

KOMBI KOGENERACIJSKO POSTROJENJE PLIVA SAVSKI MAROF I PRIPADAJUĆI VISOKOTLAČNI PLINOVOD

Mr. sc. Zlatko K o m e r i č k i, Zagreb

UDK 621.31.311
STRUČNI ČLANAK

U članku se opisuje korištenje pojedinih generacija kogeneracijskih postrojenja u energetici Plive tijekom perioda od 80 godina i motivi koji su doveli do njihove gradnje. Za svaku generaciju postrojenja dani su osnovni podaci i opis tehničkih rješenja. Širi osvrt s tehničkim podacima daje se za najnovije izgrađeno postrojenje s naglaskom na pristup pri izboru optimalnog rješenja. Poruka članka je: Čitav tok projekta, od ideje do ishoda upotrebe dozvole, na pozitivnom primjeru EKONERG HOLDINGA, pokazao je da Hrvatska raspolaže vlastitim stručnim snagama koje su sposobne na najvišoj razini u primjereno kratkim rokovima realizirati takav složen inženjerski zadatak.

Ključne riječi: kogeneracija, toplina, električna energija, plinska turbina.

1. UVOD

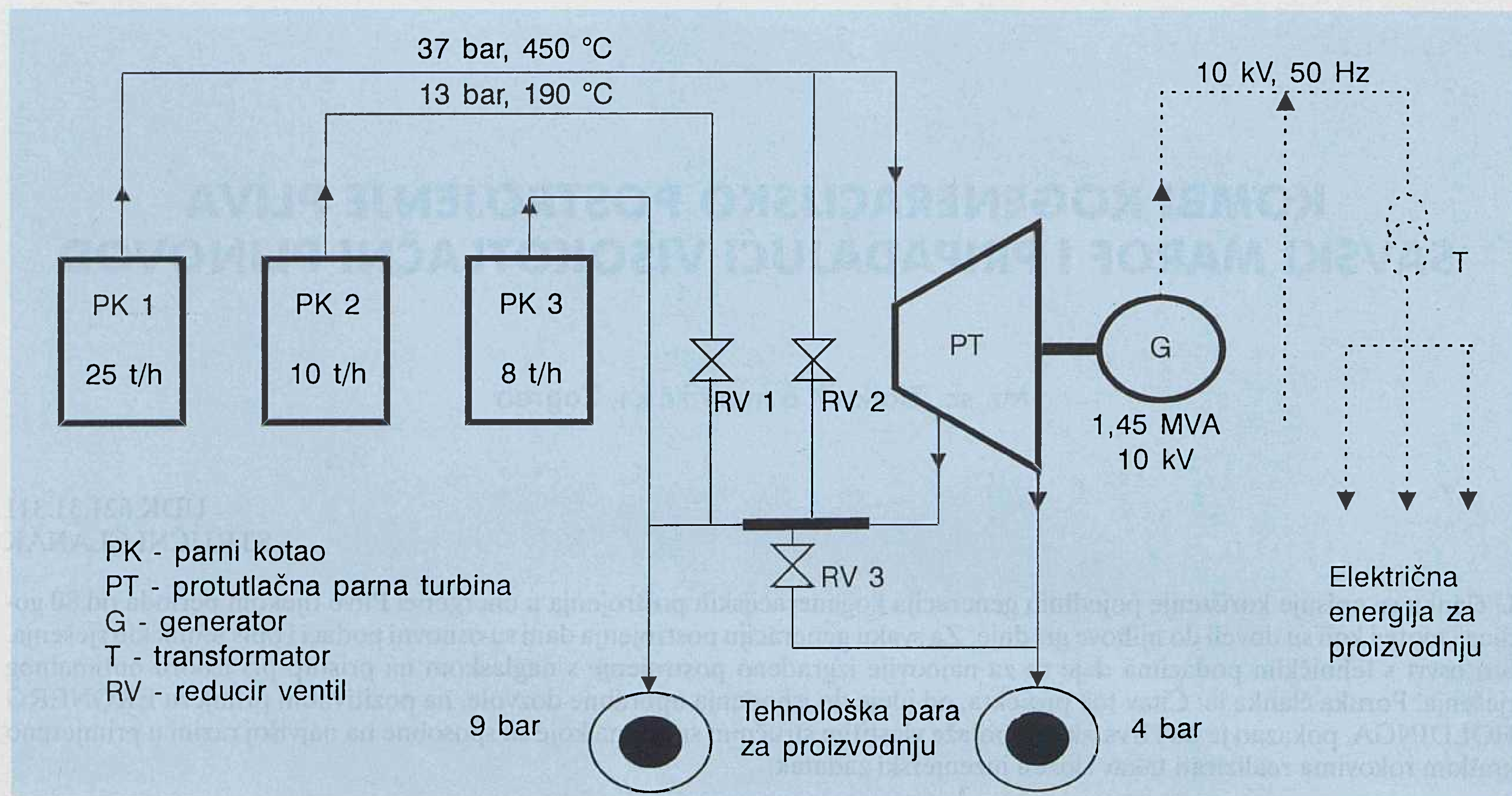
