rezultati provedenih proračuna prikazani su na slici 4.



Slika 4. Odnos godišnjih troškova zagušenja i međupodručnog prijenosnog kapaciteta

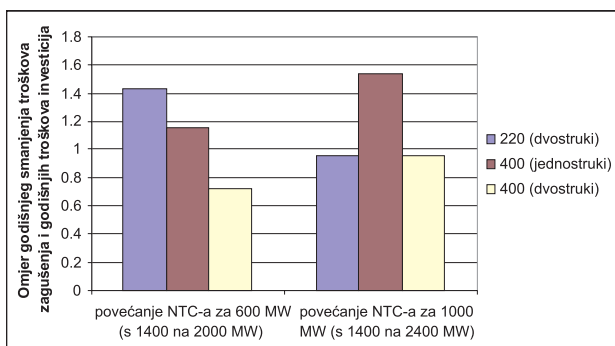
Međutim, iz slike 4 vidi se očita nelinearnost odnosa troškova zagušenja i međupodručnog prijenosnog kapaciteta. Povećanje međupodručnog prijenosnog kapaciteta s 0 MW na 600 MW rezultira godišnjom



uštedom od 25.98 mil.€, daljnjim povećanjem prijenosnog kapaciteta sa 600 MW na 1200 MW smanjuju se godišnji troškovi zagušenja za daljnjih 26.28 mil.€, povećanjem prijenosne moći s 1200 MW na 1800 MW smanjenje godišnjih troškova zagušenja iznosi 20.44 mil.€, dok povećanjem prijenosa s 1800 MW na 2400 MW smanjenje godišnjih troškova zagušenja iznosi dodatnih 11.68 mil.€. Razlika troškova zagušenja između razmatranih područja u slučaju međupodručnog prijenosnog kapaciteta od 2800 MW u odnosu na slučaj bez međupodručnog prijenosnog kapaciteta iznosi oko 90 mil.€ godišnje.

#### 4.1. Utjecaj izgradnje novih prijenosnih kapaciteta na troškove zagušenja

Sada se postavlja pitanje koliko bi koštala izgradnja dodatnog prijenosnog voda između područja A i B? Cijena kilometra prijenosnog voda značajno raste s povećanjem naponskog nivoa. Međutim, istodobno s porastom naponskog nivoa značajno se smanjuje jedinična cijena prijenosnog kapaciteta (€/MW). Iako je u načelu jeftinije izgraditi prijenosni vod većeg presjeka (prijenosne moći), postavlja se pitanje koliko povećati prijenosni kapacitet. Kao odgovor na ovo pitanje dobije se nelinearan odnos između dobiti koja nastaje izgradnjom novog prijenosnog voda (smanjenje troškova zagušenja) i troškova izgradnje. Rezultati provedenih proračuna prikazani su na slici 5.



Slika 5. Odnos povećanja prijenosnog kapaciteta i benefit/cost omjera

Pretpostavljeni su fiksna diskontna stopa od 10% kojom se ukupni trošak izgradnje svodi na godišnji trošak te prosječni troškovi izgradnje prijenosnih vodova. U ovom primjeru cilj je povećati prijenosnu moć između razmatranih područja za 600 MW, pa prema tome ima smisla izgraditi dvostruki 220 kV ili jednostruki 400 kV vod, ali nikako dvostruki 400 kV vod, jer je omjer dobiti i troška (benefit/cost) manji od 1 i iznosi oko 0.73. Ukoliko je cilj izgraditi 1000 MW dodatnog prijenosnog kapaciteta, očito je da je omjer benefit/cost veći od 1 samo za jednostruki 400 kV vod. Benefit/cost omjer za 400 kV vod raste sa željenim povećanjem kapaciteta sa 600 MW na 1000 MW. Sa slike 5 očito je da je u slučaju povećanja NTC-a za 600 MW omjer godišnjeg smanjenja troškova zagušenja i godišnjih troškova izgradnje (omjer benefit/cost) dvostrukog 220

kV voda jednak 1.44, dok za 400 kV vod taj omjer iznosi 1.15. Izgradnja dvostrukog 400 kV voda u tom slučaju nije isplativa, jer je omjer smanjenja godišnjih troškova zagušenja i godišnjih troškova investicija manji od 1. Očekivano, za povećanje NTC-a za 1000 MW razmatrani omjeri su znatno drugačiji. Naravno, ovaj primjer se odnosi samo na kriterij smanjenja godišnjeg troška zagušenja, dok su ostali kriteriji izgradnje dodatnih prijenosnih kapaciteta zanemareni.

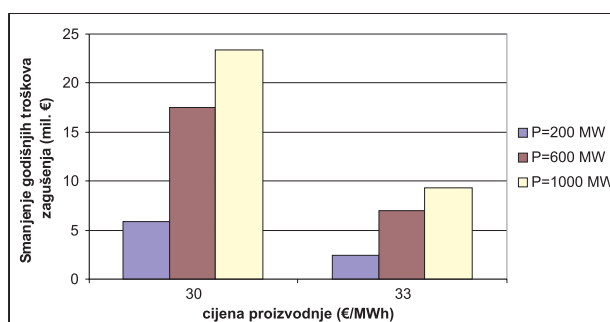
Smanjenje godišnjih troškova zagušenja u opisanom primjeru izračunato je uz pretpostavku nepromijenjenih ostalih karakteristika sustava, odnosno bez izgradnje novih proizvodnih objekata, porasta opterećenja, cjenovne elastičnosti i sl. Sljedeća poglavlja opisuju utjecaj i tih čimbenika na ukupne troškove zagušenja.

#### 4.2. Utjecaj izgradnje novih proizvodnih kapaciteta na troškove zagušenja

Osim izgradnje dodatnog prijenosnog kapaciteta promotrit će se benefit/cost omjer u slučaju izgradnje novog proizvodnog kapaciteta u području B, dakle u području potrošnje. Dodavajući novi proizvodni kapacitet s ponudenom tržišnom cijenom u iznosu od 30 €/MWh, odnosno 33 €/MWh smanjuju se troškovi zagušenja kako je prikazano na slici 6.

Izgradnjom 200 MW, 600 MW ili 1000 MW novih proizvodnih kapaciteta u području B s cijenom proizvodnje od 30 €/MWh godišnji troškovi zagušenja smanjuju se oko 5 mil.€, 18 mil.€ i 23 mil.€ respektivno. Ukoliko su troškovi proizvodnje (odnosno ponudena tržišna cijena) novoizgrađenog proizvodnog kapaciteta u području B jednaki 33 €/MWh, godišnje smanjenje troškova zagušenja izgradnjom proizvodnog objekta snage 200 MW bit će oko 2 mil.€ (skraćeno 2 M€), izgradnjom proizvodnog objekta snage 600 MW smanjenje godišnjih troškova zagušenja bit će oko 7 M€, a izgradnjom proizvodnog objekta snage 1000 MW oko 9 M€.

Smanjenje godišnjih troškova zagušenja pri cijeni proizvodnje novoizgrađenog proizvodnog objekta od 33 €/MWh iznosi oko 40% uštede koja bi se pojavila u ekvivalentnom slučaju uz troškove proizvodnje od 30 €/MWh.

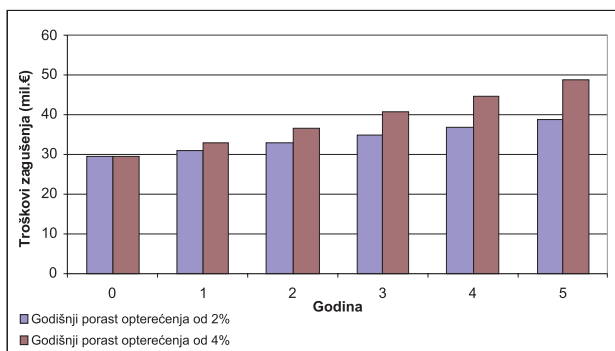


Slika 6. Smanjenje troškova zagušenja u ovisnosti o iznosu i cijeni novoizgrađenih proizvodnih kapaciteta u području B

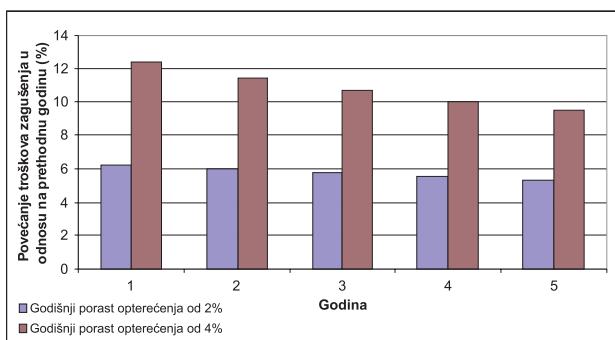
Konačno, veličinom izgradnje i cijenom proizvodnje koju nude nove proizvodne jedinice u području B značajno se određuje isplativost izgradnje novih prijenosnih kapaciteta između područja A i B. U promatranom primjeru analizirana ovisnost troškova zagušenja o proizvodnim cijenama i snazi elektrana nelinearnog je karaktera.

### 4.3. Utjecaj porasta opterećenja na troškove zagušenja

Osim izgradnje dodatnih prijenosnih ili proizvodnih kapaciteta, potrebno je razmotriti što se događa s troškovima zagušenja u slučaju porasta opterećenja u području B, uz nepromijenjene ostale karakteristike razmatranog sustava. Pretpostavimo da porast potrošnje iznosi 2% godišnje. U tom slučaju godišnji troškovi zagušenja u prvih pet godina iznose 31 M€, 32.9 M€, 34.7 M€, 36.6 M€ i 38.6 M€. U slučaju godišnjeg porasta opterećenja u iznosu od 4% godišnji troškovi zagušenja su nešto viši i iznose 32.8 M€, 36.6 M€, 40.5 M€, 44.6 M€ i 48.8 M€. Proračunati međusobni odnosi navedenih vrijednosti prikazani su slikama 7, 8 i 9.



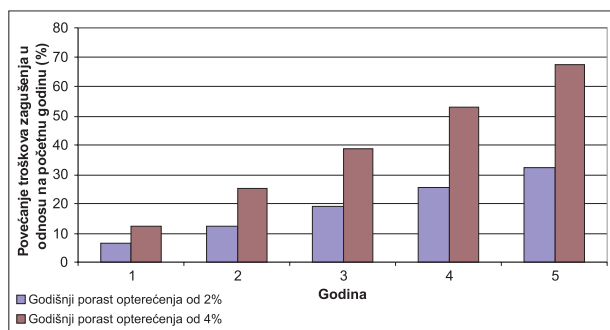
Slika 7. Godišnji troškovi zagušenja uz godišnji porast opterećenja u području B od 2%, odnosno 4%



Slika 8. Postotno povećanje godišnjih troškova zagušenja u odnosu na prethodnu godinu uz godišnji porast opterećenja u području B od 2%, odnosno 4%

Navedene vrijednosti troškova zagušenja odnose se na slučaj da se u međuvremenu nije izgradio nijedan dodatni proizvodni ili prijenosni kapacitet. Dakle, porast

opterećenja uzrokuje povećanje isplativosti investicija u prijenosne i proizvodne kapacitete.

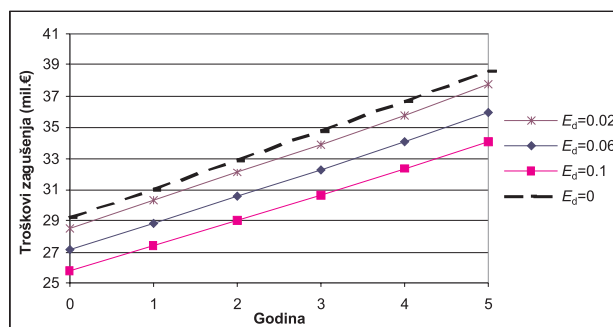


Slika 9. Postotno povećanje godišnjih troškova zagušenja u odnosu na početnu godinu uz godišnji porast opterećenja u području B od 2%, odnosno 4%

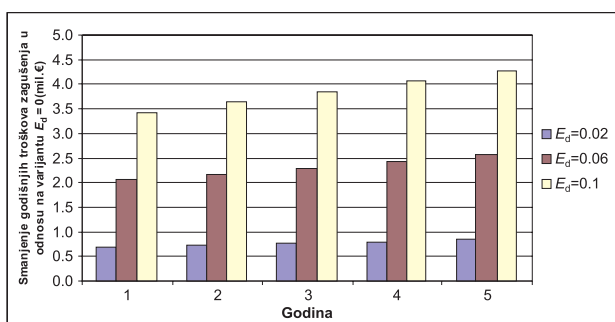
### 4.4. Utjecaj cjenovne elastičnosti opterećenja na troškove zagušenja

Uvođenjem tržišta električne energije uvodi se i pojam cjenovne elastičnosti opterećenja. Cjenovna elastičnost opterećenja (engl. *price elasticity of demand*,  $E_d$ ) računa se kao omjer promjene opterećenja i promjene cijene električne energije. Budući da iznos opterećenja opada s porastom cijene, cjenovna elastičnost je uvijek negativnog predznaka. Međutim, najčešće se koristi njena apsolutna vrijednost, pa se  $E_d$  uvijek navodi kao pozitivan broj. S obzirom da se računa s proporcionalnim promjenama opterećenja i cijene, cjenovna elastičnost nema jedinicu te ne ovisi o jedinicama u kojima su navedene cijene i opterećenja.

Neka je u razmatranom primjeru cjenovna elastičnost definirana u tri varijante:  $E_d=0.02$ ,  $E_d=0.06$ ,  $E_d=0.1$  te neka je istodobno godišnji porast opterećenja u području B jednak 2%. To znači da će se u slučaju  $E_d=0.1$  i promjene cijene od 10%, opterećenje smanjiti približno za 1%. Riječ 'približno' ovdje se koristi zato što egzaktni rezultat ovisi o tome koristi li se u obračunu početna ili krajnja točka, o čemu će biti više govora kasnije.



Slika 10. Ovisnost godišnjih troškova zagušenja o cjenovnoj elastičnosti opterećenja



Slika 11. Smanjenje godišnjih troškova pojedinih varijanti cjenovne elastičnosti opterećenja u odnosu na varijantu potpune cjenovne neelastičnosti ( $E_d=0$ )

U ovom primjeru, kako faktor cjenovne elastičnosti opterećenja raste (0.02, 0.06 i 0.1), troškovi zagušenja se prve godine smanjuju s 30.3 M€ ( $E_d=0.02$ ) na 28.8 M€ ( $E_d=0.06$ ), odnosno 27.4 M€ ( $E_d=0.1$ ). Slika 10 prikazuje utjecaj cjenovne elastičnosti opterećenja na godišnje troškove zagušenja. Za raspone prikazane na slici 9 porast troškova zagušenja u odnosu na prethodnu godinu varira između 5.3% i 6.2%, uz konstantan međupodručni prijenosni kapacitet i konstantan iznos proizvodnih kapaciteta. Očito je da vrlo mala cjenovna elastičnost opterećenja u ovom primjeru donosi značajne promjene troškova zagušenja (slika 11).

Kada se govori o cjenovnoj elastičnosti potrebno je napomenuti da kod linearne krivulje opterećenja cjenovna elastičnost varira duž krivulje. Za male promjene cijene i opterećenja, razlike među tako dobivenim rezultatima su obično zanemarive, ali kod većih promjena ova razlika može biti značajna. Zbog toga se najčešće navodi da je cjenovna elastičnost približno jednaka nekom iznosu.

Kako bi se riješio ovaj problem može se definirati prosječna cjenovna elastičnost opterećenja. Prosječna cjenovna elastičnost koristi prosječnu vrijednost od početnog i krajnjeg iznosa opterećenja i prosječnu vrijednost početne i krajnje cijene kada se računa proporcionalna promjena tih veličina. Matematički, prosječna cjenovna elastičnost se definira kao:

$$\bar{E}_d = \frac{\frac{Q_2 - Q_1}{(Q_2 + Q_1) / 2}}{\frac{P_2 - P_1}{(P_2 + P_1) / 2}} \quad (3)$$

gdje je:  $Q_1$  – početno opterećenje  
 $Q_2$  – konačno opterećenje  
 $P_1$  – početna cijena  
 $P_2$  – konačna cijena

#### 4.4.1. Cjenovna elastičnost i neelastičnost

U nastavku se kratko razmatraju neke karakteristične vrijednosti cjenovne elastičnosti.

#### $E_d > 1$

U ovom slučaju, opterećenje je cjenovno elastično, što znači da će promjena cijene izazvati velike promjene opterećenja. U slučaju  $E_d = \infty$ , kaže se da je opterećenje maksimalno cjenovno elastično, a krivulja opterećenja je vodoravna. Za proizvode koji imaju relativno visoku cjenovnu elastičnost povećanje cijene rezultirat će smanjenjem prihoda, budući da izgubljeni prihod od smanjenja prodaje proizvoda neće biti u potpunosti nadoknađen povećanjem cijene.

#### $E_d < 1$

U ovom slučaju, opterećenje je cjenovno neelastično, što znači da će promjena cijene izazvati male promjene opterećenja. U slučaju  $E_d = 0$ , kaže se da je opterećenje maksimalno cjenovno neelastično, a krivulja opterećenja je okomita, dakle neovisna o cijeni. Prilikom prodaje proizvoda koji imaju relativno visoku cjenovnu neelastičnost povećanje cijene treba rezultirati povećanjem prihoda, budući da izgubljeni prihod od smanjenja prodaje proizvoda treba biti manji od prihoda dobivenog povećanjem cijene.

#### $E_d = 1$

U ovom slučaju kaže se da opterećenje (ili općenito neki proizvod) ima jediničnu cjenovnu elastičnost, odnosno da male promjene cijene ne utječu na ukupni prihod. Postotni iznos promjene cijene jednak je postotnoj posljedičnoj promjeni iznosa opterećenja.

Konačno, može se reći da postoji 6 čimbenika koji utječu na cjenovnu elastičnost:

1. postojanje rezerve: što je više rezervi, elastičnost je veća. Broj rezervi ovisi o vrsti proizvoda koji se razmatra,
2. stupanj potrebe ili luksuza: luksuzni proizvodi najčešće imaju veliku cjenovnu elastičnost. Neki proizvodi inicijalno imaju nizak stupanj potrebe, a najčešće se odnose na zadovoljavanje navika i nerijetko mogu s vremenom zavrijediti veći stupanj potrebe,
3. udio proizvoda u ukupnom budžetu proizvođača: proizvodi koji predstavljaju veći dio ukupnog budžeta proizvođača imaju veću cjenovnu elastičnost,
4. raspoloživo vrijeme: cjenovna elastičnost je veća tijekom dužeg raspoloživog vremenskog perioda jer potrošači imaju više vremena prilagoditi svoje ponašanje,
5. privremenost ili konstantnost promjene cijene: jednodnevne promjene cijene rezultiraju drugačije od konstantnih promjena cijena,
6. karakteristični iznosi cijena: smanjenje cijene s 2.00 € na 1.99 € može izazvati veću reakciju potrošača nego promjena s 1.99 € na 1.98 €.

Iz svega navedenog očito je da je za prethodni primjer odabrana vrlo jednostavna (konstantna) i vrlo mala cjenovna elastičnost opterećenja. Utjecaj cjenovne elastičnosti opterećenja na troškove zagušenja u praksi razigranih tržišta znatno je složeniji.

#### 4.5. Suprotstavljeni zahtjevi pojedinih sudionika na tržištu

Donošenje odluke o ulaganju u prijenosni kapacitet pri svim navedenim nesigurnostima značajno je otežano. Štoviše, životni vijek prijenosnih vodova je nekoliko desetljeća, a promjene ulaznih parametara u proces odlučivanja (porast opterećenja, cjenovna elastičnost opterećenja, iznosi, lokacije i cijene novih proizvodnih jedinica) su gotovo svakodneвне. Stoga je za pravilan razvoj prijenosne mreže nužno osigurati dostupnost svih potrebnih ulaznih podataka, kao i nepristranost planera prijenosne mreže.

Na kraju potrebno je napomenuti da u tržišnom nadmetanju nije svima u interesu smanjiti troškove zagušenja. Primjerice, potrošačima u području s nižom cijenom i proizvođačima u području s višom cijenom zagušenje donosi dobit, pa svako smanjenje zagušenja njima direktno smanjuje dobit. Na primjer, proizvođač u području B s cijenom od 35 €/MWh zarađuje 29.2 mil.€ prve razmatrane godine zbog ograničenog prijenosnog kapaciteta na iznos od 1400 MW. Da nema ograničenja u prijenosu cjelokupno opterećenje u području B bilo bi podmireno iz područja A, pa bi prihod proizvođača B bio jednak nuli. Drugim riječima, cjelokupni iznos izračunatih smanjenja godišnjih troškova zagušenja po svim varijantama automatski znači jednako toliko smanjenje prihoda proizvođača B. Istodobno uz pojavu zagušenja proizvođač B ima tržišnu moć na svom području i može maksimalno povisiti svoju cijenu i ostvariti dodatni profit.

Ovakvo značajno smanjenje zarade izaziva veliko opiranje smanjenju zagušenja. Slično je i s potrošačima u području A, području s nižom cijenom. Konačno, investitori u nove proizvodne jedinice u području B moraju biti zabrinuti zbog eventualne izgradnje novog prijenosnog voda između područja A i B, jer da bi taj projekt značajno umanjio njihovu dobit. Zbog toga je potpuna neovisnost Operatora sustava kao planera prijenosne mreže od ostalih tržišnih sudionika od iznimne važnosti za pravilno funkcioniranje tržišta i sigurnost sustava.

Ovaj pregled ovisnosti očekivanih troškova zagušenja o različitim ulaznim parametrima pokazuje složenost ove problematike. Pojednostavljenim test primjerom željelo se ukazati na utjecaj pojedinih veličina na troškove zagušenja, bez ulaska u detalje složenosti pogona realnog elektroenergetskog sustava. Nesigurnost svakog navedenog ulaznog parametra dodatno usložnjava proračun. S obzirom na činjenicu da se ulaganja u prijenosnu i proizvodnu djelatnost nisu više integrirane, već se prepuštaju tržištu (proizvodnja), odnosno regulaciji (prijenos), očita je iznimna važnost pravodobnog uočavanja i poticanja izgradnje potrebnih novih prijenosnih i proizvodnih kapaciteta, kako s aspekta ostvarivanja dodatnog profita i efikasnosti tržišta, tako i s aspekta osiguravanja nužne sigurnosti pogona sustava.

## 5. ZAKLJUČAK

Nedavni raspadi sustava u Europi i SAD intenzivirali su između ostalog i rasprave o upravljanju zagušenjima u prijenosnoj mreži. U mnogim zemljama postupci izgradnje novih objekata prijenosne mreže ukupno traju više od 5 godina. Stoga se cijeli elektroenergetski sektor nalazi između dvaju ekstrema: 1) trgovanja električnom energijom u realnom vremenu kao robom koja nema mogućnosti uskladištenja i 2) višegodišnjeg perioda potrebnog za izgradnju novih proizvodnih i mrežnih objekata, kao tvornica i prijevoza te iste robe. Ograničenja s aspekta zaštite okoliša sve su stroža, a razina potrošnje i tržišnih transakcija svakim danom se sve više povećavaju. Rezerve prijenosnih kapaciteta svakim danom se smanjuju, a regulirane investicije u prijenosnu mrežu značajno su manje nego ranijih godina. Sve to zajedno doprinosi češćoj pojavi zagušenja u prijenosnoj mreži. Upravljanje zagušenjima u prijenosnoj mreži u tržišnim uvjetima je relativno nova disciplina u vođenju elektroenergetskog sustava, pa su time i metode upravljanja još uvijek nedovoljno provjerene. Ne postoje univerzalne metode upravljanja zagušenjima, već su one ovisne o specifičnostima pojedinog sustava. Kako bi elektroprijenosni sustav što prije bio pripremljen na pojave eventualnih zagušenja potrebno je sve Operatore sustava adekvatno pripremiti za planiranje i razvoj prijenosne mreže u potpuno novim, tržišnim uvjetima. Zatim, potrebno je definirati metode upravljanja zagušenjima koje su primjenjive u svim pogonskim stanjima.

Na osnovi toga očito je da svaki Operator sustava mora samostalno razviti učinkovite i ekonomski poticajne postupke upravljanja zagušenjima kojima bi se povećala iskoristivost prijenosnog sustava i povećala likvidnost tržišta. S obzirom da je pogon elektroenergetskog sustava vrlo dinamičan te da se praktički svake sekunde mijenja stanje sustava, potrebno je predvidjeti sve varijante angažmana elektrana, opterećenja čvorišta i mogućih transakcija. Ključno je definirati postupke kojima bi se osigurali pravilni ekonomski signali – stimulacije proizvođačima, potrošačima i Operatoru sustava u smislu kratkoročnih, pogonskih rješenja i dugoročnih investicijskih planova. U Europi postoje razni primjeri stimuliranja i kažnjavanja Operatora sustava zbog neriješenih zagušenja i raspada sustava, a slične stavke postoje i u primjeni diskriminirajućih metoda upravljanja zagušenjima u prijenosnoj mreži.

Iz dosadašnjeg europskog iskustva može se reći da se postojeća zagušenja u Europi razlikuju po vjerojatnosti nastanka, organizaciji tržišta, izgrađenosti prijenosne mreže, zemljopisnom položaju i obliku itd. Stoga svaki Operator sustava nastoji uvažiti vlastite specifičnosti, uvažavajući pri tome želje sudionika na tržištu i na taj način odabrati najprikladniju metodu. Primjerice, na poveznicama s rijetkom pojavom zagušenja nema smisla organizirati



aukciju prijenosnih kapaciteta, jer se time usporavaju i ograničavaju mogućnosti iskorištenja prijenosne mreže. Metode upravljanja zagušenjima ne definiraju se jednom, već se mijenjaju kao i prilike u mreži i na tržištu. Pojava kružnih tokova snaga, višestrukih zagušenja i sl. zahtijeva složenu koordinaciju više Operatora sustava. Takvi složeni postupci još su u fazi testiranja na području zapadne Europe. Općenito se može reći da dosadašnja europska iskustva pokazuju da je najbolji način upravljanja zagušenjima kombinacija više predstavljenih metoda. U mnogim zapadnoeuropskim sustavima cjelokupni postupak upravljanja zagušenjima u prijenosnoj mreži dijeli se na tri osnovna dijela:

1. Određivanje prijenosnih kapaciteta – Operator sustava određuje prijenosne kapacitete najkasnije za dan unaprijed, ovisno o planiranom stanju mreže i prijavljenim ugovorima.
2. Predviđanje tokova snaga – dan unaprijed (poslijepodne) Operator sustava obično ima sve podatke o ugovorenim transakcijama, angažiranim izvorima i predviđenoj potrošnji. Na temelju toga obavljaju se ažurirane analize tokova snaga, čime se mogu predvidjeti moguća dodatna zagušenja u odnosu na prethodnu fazu (1) zbog nesigurnosti određivanja prijenosnih kapaciteta dan unaprijed.
3. Upravljanje u realnom vremenu – i nakon prva dva koraka mogu se pojaviti dodatna zagušenja zbog razlike predviđenih i ostvarenih transakcija, ispada elemenata mreže i sl. U takvim slučajevima najvažnije je imati brz i učinkovit mehanizam upravljanja zagušenjima prije nego što se ugrozi sigurnost sustava.

U svakom od spomenuta tri koraka mogu se primijeniti različite, ranije predstavljene, metode (npr. metode aukcije, razdvajanja tržišta za fazu (1), preraspodjela proizvodnje za fazu (2) te spomenuti netržišno definirani prioriteti korištenja prijenosnih kapaciteta za fazu (3)). Metode upravljanja zagušenjima među susjednim Operatorima međusobno mogu biti različite, ali moraju biti usklađene kako bi se zagušenja na prekograničnim poveznicama mogla riješiti ne ugrožavajući pogon i upravljanje zagušenjima ni jednog sustava [11]. Od posebne je važnosti da se Operatori sustava međusobno usklade radi djelovanja na kružne tokove snaga, posebice u slučajevima kad imaju utjecaja na zagušenja.

Bez obzira na korištene procedure u vođenju sustava moguće je da se fizički tokovi snaga razlikuju od predviđenih. Zbog toga se može reći da se u praksi paralelno odvijaju dva tržišta: tržište električne energije i tržište financijskim ugovorima. Na kraju obračunskog razdoblja (dan, tjedan) uspoređuju se ugovorene i ostvarene transakcije i na osnovi toga se definiraju financijska potraživanja među sudionicima na tržištu. Primjerice, moguće je da neki trgovac zakupi određene prijenosne kapacitete, a da se tokovi snaga koje je ugovorio realiziraju drugim, 'tuđim'

prijenosnim putovima. Prebijanja ugovorenih i ostvarenih transakcija mogu se ostvariti samo pomoću krovne, nepristrane koordinacije (npr. središnjeg nadzornog tijela poput ETSO – European Transmission System Operators [10]) koja će bilježiti sve ugovorene i ostvarene transakcije. Za to je potreban pristanak svih sudionika na tržištu, odnosno usklađivanje procedura koje propisuju pojedina regulatorna tijela.

Očito je da postoji mnogo različitih rješenja ovog specifičnog problema upravljanja prijenosnom mrežom u tržišnim uvjetima. Iskustva i znanja iz zapadnoeuropskih sustava već su sada dovoljno velika da mogu poslužiti i drugima u organizaciji vlastitog rada. Prije svega potrebno je propisati procedure od strane regulatornog tijela, a zatim definirati konkretne, operativne metode rada koje predviđaju sve moguće situacije i stanja sustava. Premda je reorganizacija vođenja elektroenergetskog sustava trebala nastupiti nevezano za deregulaciju elektroenergetskog sektora i razdvajanje okomito organiziranih tvrtki, otvaranje tržišta dodatno je ubrzalo ovaj postupak. Pogriješke u vođenju sustava u tržišnim uvjetima mogu imati značajne posljedice ne samo za Operatora sustava, već i za ostale sudionike na tržištu. Zbog toga je potrebno napraviti ravnotežu između potrebe da se vlastiti sustav što prije aktivno uključi u tržišne tokove i opreza kojim je potrebno pristupiti definiranju svake pojedine stavke vođenja sustava u tržišnim uvjetima.

## LITERATURA

- [1] N. DIZDAREVIĆ, G. MAJSTROVIĆ, D. BAJŠ, M. MAJSTROVIĆ, "Zagušenje u prijenosnoj mreži", Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, Hrvatska, 2003, (studija)
- [2] ETSO: "Co-ordinated auctioning – A market based method for transmission capacity allocation in meshed networks – Final report", April, 2001.
- [3] ETSO: "Procedures for cross-border transmission capacity assesment", October 2001.
- [4] K. PURCHALA, L. MEEUS, R. BELMANS: "Implementation Aspects of Coordinated Auctioning for Congestion Management", IEEE Power Tech Conference, Bologna, 23-26th June 2003.
- [5] ETSO: "Position Paper on Congestion Management", Florence Forum, May 2001. ETSO: "Co-ordinated use of Power Exchanges for Congestion Management in Continental Europe", Draft – February 2002.
- [6] ETSO: "ETSO position on the "Co-ordinated Cost" cross-border capacity allocation proposal"
- [7] H.-J. HAUBRICH et al, "Analysis of Electricity Network Capacities and Identification of Congestion" Final Report commissioned by the European Commission Directorate – General Energy and Transport, Institute of Power Systems and Power Economics (IAEW) of Aachen University of Technology (RWTH Aachen), Aachen, Germany, December 2001.