Lokacija Savski Marof jedna je od glavnih proizvodnih lokacija farmaceutske, kemijske, prehrambene i kozmetičke industrije Pliva, d.d. U vlasništvu Plive je od 1967. godine. Proizvodnja na lokaciji započinje još davne 1876. godine. Naime, te je godine registrirana kod Kraljevskog sudbenog stola u Zagrebu firma pod nazivom "Baruna Dumreihera rafinerija i tvornica špirita i pjenice". Danas su na lokaciji smješteni Plivini pogoni za proizvodnju kvasca, azitromicina, sorbitola, farmaceutskih intermedijera i penicilinskih antibiotika. Uz to, ovdje su izgrađena centralna skladišta sirovina i distributivno skladište gotove robe kao i infrastrukturni objekti (energana, uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, crpilište vode i objekti opće namjene). Razvojem, odnosno izgradnjom proizvodnih pogona na lokaciji rasla je i potrošnja energije. Maksimalna razina dosegnuta je u drugoj polovici osamdesetih godina (28 t/h pare i 3.5 MW električne snage). Iako je zbog smanjene proizvodnje, u zadnjih 10 godina došlo do opadanja energetske potrošnje, izgradnjom novih proizvodnih pogona ponovo se povećava potrošnja energije na lokaciji. Štoviše, planirano napuštanje bazne proizvodnje na lokaciji u Zagrebu i njeno preseljenje u Savski Marof dodatno će povećati potrošnju energije.