- [8] D. GRGIČ, F. GUBINA: "Implementation of the Congestion Management Scheme in Unbundled Slovenian Power System", 2003.
- [9] L. J. VRIES: "Capacity allocation in a restructured electricity market: technical and economic evaluation of congestion management methods in interconnectors"
- [10] ETSO: "Outline proposals for a Co-ordinated Congestion Management Scheme based on the ETSO Vision", September 2002.
- [11] ETSO: "Co-ordinated use of Power Exchanges for Congestion Management", April 2001.
- [12] W. W. HOGAN: "Transmission investment and competitive electricity markets", Harvard University, Cambridge, MA, April 1998.

### CONGESTION MANAGEMENT IN TRANSMISSION NETWORK

With electric energy market opening including all accompanying consequences (restructuring of electric power companies, unbundling, legislation change, creation of market and system operator, energy sector regulation, privatisation), conditions of transmission network operation and development planning have strongly changed. The role of transmission network is now a function of enabling an efficient electric energy market that is a creation of a certain level of competitiveness among production subjects on the market as well as enabling the consumers to choose their own electric energy supplier. The supplier doesn't necessarily come from the own but also from other electric energy systems, whereby export, import and transit significantly increase. One of the main obstacles to market transactions is the transmission network congestion. In this work the problem of recognition and management of congestions in the transmission network is described.

### ENGPASSVERMEIDUNG MITTELS ÜBERTRAGUNGSNETZVERWALTUNG

Durch die Eröffnung des Marktes elektrischer Energie mit allen diesbezüglichen Nebenfolgen (Umgestaltung der Stromversorgungsunternehmen, Trennung der Tätigkeiten, Gesetzesänderungen, Gestaltung des System- und Markt- Betreibers, Regelung des energetischen Tätigkeitsbereiches, Privatisierung), haben sich die Betriebsbedingungen und die Entwicklungsplanung in diesem Bereich wesentlich geändert. Jüngst liegt die Rolle des Übertragungsnetzes in der Sicherung eines leistungsfähigen Marktes elektrischer Energie, d. h. in der Erreichung einer zufriedenstellenden Wettbewerbsfähigkeit der auf dem Markt stehenden Erzeuger und in der Darbietung der Möglichkeit an einzelne Verbraucher, sich den Stromversorger selber zu wählen.

Der Versorger muss nicht unbedingt aus dem eigenen Stromversorgungssystem, sondern auch aus den sonstigen Systemen sein, wodurch Ein-, Aus- und Durchfuhr der Energie wesentlich steigern. Dabei stellt das Auftauchen der Engpässe in Übertragungsnetzen eines der grössten Hindernisse der Erfüllung aller gewünschten Marktgeschäfte dar. In dieser Arbeit ist die Frage des Voraussehens und Verwaltens der Engpasserscheinungen im Übertragungsnetz bearbeitet worden.

Naslov pisaca:

**Mr. sc. Goran Majstrović, dipl. ing.**  
**dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing.**  
**mr. sc. Davor Bajs, dipl. ing.**  
**Energetski institut Hrvoje Požar**  
**Savska cesta 163, Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 12 – 01.

# TRANSFORMATORSKA STANICA 10(20)/0,4 kV TIPA TORNJIĆ U PRILIKAMA POVEĆANOG KONZUMA, NOVIH TEHNOLOGIJA I ESTETSKIH ZAHTJEVA

Ivo Santica, Split

UDK 621.311.42:658.516.008  
STRUČNI ČLANAK

U distribucijskoj srednjonaponskoj mreži pomalo sjetni odnosi vežu se uz transformatorske stanice 10(20) kV tipa tornjić (TTS). Ovaj tip stanice pratio je prve elektrifikacije, a kao tip ne gradi se zadnjih 30 – 35 godina. Stalno povećanje konzuma te povećani zahtjevi za kvalitetom napona postupno eliminiraju i dio postojećih tornjića iz svakodnevne uporabe. Izgrađuju se nove stupne transformatorske stanice i nove kabelačke stanice, kako je tipizacijom HEP-a i predviđeno. Ipak pojedinačno se tornjići rekonstruiraju, opremaju novim tehnologijama, prilagođavaju novim zahtjevima i do daljnjeg ostaju važan element distribucijske mreže. Člankom će se pokušati prikazati realne tehničke mogućnosti i opravdanost zahvata te prikazati neki primjeri, do sada, izvedenih rekonstrukcija. Donekle je ovo hommage ("s poštovanjem u sjećanje") tipu transformatorske stanice tornjić i vremenu u kojem je projektiran. Starijem tehničkom osoblju na sjećanje, a mladem na uvid u prolaznost određenih tehničkih rješenja u praksi distribucije električne energije.

**Ključne riječi:** tornjić, rekonstrukcija, funkcionalnost, estetika.

## 1. UVOD

Tornjić kao tip transformatorske stanice javlja se u samom početku elektrifikacije, početkom prošlog stoljeća. Tada se tornjić transformatorska stanica izgrađuje skoro u samim središtima većih gradova. Zapravo u središtima konzuma električne energije. Najveći broj tornjića izgrađen je u poratnoj (II. svjetski rat) masovnoj elektrifikaciji između 50-ih i 70-ih godina prošlog stoljeća. Ovaj podatak govori o prosječnoj starosti TS tipa tornjić.

TTS 10/0,4 kV bila je uobičajeno tehničko rješenje u zračnoj srednjonaponskoj mreži. Uvođenjem srednjonaponskog kabela u distribucijsku praksu, ona se postupno pomiče prema periferiji, a tijekom opće elektrifikacije masovno se gradi u seoskim prostorima. Na početku je koncipirana kao krajna TS, zatim kao prolazna TS, a poslije često kao prolazna TS s odcjepom. Zbog tehničkih zahtjeva zavješena zračnih vodova srednjeg napona na fasadi stanice (obično min. 6m) i zbog skromnog tlocrta (2,5mx 2,5m) ima izgled tornja, odakle joj i uobičajeni naziv TTS – tornjić transformatorska stanica.

Često je u prostoru nalazimo, s današnjeg gledišta, na neuobičajenim mjestima; udaljenu od naselja. Zapravo udaljenu, a okruženu relativno udaljenim zaselcima. U vrijeme njene izgradnje, priključna vršna snaga određivala se na temelju skromnih normativa, temeljenih, uglavnom, na potrebama rasvjete. S gledišta pada napona ovo je

dozvoljavalo izuzetno duge izvode niskog napona pa se za više naselja koristio jedan tornjić.

Uvođenjem, danas važećih normativa potrošnje, te uvođenjem obvezujućih normiranih napona, jedan dio ovako raspoređenih tornjić TS, potpuno se eliminira. Dio tornjića potpuno se napušta, a dio se pretvara u rasklopišta.

Masovnu elektrifikaciju (elektrifikacije našeg djetinjstva) pratili su česti, ponekad dugotrajni nestanci električne energije. Mreža je bila radijalna. Uvjet sigurnosti n-1 bio je u to vrijeme daleki san. Petrolejsku lampu kao rezervnu rasvjetu imalo je svako domaćinstvo.

Dolazak napona vezivao se često s dolaskom rajnskog montera i otvaranjem tornjića.

Vremenom srednjonaponska mreža postaje sve izgrađenija. Zatvaraju se kraće petlje i izgrađuje sve veći broj novih TS. Povećanje konzuma električne energije u postojećim TTS zahtijeva ugradnju transformatora veće snage. Postupno se rekonstruira dio transformatorskih stanica tipa tornjić. Međutim, razlog rekonstrukcija su i novonastale prilike u srednjonaponskoj mreži, kao i zastarjelost opreme ili građevinski nedostaci objekta. U zračnu mrežu sve više se ugrađuju kabelačke dionice, kao ulaz ili izlaz iz TTS, što također može biti razlog rekonstrukcije.

Grananjem srednjonaponske mreže, tornjić, pored uobičajene prolazne ili krajnje funkcije, ponekad u mreži

dobiva i odcjepnu funkciju. Zahtjevi daljinskog vođenja mreže postavljaju dodatne uvjete. Traži se mogućnost daljinskog upravljanja prekidačima; sve sa svrhom selekcioniranja dionica mreže i skraćanja beznaponskih pauza.

Klasična izvedba srednjonaponskog rasklopišta to ne omogućava. Rasklopišta se nalaze na katu tornjića. Dosta su složena i nemaju prekidače snage. Pogotovo je sve složeno kod prolaznih tornjića s odcjepom. U malom i teško pristupačnom prostoru, nalazi se puno rastavnih elemenata s kojima se upravlja u beznaponskom stanju, uvijek s određenom nelagodnom. Zato rekonstrukcije zahtijevaju ugradnju srednjonaponskog bloka.

Inače, današnja zračna srednjonaponska mreža, predstavlja jedan od najslabijih segmenata elektroprivrednog sustava. Veći dio je amortiziran s nemogućnošću ispunjenja uvjeta sigurnosti n-1, bez velikih ulaganja.

Njenom budućom izgradnjom i obnovom nužno se diraju i čvorne točke mreže, tj. jedan dio tornjića.



Slika 1. TTS 10/0,4 kV MANUŠ, izgrađena 1920. god.

## 2. UOBIČAJENI PRIMJERI ZAHVATA KOD REKONSTRUKCIJE TTS

Kako je navedeno, elektroenergetske prilike na periferijama gradova ili u prigradskim prostorima često zahtijevaju rekonstrukcije. Bilo da se radi o povećanju konzuma ili se radi o kabliranju srednjeg napona ili pak o potrebi daljinskog vođenja, uvijek treba prilagoditi TTS novonastalim prilikama. Zahtjev uobičajeno dira u veličinu

transformacije, ugradnju novog razvoda niskog napona i novog razvoda srednjeg napona.

Rasklopište srednjeg napona veoma često se traži u plinom izoliranoj izvedbi.

Zahtjevi su takvi, da se rekonstrukcijom zapravo ugrađuje cijela nova elektromontažna oprema. Hoće li se koristiti postojeća zgrada tornjića, uz rekonstrukciju, ili će se graditi zamjenska tipska kabelska transformatorska stanica, ponekad je dilema.

Prednost rekonstrukcije je nediranje vanjskih građevinskih gabarita stanice, što ima olakotne okolnosti kod dobivanja građevinske dozvole. Izgradnja nove KTS zahtijeva svu uobičajenu proceduru, potrebnu za izgradnju novog objekta; naravno i uza sve prednosti koje donosi novi objekt.

Praksa još nije iznjedrila optimalni pristup i rješenje. Ovisno o iskustvu projektanta ili izričitoj želji investitora, prakticira se danas jedna od četiri mogućnosti:

- postojeći tornjić se ruši i na njegovom mjestu, izgrađuje se nova KTS 10(20)/0,4 kV;
- radi se rekonstrukcija TTS-a sa smještajem srednjonaponskog bloka na katu tornjića;
- radi se rekonstrukcija TTS-a sa smještajem srednjonaponskog bloka i niskonaponskog razvoda na katu tornjića uz izgradnju vanjskog stepeništa;
- radi se rekonstrukcija TTS-a sa smještajem transformatora na katu tornjića.

Za vrijeme intervencije u mreži, bilo da se radi o izgradnji novog objekta ili se radi o rekonstrukciji, potrošačima je potrebno osigurati kontinuitet u opskrbi električnom energijom. Prakticira se imati mobilnu kontejnersku transformatorsku stanicu u kompletu s priključnim kabelima, srednjeg i niskog napona. Mobilna stanica postavlja se na povišene prijenosne blok temelje u neposrednoj blizini gradilišta. Nakon završetka radova, vraća se na skladišni prostor dispečerskog područja.

### 2.1. Primjer kad se postojeća TTS ruši i zamjenjuje kabelskom TS

Uobičajeno se prakticira rušenje postojećeg tornjića, kada budući konzum traži povećanje snage transformacije na 1000 kVA. Građevinski dotrajali tornjići, također se ruše. Isti pristup, odnosno rušenje, moguće je kod svake ozbiljnije rekonstrukcije u dvostrano napajanoj mreži; pogotovo kad se kabliraju zračni priključci.

Uvođenjem u svakodnevnu praksu jednožilnih kabela 10(20) kV s izolacijom od umreženog polietilena, sa završecima od toploskupljajućeg materijala, kratke dionice kabela pojavljuju se i u zračnoj radialnoj 10(20) kV mreži. Sve veća sigurnost i sve lakši popravak ovih kabela u odnosu na papirom izolirane kabele, okuražio je distributera na kabliranje dijela zračnih dalekovoda na prijelazu u tornjić rasklopište. Kvaliteta metaloksidnih odvodnika prenapona doprinosi ukupnoj sigurnosti.



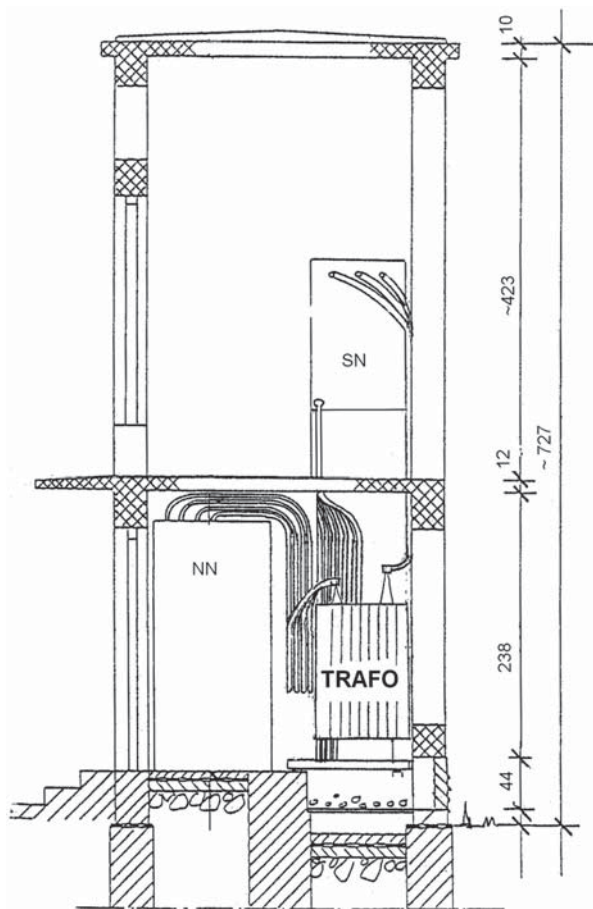
Princip radijalna mreža-zračna mreža, često se danas napušta.

## 2.2. Primjer rekonstrukcije TTS sa smještajem srednjonaponskog bloka na katu tornjića

Koncepcija rasporeda klasične opreme u tornjiću proizašla je iz logičkog slijeda tehničkih uvjeta koje treba ispuniti ovaj objekt. Međutim, to ne znači da je rješenje bilo operativno optimalno. Rasklopišta su katno razdvojena; ploča niskog napona je u prizemlju s vanjskim posluživanjem, a rasklopište srednjeg napona je na katu s uskim vertikalnim pristupom. Transformator je smješten u prizemlju. Visina tornjića određena je visinom zavješanja srednjonaponskih vodova, a orijentacija tornjića definirana je transportnim pristupom i smjerom ulaza vodova srednjeg napona.

Ako se kod rekonstrukcije kopira postojeći raspored opreme, tada i dalje na katu ostaje srednji napon, a u prizemlju niski napon i transformator. Ugradnjom plinom izoliranog rasklopišta s vakumskim prekidačima 10(20) kV otvara se mogućnost daljinskog upravljanja rasklopištem.

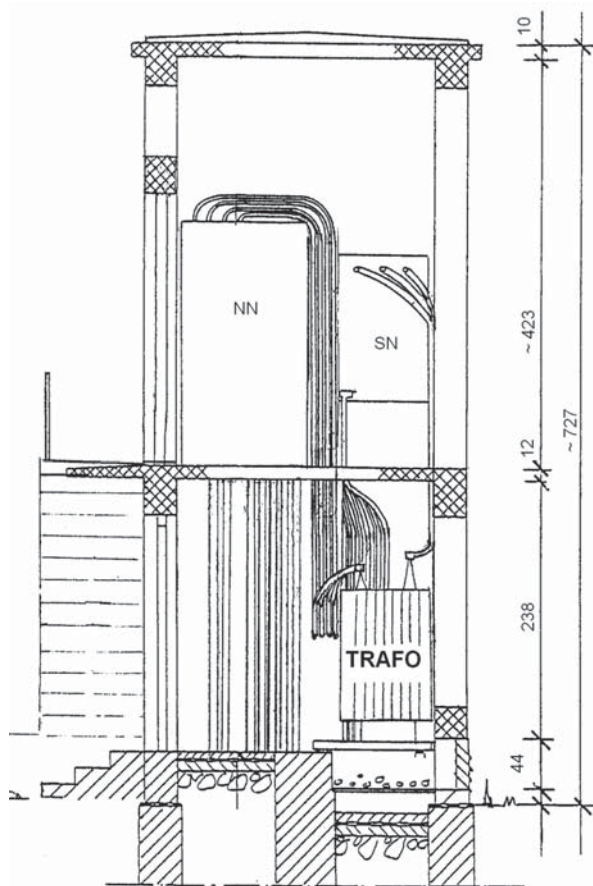
Upravljanje rasklopištem iz prizemlja puno je prirodnije. Radi uspostavljenih navika ova mogućnost uvijek se ne koristi.



Slika 2. Presjek rekonstruirane TTS 10(20)/0,4 kV, sa smještajem srednjonaponskog bloka na katu tornjića

## 2.3. Primjer rekonstrukcije TTS sa smještajem srednjonaponskog bloka i niskonaponske ploče na katu tornjića

Ovo rješenje javlja se obično kod ugradnje transformatora snage 630 kVA i ploče niskog napona s više polja. Tlocrt prizemlja koji po dimenzijama varira i ponekad ne dozvoljava smještaj opreme, kao kod predhodnog rješenja. Prizemlje TTS-a je premalo za smještaj transformatora snage i duže ploče niskog napona. Rasklopište srednjeg napona i niskonaponska ploča postavljaju se na kat, a transformator ostaje na istom mjestu u prizemlju. Za normalni pristup rasklopištu na katu potreban je građevinski zahvat izgradnje vanjskog stepeništa. Ovakva građevinska intervencija nije uvijek moguća, a kad je i moguća, zahtijeva cijeli postupak ishođenja građevinske dozvole.

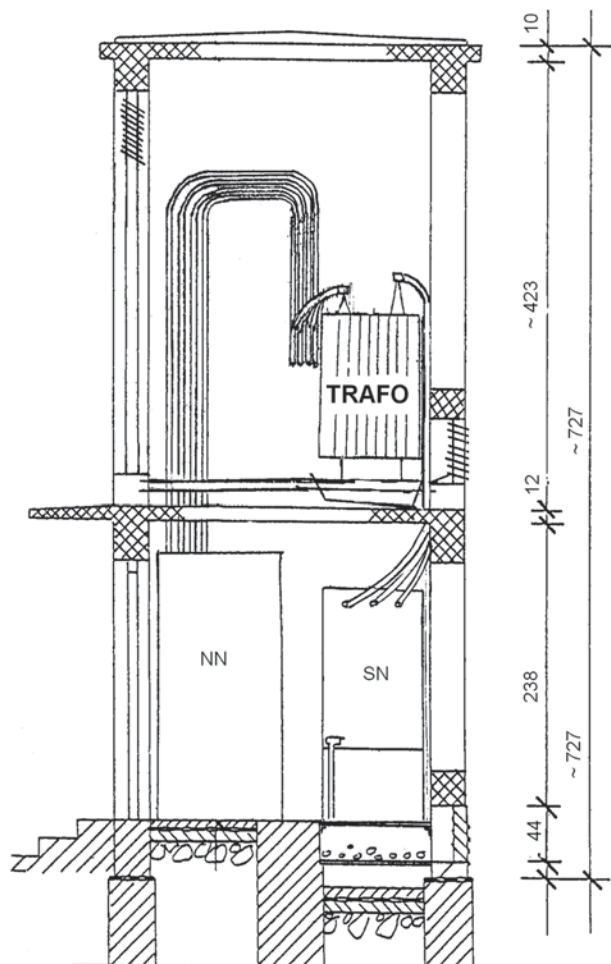


Slika 3. Presjek rekonstruirane TTS 10(20)/0,4 kV, sa smještajem oba rasklopišta na katu tornjića

## 2.4. Primjer rekonstrukcije TTS sa smještajem transformatora na katu tornjića

Ovo rješenje je dosta skupo. Zahtijeva građevinske zahvate na nosivom dijelu katne ploče. Zapravo zahtijeva dodatnu nosivu konstrukciju, izradu novog otvora za ventilaciju i povećanje otvora za prolaz kрана dizalice s transformatorom.

Građevinski zahvati su veći nego u predhodna dva slučaja, ali je rezultat najprirodnijeg smještaja opreme. Tlocrt TTS-a ostaje isti. Fasada se neznatno dira i prilagođava novim zahtjevima.



Slika 4. Presjek rekonstruirane TTS 10(20)/0,4 kV, sa smještajem transformatora snage na katu tornjića

### 3. FUNKCIONALNI DIZAJN TTS I ESTETSKI KRITERIJI

Proporcije tornjić TS rezultat su strogo funkcionalnog dizajna uvjetovanog zračnim zavješanjima srednjonaponske i niskonaponske mreže na fasadi objekta i ostalim sadržajem. Funkcionalne proporcije rezultirale su, reklo bi se, izrazito visokom neproporcionalnom vizurom. Ovakav dojam pogotovo ostavlja TTS nakon kabliranja priključnih zračnih dalekovodada. U prvo vrijeme na ovaj objekt se gledalo kao na element nužan za elektrifikaciju. Navika na prisustvo električne energije, strogo funkcionalnoj građevini, postupno pridodaje estetski zahtjev. TTS, naročito ako se nalazi u imalo sređenom okolišu, svojim prvotnim izgledom, čini sliku ružnom. Ovaj čimbenik ne bi smjeli preskočiti rekonstrukcijom. Arhitekti kažu da

ništa nije toliko neestetski izgrađeno da se ne bi moglo određenim intervencijama napraviti bar malo ljepšim. Ostaje samo spremnost investitora za takve intervencije. Često se radi samo o izboru boje ili boja fasade. Nekad to može biti samo intervencija određenom vrstom žaluzina, a nekad intervencija na krovu.

Ima i rješenja ugodnih za oko. Slike tornjića iz goranskih i alpskih okružja dio su tamošnjih razglednica. Izvedbom krovušta i bojom fasade tornjići se doimlju rustikalnim građevinama.

Za vjerovat je, da će spretne ruke arhitekta, vođene dizajnerskim nagonom i u našim ruralnim kraškim terenima pronaći malo bolja rješenja od postojećih.

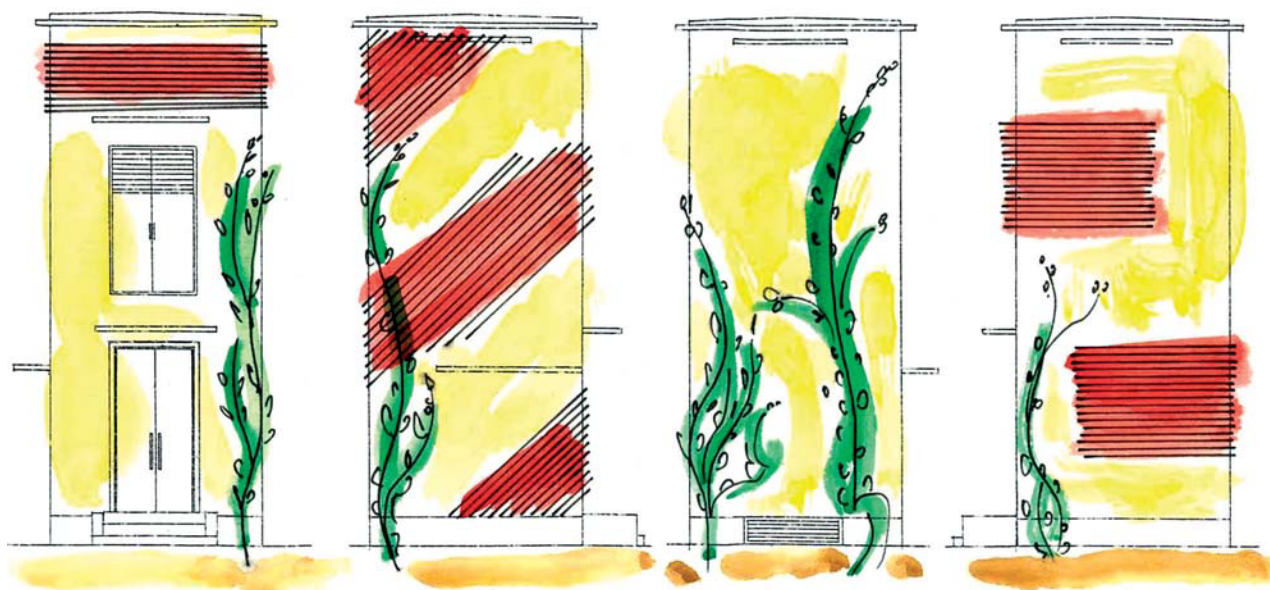
Zapravo, ove tornjiće nikada i nije dotakla dizajnerska ruka. Oni su projektirani po strogo definiranim elektromontažnim funkcionalnim zahtjevima.

Izuzetak su tornjići s početka elektrifikacije početkom prošlog stoljeća. Na ovim objektima prepoznatljiv je rukopis određene arhitektonske škole ili tadašnjeg umjetničkog trenda. I danas su u goda oku. Ne smeta im ni asfaltno okružje ni parking prostori, a ponekad čak ni grafiti. Svoju ljepotu i dostojanstveni dizajn oni izvredno nose u svim prilikama kroz cijelo stoljeće postojanja. Međutim, jako su malobrojni i veći dio nije u funkciji.

Rekonstrukcijom se životna dob tornjića produžava za idućih 30 – 40 godina. Otprilike isto toliko godina i više je prošlo od njihove izgradnje. Ako opravdanje njihova sadašnja izgleda nalazimo u apsurdnosti ideologije vremena njihove izgradnje, tada sudionici vremena rekonstrukcije (ako fasade ostanu nedirnute), sličan razlog nemaju. Oni ostaju isključivi krivci. Pogotovo, što estetika sve više postaje zahtjev uređenja okoliša, a djelomično i način života. Zašto je onda isključiti iz svakodnevne elektrotehničke prakse? Zašto je ne uvažavati kod izgradnje elektroenergetskih objekata? Nema ozbiljnijeg razloga, a estetski zahvat ponekad znači samo neznatni trošak. Za pohvalu je ovakav pristup imati u podsvijesti i uvijek ga aktivirati kod izgradnje ili rekonstrukcije bilo kojeg elektroenergetskog objekta.

Zaštita okoliša, zbrinjavanje otpada, zaštita ptica, zaštita životinja i niz drugih zaštita, obvezujuće je prisutno u svakom graditeljskom zahvatu. Isto bi tako, jasno, trebala biti prisutna zaštita vizualnog dojma. Odnosno, svaki graditeljski zahvat trebao bi, koliko toliko, doprinositi vizualno-estetskoj ugodi.

Svaki uljuđeni postupak, uključivo i stvaranje estetsko vizualnog dojma, značajan je doprinos civilizacijskom razvoju. Estetika i elektroenergetika ili, preciznije rečeno, estetika i primjenjena elektroenergetika, široka je i zahtjevna tema. Dijelovi elektroenergetskog sustava dugo su vremena izvan naznačene problematike. Određujući kriteriji su stroga funkcionalnost. Na tisućama kilometara zračnih dalekovoda nikad se nije primijenio estetski dizajn. Međutim, svojim intezivnim "šaranjem" cijelog prostora,



Slika 5. Vizija redizajniranih fasada TTS 10(20)/0,4 kV

napokon su u svijetu pokrenute stručno-estetske rasprave o mogućem boljem uklapanju u taj prostor.

Neka nova fasada tornjića bude skroman doprinos tome.

#### 4. ZAKLJUČAK

Transformatorska stanica 10(20)/0,4 kV tipa tornjić, skraćeno TTS, ne gradi se već 20 – 25 godina. Iako se već dugo ne gradi, u distribucijskoj mreži HEP-a, veliki broj ovih objekata je i danas u funkciji. Jedan dio se može uspješno obnoviti i rekonstruirati ugradnjom novih tehnologija. Time se prilagođava složenijim zahtjevima mreže, bilo da se radi samo o povećanju konzuma ili se radi o potrebama daljinskog vođenja u čvornim točkama. Funkcionalna životna dob ovim zahvatom se produžava na idućih desetke godina.

Kod rekonstrukcija ovih objekata, osim neizbježnog funkcionalnog dizajna, trebalo bi pozornost obratiti i na estetski dizajn. Svojom prošlošću i racionalnim izgledom ovaj tip stanice veže se uz prve masovne elektrifikacije. Budućnost joj osiguravaju nove tehnologije, pri čemu tornjić transformatorsku stanicu, treba obvezno pokušati estetski uklopiti u okoliš.

#### LITERATURA

- [1] ODJEL PROJEKTIRANJA; SIU; DP ELEKTRO-DALMACIJA: Glavni projekti i rekonstrukcije TS 10(20)/0,4 kV tipa tornjić
- [2] M. CLARK: "Innovative overhead line tower concepts for national grid transco", CIGRE, B2, Edinburgh, 2002. god.
- [3] I. SANTICA: "Estetika i elektroenergetika", Vjesnik HEP- a, broj 158, studeni 2003. god.

#### 10(20)/0,4 kV TRANSFORMER STATION OF SMALL TOWER TYPE IN CIRCUMSTANCES OF INCREASED CONSUMPTION; NEW TECHNOLOGIES AND AESTHETIC NEEDS

In distribution network of mid-voltage some sentimental feelings are connected to 10(20)/0,4 kV transformer station of small tower type. The station was first used in electrification and has not been built for 30-35 years. Consumption increase and bigger needs for voltage quality gradually eliminate still existing small tower from daily usage. New tower transformer stations and new cable stations are constructed as foreseen by HEP norms. But some small towers are being refurbished, using new technology, rearranged to new needs. They remain an important element of the distribution network. The paper will try to present real technical possibilities and evaluation of refurbishment as well as to show the reconstruction realised.

In some way this is homage to small type transformer station and to the period when it was designed. The older technical staff should remember and the younger should be shown how technical solutions are temporary in the operation of electric energy distribution.

#### UMSPANNWERK 10(20)/0,4 kV IN TURMBAUWEISE IN DER ZEIT DES ERHÖHTEN VERBRAUCHS UND DER NEUEN VERFAHRENSTECHNIKEN ANGESICHTS DER ÄSTHETISCHEN VERLANGEN

An Umspannwerke 10(20)/0,4 kV in Turmbauweise in Verteilungsnetzen der Mittelspannung wird in gewissem Masse die Wehmut angeknüpft. Diese Bauweise war für erste Elektrifizierungen kennzeichnend, und wird als Typ in den letzten 30'35 Jahren nicht mehr gebaut. Ständiges Wachsen des Verbrauchs und erhöhte Ansprüche an die Spannungsqualität entfernen allmählich auch einen Teil solcher Umspannwerke aus dem Netz. Neulich

werden Mast- und Kabel-Umspannwerke gebaut, wie es in der Typisierung im hiesigen Stromversorgungsunternehmen vorgesehen ist. Jedoch werden einige Umspannwerke in Turmbauweise vergegenwärtigt, mit neuen Verfahrenstechniken ausgestattet und den neuen Ansprüchen angepasst, bleiben also bis auf weiteres ein wichtiger Bestandteil des Verteilungsnetzes. Im Artikel versucht man sachliche technische Möglichkeiten und die Berechtigung dieser Eingriffe, sowie einige Beispiele bisher durchgeführter Umbaue darzustellen.

Dies ist in gewissem Masse ein "Hommage" (Ehrerbietung) den Umspannwerken in Turmbauweise und jener Zeit in welcher sie entworfen wurden. Dem älteren Personal

zum Gedächtniss, und dem jüngeren als Mahnung an die Vergänglichkeit bestimmter technischer Lösungen in der Stromverteilungstechnik.

Naslov pisca:

**Ivo Santica, dipl. ing.**  
**HEP Distribucija d.o.o.**  
**Elektrodalmacija, Split**  
**Poljička bb, 21000 Split, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:  
2004 – 12 – 17.



# KVAROVI SA ZAJEDNIČKIM UZROKOM U VJEROJATNOSNIM ANALIZAMA SIGURNOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA

Igor Vuković, Zagreb – dr. sc. Ivan Vrbanić, Jastrebarsko – dr. sc. Zdenko Šimić  
– prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić, Zagreb

UDK 658.26:620.9  
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Sigurnost tehničkih sustava (energetskih, industrijskih, inženjerskih postrojenja) danas je važan predmet za razmatranje zbog sve izraženije uloge tehnoloških postupaka u modernom društvu, zbog sve većih posljedica kvarova postrojenja i njihove sve veće složenosti. Posljednjih su tridesetak godina u tehničkoj inženjerskoj praksi sve prisutnije u primjeni vjerojatnosne analize. Stablom kvara sustava matematički se eksplicitno modeliraju različite vrste kvara analiziranog sustava. Statistička neovisnost osnovnih događaja, od kojih je izgrađeno stablo kvara, nije prihvatljiva za kategoriju događaja zvanih kvarovi sa zajedničkim uzrokom. Članak razmatra načine matematičkog modeliranja kvarova sa zajedničkim uzrokom u stablima kvara tehničkih sustava u sklopu vjerojatnosne analize sigurnosti te daje praktičan osvrt temeljen na dosadašnjem iskustvu.

**Ključne riječi:** vjerojatnosna analiza sigurnosti, međusobno zavisni kvarovi, zajednički uzrok, stablo kvara, sigurnost.

## 1. UVOD

Vjerojatnosna analiza sigurnosti (VAS) kvantitativna je analiza sveukupnog rizika zbog rada tehničkog sustava. VAS koriste metodologiju stabala događaja i stabala kvarova. Metoda stabla kvara deduktivna je metoda kod koje se istražuje koji sljedovi događaja vode do određenog neželjenog događaja (npr. otkaz sigurnosnog sustava postrojenja). S druge strane, stablo događaja povezuje određeni začetni događaj s ishodima koji mogu dovesti do neželjenih posljedica za sigurnost objekta i okoline. Kako će začetni događaj utjecati na sigurnost postrojenja (npr. elektrane) ovisi o radu (otkazu) mnogih sigurnosnih (pod)sustava. Nakon utvrđivanja začetnih događaja utvrđuju se (sigurnosni) sustavi čiji ispravan rad sprječava napredovanje nezgode. Na temelju toga izgrađuju se stabala događaja na način da se analiziraju svi zamislivo mogući tijekovi događanja (sekvence). Unutar strukture stabla događaja postoje mjesta grananja. Grananjem stabla razdvajaju se različiti ishodi (u pravilu, uspjeh od neuspjeha) kod događaja koji predstavljaju stanja pojedinih sigurnosnih sustava ili, primjerice, potrebne radnje pogonskog osoblja.

Korijeni ove vrste analiza dolaze iz nuklearne industrije, a na važnosti dobivaju u tehničkim postrojenjima kod

razmatranja kvarova s relativno malom učestalosti i potencijalno velikim posljedicama. VAS su se pojavile 70-ih godina prošlog stoljeća kao nadopuna determinističkim sigurnosnim analizama. Pored naziva vjerojatnosna analiza sigurnosti (engl. *probabilistic safety assessment*) u uporabi je, naročito u SAD, i izraz vjerojatnosna analiza rizika (engl. *probabilistic risk assessment*). Među najraširenije primjene VAS spadaju: proračun pouzdanosti i raspoloživosti sustava koji su već u pogonu; usporedba različitih tehnologija pri gradnji novih postrojenja glede njihove pouzdanosti i usklađenosti sa sigurnosnim zahtjevima; izravna provjera postavljenih projektnih kriterija; određivanje važnosti pojedinih komponenti ili podsustava u sveukupnoj sigurnosti. Takve analize su investitoru postrojenja velika pomoć pri izboru postrojenja, kao i pri ocjeni samog projekta i kasnijoj uporabi. Značaj VAS je u tome da se ne gledaju odvojeno pojedini dijelovi ili sustavi postrojenja, nego cjelokupan skup sustava postrojenja, te se prati i optimizira pouzdanost i raspoloživost cjeline.

Postoje razni mehanizmi koji doprinose ukupnoj neraspoloživosti komponente, kao što su: kvar kod djelovanja na zahtjev, kvar tijekom rada nakon uspješnog starta, testiranje, održavanje, pogreške pogonskog osoblja, višestruki otkazi opreme koji su međusobno povezani. U slučaju ovih posljednjih govorimo o kvarovima sa

zajedničkim uzrokom (KZU; engl. *common cause failures* – CCF). Vjerojatnost pojave takvih događaja je također potrebno ugraditi u stabla kvarova. Neki potencijalni zajednički uzroci mogu biti: potres, poplava, visoka temperatura, vlažnost, radijacija, uvjeti povezani s lokacijom na kojoj se nalaze dijelovi opreme o kojima je riječ, uvjeti povezani s njihovim projektom ili izradom itd. Članak upoznaje čitatelja s fenomenologijom ove vrste kvarova, različitostima njihovih matematičkih modela i mogućnostima primjene u analizama tehničkih sustava.

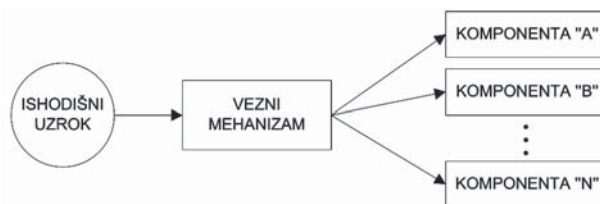
## 2. POVEZANI DOGAĐAJI I NJIHOVI MEHANIZMI

Za razumijevanje povezanih (međusobno ovisnih) događaja i njihovo modeliranje potrebno je odgovoriti na sljedeća pitanja. Zašto se komponente kvare ili zašto su neraspoložive? Koji su uzroci višestrukih kvarova? Koji su čimbenici i obrambeni mehanizmi kojima bi se moglo spriječiti pojavljivanje takvih višestrukih događaja? Ova pitanja vode na razmatranje tri mehanizma. Prvi od njih, ishodišni uzrok (engl. *root cause*), mehanizam je kojim komponenta iz stanja raspoloživosti prelazi u stanje kvara ili funkcionalne neraspoloživosti. Pod funkcionalnom neraspoloživostu komponente podrazumijeva se da je ova u mogućnosti raditi, ali funkcija koju normalno obavlja neraspoloživa je zbog nedostatka ulaznih uvjeta ili podataka, nedostatka potporne funkcije iz vanjskog izvora (npr. aktivacijski signal ili pogonska snaga), održavanja, ispitivanja, ili zbog nepropisnog sučelja s osobljem. U idealnom slučaju, kategorije ishodišnih uzroka trebaju biti dovoljno široke i međusobno isključive kako bi se izbjegle nejasnoće (dvosmislenosti) kod klasifikacije.

Na opisani ishodišni uzrok, nadovezuje se drugi segment – vezni mehanizam (engl. *coupling mechanism*). On pojašnjava zašto pojedini uzrok utječe na neke komponente. Svaka komponenta kvare se zbog svoje podložnosti uvjetima nastalim po pojavi ishodišnog uzroka, a uloga veznog mehanizma je u stvaranju uvjeta zajedničkih tim komponentama. Primjerice, neka su dvije komponente smještene u istoj prostoriji podložne povećanoj vlažnosti zraka. Kvar sa zajedničkim uzrokom može nastati kao ishod događaja u tehničkom sustavu koji rezultira povećanom razinom vlažnosti u prostoriji. Povišena vlažnost je ishodišni uzrok kvara za obje komponente, dok odmah prepoznatljivi vezni mehanizam leži u činjenici što su obje komponente smještene u istoj prostoriji. Prema tome, ovisni kvarovi nastaju zbog suprisutnosti dvaju čimbenika (slika 1), jednog koji osigurava podložnost komponenata kvaru ili neraspoloživosti zbog nekog ishodišnog uzroka, i jednog koji je vezni mehanizam – za više komponenti ostvaruje uvjete u kojima su sve zahvaćene istim uzrokom.

Treći mehanizam je postojanje ili nedostatak inženjerskih i operativnih obrana od neočekivanih kvarova opreme. Uobičajena uvažena obrambena strategija podrazumijeva

kontrolu konstrukcije, odjeljivanje (separaciju) opreme, kvalitetno pripremljene postupke za ispitivanje i nadzor, održavanje postupaka, pregled procedura, osposobljenost osoblja, izgradnju kontrole kvalitete itd. Fizičkim razdvajanjem opreme sa zalihom smanjuje se mogućnost istodobnog kvara opreme zbog učinaka iz okolice. Druge strategije mogu biti učinkovitije u smanjivanju vjerojatnosti neovisnih kvarova kao i ovisnih smanjivanjem podložnosti komponenata određenim vrstama ishodišnih uzroka.



Slika 1. Čimbenici međusobno ovisnih događaja

Ovisni kvarovi uzrok su što vjerojatnosti otkaza u postrojenju postaju uvjetne vjerojatnosti čija interpretacija, s obzirom na fizikalnu stranu problema, redovito nije jasna. Egzaktan pristup je proračun pomoću Markovljevih procesa, no zbog opsežnosti računa taj pristup je teško provediv i s najjačim računalima pa se uvjetne vjerojatnosti određuju približnim metodama. Današnji naponi za postizanje visoke sigurnosti tehničkih sustava idu u smjeru eliminacije ovisnih kvarova i poboljšanja konstrukcije koja će spriječiti djelovanje zajedničkog uzroka kvarova [2].

Ova razmatranja odnose se na sve vrste ovisnih događaja, a daljnji je naglasak članka samo na izgradnji vjerojatnosnih modela kvarova sa zajedničkim uzrokom.

### 2.1. Klasifikacija ovisnih događaja

Sve ovisnosti u sustavu mogu se podijeliti na tri vrste: (1) funkcijska ovisnost, npr. baterija gubi kapacitet nakon prekomjerne uporabe; (2) fizička (prostorna) ovisnost, npr. požar uzrokuje gubitak pričuvne pumpe; i (3) ljudska ovisnost, npr. pogreška prilikom konstrukcije pumpe.

Unutar VAS razlikujemo sljedeće kategorije ovisnosti:

1. Funkcijske ovisnosti u sekvenci – pokazuju učinke statusa jednog sustava ili sigurnosne funkcije na uspjeh ili kvar drugog sustava. Takve ovisnosti eksplicitno su modelirane unutar stabala događaja u sklopu VAS.
2. Međusustavne ovisnosti – uključuju fizičke i funkcijske ovisnosti. One su u pravilu izravno modelirane bilo na razini stabala kvara ili na razini stabala događaja. Prvi slučaj se javlja kod primjene tzv. metode povezivanja stabala kvarova (engl. *fault tree linking methodology*), dok se drugi slučaj javlja kod primjene metode stabala događaja s graničnim uvjetima (engl. *event tree with boundary condition*).

3. Ovisnosti među komponentama – do kojih dolazi zbog raznih veznih mehanizama. Ovakve ovisnosti u pravilu nisu uočljive na prvi pogled, a mogućnost njihovog postojanja je latentna. One mogu dovesti do kvarova sa zajedničkim uzrokom koji uključuju više (redundantnih) komponenti. Modeliranje međusobno ovisnih događaja koji predstavljaju ovakvu vrstu kvarova razmatra se u nadolazećim poglavljima.
4. Ovisnosti zbog djelovanja pogonskog osoblja – kao što su kriva kalibracija senzora ili instrumenata, pogreške kod dijagnosticanja stanja i slično, modeliraju se eksplicitno kao osnovni događaji unutar stabala kvarova i analiziraju u sklopu analize ljudske pouzdanosti.

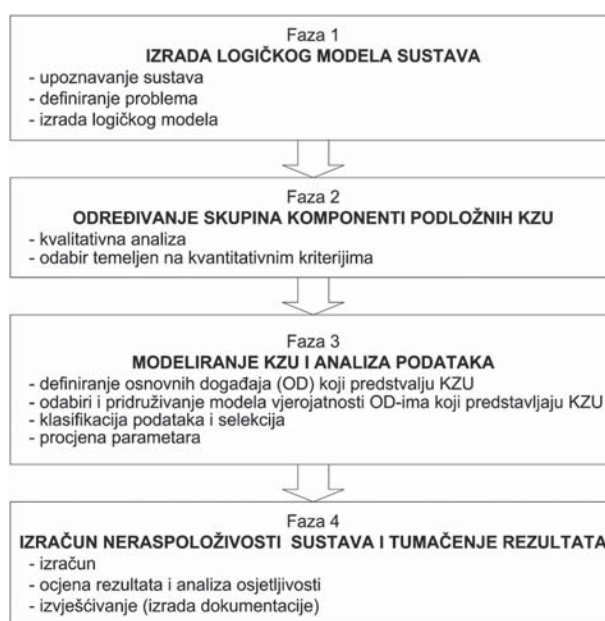
Učinci začetnih događaja koji uzrokuju višestruke otkaze redundantne opreme (npr. zemljotres, požari, ...) u pravilu se, također, izravno modeliraju na razini stabala događaja ili stabala kvarova (primjerice, kao odgovarajući rubni ili začetni uvjeti). Analiza kvarova sa zajedničkim uzrokom na taj način u većini slučajeva obuhvaća samo događaje ishodišnog uzroka koji dovode do višestrukog ispada komponenti zbog istog uzroka i koji spadaju u neku od sljedećih kategorija:

- neprijemnost (neprikladnost) pri projektu/proizvodnji/izradi/ugradnji, ili unutrašnji uzroci,
- nenormalni radni uvjeti u okolici,
- radnje održavanja i radnje osoblja koje nisu izravno modelirane.

Neprikladnost pri projektu/proizvodnji/izradi/ugradnji, ili unutrašnji uzroci, obuhvaća radnje i odluke prilikom projekta, proizvodnje ili ugradnje komponenata prije početka i za vrijeme rada tehničkog sustava. U ovu kategoriju uključen je također i slab rad nekog dijela unutar komponente kao rezultat uobičajene istrošenosti ili drugi bitni kvar i utjecaj normalnog ambijenta u okolici. Ovi ishodišni uzroci zahvaćaju slične komponente. Nenormalni radni uvjeti u okolici uključuju sve uzroke vezane za okolicu koja nije unutar projektnih kriterija komponente. Ova vrsta ishodišnog uzroka (npr. vibracije, temperatura, vlažnost, tlak, onečišćenje, elektromagnetska interferencija, zračenje, korozija, vodljivi medij) zahvaća opremu smještenu u istom prostoru koja je osjetljiva na ovakve grube uvjete u okolici. Radnje i djelovanje osoblja prigodom održavanja, upravljanja ili pogona u pravilu obuhvaćaju opremu čiji se pogon ili održavanje (servisiranje) odvija na temelju istog pisanog postupka (uputstva). Pod pogreškama misli se na pogreške u pisanom postupku, pogreške osoblja te planirana i neplanirana održavanja.

## 2.2. Pregled redoslijeda postupaka u analizi kvarova sa zajedničkim uzrokom

Kod provedbe analize kvarova sa zajedničkim uzrokom uočljive su četiri glavne faze (slika 2) od kojih svaka ima nekoliko koraka [6].



Slika 2. Načelni prikaz postupaka pri provođenju analize kvarova sa zajedničkim uzrokom

Slijede kratki opisi pojedinih faza.

**Faza 1. – Izrada logičkog modela sustava.** Svrha je ove faze konstruirati logički model koji identificira doprinose stanja komponenti koja dovode do neželjenog stanja sustava.

**Faza 2. – Određivanje skupina komponenti podložnih KZU.** Cilj ovog selektivnog procesa je:

- odrediti skupine komponenti unutar sustava koje će biti uključene ili, pak, izbačene iz analize KZU,
- odrediti prioritete skupina komponenti odabranih za daljnju analizu kako bi se vrijeme i resursi najbolje alocirali tijekom analize,
- osigurati inženjerske argumente kao pomoć pri koraku analize podataka (za fazu 3),
- osigurati inženjerska opažanja za naknadno oblikovanje obrambenih alternativa i određivanje preporuka u fazi 4.

**Faza 3. – Modeliranje KZU i analiza podataka.** Po završetku faze 2, analitičar ima razvijeni logički model sustava na razini komponenti i definiran opseg analize KZU u smislu utvrđenih skupina. Svrha je ove faze dograditi logički model sustava uključivanjem KZU. Pri tome se za svaki pojedini KZU koji će biti uključen u model sustava izgrađuje odgovarajući logičko-vjerojatnosni model te provodi analiza podataka radi utvrđivanja vrijednosti njegovih parametara.

**Faza 4. – Kvantifikacija sustava i interpretacija rezultata.** Svrha je ove faze povezati ključne rezultate prethodnih faza za utvrđivanje vjerojatnosti otkaza sustava, te provođenje analize osjetljivosti i tumačenje rezultata.

### 3. KVAROVI SA ZAJEDNIČKIM UZROKOM

Kvarovi sa zajedničkim uzrokom (KZU) čine potkategoriju klase ovisnih događaja. Definirani su kao kvarovi više komponenti zbog pojave istog ishodišnog uzroka. Ključno svojstvo događaja kvara sa zajedničkim uzrokom je da su dvije ili više komponenti zahvaćene istim uzrokom koji nije kvar ili funkcionalna neraspoloživost druge komponente [5].

KZU spadaju u implicitne ovisnosti. To su ovisnosti koje nije moguće opisati konkretnim osnovnim događajima (eksplicitno), ali postoji jasna predodžba o njihovom postojanju. Prema tome, KZU kao dijelovi logičkog modela postrojenja (stabala kvarova i stabala događaja) predstavljaju one međukomponentne ovisnosti, razmatrane kao potencijalno manje značajne, a čiji mehanizmi nisu eksplicitno ugrađeni u logički modela postrojenja. Specifične mehanizme ovisnih kvarova potrebno je eksplicitno (izravno) modelirati kad god je moguće i preporuča se jasno razlikovati takav način modeliranja od načina na koji se modeliraju KZU [4].

VAS provedene u posljednja dva desetljeća pokazale su važnost provedbe analize kvarova sa zajedničkim uzrokom zbog njihovog relativno velikog utjecaja u smislu doprinosa neraspoloživosti sustava. Jednostavno zanemarivanje modeliranja KZU i modeliranje samo slučajnih statistički neovisnih kvarova značajno bi podcijenilo neraspoloživost tehničkog sustava i dalo krive pokazatelje o važnosti zalihosti opreme i njenom prostornom smještaju u sustavu. To posebice dolazi do izražaja kod složenih tehničkih sustava kod kojih razmatramo rizik od malo vjerojatnih događaja s potencijalno velikim posljedicama (rizik od nesreće u nuklearnoj elektrani, pad zrakoplova, ...).

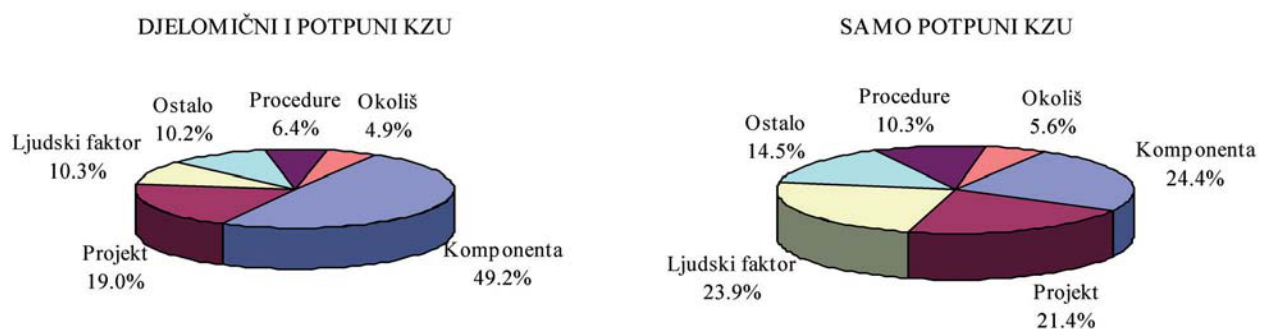
Pod terminom "kvarovi sa zajedničkim uzrokom" podrazumijevamo kvarove što se javljaju zbog djelovanja "zajedničkog uzroka" ili "zajedničkog početnog poticajnog događaja", odnosno, uzrok je svim kvarovima u sustavu zajednički. To može biti kvar nekog tehničkog sustava (npr. raspad elektroenergetskog sustava), ali i djelovanje čovjeka (pogrješke ljudi, nasilno djelovanje i sl.). Zajednički uzrok kvara može biti lako uočljiv (npr. lom parovoda i oštećenje susjednih komponenata djelovanjem pare), ali i manje

uočljiv (povećanje opterećenja pumpe nakon kvara prve). Termin "zajednički način kvara" opisuje zajednički uzrok kvara što djeluje na funkcionalno identične komponente ili podsustave, tj. duplicirane ili redundantne, dakle paralelne komponente ili podsustave što obavljaju istu funkciju.

Mehanizme koji doprinose ili uzrokuju zajednički način kvarova moguće je karakterizirati ovako: konstrukcijske pogrješke; razlike u kontroli proizvodnje i kvalitete; pogrješke prilikom testiranja, održavanja i popravljanja; pogrješke ljudi; promjene okolice (onečišćenje, temperatura, tlak, vlažnost, vibracije itd.); okolnosti što se javljaju tijekom rada komponenti ili postrojenja (promjene opterećenja, kvarovi, popravci) [1].

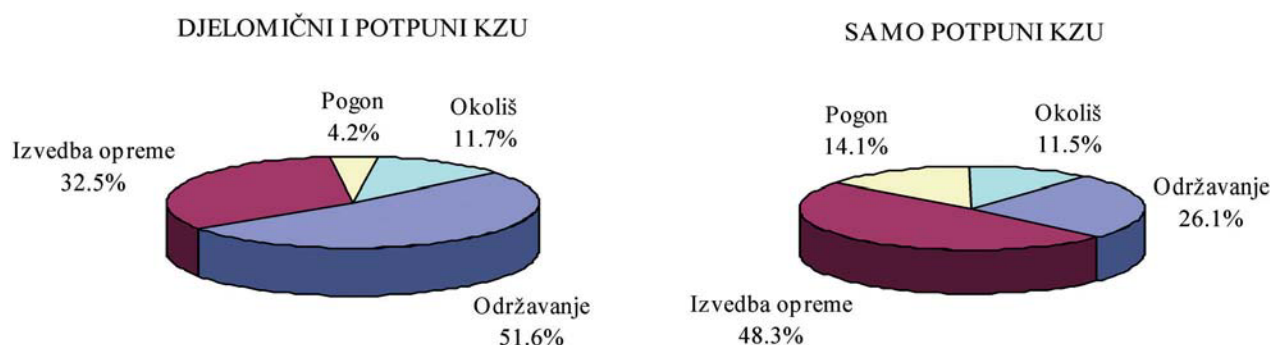
Banka podataka US NRC-a (engl. *U.S. Nuclear Regulatory Commission*), temeljena na 15-godišnjoj statistici kvarova sa zajedničkim uzrokom (1980.-1995.), pokazuje da je udio KZU u ukupnom broju svih kvarova 9,8%, a samo 1,3% svih kvarova pripada klasi potpunih KZU (sve redundantne komponente promatrane skupine su u stanju kvara) [14]. Slika 3 prikazuje razdiobu KZU-događaja prema ishodišnom uzroku, dok slika 4 opisuje razdiobu KZU-događaja prema veznom mehanizmu.

Pristup temeljen na generičkom uzroku (engl. *generic cause approach* [4]) sustavan je i strukturirani način pregleda skupina komponenti podložnih KZU. U osnovi, za svaku kombinaciju komponenti bi se moglo reći da ima odgovarajući potencijal za pojavu KZU. Pokazalo se da široka primjena ovog pristupa, ili drugih tehnika kvalitativnog pregleda/selekcije zahtijeva previše vremena. Kakogod, teško da postoji ikoji primjer VAS s punim opsegom (engl. *full-scope PSA*) gdje je kvalitativna selekcija po dubini primijenjena na velik broj komponenti. Preporuča se odrediti opseg analize po dubini primjenom kvantitativnog pregleda, te selekcije a priori tipova komponenti koje je na osnovi proteklog iskustva potrebno detaljnije analizirati. Prema postojećim naputcima preporuča se neke tipove komponenti koje su prema proteklom iskustvu, ili djelomično podložne KZU i/ili su kritične za razinu sigurnosti postrojenja, redovito uključiti u relativno detaljniju analizu KZU. U tom kontekstu fokus je na aktivnim redundantnim komponentama i doprinosima unutar sustava.



Slika 3. Raspodjela kvarova sa zajedničkim uzrokom prema ishodišnom uzroku





Slika 4. Raspodjela kvarova sa zajedničkim uzrokom prema veznom mehanizmu

### 3.1. Pretpostavka simetričnosti

U okviru VAS, osnovni događaj kvara zbog zajedničkog uzroka definira se kao "događaj koji predstavlja višestruke kvarove određene skupine (obično sličnih) komponenata zbog istog uzroka" [4]. Tako za modeliranje jednostavnog sustava od tri komponente "A", "B" i "C", uz postojeće osnovne događaje,  $A_1$ ,  $B_1$  i  $C_1$ , koji predstavljaju neraspodjenu ili kvar jedne i samo jedne komponente, potrebno je razmotriti i osnovne događaje kvara zbog zajedničkog uzroka,  $C_{AB}$ ,  $C_{AC}$ ,  $C_{BC}$  i  $C_{ABC}$  gdje indeks označava skupinu komponenti koje su u kvaru zbog tog uzroka. Nakon što su definirani svi osnovni događaji u pravilu se uzima u obzir jednostavna pretpostavka temeljem koje se smanjuje broj parametara modela koje treba procijeniti. Prema toj pretpostavci vjerojatnosti pojavnosti **sličnih osnovnih događaja** koji uključuju **isti broj komponenata**, su iste. Za navedeni sustav od tri identične komponente, tada je:

$$P(A_1) = P(B_1) = P(C_1) = Q_1 \quad (1a)$$

$$P(C_{AB}) = P(C_{AC}) = P(C_{BC}) = Q_2 \quad (1b)$$

$$P(C_{ABC}) = Q_3 \quad (1c)$$

Vjerojatnost pojave osnovnog događaja,  $Q_k$ , je funkcija od  $m$ , ukupnog broja komponenti koje tvore KZU-grupu. Slijedi opći izraz za vjerojatnost pojave osnovnog događaja:

$$Q_k^{(m)} \equiv \text{vjerojatnost pojave kvara sa zajedničkim uzrokom koji uključuje } k \text{ komponenti } (1 \leq k \leq m) \text{ iz KZU-skupine od } m \text{ komponenti} \quad (2)$$

i, općenito je:

$$Q_k^{(m)} \neq Q_k^{(l)} \quad l \neq m \quad (3)$$

### 3.2. Metode za modeliranje kvarova sa zajedničkim uzrokom

Više je modela predloženo od različitih autora za evaluaciju KZU, ali jedino oni korišteni u sklopu VAS pripadaju grupi parametarskih modela. Dvije studije (European CCF

benchmark exercise, Poucet et al., 1987; Scandinavian benchmark exercise, Hirschberg, 1987) pokazale su da odabir modela KZU nije bitan ako se koristi konzistentan skup podataka. S druge strane neki od raspoloživih modela strukturirani su tako da zahtijevaju složenu analizu podataka. Tablica 1 prikazuje osnovne karakteristike parametarskih modela.

Tablica 1 prikazuje kategorizaciju ovih modela na osnovi načina kako se procjenjuju vjerojatnosti osnovnih događaja. Dvije su osnovne kategorije modela: šok modeli i ne-šok modeli. Šok modeli razlikuju dva mehanizma kvara, prvi, individualni kvarovi komponenata zbog slučajnih uzroka, i drugi, kvarovi jedne ili više komponenata zbog zajedničkog uzroka (šoka) koji utječe na sustav određenom vjerojatnosti. Stoga šok modeli određuju frekvenciju drugog tipa kvarova kao umnožak vjerojatnosti pojavljivanja šoka i uvjetne vjerojatnosti kvara komponente ako se zna da je nastupio šok [5]. Ne-šok modeli procjenjuju vjerojatnosti osnovnih događaja bez postuliranja modela za odgovarajući mehanizam kvara. Temeljni parametarski model koristi se za izravnu procjenu vjerojatnosti osnovnih događaja. Ostali modeli koji se spominju detaljnije u sljedećim podpoglavljima mogu se svi izvesti iz tog modela.

#### 3.2.1. Temeljni parametarski model (engl. basic parameter model)

Ovo je model kod kojega se vjerojatnosti KZU-događaja definiraju izravno relacijom (2). Za parametre  $Q_k^{(m)}$  definirane relacijom (2) ukupna vjerojatnost kvara,  $Q_r$ , komponente u KZU-skupini od  $m$  komponenti je:

$$Q_r = \sum_{k=1}^m \binom{m-1}{k-1} Q_k^{(m)} \quad (4)$$

gdje je  $\binom{m-1}{k-1}$  broj različitih načina na koji se dotična komponenta može pokvariti s  $k-1$  drugom komponentom u skupini od  $m$  sličnih komponenti. U formulaciji (4) događaji  $Q_k^{(m)}$  su isključivi.