U troškovima proizvodnje farmaceutskih i kemijskih proizvoda energija je znatna stavka, pa je racionalizacija uporabe energije važan činitelj u ekonomici proizvodnje i jedan je od uvjeta konkurentnosti na tržištu. Vodeći se rečenim, ali i novim pristupom prema kogeneraciji koja se najbolje ogledala u odluci Uprav-

nog odbora HEP-a od 28.01.1994. godine, kojom je omogućen priključak na mrežu i otkup električne energije od malih termoenergetskih objekata (mTEO), stručnjaci Plive i EKONERG HOLDINGA inicirali su ovaj projekt krajem 1994. Početak projekta, kojeg je Pliva skoro u cijelosti povjerila stručnjacima EKONERG HOLDINGA, bila je izrada pred-studije izvodljivosti (završena u travnju 1995. godine), a projekt je, kao treća generacija kogeneracijskog postrojenja na lokaciji; završen u studenome 1999. godine dobivanjem uporabne dozvole za energanu i plinovod.

2. POVIJEST KOGENERACIJE NA LOKACIJI SAVSKI MAROF

Prva proizvodna firma na lokaciji bila je za ono vrijeme velika i moderna tvornica s mehaniziranim pogonom. Za pogonsku energiju korištena je vodena para, koja se proizvodila u vlastitoj kotlovnici. Početkom stoljeća počeli su se u Europi uvoditi elektromotorni pogoni, koji su u odnosu na parne bili jednostavniji, ekonomičniji i jeftiniji, pa je o tome počeo razmišljati i vlasnik tvornice. Poznato je naime, da se početkom ovoga stoljeća više od 50% električne energije proizvodilo upravo iz kogeneracije, što je razumljivo znajući stanje javnih sustava za proizvodnju, prienos i distribuciju električne energije. Kogeneracija energije nastala je zapravo iz nužde, jer za mnoga industrijska poduzeća drugog rješenja nije ni bilo. Iz istog razloga 1920. godine otpočela je rekonstrukcija pogona i u Savskom Marofu, koja je trajala do 1926. Njom je iz temelja promijenjena energetika poduzeća. Kogeneracijsko postrojenje, jedino moguće rješenje u to vrijeme



Slika 1.

na toj lokaciji, zasnivalo se na tri parna kotla kapaciteta od po 2 t/h u kojima se proizvodila para tlaka 13 bara¹. Para se iz kotla vodila u protutlačne stapne strojeve, koji su pokretali dva alternatora za proizvodnju električne energije svaki snage 125 kVA i napona 110/190 V. Nakon ekspanzije u stapnim strojevima para se vodila u pogon i koristila za grijanje u tehnološkom procesu. Proizvedena električna energija koristila se za pogon strojeva i rasvjetu. Istodobnom proizvodnjom pare i električne energije postignut je visok stupanj korištenja osnovnog energenta ugljena. Postrojenje je bilo u pogonu više od 40 godina, sve do 1969. godine, i za sve to vrijeme radilo sigurno i pouzdano.

U drugoj polovici stoljeća, u vrijeme "jeftine" energije kogeneracija je bila zanemarena. Tako se npr. u SAD-u 1950. godine proizvodilo 15% ukupne električne energije iz kogeneracije, dok je 1974. godine taj udio iznosio svega 6%. Slično je bilo i kod nas, rješenja su se oslanjala gotovo isključivo na gradnju velikih elektrana. No, u Plivi se ni tada nije odustalo od kogeneracije, iako se električnu energiju moglo dobiti, gotovo bez ograničenja, iz elektroenergetskog sustava. Tako je u periodu od 1968. do 1971. izvedena rekonstrukcija energane. Ugrađena su dva blok kotla kapaciteta PK2 10 t/h (13 bara) i PK3 8 t/h (9 bara), te iz ratne reparacije dobiven kotao (BW12) kapaciteta 12 t/h (37 bara 450 °C). Na kotlu je izvedena rekonstrukcija kojom se s ugljena prešlo na tekuće gorivo. Na mjestu dvaju alternatora i njihovih pogonskih parnih stapnih strojeva, ugrađena je protutlačna parna turbina snage 1,1 MW i sinkroni generator snage 1,45 MVA (izlazni napon 10 kV). Iz kotla BW12 para se vodila do turbine, a zatim nakon ekspanzije (9 bara na oduzimanju i 4

bara na protutlaku) u tehnološki proces. Razlika do potrebnih količina tehnološke pare namirivala se preko reducir stanica iz blok kotlova PK2 i PK3. Porastom potreba, godine 1985 izgrađen je novi visokotlačni parni kotao PK1 kapaciteta 25 t/h (40 bara i 450 °C). Njegovim ulaskom u pogon prestao se koristiti kotao BW12. Pojednostavljena tehnološka shema postrojenja nakon navedenih rekonstrukcija prikazana je na slici 1.

Ovako rekonstruirano postrojenje radilo je do izgradnje novog kombi kogeneracijskog postrojenja i podmirivalo svu potrebnu toplinu i djelomično potrebnu električnu energiju na lokaciji. Karakteristike te potrošnje (prosjeak 1995. i 1996.) su sljedeće:

- toplina (preračunato na suhozasićenu paru 9 bara)
 - maksimalna toplinska snaga 16 t/h
 - minimalna toplinska snaga 4.5 t/h
 - godišnja potrošnja topline 51.300 t/godinu
- električna energija
 - maksimalna angažirana električna snaga iz mreže HEP-a 2960 kW
 - minimalno angažirana električna snaga iz mreže HEP-a 1400 kW
 - potrošena električna energija iz mreže HEP-a 8.500.000 kWh/god.
 - vlastita proizvodnja električne energije 300.000 kWh/god.

3. IZBOR OPTIMALNOG RJEŠENJA

U osamdesetim i početkom devedesetih godina, porastom svijesti o nužnom globalnom smanjenju onečišćenja zraka povećanjem efikasnosti proizvodnje, mala kogeneracija se ponovo vraća u energetiku. Novi

¹ Sve vrijednosti za tlakove u ovom članku dane su kao apsolutna vrijednost.

pristup prema kogeneraciji ali i težnja za smanjenjem troškova proizvodnje dala je povoda stručnjacima Plive i EKONERG HOLDINGA da pokrenu ovaj projekt. Cilj projekta bila je nova optimalizacija energetske opskrbe lokacije izgradnjom novog kombi kogeneracijskog postrojenja, koje će povećanjem energetske efikasnosti transformacije energije na lokaciji ostvariti uštede i opravdati ulaganje.

Pri definiranju optimalnog rješenja za svaki projekt pa tako i ovaj, bitan ulazni podatak je budući razvoj energetske potrošnje (konzuma). Zbog važnosti tog podatka, prognozu razvoja toplinskog i elektroenergetskog konzuma, uvažavajući planove ulaska u pogon novih proizvodnih pogona (azitromicin), definirali su zajednički stručnjaci Plive i EKONERG HOLDINGA. Prema konačnim analizama na osnovi nove proizvodnje pogona azitromicin očekuje se povećanje potrošnje pare (svedeno na suho zasićenu paru tlaka 9 bara) u količini od 42.500,0 t godišnje, a električne energije 10.022.000 kWh godišnje.

U svezi ostalih čimbenika, koji su mogli imati utjecaj na razvoj toplinskog konzuma lokacije, kao što su planirani porast proizvodnje u postojećim pogonima i dinamika preseljenja s lokacije Zagreb, primijenjen je konzervativan pristup. To jest, buduće planirane potrebe snage i energije procijenjene su samo na osnovi postojeće potrošnje i planiranog povećanja potrošnje novog pogona azitromicina, a sva ostala