Tablica 1. Glavne karakteristike parametarskih modela KZU (prema NUREG/CR-4780)

	Model	Parametri modela	Opći oblik formule za vjerojatnost višestrukog kvara
NE-ŠOK MODELI	Temeljni parametarski model	$Q_1, Q_2, \dots, Q_m$	$Q_k = Q_k \quad k = 1, 2, \dots, m$
	Model beta-faktora	$Q_p, \beta$	$Q_k = \begin{cases} (1-\beta)Q_t & k=1 \\ 0 & 2 \leq k < m \\ \beta Q_t & k=m \end{cases}$
	Model grčkog alfabeta	$Q_t, \underbrace{\beta, \gamma, \dots}_{m-1 \text{ parametar}}$	$Q_k = \frac{1}{\binom{m-1}{k-1}} \left( \prod_{i=1}^k \rho_i \right) (1-\rho_{k+1}) Q_t \quad k=1, \dots, m$ $\rho_1 = 1, \rho_2 = \beta, \rho_3 = \gamma, \dots, \rho_{m+1} = 0$
	Model alfa-faktora	$Q_p, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$	$Q_k = \frac{1}{\binom{m-1}{k-1}} \frac{\alpha_k}{\alpha_t} Q_t \quad k=1, \dots, m$ $\alpha_t \equiv \sum_{k=1}^m k \alpha_k$
ŠOK MODELI	Model s dva stanja (ispravno/neispravno)	$Q_p, \mu, \rho, w$	$Q_k = \begin{cases} \mu \rho^k (1-\rho)^{m-k} & k \neq m \\ \mu \rho^m + w & k = m \end{cases}$
	Model s višestrukim stanjima (više načina kvara)	$\mu, Q_p, \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_m$	$Q_k = \begin{cases} \mu \Phi_k & k=2, \dots, m \\ Q_t + \mu \Phi_1 & k=1 \end{cases}$

### 3.2.2. Model beta-faktora (engl. beta factor model)

Ovo je jednoparametarski model koji koristi dodatni parametar pored ukupne vjerojatnosti kvara komponente da bi se odredile vjerojatnosti KZU. Model pretpostavlja da se konstantan udio ( $\beta$ ) vjerojatnosti kvara komponente može povezati s događajima zajedničkog uzroka dijeljenim među komponentama te grupe. Drugo, kad god postoji KZU, onda se pretpostavlja da je to kvar svih komponentata definirane grupe. Stoga, za grupu od  $m$  komponentata, svi  $Q_k^{(m)}$  iz (4) jednaki su nula osim  $Q_1$  i  $Q_m$ . Konačno vjerojatnosti događaja iz KZU grupe od  $m$  komponentata su:

$$Q_k = \begin{cases} (1-\beta)Q_t & k=1 \\ 0 & 2 \leq k < m \\ \beta Q_t & k=m \end{cases} \quad (5)$$

Procjenitelji  $\beta$ -faktora ne ovise eksplicite o podatku o uspjehu komponente/sustava koji su općenito neraspoloživi, a uz to, procjene  $\beta$ -faktora za bitno različite vrste komponentata ne variraju zamjetno. Zbog ovih činjenica te jednostavnosti modela razumljiva je i njegova velika raširenost u analizama rizika i pouzdanosti [5].

Iako statistički podaci na osnovi radnog iskustva ukazuju na to da KZU ne zahvaćaju uvijek sve redundantne komponente, iskustvo iz korištenja ovog jednostavnog

modela, otkriva da, u nekim slučajevima, daje razumno točan (i pomalo konzervativan) rezultat za razine zalihosti do tri ili četiri. No, iznad tih razina zalihosti ovaj model daje konzervativne rezultate. Kada je od interesa specifičan doprinos trećeg ili višeg reda preporuča se koristiti općenitije parametarske modele, posebice kod velikog doprinosa KZU [6].

### 3.2.3. Model grčkog alfabeta (engl. multiple greek letter model – MGL)

Ovaj model poopćenje je beta faktor modela u smislu uvođenja dodatnih parametara k  $\beta$ -faktoru kako bi se uzeli u obzir i KZU bilo kojeg broja komponenti unutar grupe. MGL parametri su: (1) ukupna vjerojatnost kvara komponente,  $Q_p$ , što uključuje pojedinačan doprinos kao i doprinos zbog KZU, i (2) niz udjela u kvaru korištenih za kvantificiranje uvjetnih vjerojatnosti nastupa (svih mogućih kombinacija) KZU ako je poznato da je nastupio kvar dotične komponente. Za skupinu od  $m$  redundantnih komponenti i za svaki primjenjivi način rada definirano je i  $m$  parametara. Primjerice, prva četiri parametra ovog modela su:

$Q_t \equiv$  ukupna vjerojatnost kvara komponente (zbog individualnog kvara i KZU-ova)

te

$\beta \equiv$  uvjetna vjerojatnost da je uzrok kvara koji se očitovao na jednoj komponenti, zahvatio jednu ili više dodatnih komponenti;

$\gamma \equiv$  uvjetna vjerojatnost da je uzrok kvara koji se očitovao na dvije komponente, zahvatio jednu ili više dodatnih komponenti;

$\delta \equiv$  uvjetna vjerojatnost da je uzrok kvara koji se očitovao na tri komponente, zahvatio jednu ili više dodatnih komponenti.

Opći izraz za vjerojatnost KZU  $k$  specifičnih unutar grupe od  $m$  komponenti,  $Q_k$ , u MGL parametrima konzistentan je s gornjom definicijom. Za grupu od 4 slične komponente definiraju se sljedeći parametri:

$$Q_t = Q_1^{(4)} + 3Q_2^{(4)} + 3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \beta^{(4)} &= \frac{3Q_2^{(4)} + 3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)}}{Q_1^{(4)} + 3Q_2^{(4)} + 3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)}} \\ \gamma^{(4)} &= \frac{3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)}}{3Q_2^{(4)} + 3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)}} \\ \delta^{(4)} &= \frac{Q_4^{(4)}}{3Q_3^{(4)} + Q_4^{(4)}} \end{aligned} \quad (7)$$

Potrebno je naglasiti da su parametri iz (7) funkcija veličine grupe,  $m$ , te je potrebno voditi računa da se ne primjenjuju raspoloživi parametri grupe od  $m$  komponenti za parametre KZU grupe od  $n$  komponenti ( $n \neq m$ ). Rješavanjem sustava jednadžbi (6, 7) za ovu istu grupu dobivaju se vjerojatnosti KZU,  $Q_k$ :

$$\begin{aligned} Q_1 &= (1 - \beta)Q_t \\ Q_2 &= \frac{1}{3}\beta(1 - \gamma)Q_t \\ Q_3 &= \frac{1}{3}\beta\gamma(1 - \delta)Q_t \\ Q_4 &= \beta\gamma\delta Q_t \end{aligned} \quad (8)$$

Poopćenje na grupu od  $m$  komponenti vodi na relaciju za  $Q_k^{(m)}$ :

$$Q_k = \frac{1}{\binom{m-1}{k-1}} \left( \prod_{i=1}^k \rho_i \right) (1 - \rho_{k+1}) Q_t \quad (k = 1, \dots, m) \quad (9)$$

gdje su:  $\rho_1 = 1, \rho_2 = \beta, \rho_3 = \gamma, \dots, \rho_{m+1} = 0$ .

### 3.2.4. Model alfa-faktora (engl. alpha factor model)

Alfa faktor model definira vjerojatnosti KZU preko niza omjera vjerojatnosti kvarova i ukupne vjerojatnosti kvara komponente,  $Q_k$ . U smislu vjerojatnosti KZU događaja, alfa faktori definiraju se kao

$$\alpha_k^{(m)} = \frac{\binom{m}{k} Q_k^{(m)}}{\sum_{k=1}^m \binom{m}{k} Q_k^{(m)}} \quad (10)$$

gdje je  $\binom{m}{k} Q_k^{(m)}$  vjerojatnost KZU događaja koji uključuje  $k$  od  $m$  komponenti grupe. Drugim riječima,  $\alpha_k^{(m)}$  je omjer vjerojatnosti događaja KZU  $k$  komponenti grupe i ukupne vjerojatnosti svih KZU događaja u grupi od  $m$  komponenti. Primjerice, za grupu s tri slične komponente definirani su:

$$\begin{aligned} \alpha_1^{(3)} &= \frac{3Q_1^{(3)}}{3Q_1^{(3)} + 3Q_2^{(3)} + Q_3^{(3)}} \\ \alpha_2^{(3)} &= \frac{3Q_2^{(3)}}{3Q_1^{(3)} + 3Q_2^{(3)} + Q_3^{(3)}} \\ \alpha_3^{(3)} &= \frac{Q_3^{(3)}}{3Q_1^{(3)} + 3Q_2^{(3)} + Q_3^{(3)}} \end{aligned} \quad (11)$$

i vrijedi  $\alpha_1^{(3)} + \alpha_2^{(3)} + \alpha_3^{(3)} = 1$ . Koristeći relacije (10, 11) vjerojatnost KZU,  $Q_k$ , je:

$$Q_k^{(m)} = \frac{m}{\binom{m}{k}} \frac{\alpha_k^{(m)}}{\alpha_t} Q_t \quad (12)$$

gdje je

$$\alpha_t = \sum_{k=1}^m k \alpha_k^{(m)} \quad (13)$$

Postoji međusobna povezanost parametara između alfa faktor i MGL modela preko niza jednostavnih relacija. Npr. za KZU grupu s tri komponente MGL parametri su dani s:

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{2\alpha_2 + 3\alpha_3}{\alpha_1 + 2\alpha_2 + 3\alpha_3} \\ \gamma &= \frac{3\alpha_3}{2\alpha_2 + 3\alpha_3} \end{aligned} \quad (14)$$

Slično, reparametrizacijom moguće je dobiti parametre alfa faktor modela:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 3(1 - \beta) \\ \alpha_2 &= \frac{3}{2}\beta(1 - \gamma) \\ \alpha_3 &= \beta\gamma \end{aligned} \quad (15)$$

### 3.2.5. Procjenitelji i neodređenost parametara modela

Za procjenu vrijednosti opisivanih parametara KZU modela potrebno je definirati procjenitelje koji se odnose

na mjerljive veličine izvučene iz raspoloživih podataka formiranih na temelju pogonske povijesti (višegodišnjeg vođenja statistike kvarova) tehničkog postrojenja. Postoji više vrsta procjenitelja koji se u tradi mogu koristiti. Najjednostavniji od njih su tzv. procjenitelji najveće vjerodostojnosti. Kod analize neraspoloživosti tehničkog sustava vrlo je često poželjno imati podatak o neodređenosti procjene. Bitan detalj na koji treba obratiti pozornost su statistički modeli koji se koriste za prezentiranje neodređenosti procjenitelja parametra spomenutih parametarskih KZU-modela. Neodređenosti o kojima ovdje govorimo povezane su sa statističkim zaključivanjem na temelju ograničene veličine uzorka. Za analizu neodređenosti može se koristiti Bayesov pristup kod kojega se razdioba KZU parametra,  $\theta$ , uz poznatu pogonsku povijest,  $E$ , izračunava prema formulaciji:

$$\pi(\Theta|E) = \frac{L(E|\Theta)\pi_0(\Theta)}{\int_{\Theta} L(E|\Theta)\pi_0(\Theta)d\Theta} \quad (16)$$

gdje je

$\pi(\theta|E) \equiv$  razdioba parametra  $\theta$  a posteriori (uz poznatu pogonsku povijest  $E$ );

$\pi_0(\theta) \equiv$  razdioba parametra  $\theta$  a priori (bez poznavanja pogonske povijesti  $E$ );

$L(E|\theta) \equiv$  funkcija vjerodostojnosti odnosno vjerojatnost pogonske povijesti  $E$  ako je poznat parametar  $\theta$ .

Procjenitelji parametara modela i pripadne neodređenosti posebna su i kompleksna tema te se stoga neće detaljno razrađivati unutar ovog rada već je dan kratak osvrt na neke specifične aspekte s naglaskom na spomenute modele. Budući da su raspoloživi statistički podaci o kvarovima dani u obliku broja događaja koji uključuju KZU određenog broja komponenti iz skupine, parametri koji se temelje na broju i vrsti događaja, kao što je to slučaj kod alfa faktora, moguće je procijeniti izravno iz tih podataka. S druge strane, MGL parametri po svojoj su naravi parametri temeljeni na komponenti, te se ne mogu izravno odrediti [6]. Otuda i proizlazi značaj modela alfa-faktora kroz izravno određivanje njegovih faktora (na temelju statistike kvarova) koji koreliraju s faktorima u primjeni vrlo raširenog MGL modela. Valja naglasiti da primjena Bayseovog pristupa nije jednako kompleksna kod ova dva modela. U slučaju provođenja Bayseovog pristupa na parametre alfa faktor modela opisane Dirichletovom razdiobom  $\pi_0(\alpha_1, \dots, \alpha_m)$  nužno je samo odrediti a posteriori Dirichletovu razdiobu  $\pi(\alpha_1, \dots, \alpha_m|E)$ . Određivanje a posteriori razdiobe MGL parametara ide neizravno preko određivanja a posteriori razdiobe parametara alfa faktor modela. Potom se koristi standardna korelacija koja vrijedi između  $m-1$  parametara MGL modela i  $m$  parametara alfa faktor modela [6]:

$$\pi(\underbrace{\beta, \gamma, \dots}_{m-1}|E) = \frac{\pi(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m|E)}{|J(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_m)|} \quad (17)$$

Izraz u nazivniku predstavlja Jacobijevu determinantu. Ovako određena razdioba ima nedostatak da je do njene srednje vrijednosti moguće doći isključivo numeričkim postupkom. Zbog navedenih razloga je razumljivo da se u novije vrijeme jedan dio analitičara okreće modelu s alfa-faktorima.

### 3.3. Neka praktična razmatranja

Usporedan pregled analize ovisnih kvarova unutar VAS šest švedskih nuklearnih elektrana, prema [13], pokazao je da najveći doprinos KZU, prema tipovima komponenata, nose motorom upravljani ventili i pumpe. Kao sljedeći mogući doprinositelji navedeni su dizel-generatori, el. akumulatori, rasteretni ventili, zrakom upravljani ventili, kontrolni ventili, nepovratni ventili, ispadni ventili, kanali logike sustava za zaštitu reaktora, prekidači i senzori. Rezultati VAS provedenih u SAD-u potvrđuju ove zaključke te kao važnima za KZU ocjenjuju i KZU sklopke za obustavu reaktora. Postojeća iskustva pokazuju da je kod provođenja VAS nuklearnih elektrana potrebno, u najmanju ruku, uzeti u obzir gore navedene vrste komponenti. Provođeci kvantitativni pregled/selekciju moguće je odrediti stupanj do kojeg je potrebno istražiti utjecaj ovih i dodatnih skupina identičnih, funkcionalno "nerazličitih", aktivnih, redundantnih komponenti.

U pravilu funkcionalno različite komponente ne razmatraju se kao podložne KZU-ima. Pasivne komponente također su rijetko predmetom analize KZU. Međutim, potrebno je raditi provjere da su događaji, kao npr. začepljenje filtra rešetke redundantne pumpe, izravno umodelirani u logički model elektrane.

Drugi segment koji utječe na opseg analize je pitanje modeliranja svih primjenjivih redova višestrukosti kvarova (npr. uključanje dvostrukih, trostrukih i četverostrukih KZU kod elektrane s četiri redundantne grane unutar sigurnosnog sustava). Preporuča se kad je god moguće uzeti čim veći red višestrukosti kvarova. Današnji računalni programi prate preporuke teoretičara o pojednostavljenju KZU modela (s obzirom na činjenicu da s porastom broja komponenti eksponencijalno raste i broj događaja) gdje je to moguće s time da su rezultati još uvijek na konzervativnoj strani. Npr, za sustav s KZU grupom od 6 komponenti, svaki događaj koji uključuje 4 ili više komponente računao bi se kao kvar svih 6 komponenti.

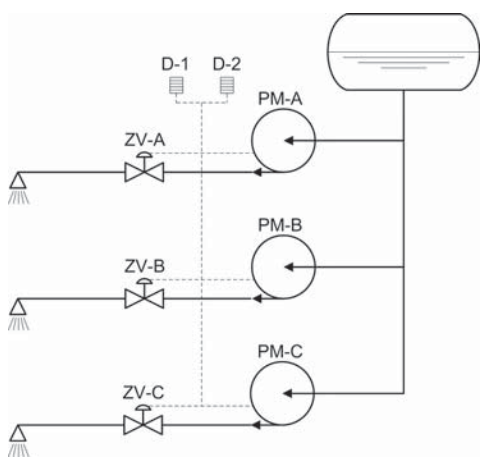
Za praktično provođenje analize KZU unutar VAS raspoloživa je različita suvremena računalna programska podrška. Pri tome nakon definiranja određene KZU grupe, pridružuju joj se osnovni događaji koji predstavljaju određenu vrstu kvara komponente članice grupe. Dodatno definiraju se i parametri KZU modela, a neki programi automatski proširuju stablo kvara na način da osnovni događaj zamijene ILI-vratima na čijem ulazu su individualni kvar i sve kombinacije KZU kvarova.



#### 4. PRIMJERI ANALIZE KVARA SA ZAJEDNIČKIM UZROKOM U TEHNIČKOJ PRAKSI

Za ilustraciju odabrana su dva primjera sigurnosnih sustava koji su u pripravnosti i očekuje se njihovo vremenski ograničeno djelovanje nakon aktivacije. Za prvu ilustraciju poslužit će shema pojednostavljenog sustava protupožarne zaštite na slici 5. Za prepoznavanje požara instalirana su dva detektora (D-1 i D-2) koji potom aktiviraju centrifugalne pumpe i otvore zrakom upravljane ventile po načelu da je dovoljna aktivacija barem jednog od dva detektora. Pumpe uzimaju vodu iz spremnika i kroz mlaznice raspršuju vodu u području zahvaćenom požarom.

Prikazane su tri redundantne pruge (pumpa, zrakom upravljani ventil, mlaznica) premda je za normalan rad dovoljna jedna, a preostale su u pripravnosti. Rezultati analize KZU provedene za ovaj sustav uz varijacije broja raspoloživih grana od jedne do četiri daje slika 6. Modelirane su četiri KZU grupe: kvarovi zrakom upravljanih ventila, kvarovi pumpi (pri zagonu i pri radu nakon uspješnog zagona) i kvarovi detektora. Zbog jednostavnosti, neraspoloživost zbog ispitivanja i održavanja modelirana je na razini grane (umjesto na razini pojedinih komponenti), a kvarovi potpornih sustava (napajanje pumpi, sustav stlačenog zraka za upravljanje ventilima, upravljačka logika) zanemareni su.



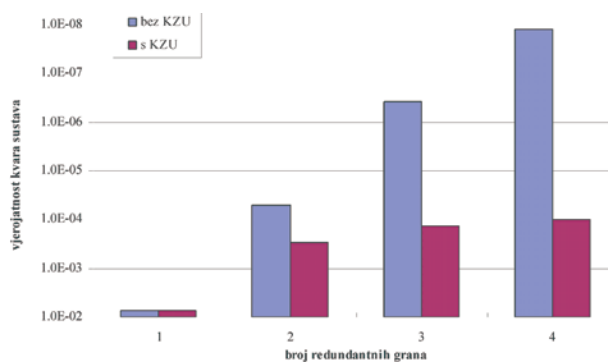
Komponenta	Mod kvara	Vrijednost parametra $q$ [/zahtjev] / $\lambda$ [/sat]
Detektor požara	RK	1,00E-04
	FS	3,00E-03
Motorna pumpa	FR	3,00E-05
	TM	2,00E-03
Zrakom upravljani ventil	RK	2,00E-03
Spremnik vode	puknuće	1,00E-06

Legenda: RK – razni kvarovi  
 FS – kvar pri zagonu  
 FR – kvar tijekom rada nakon uspješnog zagona  
 TM – neraspoloživost zbog ispitivanja i održavanja

Veličina skupine ( $m$ )		2		3		4	
Komponenta	Mod kvara	$\beta$	$\beta$	$\gamma$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
Detektor požara	NC	1,12E-02	NA	NA	NA	NA	NA
Motorna pumpa	FS	5,56E-02	5,53E-02	5,34E-01	5,33E-02	5,40E-01	7,66E-01
	FR	2,09E-02	2,80E-02	3,01E-01	2,83E-02	5,03E-01	3,89E-01
Zrakom upravljani ventil	NC	3,97E-02	5,28E-02	4,19E-01	5,97E-02	4,97E-01	5,21E-01

Legenda: RK – razni kvarovi, FS – kvar pri zagonu, FR – kvar tijekom rada nakon uspješnog zagona, NA – nije primjenjivo

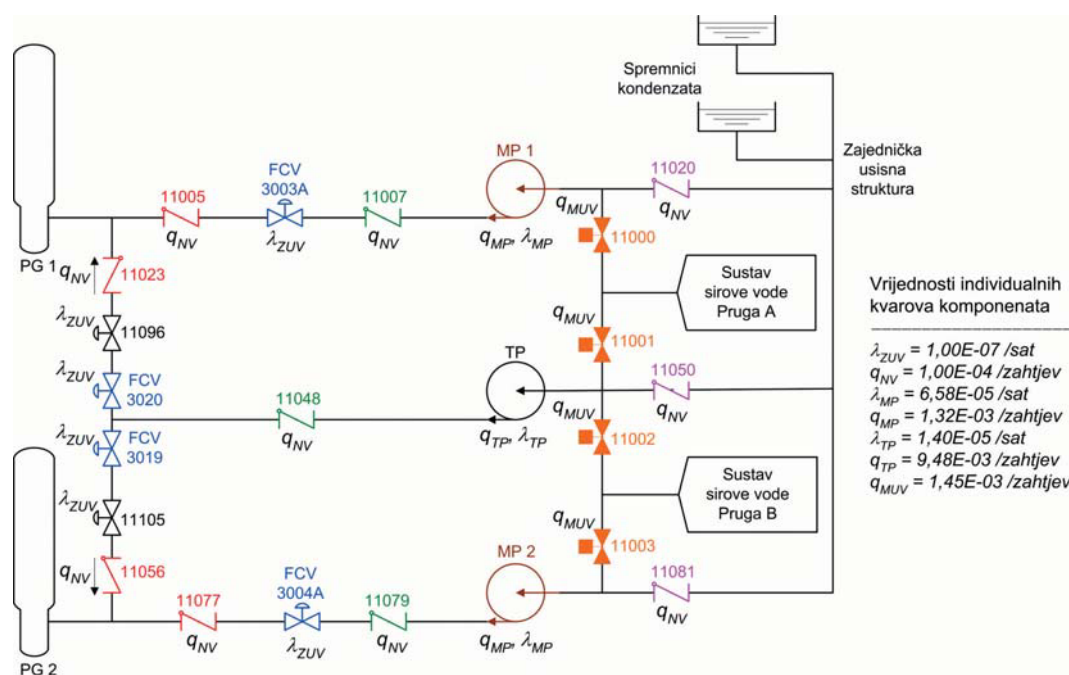
Slika 5. Shema pojednostavljenog protupožarnog sustava i ulazni parametri za proračun neraspoloživosti



Slika 6. Ovisnost vjerojatnosti kvara sustava o broju redundantnih grana sa i bez KZU

Pokazuje se da kod visokoredundantnih sustava dominantan doprinos u vrijednosti vjerojatnosti KZU ima upravo kvar svih komponentata u grupi. Uključenje KZU u VAS značajno ograničava smanjenje vjerojatnosti kvara sustava povećanjem broja redundantnih pruga. Stoga je izračun KZU parametara važno pitanje.

Drugi primjer analize KZU je na sustavu pomoćne pojne vode nuklearne elektrane. Pojednostavljeni dijagram toka ovog sustava prikazuje slika 7. Sustav se sastoji od tri pumpe (dvije motorne, A i B, s 50% kapaciteta i jednom turbinskom, C, sa 100% kapaciteta) čime je ispunjena



Slika 7. Dijagram toka sustava pomoćne pojne vode u nuklearnoj elektrani

potreba za zalihošću opreme i vrstu pogonskog sredstva. Na izlazu svake pumpe nalazi se i nepovratni ventil te lokalno nadzirani izolacijski ventil. On sprječava promjenu smjera toka vode kroz pumpu i omogućava održavanje nepovratnog ventila i pumpe.

Svaka električna pumpa napaja vodom pripadni parogenerator (izmjenjivač topline), dok turbinska pumpa osigurava dotok vode prema oba parogeneratora. Usisni dijelovi cjevovoda spojeni su na zajedničku usisnu strukturu vezanu na spremnike kondenzata. Za slučaj neraspoloživosti spremnika kondenzata postoji alternativni usis vode iz sustava sirove vode. Oba izlaza iz električnih pumpi i oba izlaza iz turbinske pumpe opremljena su normalno otvorenim

kontrolorima toka prema parogeneratorima. Nepovratni ventil i lokalno nadzirani izolacijski ventil smješteni su "nizvodno" od kontrolora toka. Na svakoj izlaznoj strani turbinske pumpe nalazi se pneumatski normalno otvoreni izolacijski ventil "nizvodno" od kontrolora toka koji sprječava previsok protok. Tablica 2 sadrži podatke o KZU grupama, modelima i parametrima za komponente ovog sustava.

Potrebno je naglasiti da turbinska pumpa nije modelirana u KZU-skupini s dvije motorne pumpe, budući da je ona funkcionalno različita. VAS ovog sustava provedena je uz pretpostavku da je za uspješan rad sustava dovoljno potrebno vrijeme rada u trajanju od 24 sata. Rezultati

Tablica 2. KZU-skupine, KZU-modeli i KZU-parametri za komponente sustava pomoćne pojne vode

Opis KZU-skupina	m	KZU-model	Komponente	$\beta$	$\gamma$	$\delta$
KZU zrakom upravljanih ventila (ventili nadzora toka)	4	MGL	3003A, 3004A, 3019, 3020	5,97E-02	4,97E-01	5,21E-01
KZU nepovratnih ventila	3	MGL	11020, 11050, 11081	1,17E-01	6,92E-01	NA
KZU otvaranja linijskih izlaznih nepovratnih ventila	4	MGL	11005, 11023, 11056, 11077	1,31E-01	6,48E-01	8,72E-01
KZU otvaranja nepovratnih ventila na izlazima pumpi	3	MGL	11007, 11048, 11079	1,17E-01	6,92E-01	NA
KZU motorom upravljanih ventila	4	MGL	11000, 11001, 11002, 11003	5,97E-02	4,97E-01	5,21E-01
KZU zagona motornih pumpi	2	Beta faktor	MP1, MP2	1,32E-01	NA	NA
KZU nastavka rada (nakon uspješnog zagona) motornih pumpi tijekom 24h	2	Beta faktor	MP1, MP2	2,20E-03	NA	NA

pokazuju da vjerojatnost kvara sustava uz modelirane KZU iznosi  $2,7 \cdot 10^{-4}$ , odnosno 10% više u odnosu na slučaj kada su KZU zanemareni. Ilustracije radi, kada bi razmatranje dodatno "proširili" na vjerojatnosnu analizu posljedice "taljenje jezgre" zbog svih unutrašnjih početnih događaja, pokazuje se da bi domodeliranje KZU povećalo učestalost taljenja jezgre za 27%. Time se vidi kvantitativni učinak u podcjenjivanju neraspodivnosti sustava kada se zanemare KZU i stoga opet naglašava važnost modeliranja ove vrste kvarova u smislu izgradnje što realnijeg modela.

## 5. ZAKLJUČAK

Članak je opisao fenomenologiju kvarova sa zajedničkim uzrokom i mogućnosti njihovog matematičkog modeliranja u sklopu vjerojatnosnih analiza sigurnosti. Modeliranje KZU se u pravilu izvodi za skupine identičnih, funkcionalno "nerazličitih", aktivnih, redundantnih komponenti.

Detaljno su razrađeni postojeći općeprihvaćeni KZU-modeli: temeljni parametarski model, model beta-faktora, model grčkog alfabeta i model alfa-faktora. Danas je najrašireniji pristup modeliranja ove vrste kvarova modelom beta-faktora za skupine s dvije komponente te modelom grčkog alfabeta za skupne s više od dvije komponente.

Potrebni podaci za procjenu vjerojatnosti pojave KZU su broj neovisnih kvarova i broj višestrukih kvarova zbog zajedničkog uzroka. S obzirom da je često prisutan nedostatak podataka o kvarovima za analizirano postrojenje, koriste se parametri iz generičkih baza podataka. U slučaju postojanja podataka karakterističnih za postrojenje oni se trebaju iskoristiti za osvježavanje generičkih parametara primjenom Bayesove analize.

Kod tehničkih postrojenja primjenjuju se radni postupci, programi održavanja opreme i stalnog obučavanja i certificiranja pogonskog osoblja. Projekt s višestrukom zalihom, striktni postupci, i administrativne kontrole pokazale su se nedovoljno učinkovitima za potpuno sprječavanje kvarova sa zajedničkim uzrokom, time ponovno naglašavajući nužnost modeliranja ovih zavisnih kvarova.

Jednostavno zanemarivanje modeliranja kvarova sa zajedničkim uzrokom, odnosno modeliranje samo slučajnih statistički neovisnih kvarova, značajno bi podcijenilo neraspodivnost tehničkog sustava i dalo krive pokazatelje o važnosti zalihosti opreme i njenom prostornom smještaju u sustavu.

## LITERATURA

- [1] V. MIKULIČIĆ – Z. ŠIMIĆ – I. VRBANIĆ: "Vjerojatnosna procjena tehničkih rizika", *Energija*, 51/2002/2, Zagreb, 2002, str.85-94.
- [2] V. MIKULIČIĆ – D. ŠKANATA – D. ŠINKA – Z. ŠIMIĆ – B. ČAVRAK: "Metode procjene i upravljanja rizikom u procesnoj industriji", Fakultet elektrotehnike i računarstva & Enconet International d.o.o., Zagreb, 1999.
- [3] V. MIKULIČIĆ – D. ŠKRLEC – B. TOMIĆ: "Racionalno korištenje energije i sigurnost industrijskih postrojenja"
- [4] International Atomic Energy Agency, "Procedures for Conducting Common Cause Failure Analysis in Probabilistic Safety Assessment", IAEA-TECDOC-648, 1992
- [5] K. N. FLEMING – S. B. RAO – G. A. TINSLEY – A. MOSLEH – A. AFZALI: "A Database of Common-Cause Events for Risk and Reliability Applications", EPRI TR-100382, Electric Power Research Institute, Paolo Alto, CA., 1992.
- [6] A. MOSLEH – K. N. FLEMING – G. W. PARRY – H. M. PAULA – D. M. RASMUSON – D. H. WORLEDGE: "Procedures for Treating Common Cause Failures in Safety and Reliability Studies", NUREG/CR-4780, EPRI NP-5613, Electric Power Research Institute, Paolo Alto, CA., Vol. 1 (1998), Vol. 2 (1999)
- [7] I. BAŠIĆ: "Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plant Krško, Level 1 Report", Section 8 "Common Cause Analysis Notebook", Revision 1, NEK – Westinghouse, 1995
- [8] I. VUKOVIĆ – V. MIKULIČIĆ – I. VRBANIĆ: "Comparing Two Different Approaches to Modeling of the Common Cause Failures in Fault Trees", Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids, Dubrovnik, June 16-20, 2002.
- [9] I. VRBANIĆ – I. KOŠUTIĆ – I. VUKOVIĆ – Z. ŠIMIĆ: "Presentation of Common Cause Failures in Fault Tree Structure of Krško PSA: An Historical Overview", Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2003, Portorož, September 8-11, 2003
- [10] R. JORDAN CIZELJ – I. VRBANIĆ: "Uncertainty Analysis of Multiple Greek Letter Parameters in Common Cause Failure Model", Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2003, Portorož, September 8-11, 2003.
- [11] Relcon AB, "Risk Spectrum Professional User's Manual", 1998
- [12] "Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plant Krško, Level 1 Report", NEK – Westinghouse, 1994.
- [13] S. HIRSCHBERG: "Dependencies, Human Interactions and Uncertainties in Probabilistic safety Assessment, Final Report of the NKA Project RAS 470", Nordic Liaison Committee for Atomic Energy, 1990.
- [14] D. M. RASMUSON – A. MOSLEH – F. M. MARSHALL: "Some General Insights from the USNRC's Common Cause Failure Database", Proceedings of the International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management PSAM4, New York, September 13-18, 1998.
- [15] I. VRBANIĆ – R. JORDAN CIZELJ: "Parameter Uncertainty in Level 1 PSA Model of Krško NPP with Focus on CCF", PSAM 7 – ESREL '04 Conference Proceedings, Berlin, June 14-18, 2004.

## **COMMON CAUSE FAILURES IN PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT OF TECHNICAL SYSTEMS**

Nowadays technical systems' safety (power-generating, industrial, engineers' facilities) is a significant issue due to widespread usage of technological processes in modern society, increasing consequences of facilities' failures and their increased importance. Over the last thirty years the probabilistic safety analyses have been increasingly applied in technical engineering practice. Various failure modes of system of concern are mathematically and explicitly modelled by means of fault tree structure. Statistical independence of basic events from which the fault tree is built is not acceptable for an event category referred to as common cause failures. The paper considers the mathematical modelling of common cause failures within the fault trees of technical systems as a constituting part of the overall probabilistic safety assessment and gives the practical overview based on the experience gained so far.

## **FEHLER MIT GEMEINSAMER URSACHE IN DER WAHRSCHEINLICHKEITSANALYSIS DER SICHERHEIT TECHNISCHER SYSTEME**

Wegen immer mehr ausgeprägten Rolle der Verfahrenstechnik in der modernen Gesellschaft, und immer grösserer und schwierigerer Folgen der Fehler in den Anlagen, stellt heuer die Sicherheit technischer Systeme (der energetischen, industriellen und gerätebaulichen Anlagen) einen wichtigen

Gegenstand der Einschätzung dar. In etwa dreissig letzten vergangenen Jahren findet die Anwendung solcher Einschätzungen in der technischen Ingenieur Tätigkeit immer mehr statt. Eigener Fehlerkern dient für die rein mathematische Formulierung verschiedener Fehlerarten des überprüften Systems. Statistische Unabhängigkeit der den Fehlerkern bildenden Grundereignisse ist für die Gattung der Fehler mit gemeinsamer Ursache nicht annehmbar. Im Rahmen der Wahrscheinlichkeitsanalyse werden im Artikel verschiedene mathematische Modellierungen der Fehler mit gemeinsamer Ursache in Fehlerkernen technischer Systeme erörtert und ein praktischer Rückblick auf Grund bisheriger Erfahrungen gegeben.

Naslov pisaca:

**Igor Vuković, dipl. ing.**

**Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska**

**dr. sc. Ivan Vrbanić, dipl. ing.**

**APoS – Analize pouzdanosti  
i sigurnosti sustava**

**Repovec 23b, 49210 Zabok, Hrvatska**

**dr. sc. Zdenko Šimić, dipl. ing.**

**prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić, dipl. ing.**

**Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:

2004 – 10 – 05.



## VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKRUŽENJA

### PRVA HRVATSKA VJETROELEKTRANA STAVLJENA U POGON

Početak veljače stavljen je u pogon prva komercijalna hrvatska farma vjetroelektrana. Farma je smještena na otoku Pagu, na predjelu Ravne iznad Paga.



Postavljeno je sedam vjetroelektrana, svaka snage 850 kW. Vlasnik farme vjetroelektrana, kompanija Adria Wind Power, svu će proizvedenu električnu energiju prodavati Hrvatskoj elektroprivredi, osim one koja joj je potrebna za opskrbu vlastite potrošnje na lokaciji.

HEP i kompanija Adria Wind Power potpisali su ugovor o kupoprodaji električne energije iz tih vjetroelektrana 2001. godine na 15 godina. Njime je utvrđena ukupna instalirana snaga od 5950 kW i moguća godišnja proizvodnja od 15 milijuna kWh.

Projekt je vrijedan 6,5 milijuna eura. Zbog čestih i jakih udara bure koja dostiže brzinu i od 40 m/s, vjetroturbine su morale biti robusne konstrukcije, što je proizvela danska kompanija Vestas. Visina stupa je 49 m, a promjer rotora 52 m.

Istraživanja na ovoj lokaciji počela su 1998. godine, mjerenjima smjera i brzine vjetra uz pomoć mjernih stupova visine 30 metara. Kako u Hrvatskoj nema specijaliziranih kompanija za izradu projekata vjetroelektrana na komercijalnoj osnovi, posao je obavila njemačka kompanija WindConsult-Energieprojektberatung.

Dugogodišnja mjerenja su pokazala da srednja godišnja brzina vjetra u mjestu Ravna iznosi 6,4 m/s. Prema ocjeni stručnjaka, brzina zadovoljava, jer se ekonomičnom brzinom za vjetroelektrane smatra brzina 5,5 m/s.

To je prva komercijalna vjetroelektrana u Hrvatskoj, a uslijedila je zabrana gradnje sličnih vjetroelektrana na lokacijama koje su udaljene manje od kilometar od mora.

Donošenjem Uredbe o uređenju i zaštiti zaštićenog obalnog područja, Vlada je zaustavila gradnju vjetroelektrana na stotinjak potencijalnih lokacija duž jadranske obale

i na otocima. Naime, Uredbom se zabranjuje gradnja i planiranje gradnje na otocima, te unutar pojasa od tisuću metara od obale. U pripremi je bilo 40-ak projekata, a 60 % Uredbom je onemogućeno. Istodobno na otocima je dopuštena gradnja termoelektrana, naftnih terminala i drugih objekata koji mogu imati neusporedivo nepovoljniji utjecaj na okoliš.

Prema Smjernicama Europske unije o promociji električne energije iz obnovljivih izvora, cilj je do 2010. udvostručiti udio obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije sa sadašnjih šest na 12 % te povećati udio električne energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji sa sadašnjih 14 % na 22 %.

U EU zadnjih nekoliko godina stopa rasta u sektoru vjetroelegije iznosi tridesetak posto. U EU je ukupno instalirano 28.440 MW, dobiva se 60 TWh električne energije, što zadovoljava 2,4 posto ukupne potrošnje energije. Nove članice EU imaju instalirano još 102 MW. U obnovljive izvore energije u EU najviše ulažu Njemačka, Španjolska i Danska. Posebno je zanimljiv primjer Španjolske, koja je sa 6202 MW na drugom mjestu po instaliranoj snazi u EU, pri čemu je i otvoreno izravno 17.000 radnih mjesta.

Pristupanjem Europskoj uniji i Hrvatska će morati preuzeti obveze povećanja udjela obnovljive energije u proizvodnji energije. Hrvatska je među rijetkim zemljama u Europi čiji je značajan vjetropotencijal posve neiskorišten. Na osnovi višegodišnjih mjerenja do 2010. se u proizvodnji električne energije predviđa mogućnost instaliranja 500 do 600 MW vjetroelektrana za proizvodnju od 1600 do 1900 GWh godišnje. Izgradnja vjetroelektrana u Hrvatskoj trebala bi pridonijeti razvitku domaće industrije, koja ima iskustvo u brodogradnji, elektroindustriji te proizvodnji strojarke opreme, a mogla bi usvojiti inoprograme te razvijati vlastitu opremu i proizvoditi pojedine komponente u Hrvatskoj.

Preostale potencijalne lokacije u Hrvatskoj pričekat će odluke o ulaganjima. Na dvije se lokacije radi vrlo blizu mora, a ostale su u unutrašnjosti. Pitanje je, što napraviti s tom zelenom energijom i kada je cijeli posao gradnje gotov i vjetroelektrane počnu proizvoditi struju. Još nije razrađen cijeli postupak prodaje te struje HEP-u s obzirom da je riječ o vrlo skupoj proizvodnji. Netko bi se trebao odreći jednog dijela profita ili čak računati s gubitkom. U razvijenim zemljama svijeta se u pravilu država odriče tog dijela, subvencionirajući takvu proizvodnju na račun budućnosti koja manje zagađuje okoliš, pa i bez obzira na činjenicu da je manje ili više riječ o skromnim količinama struje prema godišnjoj potrošnji u tim zemljama.

SBK

## ZAKON O ZAŠTITI ZRAKA

Novi Zakon o zaštiti zraka objavljen je u Narodnim novinama broj 178 od 16. prosinca 2004. godine, a primjenjuje se od 31. ožujka 2005. godine. Danom početka primjene ovoga Zakona prestaje vrijediti Zakon o zaštiti zraka (NN 48/95.).

Zakon ima 104 člaka koji su podijeljeni u dvanaest cjelina. Osim općih i završnih odredbi, obuhvaća:

- plan, program i izvješća
- praćenje i utvrđivanje kakvoće zraka, emisija i izvora emisije
- mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja zraka
- poslove praćenja kakvoće zraka i emisija u zraku
- informacijski sustav o kakvoći zraka
- financiranje zaštite i poboljšanja kakvoće zraka
- ekonomske poticaje
- upravni nadzor
- inspeksijski nadzor te
- kaznene odredbe.

Ovim se Zakonom određuju mjere, način organiziranja, provođenja i nadzora zaštite i poboljšanja kakvoće zraka, kao dijela okoliša od općeg dobra. Zaštita i poboljšanje kakvoće zraka, s ciljem održivog razvoja, temelji se na načelima zaštite okoliša određenim Zakonom o zaštiti okoliša i zahtjevima međunarodnog prava.

Radi lakšeg razumijevanja u članku 7. prikazani su neki od termina koji se koriste u smislu ovog Zakona.

- **zrak:** zrak troposfere na otvorenom prostoru, izuzevši zrak na mjestu rada,
- **kakvoća zraka:** svojstvo zraka kojim se iskazuje značajnost u njemu postojećih razina onečišćenosti,
- **onečišćeni zrak:** zrak čija je kakvoća takva da može narušiti zdravlje, kakvoću življenja i/ili štetno utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša,
- **kritična razina:** razina onečišćenosti čije prekoračenje predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje pri kratkotrajnoj izloženosti, pri čijoj se pojavi žurno moraju poduzeti odgovarajuće propisane mjere,
- **gornja granica procjenjivanja:** propisana razina onečišćenosti ispod koje se ocjenjivanje onečišćenosti može obavljati kombinacijom mjerenja i metoda procjene na temelju standardiziranih matematičkih modela i/ili drugih mjerodavnih metoda procjene,
- **donja granica procjenjivanja:** propisana razina onečišćenosti ispod koje se ocjenjivanje onečišćenosti može obavljati samo pomoću metoda procjene na temelju standardiziranih matematičkih modela i/ili drugih mjerodavnih metoda procjene,
- **emisija:** ispuštanje/unošenje onečišćujućih tvari u zrak,

- **granična vrijednost emisije:** najveća dopuštena emisija, izražena ili koncentracijom onečišćujućih tvari u ispušnim plinovima i/ili količinom ispuštanja/unošenja onečišćujućih tvari u određenom vremenu,
- **praćenje emisije:** mjerenje i/ili procjenjivanje emisije onečišćujućih tvari iz izvora onečišćivanja zraka,
- **staklenički plinovi:** plinoviti sastojci atmosfere koji se, prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime, nadziru,
- **registar emisija stakleničkih plinova:** standardizirana i informatizirana središnja baza podataka, koju sačinjavaju podaci o emisijama stakleničkih plinova i njihovim emisijskim kvotama,
- **onečišćivač:** pravna ili fizička osoba čije djelovanje izravno ili neizravno onečišćuje zrak,
- **praćenje kakvoće zraka:** sustavno mjerenje i/ili procjenjivanje razine onečišćenosti prema prostornom i vremenskom rasporedu,
- **sanacijski program:** skup mjera za poboljšanje kakvoće zraka nekog područja,
- **upravljanje kakvoćom zraka:** osiguravanje izvršenja mjera kojima se provodi strategija sprječavanja i smanjivanja onečišćivanja zraka na svim razinama, tako da se time ne ometa uravnoteženi razvoj.

Plan, program i izvješća utvrđeni su u člancima 9. do 14. Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka provedbeni je dokument strategije zaštite zraka koja je sastavni dio Strategije zaštite okoliša. Donosi ga Vlada za razdoblje od četiri godine. Detalji plana razrađeni su u člancima 9. i 10.

Prema članku 11. Agencija za zaštitu okoliša izrađuje izvješće o stanju kakvoće zraka za područje države, čiji sadržaj je također utvrđen u ovom članku.

U člancima 12. do 14. utvrđuju se ostali sudionici koji su obvezni izraditi izvješća na regionalnoj razini.

Praćenje i utvrđivanje kakvoće zraka, emisija i izvora emisije utvrđeni su u člancima 15. do 34.

Ocjenjivanje i razvrstavanje područja prema razinama onečišćenosti utvrđeno je u člancima 16. do 19.

Prema članku 18. utvrđuju se tri kategorije kakvoće zraka:

- čist ili neznatno onečišćen zrak: nisu prekoračene granične vrijednosti (*GV*) niti za jednu onečišćujuću tvar,
- umjereno onečišćen zrak: prekoračene su granične vrijednosti (*GV*) za jednu ili više onečišćujućih tvari, a nisu prekoračene tolerantne vrijednosti (*TV*) niti za jednu onečišćujuću tvar,
- prekomjerno onečišćen zrak: prekoračene su tolerantne vrijednosti (*TV*) za jednu ili više onečišćujućih tvari.

Popis kategorija zraka objavljuje se na WEB stranica nadležnog ministarstva.

U člancima 20. do 25. određeno je uspostavljanje državne mreže za praćenje kakvoće zraka, što je čini, te utvrđena javnost podataka.

Državna mreža sastavni je dio praćenja stanja okoliša i financira se iz Državnog proračuna.

Osim državne mreže osnivaju se i lokalne mreže za praćenje kakvoće zraka, što je utvrđeno u članku 25.

Praćenje kakvoće zraka posebne namjene utvrđeno je u člancima 26. do 32. Prema članku 26. u okolici izvora onečišćivanja zraka onečišćivač mora obavljati praćenje kakvoće zraka određeno u aktu o procjeni utjecaja na okoliš i dozvoli izdanoj prema posebnom propisu. Financiranje ovog praćenja kakvoće zraka osigurava onečišćivač.

Evidentiranje i praćenje emisije iz izvora emisije utvrđeno je u člancima 33. i 34., prema kojima onečišćivači, vlasnici i korisnici izvora onečišćivanja dostavljaju u Katastar onečišćivanja okoliša podatke utvrđene u članku 33.

Ured državne uprave u županiji, odnosno upravno tijelo Grada Zagreba te podatke unose u registar izvora onečišćivanja s podacima o prostornom smještaju i kapacitetima izvora onečišćivanja, te o svim promjenama i rekonstrukcijama.

Podaci iz registra izvora onečišćivanja dostavljaju se Agenciji za zaštitu okoliša.

Mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja zraka utvrđene su u člancima 35. do 48.

Mjere za sprječavanje onečišćivanja zraka, prema članku 37. odnose se na:

- usklađivanje dokumenata prostornog uređenja s programima zaštite i poboljšanja kakvoće zraka, odnosno cjelovitim planiranjem
- propisivanje graničnih vrijednosti emisija iz stacionarnih izvora i graničnih vrijednosti u vezi sa sastavom određenih proizvoda i drugih značajki kakvoće proizvoda
- primjenu mjera zaštite zraka utvrđenih u aktu o procjeni utjecaja na okoliš ili dozvoli izdanoj po posebnom propisu za određeni zahvat, pri projektiranju, gradnji i uporabi izvora onečišćivanja zraka
- primjenu mjera zaštite zraka utvrđenih u dozvoli izdanoj prema posebnom propisu ako za određeni zahvat nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš
- propisivanje emisijskih kvota za pojedine onečišćujuće tvari
- raspodjelu emisijskih kvota stakleničkih plinova
- poticanje primjene čistijih tehnologija i obnovljivih izvora energije
- poticanje uvođenja mjera energetske učinkovitosti
- postupno smanjivanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski sloj
- provedbu mjera iz sanacijskih programa za pojedine izvore ili područja.

Mjere za smanjivanje onečišćivanja zraka, prema članku 43. obuhvaćaju:

- kratkoročne i dugoročne mjere za smanjivanje emisije iz stacionarnih izvora,
- mjere za smanjivanje emisija iz skupnih izvora (promet, kućna ložišta i slično),
- redosljed ostvarivanja mjera s rokovima izvršenja i obveznicima njihove provedbe,
- praćenje kakvoće zraka,
- procjenu kakvoće zraka nakon provedbe mjera,
- procjenu sredstava potrebnih za provedbu pojedinih mjera.

Onečišćivač je dužan provesti i financirati mjere za smanjivanje emisija onečišćujućih tvari u zrak utvrđenih u Planu mjera.

Prema članku 44. onečišćivač je dužan u roku što ga odredi Gradska skupština Grada Zagreba, gradsko odnosno općinsko vijeće izraditi sanacijski program, koji sadrži:

- opis posljedica prekomjerne onečišćenosti zraka
- područje za koje se izrađuje sanacijski program
- mjere kojima će se ostvariti poboljšanje kakvoće zraka
- opis odabranih tehnoloških i drugih rješenja
- procjenu troškova i koristi za odabrana rješenja s obzirom na poboljšanje kakvoće zraka
- procjenu kakvoće zraka nakon provedbe sanacijskih mjera
- plan praćenja kakvoće zraka i učinaka provedenih mjera
- redosljed i rok provedbe pojedinih mjera iz sanacijskog programa
- rok provedbe sanacijskog programa
- financijski plan provođenja programa
- druge potrebne mjere.

Prema članku 46. sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja koja utječu na promjenu klime uređuje se praćenjem emisija stakleničkih plinova, Planom raspodjele emisijskih kvota stakleničkih plinova, dozvolom trgovanja pravima na emisije stakleničkih plinova i zajedničkim ulaganjima u mjere smanjivanja emisija stakleničkih plinova. Za provedbu Plana raspodjele emisijskih kvota, trgovanja emisijama i mjera zajedničkog ulaganja uspostavlja se registar emisija stakleničkih plinova koji vodi Agencija zaštite okoliša.

Stakleničke plinove, način praćenja emisije stakleničkih plinova, njihovu emisijsku kvotu za određeno razdoblje, te plan raspodjele emisijskih kvota po djelatnostima i izvorima onečišćivanja, propisuje Vlada.

Prema članku 47. predmet trgovanja predstavljaju prava na emisije stakleničkih plinova koje se dodjeljuju izvorima onečišćivanja zraka putem emisijskih kvota.

Postupak dodjele prava na emisijske kvote pojedinim izvorima onečišćivanja, način trgovanja s dodijeljenom emisijskom kvotom, način izvješćivanja o postupanju s dodijeljenim kvotama i dostavljanje podataka u registar propisuje Vlada.

U člancima 49. do 56. utvrđeni su poslovi praćenja kakvoće zraka i emisija u zrak.

Prema članku 50. način praćenja kakvoće zraka i prikupljanja podataka, mjerne postupke, način provjere kakvoće mjerenja i podataka kao i način obrade i prikaza rezultata i usklađenost s hrvatskim normama, način dostave podataka za potrebe informacijskog sustava kakvoće zraka, način redovitog obavješćivanja javnosti **pravilnikom** propisuje ministar.

Informacijski sustav o kakvoći zraka, opisan u člancima 57. do 59., sastavni je dio informacijskog sustava zaštite okoliša i sadrži:

- podatke o kakvoći zraka iz državne i lokalnih mreža
- podatke o emisijama izvora onečišćivanja zraka
- podatke o emisijama izvora koji utječu na promjenu klime
- podatke o tvarima koje oštećuju ozonski sloj
- podatke o kakvoći proizvoda
- mjere i programe za zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka
- mjere i programe za zaštitu promjene klime
- mjere i programe za zaštitu ozonskog sloja
- podatke o prekoračenju kritičnih razina i mjere zaštite ljudi i okoliša u takvim prilikama
- podatke o pravnim osobama koje obavljaju djelatnost praćenja kakvoće zraka i emisija
- podatke iz katastra onečišćivanja okoliša
- podatke o provedenom inspekcijskom nadzoru
- podatke o izrečenim prekršajima.

Informacijski sustav o kakvoći zraka za potrebe Ministarstva vodi Agencija za zaštitu okoliša, koja je obvezna pravodobno i cjelovito prikupljati i unositi podatke u informacijski sustav, nad kojim nadzor obavlja nadležno ministarstvo.

Prema članku 58. podaci iz informacijskog sustava o kakvoći zraka koriste se za razmjenu informacija o postajama u mreži za praćenje kakvoće zraka i tehnikama mjerenja, podataka dobivenih praćenjem kakvoće zraka u državnoj mreži i lokalnim mrežama, te podataka o emisijama iz izvora onečišćivanja zraka za potrebe izvješćivanja prema međunarodnim ugovorima i drugim međunarodnim obvezama.

Ministarstvo posreduje i razmjenjuje podatke o kakvoći zraka i emisijama s međunarodnim organizacijama i organizacijama drugih država sukladno potvrđenim (ratificiranim) međunarodnim ugovorima. Također posreduje i razmjenjuje podatke s nadležnim tijelima i organizacijama Europske unije na način i u rokovima koji su određeni u pravnim aktima Europske unije.

Prema članku 60. sredstva za financiranje zaštite i poboljšanja kakvoće zraka osiguravaju se u državnom proračunu, proračunima jedinica lokalne i regionalne samouprave, Fondu za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, te iz drugih izvora:

- sredstva onečišćivača
- donacije
- zajmovi
- sredstva državne potpore
- sredstva međunarodne pomoći
- sredstva stranih ulaganja namijenjenih za zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka.

Za ulaganja u uređaje za pročišćavanje, postrojenja koja primjenjuju tehnologiju, sirovine i proizvodne postupke manje nepovoljna utjecaja na kakvoću zraka, korištenje obnovljivih izvora energije, mogu biti propisana oslobađanja poreza na dobit i poreza na dohodak, prema članku 61. Za ove ekonomske poticaje donosi se poseban **propis**.

U 62. i 63. članku utvrđen je upravni nadzor nad primjenom ovog zakona i propisa donesenih na temelju njega.

Inspekcijski nadzor utvrđen je u člancima 64. do 86., a provode ga inspektori zaštite okoliša te gospodarski inspektor Državnog inspektorata kada se radi o graničnim vrijednostima u vezi sa sastavom proizvoda i drugim njegovim karakteristikama.

U provedbi inspekcijskog nadzora, prema članku 66., gospodarski inspektor će rješenjem zabraniti stavljanje u promet proizvoda, odnosno:

- zabraniti prodaju proizvoda koji u svom sastavu sadrže tvari iznad propisanih graničnih vrijednosti
- ako kakvoća proizvoda nije utvrđena na propisani način
- dokazivanje sukladnosti proizvoda nije obavljeno
- proizvod sadrži tvari koje nisu dozvoljene.

U provedbi inspekcijskog nadzora inspektor provodi izravni uvid u opće i pojedinačne akte, nadzire uvjete i način rada nadziranih pravnih i fizičkih osoba te poduzima ovim Zakonom i drugim propisima predviđene mjere da se utvrđeno stanje uskladi s ovim Zakonom i propisima donesenim na temelju njega. U članku 67. detaljno je specificirano na što se odnosi inspekcijski nadzor.

U člancima 68. do 82. utvrđena su ovlaštenja i obveze inspektora te prava i obveze nadziranih pravnih ili fizičkih osoba.

Prema članku 83., ako nadzirana pravna i fizička osoba ne izvrši rješenjem naređenu mjeru, inspektor će nadziranu osobu prisiliti na izvršenje novčanom kaznom u iznosu od 30.000,00 kuna za pravnu osobu, odnosno 5.000,00 kuna za fizičku osobu.

Novčani iznos prisilne mjere uplaćuje se u korist proračuna Grada Zagreba, općine, odnosno grada na čijem području



Članak	Opis dokumenta	Tko ga donosi	Rok za donošenje
9.	Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka	Vlada RH	31.12.2005.
9.	Plan zaštite i poboljšanja kakvoće zraka	Županije, grad Zagreb	30.6.2006.
18.	Propis o razgraničavanju teritorija RH na područja i njihovo razvrstavanje prema kategorijama kakvoće zraka	Vlada	31.9.2006.
21.	Propis o lokacijama državne mreže za trajno praćenje kakvoće zraka	Vlada	31.9.2006.
22.	Program mjerenja razine onečišćenosti, te gustoću mjerenja i mjerno razdoblje	Ministar	31.9.2006.
30.	Propisivanje graničnih vrijednosti za pojedine onečišćujuće tvari u zraku	Vlada	31.3.2006.
40.	Propis o postupnom smanjivanju potrošnje tvari koje onečišćuju ozonski sloj, postupanje s tim tvarima i proizvodima koji ih sadrže za vrijeme i nakon prestanka uporabe, zbrinjavanje i dr.	Vlada	31.3.2006.
40.	Program stručnog usvršavanja za obuku radnika zaposlenih kod pravne ili fizičke osobe koja obavlja djelatnost održavanja ili popravaka te isključivanja iz uporabe proizvoda koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski sloj	Ministar	31.3.2006.
8. i 38.	Propisi o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora te učestalost mjerenja emisije	Vlada	31.9.2006.
46.	Propisi o načinu praćenja emisije stakleničkih plinova, njihovu emisijsku kvotu za određeno razdoblje, te plan raspodjele emisijskih kvota po djelatnostima i izvorima onečišćavanja	Vlada	31.9.2006.
9. i 39.	Propisivanje emisijske kvote za pojedine onečišćujuće tvari koji uzrokuju nepovoljne učinke zakiseljavanja, eutrofikacije i fotokemijskog onečišćenja za određeno razdoblje i način izračunavanja godišnjih proračuna	Vlada	31.9.2006.
49.	Pravilnik o načinu praćenja kakvoće zraka i prikupljanja podataka, mjernim postupcima, načinu provjere kakvoće mjerenja i podataka kao i načinu obrade i prikaza rezultata i o usklađenosti s hrvatskim normama, načinu dostave podataka za potrebe informacijskog sustava kakvoće zraka, te o načinu redovitog obavješćivanja	Ministar	31.3.2006.
50.	Pravilnik o načinu praćenja (mjerenja) emisija iz stacionarnih izvora, mjernim postupcima, načinu provjere ispravnosti i umjeravanja mjernog uređaja, postupku vrednovanja rezultata i o usklađenosti s hrvatskim normama, načinu dostave podataka za potrebe informacijskog sustava o emisijama, uvjetima i načinu redovitog obavješćivanja javnosti o praćenju emisija	Ministar	31.3.2006.
52.	Pravilnik o uvjetima za izdavanje dozvole	Ministar	31.3.2006.
58.	Pravilnik, kojim se propisuju podaci iz informacijskog sustava o kakvoći zraka, koji se koriste za razmjenu informacija o postajama u mreži za praćenje kakvoće zraka i tehnikama mjerenja, podacima dobivenim praćenjem kakvoće zraka u državnoj mreži i lokalnim mrežama, te podacima o emisijama iz izvora onečišćivanja zraka za potrebe izvješćivanja prema međunarodnim ugovorima i drugim međunarodnim obvezama	Ministar	31.3.2006.
80.	Naputak o načinu pečaćenja, kada se rješenja donesena na temelju ovoga Zakona izvršavaju pečaćenjem	Ministar	31.3.2006.
95.	Uspostavljanje mreže za praćenje kakvoće zraka	Županije, grad Zagreb	31.12.2006.
96.	Podnošenje zahtjeva za izdavanje dozvole za obavljanje stručnih poslova praćenja stanja okoliša i emisija u zrak	Pravne osobe	31.3.2006.

se nalazi izvor onečišćivanja zraka i koristi se za mjere zaštite zraka prema Programu zaštite i poboljšanja kakvoće zraka.

Troškovi izvršenja inspekcijskog rješenja namiruju se iz državnog proračuna do naplate od nadzirane pravne, odnosno fizičke osobe kojoj je izvršenje naređeno, utvrđeno je u članku 84.

Protiv rješenja inspektora, zaključka o dozvoli izvršenja, zaključka o obustavi postupka i zaključka o troškovima izvršenja, koji donese inspektor u područnoj jedinici Ministarstva može se izjaviti žalba Ministarstvu, stoji u članku 85.

Kaznene odredbe utvrđene su u člancima 87. do 92. Kazne se kreću od 15.000 do 600.000 kuna, ovisno o tome radi li se o pravnoj ili fizičkoj osobi, odnosno fizičkoj osobi pravne osobe.

U prijelaznim i završnim odredbama utvrđeni su rokovi do kada vrijede postojeći propisi donešeni na temelju starog Zakona o zaštiti zraka (NN 48/95.), te rokovi do kada treba donijeti nove propise i pravilnike.

Zbog preglednosti dokumenti i rokovi su navedeni u priloženoj tablici.

Do donošenja propisa iz iz tablice primjenjivat će se:

Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97., 105/02., 108/03. i 100/04.)

Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (NN 101/96. i 2/97.) Uredba o određivanju lokacija postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kakvoće zraka (NN 4/02.)

Program mjerenja kakvoće zraka u državnoj mreži za trajno praćenje kakvoće zraka (NN 43/02.).

Prema članku 102. odredba, kada se radi o zahvatu, gdje nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš, a praćenje kakvoće zraka provodi sukladno izdanoj dozvoli, primjenjuje se od 1. siječnja 2007.

Odredbe članka 47.

*"Predmet trgovanja predstavljaju prava na emisije stakleničkih plinova koje se dodjeljuju izvorima onečišćivanja zraka putem emisijskih kvota. Postupak dodjele prava na emisijske kvote pojedinim izvorima onečišćivanja, način trgovanja s dodijeljenom emisijskom kvotom, način izvješćivanja o postupanju s dodijeljenim kvotama i dostavljanje podataka u registar propisuje Vlada."*

i članka 48.

*"Mjere zajedničkog ulaganja obuhvaćaju ulaganje kapitala u razvoj i korištenje tehnologija kojima se sprječavaju i smanjuju onečišćivanja koja utječu na promjenu klime. Mjere zajedničkog ulaganja, njihovo vrednovanje i prihvatljivost ocjenjuje povjerenstvo koje imenuje Vlada. Mjerila za odobravanje mjera zajedničkog ulaganja, vrednovanje prikladnosti tih mjera s obzirom na učinke smanjenja*

*emisija stakleničkih plinova, sastav povjerenstva za ocjenjivanje mjera, te način izvješćivanja o provedbi mjera propisuje Vlada."*

primjenjuju se od dana stupanja na snagu Zakona o potvrđivanju (ratifikaciji) Kyoto protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime.

Odredba članka 54. stavka 1. "Pravna osoba može dobiti dozvolu, odnosno suglasnost za obavljanje poslova uz uvjet da je stručno i tehnički osposobljena što dokazuje potvrdom nacionalnoga akreditacijskog tijela" primjenjuje se od 1. siječnja 2007.

SBK

## ZAKON O OTPADU

U Narodnim novinama broj 178 od 16. prosinca 2005. godine objavljen je novi Zakon o otpadu, koji je stupio na snagu 25. prosinca prošle godine. Istodobno prestaje vrijediti stari Zakon o otpadu (NN 151/03).

Ovaj Zakon se ne primjenjuje na radioaktivni otpad, otpadne vode, plinovite tvari koje se ispuštaju u atmosferu, otpad životinskog podrijetla (fekalije i druge prirodne neopasne tvari koje se koriste u poljoprivredi), otpad koji nastaje pri uništavanju ili obradi eksplozivnih naprava. Gospodarenje navedenim otpadom uređuje se posebnim propisima.