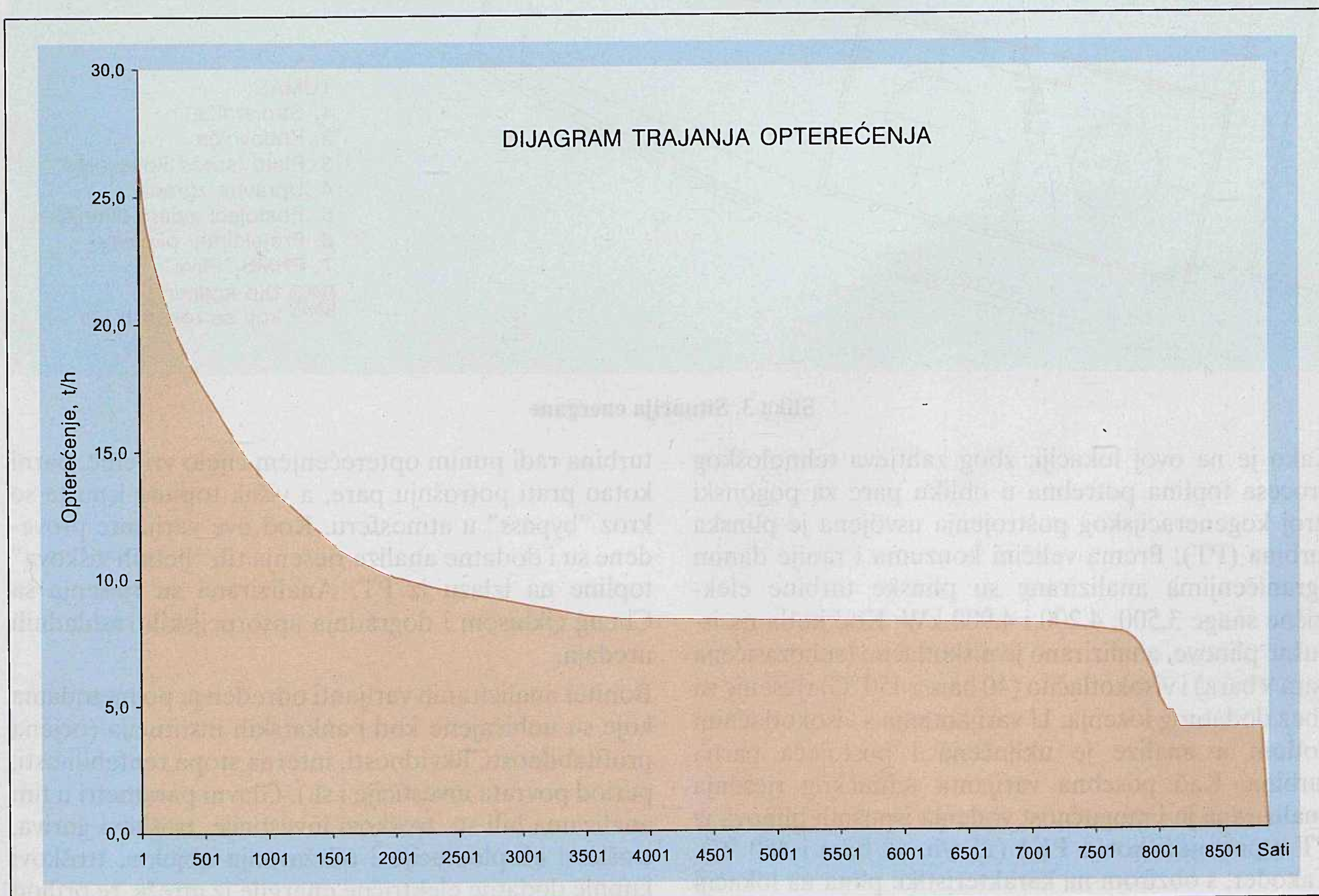
očekivana povećanja potrošnje nisu uzeta u obzir. Ovakav pristup ocijenjen je ispravnim, jer svako veće povećanje energetske konzuma samo će povećati bonitet kombi kogeneracijskog postrojenja. Procijenjene karakteristike budućeg konzuma bile su:

- toplina (suhozasićena para 9 bara)
 - vršno opterećenje (snaga) 26,0 t/h
 - minimalno opterećenje 4,5 t/h
 - ukupna godišnja potrošnja pare 87200 t/god.
- električna energija
 - maksimalna električna snaga 4300 kW
 - minimalna električna snaga 1600 kW
 - potrošnja električne energije 17.300.000 kWh/god.

Te karakteristike konzuma očekuju se nakon stabiliziranja proizvodnje novih pogona oko 2002. godine. Sređeni dijagram trajanja opterećenja toplinskog konzuma prikazan je na slici 2.

Izbor, odnosno definiranje željenog optimalnog rješenja zahtijevao je analizu znatnog broja mogućih varijanti. Pored raspoloživih tehničko-tehnoloških rješenja analizirana su i sva ograničenja u okruženju u koje se novo postrojenje uklapa.

Osnovno ograničenje bilo je definirano odlukom Upravnog odbora HEP-a po kojoj se pod malim termoenergetskim objektima (mTEO), na koje se odluka odnosi, podrazumijevaju termoenergetska postrojenja električne snage do 5 MW. Sljedeće bitno ograničenje,