Ovim se Zakonom uređuje način gospodarenja otpadom:

- načela i ciljevi gospodarenja
- planski dokumenti
- nadležnosti i odgovornosti
- troškovi
- informacijski sustav
- uvjeti za građevine u kojima se obavlja gospodarenje otpadom
- način obavljanja djelatnosti
- prekogranični promet otpadom
- koncesije
- nadzor nad gospodarenjem otpadom.

Prema članku 2. na temelju kategorija otpada utvrđuje se lista – katalog otpada, u kojem se vrste otpada svrstavaju u grupe prema svojstvima i mjestu nastanka, a donosi ga Vlada RH.

Radi jednoznačnosti primjene Zakona, u članku 3., utvrđeno je značenje pojedinih pojmova, koji se koriste:

- **inertni otpad** jest otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim kemijskim i/ili biološkim promjenama
- **komunalni otpad** jest otpad iz kućanstava, te otpad iz proizvodne i/ili uslužne djelatnosti, po svojstvima i sastavu sličan otpadu iz kućanstava
- **obrada otpada** jest postupak kojim se u mehaničkom, fizikalnom, termičkom, kemijskom ili biološkom procesu, uključujući razvrstavanje, mijenjaju svojstva otpada s

- ciljem smanjivanja količine i/ili opasnih svojstava, te olakšava rukovanje i poboljšava iskoristivost otpada
- **uporaba otpada** jest svaki propisani postupak ponovne obrade otpada radi njegova korištenja u materijalne i energetske svrhe
  - **posjednik otpada** jest proizvođač otpada ili pravna ili fizička osoba koja ga posjeduje
  - **proizvodni otpad** je otpad koji nastaje u proizvodnom procesu u industriji, obrtu i drugim procesima, a po sastavu i svojstvima se razlikuje od komunalnog otpada
  - **proizvođač otpada** jest svaka osoba čijom aktivnošću nastaje otpad (izvorni proizvođač) i/ili koja prethodnom obradom, miješanjem ili drugim postupkom, mijenja sastav ili svojstva otpada
  - **recikliranje** jest ponovna uporaba otpada u proizvodnom procesu osim uporabe otpada u energetske svrhe
  - **skladištenje otpada** jest privremeni smještaj otpada u građevini za skladištenje otpada – skladištu, do njegove uporabe i/ili zbrinjavanja
  - **skupljanje otpada** jest prikupljanje, razvrstavanje i/ili miješanje otpada radi prijevoza
  - **termička obrada** jest obrada otpada uporabom toplinske energije, spaljivanje i su–spaljivanje
  - **zbrinjavanje otpada** jest svaki postupak obrade ili odlaganja otpada.

Osim općih odredbi struktura Zakona je podijeljena u nekoliko cjelina:

- gospodarenje otpadom (članci 4. do 62.)
- upravni nadzor (članci 63. do 64.)
- inspeksijski nadzor (članci 65. do 87.)
- kaznene odredbe (članci 88. do 94.)
- završne i prijelazne odredbe (članci 95. do 108.)

U člancima 4. do 6. definirano je **gospodarenje otpadom** kao skup aktivnosti, odluka i mjera, čiji je cilj:

- izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada i smanjivanje opasnih svojstava otpada
- uporaba otpada recikliranjem, ponovnom uporabom ili obnovom odnosno drugim postupkom koji omogućava izdvajanje sekundarnih sirovina, ili uporabu otpada u energetske svrhe
- zbrinjavanje otpada na propisan način
- sanacija otpadom onečišćenog okoliša.

Planski dokumenti gospodarenja otpadom prema člancima 7. do 12. jesu:

- Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske
- Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske
- Županijski – regionalni plan gospodarenja otpadom
- Plan gospodarenja otpadom Grada Zagreba
- Plan gospodarenja otpadom proizvođača otpada.

Strategija je sastavni dio Strategije zaštite okoliša Republike Hrvatske.

Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske je provedbeni dokument Strategije i donosi se za razdoblje od četiri godine, a njegovo izvršavanje provjerava se godišnje.

Nadzor nad provedbom plana gospodarenja otpadom obavlja Ministarstvo. Ministarstvo je dužno jednom godišnje, do 30. lipnja tekuće godine za prethodnu godinu, podnositi Vladi Republike Hrvatske izvješće o izvršenju utvrđenih obveza i učinkovitosti poduzetih mjera iz plana gospodarenja otpadom.

Prema člancima 13. do 16., Republika Hrvatska je odgovorna za gospodarenje opasnim otpadom i za spaljivanje otpada. Vlada Republike Hrvatske osigurava uvjete i propisuje mjere za gospodarenje. Županija i Grad Zagreb dužni su na svom području osigurati provedbu propisanih mjera za gospodarenje otpadom.

Gospodarenje otpadom stvara troškove koji se, prema člancima 17. i 18., obračunavaju prema kriteriju količine i svojstvu otpada uz primjenu načela "onečišćivač plaća". U 19. i 20. članku utvrđen je sadržaj informacijskog sustava gospodarenja otpadom koji obuhvaća:

- podatke o otpadu sadržane u katastru otpada
- podatke iz izvješća o provedbi planova gospodarenja otpadom
- podatke iz plana gospodarenja otpadom proizvođača otpada
- popis ispitnih laboratorija akreditiranih za ispitivanje kemijskih i fizikalnih svojstava otpada
- podatke iz očevidnika o izdanim dozvolama, potvrđama i suglasnostima
- podatke iz očevidnika o upisanim uvoznicima, količinama i vrstama uvezenoga neopasnog otpada
- podatke iz očevidnika o upisanim izvoznicima otpada i provoznicima otpada
- podatke o propisima, smjernicama, planovima i projektima na području gospodarenja otpadom
- pokazatelje stanja na području otpada.

Informacijski sustav vodi Agencija za zaštitu okoliša.

Osoba koja proizvodi i gospodari otpadom obvezna je voditi propisani očevidnik o nastanku i tijeku otpada, stoji u članku 20.

Nadležni ured obavezan je podatke ažurno voditi u katastru i obrađene podatke iz katastra jednom godišnje, i to do 15. lipnja tekuće godine za prethodnu godinu, dostavljati Agenciji za zaštitu okoliša.

U 21. i 22. članku utvrđeno je da se otpad smije skladištiti, uporabljivati i zbrinjivati samo u građevinama i uređajima određenima za tu namjenu.

Izrađivač dokumenata prostornog uređenja dužan je predložiti lokacije za gradnju ovih građevina.

Ako jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave svojim prostornim planovima ne odrede te lokacije u roku

određenom posebnim propisom, odluku o tim lokacijama, na prijedlog ministra, donijet će Vlada Republike Hrvatske, najkasnije šest mjeseci po isteku toga roka.

Sredstva za financiranje gradnje građevina za skladištenje, uporabu i zbrinjavanje opasnog otpada osiguravaju se u državnom proračunu i iz drugih izvora, utvrđeno je u članku 23.

Drugi izvori su: naknade propisane posebnim zakonom, sredstva stranih ulaganja namijenjena gospodarenju otpadom, sredstva pravnih i fizičkih osoba, sredstva privatno–javnog partnerstva, sredstva međunarodne pomoći i donacije.

Prema članku 24. vlasnik zakonito izgrađene stambene i stambeno–poslovne građevine koja se nalazi na udaljenosti do 500 metara od građevine namijenjene zbrinjavanju otpada ima pravo na novčanu naknadu zbog umanjenja vrijednosti nekretnine uz uvjet da je nekretninu stekao prije početka gradnje građevine namijenjene zbrinjavanju otpada.

Skupljanje, skladištenje i prijevoz otpada te posredovanje otpadom utvrđeno je u člancima 25. do 31.

Otpad čija se vrijedna svojstva mogu iskoristiti mora se odvojeno skupljati i skladištiti kako bi se omogućilo gospodarenje tim otpadom. Opasni otpad mora se skupljati, skladištiti i prevoziti odvojeno, svaka vrsta opasnog otpada za sebe i odvojeno od neopasnog i komunalnog otpada.

Djelatnost skupljanja otpada za potrebe drugih obavlja osoba – **skupljač**, registrirana za obavljanje te djelatnosti u skladu s Nacionalnom klasifikacijom djelatnosti.

Prijevoz otpada za potrebe drugih obavlja **prijevoznik** otpada registriran za prijevoz u skladu s Nacionalnom klasifikacijom djelatnosti.

Djelatnost posredovanja u organiziranju uporabe i zbrinjavanja otpada u ime drugih može obavljati osoba – **posrednik**, registrirana za obavljanje poslovnog posredništva u skladu s Nacionalnom klasifikacijom djelatnosti.

Proizvođač otpada namijenjenog uporabi ili zbrinjavanju može vlastiti proizvedeni otpad privremeno skladištiti na za to namijenjenom prostoru unutar svojeg poslovnog prostora, najduže godinu dana računajući od dana proizvodnje toga otpada.

Uporaba i zbrinjavanje otpada utvrđeno je u člancima 32. do 35.

Otpad koji nema vrijednih svojstava za uporabljivanje, odnosno koji se ne može ili ne mora uporabiti mora se na propisani način zbrinuti, ali ne na mjestima koja za to nisu određena.

U člancima 36. do 40. utvrđuju se obveze i odgovornost proizvođača proizvoda i proizvođača otpada. Proizvođači moraju planirati proizvodnju proizvoda i ambalažu za proizvode na način da se proizvodnja unaprjeđuje

primjenom čistih tehnologija, te na način koji omogućuje učinkovitu uporabu materijala i energije, potiče ponovnu uporabu i reciklažu proizvoda i uzima u obzir najprimjereniji postupak uporabe, obrade i odlaganja proizvoda kojem je istekao rok, odnosno vijek trajanja, kako bi se nepovoljni utjecaj na okoliš sveo na najmanju moguću mjeru.

Proizvođači su dužni kupcu i korisniku proizvoda osigurati:

- mogućnost povrata uporabljenih proizvoda odnosno ambalaže koja se nakon odgovarajuće obrade može ponovno uporabiti
- mogućnost isplate naknade za uporabljivi otpad nakon iskorištenja proizvoda.

Ispitivanja fizikalnih i kemijskih svojstava otpada obavljaju ispitni laboratoriji akreditirani za provedbu ispitivanja prema hrvatskoj normi HRN EN ISO/IEC 17025–2000.

U člancima 41. do 46. utvrđen je način i uvjeti dobivanja dozvole za skupljanje, uporabu i zbrinjavanje otpada, što se dozvolom određuje te da se dozvola izdaje na određeni rok, a najduže na rok od pet godina, što se može produžiti višekratno.

Prekogranični promet otpadom, odnosno uvoz otpada, izvoz i provoz otpada utvrđen je u člancima 47. do 54.

Prema članku 47. zabranjuje se uvoz opasnog otpada te uvoz otpada radi odlaganja i korištenja u energetske svrhe.

Nadzor nad prekograničnim prometom otpada, način i postupci nadzora na granici i graničnim prijelazima i ovlaštenja inspektora zaštite okoliša, propisuju se posebnim propisom koji donosi Vlada Republike Hrvatske.

U trećem dijelu Zakona, članci 55. do 62., utvrđuje se način dodjele koncesije za obavljanje djelatnosti godpodarenja otpadom. Koncesijom se može steći pravo obavljanja djelatnosti gospodarenja otpadom te pravo gradnje i korištenja građevina i uređaja namijenjenih obavljanju tih djelatnosti i to za:

- skupljanje otpada
- uporabu otpada
- zbrinjavanje otpada.

Koncesija se dodjeljuje na rok:

- do 30 godina za opasni otpad i termičku obradu otpada, te za gradnju građevina i obavljanje djelatnosti zbrinjavanja komunalnog otpada
- do 10 godina za posebne kategorije otpada
- do 5 godina za komunalni otpad, osim komunalnog otpada.

Koncesija se može obnoviti po istom postupku po kojem je i dodijeljena.

U četvrtom dijelu, u člancima 63. i 64. utvrđen je upravni nadzor nad primjenom ovog Zakona, koji obavlja ministarstvo nadležno za zaštitu okoliša.

U člancima 65. do 87. utvrđen je inspekcijski nadzor nad provedbom ovog Zakona i propisa donesenih na temelju



njega, koji obavlja inspekcija zaštite okoliša u Ministarstvu i područnim jedinicama Ministarstva u sjedištima i izvan sjedišta županija, odnosno u sjedištu Grada Zagreba.

Inspekcijski nadzor provode inspektori zaštite okoliša.

Način rada inspektora, njegova prava i obveze te odgovornost utvrđeni su također u ovom dijelu Zakona.

Prema članku 67. u obavljanju inspekcijskog nadzora inspektor je ovlašten:

U obavljanju inspekcijskog nadzora inspektor je ovlašten:

- zatražiti i pregledati isprave na temelju kojih može utvrditi identitet pravne ili fizičke osobe, odgovorne osobe za gospodarenje otpadom u pravnoj osobi, kao i drugih osoba nazočnih tijekom inspekcijskog nadzora
- ući u poslovne i druge građevine, zgrade, prostorije i prostore pravne i fizičke osobe (proizvodne građevine s pripadajućim prostorima i zemljištem na građevnoj čestici, poslovne zgrade i prostorije u stambenim i stambeno-poslovnim zgradama i građevine namijenjene za gospodarenje otpadom s pripadajućim prostorima i zemljištem)
- pregledati građevine, zgrade, prostorije i prostore iz podstavka 2. ovoga stavka, te pregledati poslovne spise, uređaje i opremu u svezi s gospodarenjem otpadom
- uzimati izvještaje od odgovornih osoba nadziranih pravnih i fizičkih osoba radi pribavljanja dokaza o činjenicama koje se ne mogu izravno utvrditi kao i drugih osoba nazočnih tijekom inspekcijskog nadzora
- utvrditi činjenično stanje na vizualni način (fotografiranjem, snimanjem kamerom, videozapisom i sl.)
- zatražiti pisano od pravne i fizičke osobe točne i potpune podatke i dokumentaciju potrebnu u inspekcijskom nadzoru
- zatražiti od odgovorne osobe u pravnoj osobi, odnosno pravne i fizičke osobe za gospodarenje otpadom da dade uzorke otpada na analizu akreditiranim laboratorijima
- zatražiti pisano izvješće nadzirane pravne, odnosno fizičke osobe o poduzetim mjerama naređenim u inspekcijskom nadzoru.

U provedbi inspekcijskog nadzora, prema članku 72., u slučaju povrede ovoga Zakona i propisa donesenih na temelju njega, inspektor ima pravo i obvezu nadziranoj pravnoj i fizičkoj osobi rješenjem narediti mjere s rokom izvršenja i to: otklanjanje nedostataka, uklanjanje odloženog otpada, sanaciju onečišćenog tla, zabranu odlaganja otpada, zabranu obavljanja djelatnosti gospodarenja otpadom, zabranu izvoza, odnosno uvoza otpada, zaustaviti aktivnosti koje dovode u opasnost zdravlje ljudi i nanose ili bi mogle nanijeti znatnu štetu okolišu, poduzimanje mjera za usklađivanje aktivnosti s uvjetima utvrđenima dozvolom, te poduzimati i druge radnje radi sprječavanja gospodarenja otpadom protivno ovom Zakonu.

Prema članku 73. inspektor će nadziranoj pravnoj i fizičkoj osobi rješenjem narediti otklanjanje nedostataka

u primjerenom roku:

- ako ne vodi očevidnik o otpadu ili ga ne vodi na propisani način
- ako propisanu dokumentaciju o otpadu (izvješća, izvještaje, obrasce s potpunim i točnim podacima sl.) ne dostavlja u propisanom roku.

Ako nadzirana pravna, odnosno fizička osoba ne izvrši rješenje kojim joj je naređena mjera otklanjanja nedostataka, inspektor će osobu prisiliti na izvršenje upravnim mjerom.

Prema člancima 74. do 78. inspektor će nadziranoj pravnoj ili fizičkoj osobi, ukoliko krši Zakon, zabraniti odlaganje otpada, obavljanje djelatnosti gospodarenja otpadom, uvoz, prijevoz i izvoz otpada, te podnijeti prijedlog ministarstvu za oduzimanje dozvole.

Prema članku 79. radi osiguranja provedbe mjera, inspektor može zapečatiti radne prostorije, prostore, uređaje i opremu ili na drugi način onemogućiti daljnje nezakonito obavljanje djelatnosti.

Ako nadzirana pravna, odnosno fizička osoba, prema članku 84., ne izvrši rješenjem naređenu mjeru, inspektor će nadziranu osobu prisiliti na izvršenje naređene mjere novčanom kaznom u iznosu od 30.000,00 kuna za pravnu osobu, odnosno 5.000,00 kuna za fizičku osobu. Ovaj novčani iznos uplaćuje se u korist proračuna Grada Zagreba, općine, odnosno grada na čijem području se nalazi otpad u vezi s kojim je inspekcijska mjera izrečena i koristi se za mjere prema planu gospodarenja otpadom.

U članku 85. utvrđeno je da se protiv rješenja inspektora, zaključka o dozvoli izvršenja, zaključka o obustavi postupka i zaključka o troškovima izvršenja, može se izjaviti žalba Ministarstvu, osim u slučaju rješenja inspektora donesenog u inspekcijskom nadzoru obrade i zbrinjavanja opasnog otpada, u kojem slučaju žalba nije dopuštena, ali se može pokrenuti upravni spor. No, žalba izjavljena protiv rješenja inspektora ne odgađa izvršenje rješenja.

Kaznene odredbe utvrđene su u člancima 88. do 94. Visina kazne kreće se do iznosa od 700.000 kuna, ovisno o prekršaju.

U prijelaznim i završnim odredbama, u člancima 95. do 108. utvrđuju se prava pravnih i fizičkih osoba koje već imaju dozvole.

Također se utvrđuju obveze županija i grada Zagreba u svezi s donošenjem plana gospodarenja otpadom te utvrđuje njegov rok donošenja.

Pravilnik o vrstama otpada (NN 27/96.), Pravilnik o postupanju s ambalažnim otpadom (NN 53/96.), Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom (NN 123/97. i 112/01.) i Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom (NN 32/98.) ostaju na snazi i primjenjuju se do stupanja na snagu propisa navedenih u tablici na 164. stranici.

SBK

Članak	Opis dokumenta	Tko ga donosi	Rok za donošenje
7. i 10.	Županijski plan gospodarenja otpadom	Županije, Grad Zagreb	1.10.2005.
7..	Gradski / općinski plan gospodarenja otpadom	Grad, općine	30.12.2005.
101.	Uredba o obračunu troškova gospodarenja komunalnim otpadom iz kućanstva	općina, grad Zagreb	30.6.2005.
102.	Lokacije za gradnju građevina namijenjenih skladištenju, obradi ili odlaganju otpada	lokalne i regionalne samouprave	Rok se utvrđuje posebnim propisom
9.	Plan gospodarenja otpadom na razini RH	Vlada	24.5.2005.
103.	Uredba o vrstama, kategorijama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada	Vlada	24.3.2005.
103.	Uredba o nadzoru prekograničnog prometa otpadom	Vlada	24.5.2005.
104.	Pravilnik kojim se utvrđuju načini i postupci zbrinjavanja, uporabe i skladištenja otpada te način postupanja s posebnim otpadom	Ministar za zaštitu okoliša i ministar gospodarstva	24.3.2005.
104.	Pravilnik o mjerilima, postupku i načinu određivanja iznosa naknade vlasnicima nekretnina	Ministar za zaštitu okoliša	24.12.2006.
104.	Pravilnik o načinu postupanja s otpadnim baterijama i akumulatorima koji sadrže određene opasne tvari	Ministar za zaštitu okoliša i ministar zdravstva	24.12.2006.
104.	Pravilnik o načinu postupanja s infektivnim otpadom iz zdravstvenih ustanova	Ministar za zaštitu okoliša i ministar zdravstva	24.12.2006.
104.	Pravilnik o postupanju otpadnim uljima	Ministar za zaštitu okoliša i ministar zdravstva	24.12.2006.
104.	Pravilnik o načinu i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima za odlagališta, vrstama otpada koje se ne smiju odlagati i uvjetima za izdavanje dozvola za odlagališta	Ministar za zaštitu okoliša i ministar zdravstva	24.12.2006.
104.	Pravilnik o načinu i uvjetima postupanja s muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kad se mulj koristi u poljoprivredne svrhe	Ministar za zaštitu okoliša i ministar poljoprivrede	24.12.2007.
104.	Pravilnik o načinu postupanja otpadnim električkim i elektroničkim uređajima i opremom	Ministar za zaštitu okoliša i ministar gospodarstva	24.12.2007.
104.	Pravilnik o načinu postupanja vozilima kojima je istekao vijek trajanja	Ministar za zaštitu okoliša i ministar gospodarstva	24.12.2007.
104.	Pravilnik o način postupanja otpadom iz rudarstva i eksploatacije mineralnih sirovina	Ministar za zaštitu okoliša i ministar gospodarstva	24.12.2007.
104.	Pravilnik o načinu postupanja otpadnim gumama	Ministar za zaštitu okoliša i ministar gospodarstva	24.12.2007.

## IZ INOZEMNE STRUČNE LITERATURE

### UTJECAJ VJETROELEKTRANA NA MIKROOKOLIŠ

Svake godine povećava se broj farmi vjetroelektrana. Prateći njihov rad, stručnjaci se pitaju kako on utječe na mikroklimu. Tako se došlo na ideju da se načini kompjutorska simulacija rada i utjecaja na okoliš jedne hipotetske farme vjetroelektrana. Ideju su realizirali znanstvenici sa sveučilišta Princenton. Promatrana je hipotetska farma sa 100x100 vjetroelektrana, visine 100 metara i razmaka vjetroturbina od 1 kilometar. Farmu su smjestili u SAD-u, u regiji Great Plains, ravničarskom i nisko brežuljkastom terenu, prikladnom za izgradnju velike farme vjetroelektrana. Pri modeliranju klime koristili su se podacima iz Oklohame.



Simulacija je pokazala sljedeće:

- a) Danju je utjecaj na mikroklimu bio zanemariv.
- b) Noću je utjecaj postao značajan i to:
  - prosječna noćna brzina vjetra na tom području povećala bi se sa 3,5 m/s na 5 m/s
  - prosječna temperatura u toku noći povećala bi se za 2 °C na toj farmi od 10.000 jedinica.

Kako ove promjene utječu na životinjski svijet ili na poljoprivredu nije poznato.

Također je ispitivan utjecaj buke. Utvrđene su sljedeće činjenice:

- male jedinice 15 – 20 kW stvaraju buku jačine jednog stroja za pranje rublja
- kod velikih jedinica visina buke ovisna je o vrsti propelera i njegove efikasnosti, odnosno veličine proizvedene turbulencije.

U šumovitom području razina buke na udaljenosti od 400 metara ne prelazi dozvoljene vrijednosti.

No, poboljšanjem konstrukcije krila smanjit će se i razina turbulencije, pa će se smanjiti i razina buke. Da je to izvedivo, pokazuju vjetroturbine smještene u središta europskih metropola kao što su Beč, Amsterdam, itd.

Nacionalni laboratorij u Goldenu, u Koloradu, prikupio je podatke o stvarnoj vjetrofarmi u Kaliforniji. Premda su vjetroturbine bile postavljene bliže jedna drugoj, podaci potvrđuju rezultate simulacije.

U Energetskom istraživačkom centru u Petten-u, u Nizozemskoj, izvodi se pokus s modelom vjetrofarme, smještene u vjetrovitom tunelu. Očekuje se da će studija potvrditi kako velike vjetrofarme imaju utjecaja na mikroklimu.

*New Scientist*, Issue 6 November 2004; [www.newscientist.com](http://www.newscientist.com); [www.energycentral.com/centers/news/daily/](http://www.energycentral.com/centers/news/daily/)

SBK

### KANADA I JAPAN VODEĆE SU U ENERGETICI VODIKA

U listopadu 2004. godine održano je u Yokohami, u Japanu, dvogodišnje savjetovanje o energetske upotrebljivosti vodika. U isto vrijeme održana je u Torontu, u Kanadi, konferencija o istoj temi. To je četverogodišnja konferencija, koju organizira Canadian Hydrogen Association. Konferenciji je prisustvovalo 760 stručnjaka. Na obje se konferencije raspravljalo o dobivanju vodika kao energenta i njegovom ekonomskom iskorištenju.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### OBNOVLJIVA ENERGIJA U ZEMLJAMA EU

U zemljama EU vodne su snage glavni izvor obnovljive energije. Godine 2003. proizvedeno je u hidroelektranama Unije 277 milijardi kWh, a to je 9 % čitave proizvodnje električne energije. Najviše su proizvele hidroelektrane u Francuskoj (58 milijardi kWh), zatim u Švedskoj (53 milijarde kWh), pa u Španjolskoj (40 milijardi kWh). U Austriji i Letoniji više od pola potrebne električne energije proizvedeno je u hidroelektranama.

Uzimajući u obzir ukupnu obnovljivu energiju, tj. energiju vode, vjetra, biomase i sunca, pretvorenu u električnu energiju, proizvedeno je u EU 363 milijarde kWh ili udio od 12 %.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### POVEĆANJE CIJENE UGLJENA

U Njemačkoj, gdje više od polovice proizvedene električne energije dolazi iz termoelektrana, loženih ugljenom,

polovica tog ugljena mora se uvesti. Njegovo znatno poskupljenje, po toni, granično i prosječno poskupljene, iznosilo je 37 eura, sredinom 2003. godine, a 60 eura, sredinom 2004. godine. Naravno da takvo poskupljenje ugljena, za termoelektrane, ima utjecaj na cijenu električne energije.

Povećanje cijene ugljena, uz ostalo, rezultat je velike potražnje energije, naročito u Aziji, i povećanja troškova prijevoza morskim putem.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### **SUSTAV ERP UNAPRJEĐUJE RAD ELEKTRIČNE MREŽE**

Osnovni zadatak sviju vlasnika električnih mreža jest učinkovitost pogona. U mnogim područjima nastaje rast električne mreže, a smanjenje osoblja. Zadovoljiti ove zahtjeve, a ne sniziti pouzdanost električne mreže, time i sigurnost napajanja potrošača električne energije, moguće je ako se uporabe dodatne efikasne mjere. Jedna od tih mjera jest integralno promatranje komercijalnog aspekta.

To se može postići npr. uporabom ERP sustava (Enterprise-Resource-Planing) u radu pogona električnih mreža.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### **PLINSKA PUNIONICA U NJEMAČKOJ**

U Njemačkoj je u listopadu 2004. godine stavljena u rad petstota punionica zemnog plina za vozila. To je značajan korak u izgradnji mreže punionica, pa neće biti nikakvih problema prijeći cijelu Njemačku autom na zemni plin. Plan je, da vozači mogu uzeti plin u gradovima svakih 5 km, a u miješanim područjima svakih 10 km. U otvorenim područjima punionice će biti građene svakih 25 km. Cilj je, da do godine 2007. bude vozačima na raspolaganju preko 1000 punionica plinom, neškodljivim za okoliš. Na taj će se način osigurati davanje goriva za oko milijun vozila, a plinsko gospodarstvo će dobiti oko 250 milijuna eura.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### **NAJVEĆA NA SVIJETU FOTONAPONSKA ELEKTRANA**

Prva etapa izgradnje, najveće fotonaponske elektrane na svijetu, puštena je svečano u pogon, uz prisutnost mnogih važnih osoba iz privrednog i političkog života. Ta se elektrana gradi na prostoru bivšeg rudnika ugljena, blizu Saarbrückena u Njemačkoj. U prvoj će joj etapi vršna snaga iznositi 4 MW, a nakon potpune izgradnje 8,4 MW.

166

Prema projektu elektrana će imati 25.000 solarnih modula, a 16 visokoučinskih usmjerivača pretvarat će proizvedenu energiju u trofazni sustav, kojim će se moći priključiti na javnu električnu mrežu.

Predviđa se godišnja proizvodnja od 3,8 milijardi kWh.

Prva je etapa tražila investicije od 17 milijuna eura, isplaćenih iz solarnog fonda organizacije Voltwerke. Cijelo planiranje, projektiranje i izgradnju izvelo je poduzeće City Solar, uz suradnju generalnog poduzetnika Sun Technics.

*EW*, god. 103(2004), br. 23

Mrk

### **U NJEMAČKOJ POVOLJNA CIJENA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA MALU I SREDNJU INDUSTRIJU**

Prema izjavi VDEW (Verbund der Elektrizitätswirtschaft) njemačka industrija, unatoč povećanja državnih daća, ima 5 % jeftiniju električnu energiju 2004. godine nego 1998. godine, prije slobodnog tržišta.

Cijena električne energije godine 2001. pala je 35 %, ali su nakon toga došla povećanja troškova goriva i podeseterostručenje različitih daća.

*EW*, god. 103(2004), br. 24

Mrk

### **BURZA CO<sub>2</sub> CERTIFIKATA**

U listopadu 2004. godine osnovala je tvrtka EEX (European Energy Exchange) u Leipzigu (Njemačka) prvu europsku burzu CO<sub>2</sub> certifikata. Mnoge europske energetske tvrtke pokazale su veliki interes za suradnju i sudjelovanje u ovoj mladoj energetskej trgovini.

*EW*, god. 103(2004), br. 24

Mrk

### **PRIKLJUČENJE VJETROELEKTRANA NA MREŽU**

Na temelju njemačkog zakona (EEG) o poticanju korištenja obnovljive energije izgrađena su mnoga postrojenja vjetroelektrana. To proizvodi naročite tehničke poteškoće, priključenjem tih elektrana na postojeću električnu mrežu.

Postojeće smjernice o priključenju više nisu dostatne. Treba sakupiti dosadašnja iskustva i novelirati smjernice za priključenje na visoki i najviši napon i time omogućiti stabilan pogon električne mreže.

*EW*, god. 103(2004), br. 24

Mrk



## ENERGETSKA POLITIKA U SVIJETU

Godine 2004. održana je svjetska energetska konferencija, u Sydney-u u Australiji, uz prisustvo od skoro 3000 sudionika.

U tijeku predavanja i diskusije moglo se čuti mnogo zanimljivih energetskih podataka. Svi su se složili da je prvi prioritet energetska efikasnost svijetu energetskih sustava.

Energetske potrebe u svijetu naglo rastu, osobito u nerazvijenim zemljama Azije i Afrike. U Kini je četiri prošle godine priključeno na električnu mrežu instalirane snage elektrana od 100.000 MW. Samo u 2003. godini građeno je 37.000 MW, a godine 2004. to će biti oko 40.000 MW instalirane snage.

Postoje planovi da se u sljedećih petnaest godina poveća kapacitet elektrana za 270.000 MW i to 90.000 MW u hidroelektranama, 30.000 MW u novim nuklearkama, a 150.000 MW u termoelektranama na ugljen. Kina je zemlja najveće izgradnje elektrana.

Indija ima također velike energetske planove, pa će u idućim godinama više od 30 % povećanja energetskih potreba uslijediti u ove dvije zemlje.

Predviđa se da će potrošnja energije, do godine 2020., porasti između 30 i 50 %.

Na konferenciji se raspravljalo i o klimi, pa je rečeno, ako se termoelektrane obnove novom tehnologijom svakih 20 godina, uštedjet će se emisija od 1,4 milijarde tona CO<sub>2</sub>.

Raspravljalo se o financijskim problemima, koji nisu sasvim mali i neznatni.

*EW*, god. 103 (2004), br. 24

Mrk

## UPORABA DRVNOG PLINA U PLINSKIM MOTORIMA

Drvo, u prvom redu drvni otpaci mogu se u posebnim uređajima pretvoriti u drvni plin, a posebno konstruirani motori mogu također plin koristiti za svoj pogon i proizvoditi električnu i toplinu.

Tvrtka CE Jenbacher je posljednjih godina na tom području stekla velika iskustva.

U Danskoj, u Harboore-u, devedesetih su godina instalirana dva plinska motora, koji mogu davati 750 kW električne energije, a nastala toplina se vodi u toplinsku mrežu.

Od travnja 2002. radi demonstracijski uređaj u Gusing-u (Austrija) i proizvodi električnu snagu od 2 MW i toplinsku od 4,5 MW.

Oba su postrojenja pokazala pouzdan pogon i dobro iskorištenje u proizvodnji električne energije.

*EW*, god. 103 (2004), br. 24

Mrk

## LOKACIJA POSTROJENJA ITER

U studenom 2004. godine Europska je komisija EU u Strassburgu konačno prihvatila prijedlog za EU, da se postrojenje ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) sagradi u Francuskoj, u mjestu Cadarache. Komisija želi postići suglasnost svijetu partnera, tj. Japana, Kine, Rusije, SAD i Južne Koreje. Za ovo su postrojenje predviđene investicije od 4,57 milijardi eura. Ovaj prijedlog podupiru Kina i Rusija, dok Japan, Južna Koreja i SAD predlažu mjesto Rokkacho u Japanu.

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## SURADNJA NRW I KALIFORNIJE

Predstavnici njemačke pokrajine NRW (Nordheim-Westfalen) i Kalifornije (SAD) potpisali su sporazum o suradnji tehničkih i ekonomskih pitanja zaštite klime.

Zajedno će u kooperaciji razvijati gorive ćelije i izgraditi uređaje za uporabu vodika.

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## PUNIONICA VODIKA U BERLINU

Tvrtka Aral, koja posjeduje benzinske crpke, izgradila je u Berlinu, najveću u svijetu, punionicu vodikom, u plinskom i tekućem stanju. Tako se uz benzin i dizelsko gorivo može za vozila uzeti vodik kao pogonsko sredstvo. Kapacitet punionice je 100 vozila dnevno. Ovo je pokusna punionica, dio projekta Aral-a "Clean Energy Partnership" (CEP). Partnerska kooperacija CEP i Saveznog ministarstva prometa investirat će ukupno do godine 2007. oko 33 milijuna eura.

Plinska varijanta vodika proizvodi se elektrolizom, na licu mjesta, a tekuća varijanta pod temperaturom od -253° C, proizvodi se izvan stanice, prevozi specijalnim vozilom i sprema u spremnike uz stanicu.

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## ZASJEDANJE O MODERNOJ RASVJETI

U Frankfurtu (Main) održano je u travnju 2004. godine zasjedanje "Light – Building 2004", na kojem se raspravljalo o modernoj "rasvjeti".

Prvenstveno u predavanjima i diskusijama se raspravljalo o energetske učinkovitosti rasvjete. U nizu predavanja iznesene su mogućnosti smanjenja energije za rasvjetu kućanstava, ureda, radionica i zgrada što arhitekti moraju

kod projektiranja uzeti u obzir. Iznese su nove tendencije u izvedbi rasvjetnih tijela i njihove uporabe.

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## EUROPSKA SLOBODNA TRGOVINA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Prema podacima njemačke elektroprivredne udruge VDEW, koncem godine 2004. već je 7 zemalja EU potpuno otvorilo slobodno tržište električnom energijom. U ovim tradicionalnim zemljama EU, slobodno je tržište otvoreno za industriju, ali ne i za kućanstva. Velike su razlike između pojedinih zemalja EU, ali se očekuje da će svi potpuno otvoriti tržište do godine 2007.

U priloženoj tablici, za pojedine zemlje EU, naveden je stupanj otvorenosti trgovine električne energije, sa stanjem od rujna 2004.

Zemlja	% otvorenosti
Njemačka, Danska, Finska, V. Britanija, Austrija, Švedska, Španjolska	100
Luxemburg	90
Belgija	80
Francuska	70
Italija	66
Slovačka	66
Slovenija	64
Nizozemska	63
Island	56
Poljska	51
Portugal	45
Mađarska	35
Grčka	34
Cipar	33
Češka	30
Litva	17
Letonija	11
Estonija	10
Malta	10

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## STANJE KABELSKE TEHNIKE U SVIJETU

Početkom rujna 2004. godine, održano je u Parizu zasjedanje CIGRE. Među ostalim problemima elektroenergetike, raspravljano je o visokonaponskim kabelima. Tendencija

je izoliranih visokonaponskih kabela smanjenje njihove težine, kako bi se lakše transportirali i što veće duljine u jednom komadu, da se smanji vrijeme montaže, a time i troškovi. Kao primjer naveden je kabel 400 kV, duljine 1000 m, položen u tunelu u Londonu. Diskutirano je o ispitivanju kabela, prilikom izrade i montaže i naglašena je važnost njegovog održavanja.

Mnogo obećavaju za budućnost, supravodljivi, visokotemperaturni kabeli. Oni se hlade tekućim dušikom, pri temperaturi od 30 do 40 K. Takvi su kabeli već dvije do tri godine u pogonu u SAD i Europi.

Kao visokopteretni isticani su plinski kabeli 145 kV do 550 kV, koji se mogu opteretiti sa strujom od 4000 do 5000 A.

Diskutirano je, nadalje, o optimalnim graničnim duljinama trofaznog i istosmjernog prijenosa kabelom. Za prijenos energije od 250 MW, uz napon od 245 kV, pokazuje se da je trofazni sustav povoljniji od istosmjernog do duljine od 200 km. Ta se duljina može smanjiti kod slabijih povezanih mreža. Za povezivanje vjetroelektrana ta je duljina samo 100 km. Troškovi neke kabelske veze u mnogome ovisi o terenu i okolnostima u području polaganja.

Znatna je pažnja, u diskusijama, posvećena magnetskom polju kabela. Iznese je uspjeh metalnog oklopa i rasporeda faza. Ipak je najsigurnije položiti kabel dalje od ljudskih nastambi.

*EW*, god. 103 (2004), br. 26

Mrk

## PRIKLJUČAK U ELEKTROENERGETSKI SUSTAV VELIKIH PARKOVA VJETROELEKTRANA

Danas je priključak velikih parkova vjetroelektrana, snage iznad 100 MW, na električnu mrežu posebni izazov.

Ovakav priključak izaziva u elektroenergetskom sustavu posebne probleme. Generalno uzevši, oni su sljedeći:

- promjenljiva proizvodnja bez obzira na opterećenje sustava
- prognoze i planiranje proizvodnje vrlo je nesigurno
- prekid proizvodnje kod jakog vjetra
- moguće preopterećenje električne mreže zbog velikog zagrijavanja
- kod malog opterećenja sustava, s obzirom na manjak regulirajuće snage
- manjak jakove i kratkospojne snage.

Ovi se problemi ne mogu optimalno riješiti klasičnom izvedbom elektroenergetskog sustava. Potrebne su nove koncepcije i tehnologije u vođenju elektroenergetskog sustava.

*EW*, god. 103 (2004), br. 20

Mrk

## JEDNA OD NAJVEĆIH FOTOELEKTRANA NA SVIJETU

*Michelin* gradi jednu od najvećih fotonaponskih elektrana na svijetu. Projekt se sastoji od četiri postrojenja ukupne snage oko 10 MW i izvodi se u Njemačkoj. Postrojenja od 2,6 MW na tvornici guma u Homburgu i od 1,4 MW na krovu regionalnog distribucijskog centra u Landauu, već su izgrađena. Polovinom 2005. godine dovršit će se 1,5 megavatno postrojenje na tvornici u Hallstadtu kraj Bamberg i 4 megavatno postrojenje na tvornici u Bad Kreuznachu. To će biti jedna od najvećih fotonaponskih elektrana na svijetu, doduše na četiri lokacije. Najveće pojedinačno fotonaponsko postrojenje u ovo vrijeme u svijetu, snage 5 MW, nalazi u Bürstadtu u Njemačkoj.

Ukupno, investicije na sve četiri lokacije, iznosit će oko 50 milijuna eura (66,5 milijuna dolara). Dakle, specifične investicije su  $50/10 = 5$  eura/W (ili 5000 eura/kW).

Na osnovi njemačkog zakona o obnovljivim izvorima (Erneuerbare Energie Gesetz) garantirana otkupna cijena iz krovne fotoelektrane u prosjeku je 54,4 eurocenta/kWh (57,4 eurocenta za sekciju do 30 kW, a 54,6 eurocenta za sekciju od 30 – 100 kW, te 54 eurocenta za snagu preko 100 kW). Električna energija prihvaća se lokalnom mrežom.

Estimacija čak tri ekspertna tima pokazuje da će proizvodnja biti između 934 i 948 kWh/kW za sustav u Landauu, te između 919 i 939 kWh/kW za sustav u Homburgu, dakle trajanje instalirane snage je približno nešto više od 900 sati/godišnje.

Povrat sredstava ostvario bi se dakle za 50000000 € / 0,544 €\*900 sati \*10000 kW, približno u 10 godina. Zanimljivo bi bilo još vidjeti koliko bi trajala energetska amortizacija, a koliko ekološka amortizacija (dakle, koliko godina fotoelektrana treba raditi da *vрати* energiju uloženu za svoje uspostavljanje, a koliko godina da *uštedi* CO<sub>2</sub> emitiran tijekom proizvodnje njezinih komponenata).

*PHOTON International*, January 2005.

MK

## TERMIČKO KORIŠTENJE SUNČEVA ZRAČENJA U TERMOELEKTRANAMA

Termičko korištenje Sunčeva zračenja za proizvodnju električne energije trebalo bi voditi nižoj cijeni proizvodnje električne energije od fotoelektričnog korištenja Sunčeva zračenja. U sadašnje vrijeme, u komercijalnoj primjeni je ukupno 354 megavata termoelektrana koje koriste Sunčevo zračenje za proizvodnju pare. Dva su načina *Concentrating Solar Power* (CSP)-tehnologije. Prema jednom sustavu (tzv. *koritasti* ili *valovni* sustav), u osnom žarištu uzdužnih paraboličnih zrcala postavljene su apsorpcijske cijevi u kojima se generira para i vodi u parnu turbinu. Prema drugom sustavu (tzv. *toranjski* sustav), u centralno žarište

okruglog paraboličnog zrcala, na vrhu jednog tornja, postavljen je generator pare.

Svjetska konferencija o tržišnom uvođenju takvog korištenja Sunčeve energije, održana je u Palm Springsu/SAD u jesen 2003. godine. Tamo je ocijenjeno da je svjetski tržišni potencijal takvih elektrana oko 5000 megavata za idućih 10 godina. U Kaliforniji rade na jednom projektu instalirane snage 150 MW, koji se zasniva na njemačkoj tehnologiji, vodećoj u tom tehnološkom području.

[www.german-renewable-energy.com/28.01.2005](http://www.german-renewable-energy.com/28.01.2005).

MK

## U POGONU PRVA GEOTERMALNA ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Od studenog 2003. godine, nakon petmesečne gradnje, prva geotermalna elektrana u Njemačkoj priključena je na mrežu. Instalirana je u Neustadt-Glewe. Izgrađena je uz tamošnju geotermalnu toplanu i opskrbljivat će okruglo 500 kućanstava ekološki proizvedenom električnom energijom, iz spojnog procesa. *Srce* postrojenja je jedna parna turbina snage oko 220 kilovata, u kojoj će se proizvesti godišnje oko 1400 megavatsati energije. Dakle, godišnje trajanje instalirane snage bit će visokih gotovo 6400 sati.

[www.german-renewable-energy.com/28.01.2005](http://www.german-renewable-energy.com/28.01.2005).

MK

## NAJDUBLJA GEOTERMALNA BUŠOTINA U NJEMAČKOJ

Početkom veljače 2004. godine u Unterhachingu/Bavarska izveden je početni zahvat na najdubljoj geotermalnoj bušotini u Njemačkoj. Do travnja iste godine trajalo je bušenje za pridobivanje tople vode iz preko 3300 metara dubine radi proizvodnje električne energije i topline za daljinsko grijanje gradića Unterhaching od oko 20 tisuća stanovnika. Bit će instalirano preko 3 megavata električne snage i oko 16 megavata termičke snage. Ukupna investicijska vrijednost projekta cijeni se na 36 milijuna eura, u čemu će sudjelovati njemačko Ministarstvo za okoliš, zaštitu prirode i nuklearnu sigurnost s 4,8 milijuna eura.

[www.german-renewable-energy.com/28.01.2005](http://www.german-renewable-energy.com/28.01.2005).

MK

## PRVO BIOENERGETSKO SELO U NJEMAČKOJ

Selo od 750 stanovnika Jühnde kraj Göttingena/Donja Saska, postaje prvo *bioenergetsko selo* u Njemačkoj. U bliskoj budućnosti, cjelokupna energetska opskrba općine bit će utemeljena na korištenju biomase. Isporuka i montaža opreme počela je. Značajno svojstvo biomase, kao kumulirane dozračene Sunčeve energije, je

moćnost skladištenja, te korištenje u ritmu potražnje i – time – nepotrebnost dogradnje u konvencionalnog elektroenergetskog sustava. Postrojenje na biomasu primjenjivo je u području temeljne i u području vršne snage.

Biomasa – u obliku stajskog gnoja i ostataka poljoprivrednog bilja – koristit će se u postrojenju Jühnde putem bioplina kojim će se opskrbljivati jedan termoelektrično-toplanski blok, električne snage 500 kW i toplinske snage 480 kW. Tvari u obliku drvnih otpadaka, vodit će se u jedan toplanski blok, toplinske snage 600 kW. Bit će pokrivena, za 220 priključenih kućanstava, ukupna godišnja potražnja električne energije od 2 MWh i toplinske energije od 6,8 MWh po kućanstvu. Toplinska mreža ukupne duljine oko 5,5 kilometara razvodit će toplinu i toplu sanitarnu vodu po cijelom selu.

Ukupno će se godišnje proizvoditi 4 milijuna kilovatsati električne i 3,6 milijuna kilovatsati toplinske energije, uz redukciju emisije CO<sub>2</sub> za 3300 tona. Pored pozitivnog globalnog djelovanja, projekt ima i naglašena regionalno prihvatljiva svojstva: zaštita podzemnih i nadzemnih voda, održanje biljne raznolikosti, razvoj samodostatnog gospodarskog kruga i, dakako, ušteda u loživom ulju i prirodnom plinu.

Investicijski volumen cijeloga projekta je oko 5 milijuna eura, *neto* (ovo *neto*, vjerojatno bi značilo "bez uračunatih poreza i taksu"). Njemačko Ministarstvo za zaštitu potrošača, prehranu i poljoprivredu sujelovat će s oko 1,3 milijuna eura poticajanih sredstava.

[www.german-renewable-energy.com/28.01.2005](http://www.german-renewable-energy.com/28.01.2005).

MK

## POREZI I DOPRINOSI NA ELEKTRIČNU ENERGIJU U AUSTRIJI

Na opskrbnom području Wienstrom, uz godišnju potrošnju 3500 kWh bila je cijena električne energije za kućanstvo opterećena u 2003. godini s 34% poreza, doprinosa, doplataka i pristojbi, dakle trećina cijene okrenuta je različitim davanjima koja uređuje državna ili općinska vlast. Preostale dvije trećine cijene (66%) usmjereno je izravno na elektroprivredu i to: čak 41% cijene kao naknada za korištenje mreže, a samo 25% cijene kao naknada za proizvodnju električne energije (tako nizak postotak za proizvodnju Austrija zahvaljuje vrlo visokom udjelu hidroenergije).

Mjesečni račun za električnu energiju takvog kućanstva iznosio je prosječno neznatno manje od 40 eura.

Porez na dodanu vrijednost (koji se u Austriji obračunava kao 20% na ukupan zbroj prije tog oporezivanja) sudjeluje najviše u dodacima na cijenu sa 17%. Slijedi doprinos (porez) na električnu energiju, radi poticanja štednje i racionalnog korištenja, s udjelom od 11%. Inače, taj porez je univerzalno 1,5 eurocent/kWh krajnje potrošnje. Ta

dva poreza *pune* savezni budžet. Doplatak za obnovljive izvore energije je na niskonaponskoj mrežnoj razini 0,204 eurocenta/kWh i sudjeluje s oko 1% u ukupnoj cijeni, a služi isplati naknade za preuzimanje električne energije iz tih izvora. Doplatak za kogenerativnu proizvodnju iznosi 0,15 eurocenti/kWh, a služi plaćanju povećanih troškova proizvodnje u spojenom procesu. Dodatak za male hidroelektrane iznosi 0,035 eurocenta/kWh. Ta oba dodatka sudjeluju s oko 1% u ukupnoj cijeni. Konačno, općine određuju i posebnu potrošačku pristojbu za *punjenje* općinskog budžeta, koja je na opskrbnom području Wienstrom najveća u Austriji i iznosi 0,53 eurocenta/kWh, sudjeluje dakle u ukupnoj cijeni s oko 4%. Doprinos za naslijeđene troškove plaća se samo za hidroelektranu Voitsberg 3, sudjeluje s 0,39% u ukupnoj cijeni te ima vremensko ograničenje do kada će se uplaćivati.

[www.e-control.at/19.1.2005](http://www.e-control.at/19.1.2005).

MK

## POREZI I DOPRINOSI NA ELEKTRIČNU ENERGIJU U NJEMAČKOJ

Za njemačko kućanstvo, uz godišnju potrošnju 3500 kWh bila je cijena električne energije opterećena u 2003. godini s okruglo 40% (točno 40,5%) poreza i doprinosa, dakle više od trećine cijene bilo je okrenuto različitim davanjima koja uređuje državna ili općinska vlast. Preostale manje od dvije trećine cijene (59,5%) usmjereno je izravno na elektroprivredu, kao naknada za korištenje prijenosne i distribucijske mreže te kao naknada za proizvodnju električne energije.

Mjesečni račun za električnu energiju takvog kućanstva u Njemačkoj iznosio je prosječno neznatno više od 50 eura, dakle za 25% veći nego u Austriji.

Porez na dodanu vrijednost (koji se u Njemačkoj obračunava kao 16% na ukupan zbroj prije tog oporezivanja) sudjeluje najviše u dodacima na cijenu, s 13,8%. Slijedi porez na električnu energiju, kojeg Nijemci zovu ekološki porez, s udjelom od 11,9%, a plaća se oko 2 eurocenta/kWh krajnje potrošnje. Ta dva poreza *pune* savezni budžet. Slijedi koncesijska naknada koja je ovisna o općini u kojoj se koristi električna energija, *puni* općinski budžet i kreće se u Njemačkoj od 1,32 do 2,39 eurocenta/kWh. Prosječno, u cijeloj Njemačkoj, čini udjel od 10,4% u cijeni spomenutog kućanstva. Doplatak za obnovljive izvore energije sudjeluje s oko 2,6% u ukupnoj cijeni a služi isplati naknade za preuzimanje električne energije iz tih izvora (npr. oko 9 eurocenta/kWh za proizvedenu električnu energiju u vjetroelektranama, u prvih pet godina pogona tih elektrana). Doplatak za kogenerativnu proizvodnju sudjeluje s 1,8% u ukupnoj cijeni električne energije, a služi plaćanju povećanih troškova proizvodnje u spojenom procesu.

[www.strom.de/19.1.2005](http://www.strom.de/19.1.2005).

MK



## NAJVEĆA POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE PO STANOVNIKU U SKANDINAVIJI

Prema Udruzi njemačke elektroprivrede VDEW izlazi da je u Europi najveća potrošnja električne energije po stanovniku u skandinavskim zemljama, prema potrošnji u 2002. godini. Rekorder je, dakako, Norveška s preko 23 MWh godišnje po stanovniku (Norvežani se i griju na električnu energiju dobivenu iz vodnih snaga), slijedi Švedska (16,7 MWh/stan.) i Finska (oko 16 MWh/stan.). Prosjek 15 zemalja doskorašnjih članica Europske unije je 6,75 MWh/stan., a blizu tog prosjeka su zemlje: Nizozemska, Danska, Njemačka i Velika Britanija. Najmanju potrošnju među promatranim zemljama ima Portugal (oko 4,4 MWh/stan.).

Istaknimo da se potrošnja po stanovniku računa kao ukupna domaća proizvodnja na generatorima, uvećana za saldo uvoza i izvoza, umanjena za vlastitu potrošnju u elektranama, prijenosnim i distribucijskim postrojenjima, te za energiju utrošenu za pumpanje (ako država raspolaže pumpno-akumulacijskim elektranama) i, konačno, umanjena za gubitke u prijenosnoj i distribucijskoj mreži. S druge strane to je finalna potrošnja, dobivena načelno zbrajanjem pokazivanja brojila svih kupaca električne energije, na visokom, srednjem i niskom naponu.

### Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku u 2002. godini (kWh/stan.)

Švedska	16680
Finska	16073
Luksemburg	13737
Belgija	8167
Francuska	7598
Austrija	7302
Nizozemska	6830
Danska	6557
Njemačka	6538
Velika Britanija	6394
Irska	6154
Španjolska	5711
Italija	5394
Grčka	4640
Portugal	4424
EU-15	6753
Norveška	26348

Prema Izvještaju HEP o poslovanju u 2002. godini, ostvarena ukupna prodaja električne energije bila je u toj godini 12615 GWh, a stanovnika u Hrvatskoj je 4437460 (prema popisu iz 2001. godine). Izlazi da je potrošnja po stanovniku u Hrvatskoj ostvarena 2002. godine bila 2843 kWh/stan.

[www.strom.de/10.1.2005](http://www.strom.de/10.1.2005).

MK

## POTROŠNJA UKUPNE ENERGIJE PO STANOVNIKU DVOSTRUKO VEĆA U SAD NEGO U 15 ČLANICA EUROPSKE UNIJE

Prema International Energy Agency (IEA), čije podatke prenosi Udruga njemačke elektroprivrede VDEW, izlazi da je u Europi najveća potrošnja ukupne energije po stanovniku u skandinavskim zemljama: Finskoj (oko 10 tona ekvivalentnog ugljena/stan.), Norveškoj (nešto preko 8 tona) i Švedskoj (oko 8 tona), prema potrošnji u 2003. godini. Prosjek 15 zemalja doskorašnjih članica Europske unije je 5,67 tona ekvivalentnog ugljena/stan. Blizu tog prosjeka su zemlje: Velika Britanija, Austrija i Danska. Najmanju potrošnju ukupne energije među promatranim zemljama ima Portugal (oko 3,5 tona).

Sjedinjene Američke Države ostvaruju dvostuko veću godišnju potrošnju ukupne energije po stanovniku (11,29 tona) nego li prosječni stanovnik Europske unije (dakle, i – približno govoreći – dvostuko veću emisiju štetnih plinova u atmosferu po stanovniku).

Potrošnja ukupne energije dobiva se zbrajanjem pridobivanja primarne energije (konvencionalnih i nekonvencionalnih oblika) na vlastitom području te salda uvoza i izvoza primarnih oblika energije (ugljen, sirova nafta, prirodni plin i nuklearno gorivo) i salda uvoza i izvoza transformiranih oblika energije (naftnih derivata i električne energije). Taj se zbroj korigira još sa stanjem uskladištene energije (primjerice u brodovima, jer ta uskladištena energija nije još potrošena).

### Godišnja potrošnja ukupne energije po stanovniku u 2003. godini (tona ekvivalentnog ugljena/stan.)

Finska	10,17
Švedska	7,99
Belgija	8,10
Nizozemska	7,09
Francuska	6,30
Njemačka	6,02
Irska	5,29
Velika Britanija	5,52
Austrija	5,63
Danska	5,43
Španjolska	4,74
Italija	4,44
Grčka	3,90
Portugal	3,53
Luksemburg	...
EU-15	5,67
SAD	11,29
Norveška	7,46
Japan	5,76

Prema Ministarstvu gospodarstva i Energetskom institutu "Hrvoje Požar", ostvarena potrošnja ukupne energije bila je u Hrvatskoj u 2001. godini 371,6 PJ (12,672 megatona ekvivalentnog ugljena), uračunavajući hidroenergiju s faktorom konverzije od oko 10 petadžula po svakom proizvedenom teravatsatu u hidroelektranama (dakle s konverzijom kakva je ostvarena u prosječnim termoelektranama Hrvatske). Ako se uzme faktor konverzije od 3,6 PJ/TWh, kakav je uobičajen za energetske bilance i koji koristi IEA u svojoj statistici, izlazi da je potrošnja ukupne energije bila 329,7 PJ (11,234 megatona ekvivalentnog ugljena). Kako je stanovnika u Hrvatskoj 4437460 (prema popisu iz 2001. godine), izlazi da je potrošnja ukupne energije po stanovniku u Hrvatskoj ostvarena 2001. godine bila 2,53 tone ekv.ugljena/stan.

www.strom.de/10.1.2005.

MK

## IZMJENE ZAKONA U ENERGETSKOM SEKTORU HRVATSKE

Hrvatski sabor, na svoj sjednici 3. prosinca 2004. godine, donio je izmjene i dopune Zakona o energiji, novi Zakon o tržištu električne energije i novi Zakon o regulaciji energetske djelatnosti, kojima su izmijenjeni, odnosno nanovo doneseni zakoni koji su bili izvorno doneseni u srpnju 2001. godine. Novi zakoni objavljeni su u "Narodnim novinama" 15. prosinca 2004. godine.

Temeljna polazišta za te zakone su direktive Europske unije o: (1) zajedničkim pravilima za tržište električne energije, (2) zajedničkim pravilima tržišta prirodnog plina, (3) promicanju korištenja električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije na tržištu električne energije, (4) promicanju kogeneracije na tržištu energije, te o (5) promicanju korištenja biogoriva te ostalih obnovljivih goriva u transportu. Sve te direktive donesene su u razdoblju od 2001 – 2003. godine, dakle nakon izvornog donošenja zakona u energetskom sektoru Hrvatske.

Navedimo zanimljivije odredbe novih zakona, u prvome redu one koje predstavljaju izmjene ili dopune stanja koje je bilo uspostavljeno zatečenim zakonima, iz ljeta 2001. godine. Počnimo od **Zakona o energiji**.

Ponajprije, iz popisa energetske djelatnosti izostavljeno je vođenje elektroenergetskog sustava i ta se djelatnost od sada smatra sastavnicom energetske djelatnosti prijenosa električne energije. (Takvo rješenje uobičajeno je za veliku većinu europskih zemalja i potpuno je u suglasnosti s Direktivom Europske unije o električnoj energiji.)

Značajnije dopunjena ili posve na novi način uređena su područja: obnovljivih izvora energije i kogeneracije, mjera očuvanja okoliša, energetske učinkovitosti, javnih usluga u energetskim djelatnostima, te cijena i tarifnih sustava.

Određeni su uvjeti pri kojima nije potrebna dozvola za obavljanje energetske djelatnosti: za proizvodnju

električne energije ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili za elektrane snage do 1 MW, za proizvodnju topline ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili se proizvodi u objektima snage do 0,5 MW, za proizvodnju biogoriva ako se proizvodi isključivo za vlastite potrebe ili se proizvodi energije do 1 TJ godišnje, za skladištenje nafte i naftnih derivata isključivo za vlastite potrebe, te za trgovine na malo naftnim derivatima. Fizičkoj osobi može se izdati dozvola za proizvodnju biogoriva, transport nafte, derivata i biogoriva cestovnim vozilima, te za trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energije, ostale dozvole izdaju se samo pravnoj osobi.

U javne usluge ubrojene su i: skladištenje prirodnog plina, distribucija prirodnog plina, opskrba prirodnim plinom tarifnih kupaca, što je sukladno Direktivi Europske unije o prirodnom plinu, a koje djelatnosti nisu smatrane javnom uslugom po izvornom zakonu.

Jednoznačno su utvrđene regulirane cijene energije i slobodne cijene energije. Obje skupine cijena energije sadrže regulirane tarifne stavke za korištenje mreže (za prijenos i distribuciju električne energije, prirodnog plina i topline iz centraliziranih toplinskih sustava), te naknade za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije, za obavljanje poslova regulacije energetske djelatnosti, za naslijedene troškove, te za obavljanje poslova organiziranja tržišta električne energije (samo za električnu energiju). Regulirana cijena sadrži i dio cijene za proizvodnju ili dobavu i opskrbu električnom energijom, prirodnim plinom i toplinom za tarifne kupce, a slobodna cijena taj dio prepušta tržišnom natjecanju, odnosno slobodnom ugovaranju između povlašćenih kupaca i opskrbitelja energijom.

Kako se prvi put u Hrvatskoj javlja naknada za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije, važno je istaći to da je zakonom predviđeno prikupljanje tih naknada kao sastavnog dijela, kako regulirane tako i slobodne cijene svih oblika energije, te – iz tako prikupljenih naknada – otkup proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije po poticajnoj cijeni iz tarifnog sustava kojeg donosi Vlada Republike Hrvatske.

Za sve mrežne oblike energije (električnu energiju, prirodni plin i toplinu iz centraliziranih toplinskih sustava) obvezno je donošenje metodologija za utvrđivanje tarifnih stavaka s visinama tarifnih stavki i utvrđena je nadležnost nad donošenjem tih metodologija i visine tarifnih stavaka: Vlada Republike Hrvatske-nadležno Ministarstvo-Agencija za regulaciju energetske djelatnosti-energetski subjekti. Jednako tako, za te oblike energije postoji obveza donošenja metodologija i visine naknade za priključenje ili povećanje priključne snage kupaca.

Uređeni su i: sadržaj općih uvjeta za opskrbu energijom i mjere zaštite kupaca, obveze energetske subjekata i kupaca u poštivanju tehničkih propisa i posebnih uvjeta, zabrana priključivanja objekata bez građevinske dozvole na energetske mreže, te viša sila u smislu Zakona o energiji.

U *Zakonu o tržištu električne energije* ponajprije su definirane tržišne djelatnosti: proizvodnja električne energije i opskrba električnom energijom za povlaštene kupce, te trgovanje, posredovanje i zastupanje na tržištu energijom, a regulirane djelatnosti su proizvodnja i opskrba za tarifne kupce, te prijenos, distribucija i organiziranje tržišta električne energije za sve kupce.

Uređeno je stjecanje statusa povlaštenog proizvođača: to su elektrane na obnovljive izvore energije i za istodobnu proizvodnju električne energije i topline (kogeneracija) s tim da pravo na poticajnu cijenu otkupa energije imaju svi ti povlašteni proizvođači osim hidroelektrana snage veće od 10 MW (no i one su povlašteni proizvođači u smislu prioritarnog preuzimanja u njima proizvedene električne energije).

Uređen je postupak izdavanja odobrenja za izgradnju novih elektrana, na sličan način kao i u zatečenu zakonu, ali je – u slučaju da nema dovoljno zainteresiranih za izgradnju prema postupku odobrenja ili ih uopće nema a potencijalno je ugrožena sigurnost opskrbe električnom energijom – predviđen i postupak javnog natječaja te donošenja odluke o izboru ponuditelja za izgradnju novih elektrana (nadležnost Vlade Republike Hrvatske: za elektrane snage preko 50 MW, a Agencije za regulaciju energetske djelatnosti za elektrane snage do 50 MW).

Uveden je operator prijenosnog sustava nadležan za razvoj, izgradnju, pogon i održavanje prijenosne električne mreže te za vođenje elektroenergetskog sustava, te operator distribucijske mreže odgovoran za razvoj, izgradnju, pogon i održavanje distribucijske električne mreže te za vođenje distribucijskog sustava.

Za donošenje trogodišnjih planova razvoja i izgradnje ovlaštene su operatori prijenosne i distribucijske mreže, ali uz prethodnu suglasnost Agencije za regulaciju energetske djelatnosti. Tarifni stavci za prijenos odnosno distribuciju električne energije sadrže i dio koji se odnosi na ostvarenje tih planova razvoja i izgradnje.

Detaljno je uređena neovisnost operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava u vertikalno integriranom poduzeću od djelatnosti koje nisu mrežne djelatnosti (proizvodnja i opskrba električnom energijom, ostale djelatnosti). Uređene su nadležnosti i odgovornosti operatora prijenosnog i operatora distribucijskog sustava, gdje se osobito ističe zabrana trgovanja električnom energijom operatoru prijenosnog sustava, pri čemu se dobava energije za usluge sustava i pokriće gubitaka u mreži ne smatra trgovanjem, kao i obveza preuzimanja električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije.

Utvrđena je neovisnost opskrbe električnom energijom od djelatnosti prijenosa i distribucije električne energije, obveza minimalnog udjela električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije za sve opskrbljivače, obveze opskrbljivača o javnom informiranju kupaca, te zaštita kupaca iz

kategorije kućanstvo i mali kupac, uz definiranje obveze javne usluge opskrbe.

Zakonom se oblikuje neovisni operator tržišta čija je uloga organiziranje tržišta električnom energijom prema pravilima djelovanja tržišta, koja donosi uz prethodno mišljenje operatora prijenosnog i distribucijskog sustava, uz osobitu njegovu ulogu oko prikupljanja i raspodjele sredstava naknade za poticanje obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

Uspostavlja se nova granica godišnje potrošnje električne energije za stjecanje statusa povlaštenog kupca (20 GWh umjesto dosadašnjih 40 GWh) i dinamika otvaranja tržišta do potpune otvorenosti: 1. srpnja 2006. godine za kupce s godišnjom potrošnjom većom od 9 GWh, 1. srpnja 2007. godine za sve kupce iz kategorije poduzetnici i 1. srpnja 2008. godine za sve kupce.

U prijelaznim i završnim odredbama ističu se: obveza Hrvatske elektroprivrede za obavljanje javne usluge i za uspostavu novog ustroja vertikalno integriranog poduzeća, obveza razdvajanja opskrbe i distribucije do 1. srpnja 2007. godine, obveza izdvajanja operatora tržišta iz Hrvatske elektroprivrede i obveza Hrvatske elektroprivrede za javnu uslugu opskrbe kupaca koji ostanu bez opskrbljivača ili ne žele steći status povlaštenog kupca. Radi provođenja sustava reguliranog djelovanja energetske djelatnosti, posebice onih koje se obavljaju kao javne usluge i u javnom interesu, te uspostave i uređenja tržišta energije, novim *Zakonom o regulaciji energetske djelatnosti* osniva se samostalna, neovisna i neprofitna javna ustanova pod nazivom Hrvatska energetska regulatorna agencija – HERA. Osnivač Agencije je Republika Hrvatska, osnivačka prava ostvaruje Vlada Republike Hrvatske, a Agencija za svoj rad odgovara Hrvatskom saboru.

Zakonom se uređuje unutarnje ustrojstvo Agencije i precizno se određuju njezini poslovi i aktivnosti kao djelatnosti od posebnog državnog interesa, primjerice: izdavanje i oduzimanje dozvola za obavljanje energetske djelatnosti, donošenje metodologija i nadzor nad primjenom tarifnih sustava, te nadzor nad radom energetske djelatnosti subjekata.

Dužnost je Agencije da primjenjuje mjere za zaštitu potrošača i mjere za zaštitu tržišnog natjecanja.

Tijela Agencije su: Upravno vijeće od 5 članova koje imenuje i razrješava Hrvatski sabor, i ravnatelj kojeg imenuje i razrješava Upravno vijeće, na temelju javnog natječaja. Upravno vijeće upravlja Agencijom, a predsjednik rukovodi radom Upravnog vijeća, predstavlja i zastupa Agenciju i odgovara za zakonitost rada Agencije. Ravnatelj Agencije organizira i vodi stručni rad Agencije te priprema prijedloge odluka za Upravno vijeće. Radnici Agencije obavljaju stručne poslove za Agenciju. Proračun Agencije se temelji na naknadi za regulaciju energetske djelatnosti sadržanoj u cijenama svih oblika energije, o čijoj visini odlučuje Vlada Republike Hrvatske.

Agencija podnosi godišnje izvješće Hrvatskom saboru o analizi energetskega sektora i razvoju energetskih tržišta i javnih usluga. Energetski subjekti su pod prijetnjom sankcije dužni dostavljati podatke koje od njih zatraži Agencija.

Agencija je pravna sljednica Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti. Svi dosadašnji akti opći i pojedinačni Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti, te sva njegova rješenja i dozvole vrijede na vrijeme za koja su izdana. Omogućen je zatečenim članovima Vijeća za regulaciju energetskih djelatnosti i radnicima, koji rade stručne poslove za Vijeće, nastavak rada kao novoizabranih članova Upravnog vijeća ili radnika u Agenciji.

Prema "Narodnim novinama" broj 177/2004.

MK

### **MATERIJALI KOJI SE PRIMJENJUJU U SUVREMENIM ELEKTRANAMA NA FOSILNA GORIVA**

Materijali za elektrane moraju izdržati visoka mehanička i termička promjenljiva opterećenja na visokim temperaturama i pri složenim radnim uvjetima (dimni plinovi i drugi procesni mediji). O materijalima ovisi u velikoj mjeri pogonska sigurnost i raspoloživost elektrane.

Rast učinkovitosti parnih elektrana ovisi o rastu parametara svježe pare. Pri daljnjem povećanju parametara pare na temperaturno područje do 720 °C, materijalima se pridaje središnji značaj. Oni se moraju u prvom redu odlikovati dovoljno visokom trajnom čvrstoćom. Pojedine komponente ne smiju imati preveliku debljinu stijenki, zbog zahtijevane pogonske fleksibilnosti i što manjih naprezanja materijala. Pored toga materijali moraju biti pogodni za obradu. Za temperaturna područja ispod 620 °C koriste se martenzitni 9 - 12% Cr čelici. U elektrani s temperaturom pare od 720 °C, ti materijali još uvijek nalaze primjenu u širokom području kruga voda - para. U pogledu temperatura većih od 600 °C ti čelici moraju biti dovoljno postojani na oksidaciju u vodi i dimnim plinovima.

U području temperatura od 620 do 650 °C primjenjuju se austenitni čelici, dok se trenutno za temperature veće od 650 °C isključivo koriste legure na bazi nikla. Zbog današnjih povećanih zahtjeva na pogonsku fleksibilnost elektrana, materijali se moraju odlikovati i otpornošću na zamor.

Budući koncepti održavanja postrojenja, orijentirani na praćenje stanja pojedinih komponenti, moraju voditi računa o kompleksnosti mikrostruktura novih materijala i njihovoj osjetljivosti na određene utjecajne parametre. Pogonski nadzor treba usmjeriti na trajno praćenje lokalnih naprezanja, stanja pojedinih komponenti i preostale životne dobi glavnih komponenti elektrane.

Prvi korak u tom smjeru je tehničko znanstveno izvješće TW 507 posvećeno procjeni razvoja oštećenja uzrokovanog

puzanjem materijala martenzitnih čelika.

Prof. Dr. Ing Eberhard Roos – VGB Power Tech 7/2004.

doc

### **TVRTKA MVV ENERGIE JE POSTALA SUVLASNIK TOPLANE NA BIOMASU ALTENSTAD**

Tvrtka MVV Energie Dienstleistungen GmbH koja je u 100% vlasništvu poduzeća Energieverteilungs- und Dienstleistungsunternehmen MVV Energie Mannheim, je nakon 12 mjeseci intenzivnog planiranja, projektiranja i koncipiranja, preuzela 67% toplane na biomasu u bavarskom Altenstadu na 17 godina. Društvo je postalo odgovorno za pogon toplane, nabavu i logistiku goriva za toplanu.

D kraja ove godine moraju biti završeni radovi na osuvremenjivanju toplane, nakon čega će njena snaga porasti na 11.2 MWe. Toplana će nakon modernizacije moći isporučivati pored električne energije i tehnološku paru za obližnje industrijske pogone. Za loženje se upotrebljava otpadno drvo iz pilana i šumskog otpada, te staro drvo kategorije A1 i A2.

Tvrtka MVV Energie Mannheim, je osnovala poslovnu jedinicu, koja se bavi posebnim Outsourcing konceptima za opskrbu industrijskih poduzeća energijom i medijima. Sve zadaće opskrbe industrijskih poduzeća energijom i ostalim medijima preuzima navedena poslovna jedinica. Industrijska poduzeća profitiraju takvim aranžmanima kroz dobitak vremena za bavljenje osnovnom djelatnošću, prijenosom odgovornosti za opskrbu na poslovnog partnera i znatno nižim troškovima. Kooperacijom s iskusnim poduzećem kao Contractorom ostvaruju se mnoge koristi: imaju specijaliziranog iskusnog partnera, koji ih rasterećuje od odgovornosti za pogonske i ekonomske rizike opskrbe energijom i drugim medijima. MVV Energie garantira optimalnu opskrbu, štednju energije, medija, smanjenje troškova za održavanje i pogonsko osoblje.

Tvrtka MVV Energie je vodeća tvrtka u Njemačkoj na području korištenja biomase. Tvrtka je u posljednje dvije godine uložila preko 150 milijuna eura u elektrane na biomasu širom Njemačke.

(www.mvv.de) – VGB Power Tech 7/2004.

doc

### **RWE POWER PLANIRA DOGRADNJU DVIJE PLINSKE TURBINE NA 600 MW BLOKOVE NA SMEĐI UGLJEN TE WEISWEILER**

RWE Power planira u TE na smeđi ugljen Weisweiler ugraditi dvije plinske turbine ispred 600 MW blokova na smeđi ugljen, ukupne neto snage oko 190 MW. Na taj način bi se povećala učinkovitost postojećih blokova. Investicijska ulaganja iznose 150 milijuna eura. Puštanje u pogon predgrađenih plinskih turbina planirano je za 2006. godinu. Plinske turbine će raditi u "spojenom" pogonu



s postojećim blokovima i koristit će se za pokrivanje srednjeg i vršnog dijela dijagrama opterećenja. Postojeći 600 MW blokovi će se i nadalje koristiti za pokrivanje temeljnog dijela dijagrama opterećenja. Za pogon plinskih turbina koristi se postojeća infrastruktura lokacije, čime se poboljšava ekonomičnost proizvodnje električne energije na lokaciji. Povezivanje plinskih turbina s postojećim blokovima obaviti će se u tijeku remonta blokova.

(www.rwepower.com) – VGB Power Tech 7/2004.

doc

### TÜV SÜD JE PRVO NJEMAČKO SLUŽBENO MJESTO ZA CERTIFICIRANJE PROJEKATA ZA ZAŠTITU KLIME

TÜV SÜD je kao prvo poduzeće u Njemačkoj i kao jedno od prvih poduzeća u svijetu za ispitivanje opreme i materijala akreditirano kao mjesto za certificiranje projekata za zaštitu klime na bazi Kyoto - protokola. Tu odluku je donio Izvršni komitet za provedbu Clean Development Mechanism-a (CDM) u Bonnu.

Tim akreditiranjem TÜV Industrie Service GmbH TÜV - SÜD - grupa smije zatražiti od Ujedinjenih nacija službenu registraciju prihvaćenih projekata, kao projekata za zaštitu klime. Tek nakon te registracije smiju se certifikati proiziđi iz projekata za zaštitu klime ponuditi na tržištu emisija. TÜV Industrie Service GmbH povoljno nudi te usluge svojim kupcima širom svijeta. Već prije službene akreditacije su stručnjaci tog poduzeća davali svoje mišljenje o više od 40 projekata iz raznih sektora (vjetroelektrane, hidroelektrane, zbrinjavanje otpada) u Čileu, Indiji i Južnoj Africi.

CDM je jedan od tržišnih mehanizama Kyoto protokola, koji omogućuje primjenu projekata za zaštitu klime u zemljama u razvoju. Certifikati koji nastaju ostvarivanjem tih projekata mogu se koristiti ne samo u okviru Kyoto protokola nego već i na tržištu certifikatima Europske unije. Cilj Kyoto protokola je smanjenje emisije stakleničkih plinova u industrijskim zemljama za 5.2% do 2012. godine. Osim toga treba poticati primjenu ekološki prihvatljivih projekata u zemljama u razvoju.

(www.tuev-sued.de) VGB Power Tech 7/2004.

doc

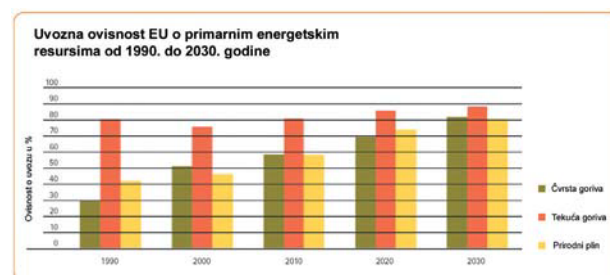
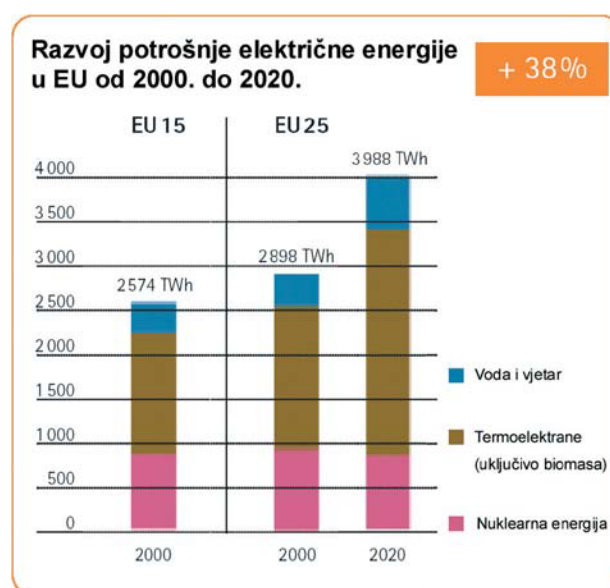
### POTROŠNJA I UVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE

U proširenoj Europskoj uniji (EU25) s potrošnjom od oko 3 000 TWh, troši se četvrtina proizvedene energije u svijetu. "European Energy and Transport Outlook" prognozira prosječni godišnji rast potrošnje od 1.3% u 15 "starih" EU zemalja i 2.2% godišnje u "novim" EU zemljama. To vodi do povećane potrošnje od 1 000 TWh do 2020. godine. Glavnina proizvodnje električne energije u 2020. godini će se ostvarivati u termoelektranama na bazi ugljena, prirodnog plina, biomase i nuklearne energije. Ovisnost zemalja EU o

uvozu primarne energije će porasti od oko današnjih 50% na preko 70%, a o nafti čak 90%. Ta je ovisnost potencirana odlukama nekih zemalja o obustavljanju nuklearnih elektrana i smanjenom ekonomičnošću proizvodnje primarnih energenata iz vlastitih rudnih nalazišta. Samo se smeđi ugljen može u nekim europskim zemljama dugoročno i ekonomično proizvoditi u dnevnim kopovima. Udio proizvodnje iz nuklearne energije će se smanjiti od današnjih 32 na 20%. Udio proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora će se do 2020. udvostručiti i doseći 20%.

Eurelectric, EU – Energy and Transport Outlook

doc



### PROIZVODNI PARK I OPCIJE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Potrošnja električne energije u EU će porasti do 2020. godine od današnjih 3 000 TWh na 4 000 TWh. Zbog starosne strukture proizvodnog parka i obustavljanja nuklearnih elektrana u Njemačkoj, nastat će proizvodni manjak od 2 000 TWh. Postavlja se pitanje, kako pokriti taj manjak? Uzevši u obzir tehnički ostvarivo prosječno godišnje korištenje od 7 500 sati za termoelektrane i 3 000 sati godišnje za vjetroelektrane (Onshore i Offshore),

za pokrivanje navedenog manjka bilo bi potrebno angažirati:

- 167 nuklearnih blokova, jedinične snage 1 600 MW, ili
- 266 blokova na smeđi ugljen, jedinične snage 1 000 MW, ili
- 444 bloka na kameni ugljen, jedinične snage 600 MW, ili
- 666 kombi elektrana, jedinične snage 400 MW, ili
- 133 000 vjetroelektrana, jedinične snage 5 MW (plus pričuvni kapacitet od 80%, npr. 355 blokova na kameni ugljen ili 532 kombi bloka).

Ti brojevi uvjerljivo ukazuju na važnost proizvodnog miksa, koji će i u budućnosti omogućiti sigurnu proizvodnju i opskrbu električnom energijom.

EU – Energy and Transport Outlook

doc

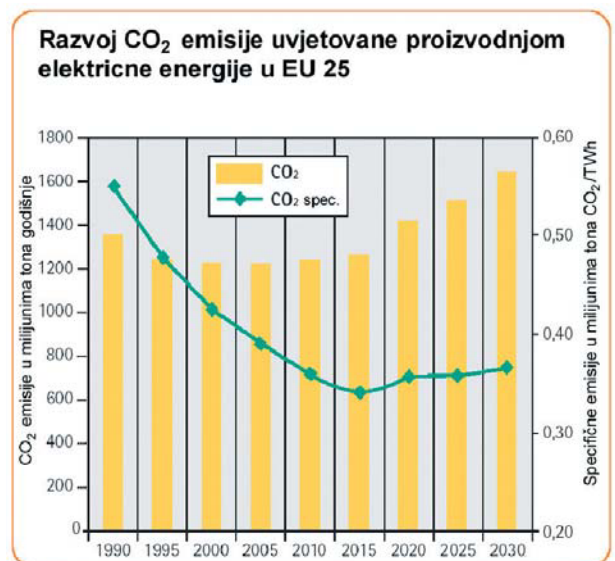
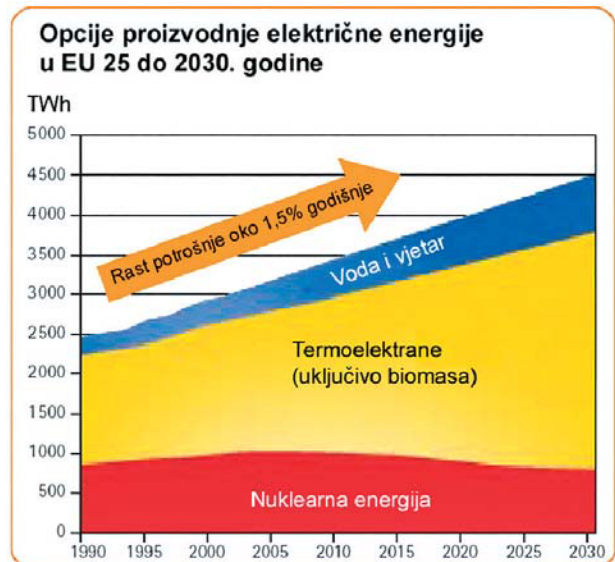
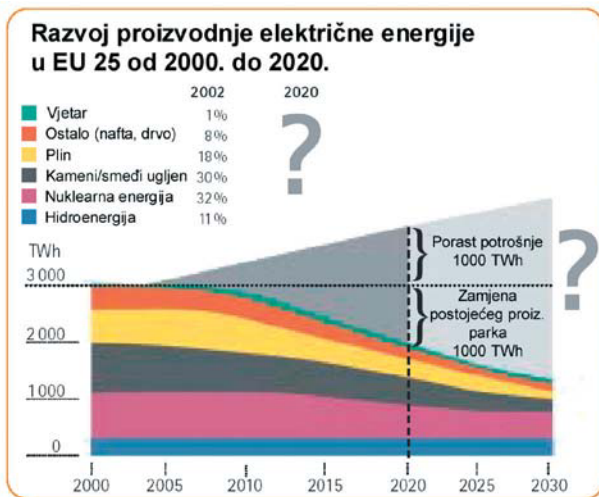
električne energije iz nuklearnih elektrana skoro bez CO<sub>2</sub> emisije, nadoknaditi miks elektrana na bazi ugljena, plina i bioenergije. To će dovesti do rasta CO<sub>2</sub> emisije nakon 2015. godine.

U EU prognozi se polazi od toga da se do 2030. godine neće proizvoditi spomena vrijedna električna energija iz sunčanih elektrana. Na taj način će udio obnovljive energije biti pokriven hidroelektranama, vjetroelektranama i postrojenjima na bazi biomase.

Značajnim povećanjem stupnja korisnog učinka termoelektrana, kao i povećanom proizvodnjom električne energije iz postrojenja na bazi biomase, smanjit će se specifična CO<sub>2</sub> emisija od sadašnjih 0.4 milijuna tona CO<sub>2</sub>/TWh na 0.36 milijuna tona CO<sub>2</sub>/TWh u 2020. godini.

EU – Energy and Transport Outlook

doc



## ENERGETSKI MIKS I CO<sub>2</sub>

Osnovni scenarij Europske unije, prema EU studiji: European Energy and Transport Trends to 2030, pokazuje da se mora zbog kontinuiranog rasta potrošnje električne energije (oko 1.5% godišnje), od današnje 3000 TWh do 4 000 TWh u 2020. godini, računati s rastom CO<sub>2</sub> emisije u Europi. Predočena slika pokazuje očekivanje da će proizvodnju obustavljenih nuklearnih elektrana zamijeniti termoelektrane. Očekuje se da će dosadašnju proizvodnju

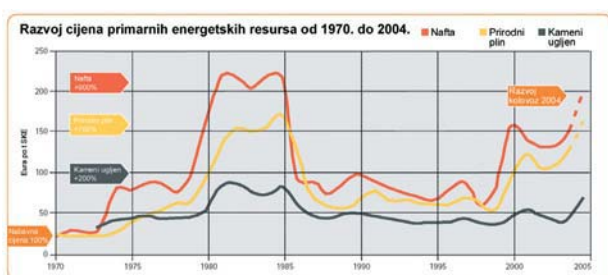
## RIZICI PROMJENA CIJENA PRIMARNIH ENERGENATA

Temelj rasta, standarda i socijalne sigurnosti je solidna opskrba električnom energijom. Zahtijeva se jeftina opskrba električnom energijom, da bi se po konkurentnoj cijeni mogla proizvoditi roba.

Jedna analiza uvoznih cijena nafte, plina i ugljena pokazuje da su se u posljednjih 30 godina pojavile promjene cijena nafte od oko 900%, plina 700 % i ugljena 200%. U nizu zemalja je raspoloživ relativno povoljan smeđi ugljen koji se koristi za proizvodnju električne energije. Velike promjene cijene prirodnog plina karakteriziraju prirodni plin kao rizično gorivo za proizvodnju električne energije. Stoga treba i u budućnosti voditi računa o uravnoteženom miksenu energenata na bazi kojih bi se troškovno povoljno proizvodila električna energija. Troškovi proizvodnje električne energije su uglavnom rezultat troškova goriva, kapitala i osoblja. Pri tome je značajno s kojim dijelom troškova sudjeluje gorivo u cijeni proizvodnje električne energije. Kod plinskih elektrana udio goriva u cijeni električne energije iznosi oko 65%, kod elektrana na ugljen oko 45%, a kod elektrana na smeđi ugljen i niži. Pored bitno većih promjena cijena prirodnog plina u usporedbi s kamenim ugljenom, povećani udio plina u cijeni proizvodnje električne energije donosi dodatne ekonomske rizike pri njegovom korištenju. Plinom ložene elektrane treba stoga preferirati pri istodobnoj proizvodnji električne energije i procesne topline, odnosno topline za grijanje, jer se rizik promjena, odnosno povećanja cijena plina može podijeliti na dva proizvoda, na električnu energiju i toplinu.

Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.

doc



## TROŠKOVI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ NOVIH ELEKTRANA U NJEMAČKOJ

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora (s iznimkom postojećih hidroelektrana), kao što je energija vjetra, biomase, geotermalne energije i fotonaponske energije, kao i proizvodnja električne energije iz malih postrojenja za proizvodnju topline i električne energije, trenutačno nije konkurentna. Zbog toga se u Njemačkoj

državnim sredstvima podupire proizvodnja električne energije iz takvih elektrana. Od obnovljivih izvora energije su ekonomične jedino postojeće, djelomično otpisane hidroelektrane.

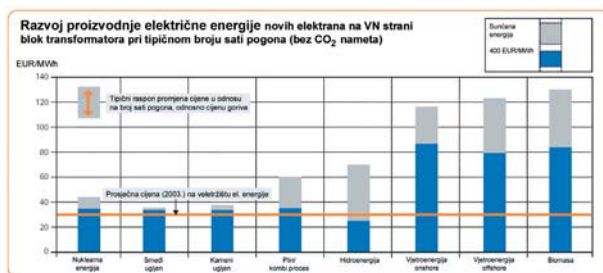
Na liberaliziranom tržištu električne energije stvorena je konkurencija proizvodnih objekata, elektrana na smeđi i kameni ugljen, plinskih i nuklearnih elektrana. Njihova električna energija može se plasirati na veletržište električne energije, ako se ista proizvodi po konkurentnim tržišnim uvjetima. U 2003. godini, prosječna cijena električne energije na veletržnoj razini iznosila je 30 €/MWh. Odluka o izgradnji i pogonu nove elektrane ovisi o očekivanim prihodima na tržištu električne energije. Ako su troškovi proizvodnje električne energije iznad prihodovne razine, novo postrojenje se ne može ekonomično koristiti.

Ako se elektrana, koncipirana za temeljni ili srednji dio dijagrama opterećenja, ne koristi prema planiranom broju pogonski sati, zbog preferiranja proizvodnje iz obnovljivih izvora, rastu troškovi proizvodnje takve elektrane. Uvedenom trgovinom certifikatima za CO<sub>2</sub> emisiju, 2005. godine, mogu nastati daljnji troškovi proizvodnje električne energije.

U usporedbi s cijenom proizvodnje električne energije, cijena električne energije kod krajnjih potrošača je znatno veća. Ona je rezultat dodatnih troškova za prijenos električne energije, koncesije, te nametnutog plaćanja poticaja za proizvodnju iz obnovljivih izvora i spojnog procesa po Zakonima o obnovljivim izvorima i spojnoj proizvodnji električne i toplinske energije. Pored navedenih troškova, u strukturi cijene električne energije krajnjih potrošača su troškovi, uvjetovani eko - porezima i porezima na dodanu vrijednost.

Eigene Berechnungen, Bremer Energieinstitut, TVO, EURELECTRIC, Studie RWK NRW

doc



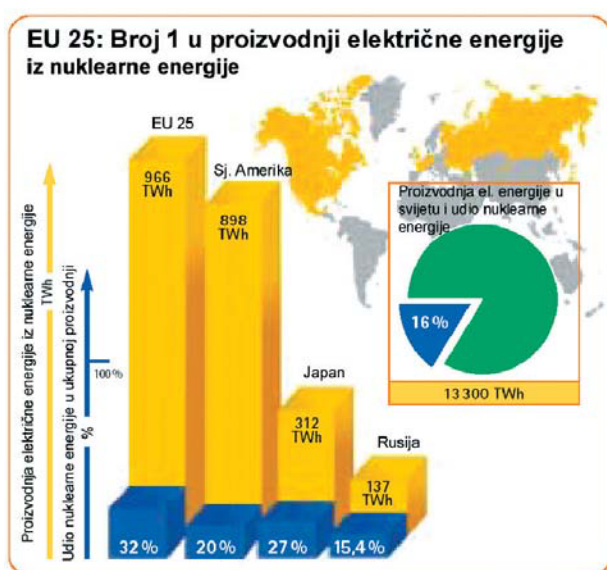
## MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA NUKLEARNE ENERGIJE

Europska unija je vodeća zajednica država u svijetu po proizvodnji nuklearne energije. Niti jedno drugo područje u svijetu ne proizvodi više nuklearne energije. Tom proizvodnjom se godišnje izbjegne 650 milijuna tona CO<sub>2</sub>. Neke europske zemlje nastavljaju s izgradnjom nuklearnih



elektrana, da bi i u budućnosti pokrivala rastuće potrebe za električnom energijom bez CO<sub>2</sub> emisije. S novim članicama Europske unije je dogovoreno da obustave pogon onih nuklearnih elektrana koje ne zadovoljavaju zapadne sigurnosne standarde. U okviru europskog programa "Phare" izvršene su sigurnosno-tehničke procjene postojećih elektrana, na osnovi kojih su utvrđene mjere potrebnih poboljšanja, na postrojenjima na kojima je to moguće i opravdano provesti. Obustavlja se 3 500 MW u nuklearnim elektranama koje sa stajališta EU nije opravdano dograđivati, odnosno poboljšavati. Proširenjem EU je povećana sigurnost nuklearnog proizvodnog parka u Europi.

Internationale Atomenergie Organisation IAEO, VGB doc



## ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ

Za pokrivanje rastuće potrošnje električne energije u svijetu, potrebno je izgraditi do 2020. dodatne proizvodne kapacitete od 2 000 GW. Istodobno se mora voditi računa o klima-političkim zahtjevima. To znači da treba na liberaliziranom tržištu električne energije ostvariti dugoročno sigurnu, ekonomičnu i ekološki podnošljivu opskrbu, na bazi uravnoteženog energetskeg miksa. Pored daljnje izgradnje energetske izvora, koji ne emitiraju CO<sub>2</sub>, treba i nadalje računati na korištenje fosilnih energenata.

Razvoj novih koncepata elektrana s visokim i najvišim stupnjem korisnog učinka pretvorbe energije fosilnih goriva, istodobno predstavlja veliku priliku i veliki izazov.

Kratkoročno i srednjoročno treba, na bazi postojeće tehnologije, težiti daljnjem razvoju fosilno loženih elektrana (materijala, komponenti, vođenja procesa). Na taj način se mogu, u okviru nužnih ekonomskih okvirnih uvjeta (raspoloživost i konkurentnost) proizvodnje električne energije, najbrže ostvariti iskoristivi potencijali smanjenja

CO<sub>2</sub> emisije. Takve mjere smanjenja CO<sub>2</sub> emisije treba slijediti i poticati za sve proizvodne opcije kao "No-Regret-Strategie", jer omogućuju niske specifične izbjegnute CO<sub>2</sub> troškove i značajno sniženje CO<sub>2</sub> emisije.

Inicijativa VGB udruge nazvana "Emax inicijativa" je prvi korak u daljnjem razvoju suvremenih ekološki prihvatljivih elektrana na kamenu i smeđi ugljen.

Paralelno s tim treba poticati razvoj novih koncepata elektrana, koji će omogućiti u srednjoročnom i dugoročnom razdoblju daljnji rast stupnja korisnog učinka i smanjenje CO<sub>2</sub> emisije i zbrinjavanje CO<sub>2</sub>. Predmet dugoročnih istraživačko razvojnih aktivnosti mora biti razvoj inovativnih tehnologija za separiranje i skladištenje CO<sub>2</sub>.

U cjelini, predstavljena situacija zahtijeva tehnološku ofenzivu, koja se može ostvariti uz pomoć opsežnih nacionalnih (njemačkih) i europskih istraživačkih programa.

VGB Power Tech, Stromerzeugung, Zahlen und Fakten 2004.

doc