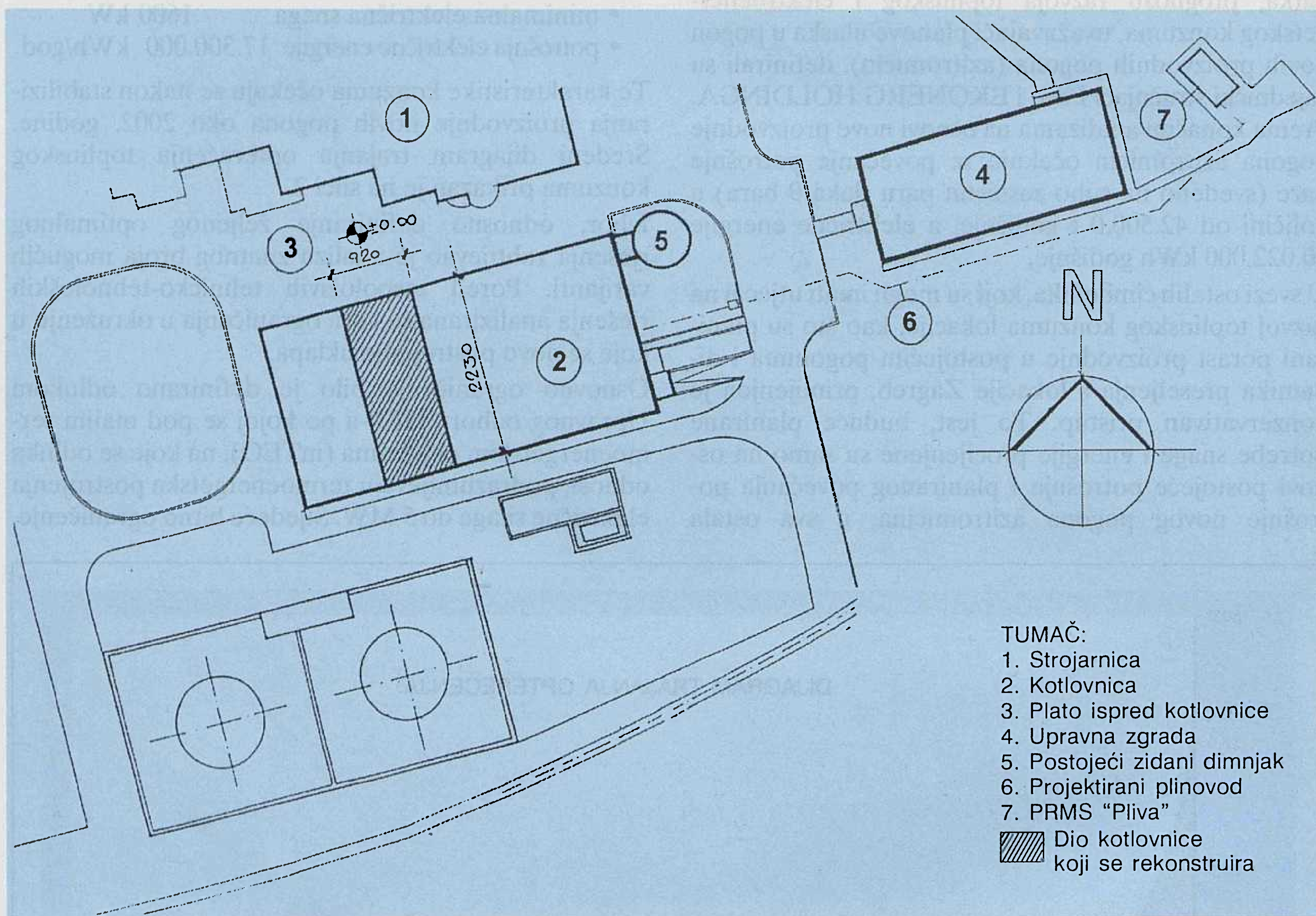


Slika 2.

koje je proizašlo iz osnovnog zahtjeva naručitelja (zaštita stare industrijske arhitekture iz prve polovine 20 stoljeća), bio je raspoloživ prostor za smještaj, a to je prostor u kotlovnici u kojem se nalazio stari, izvan pogona, kotao BW12. Daljnja ograničenja su maksimalna količina pregrijane pare 40 bara i 450 °C na ulazu u postojeću parnu turbinu (električne snage 1,1 MW) u iznosu od 12 t/h, minimalno toplinsko opterećenje, karakteristike prirodnog plina na lokaciji odnosno u Zaprešiću te ostala ograničenja manjeg značenja. Situacija energane prikazana je na slici 3.

novog visokotlačnog plinovoda od ININE mjerno regulacijske stanice u Zaprešiću (MRS Zaprešić) do predajne mjerno regulacijske stanice u krugu lokacije Pliva Savski Marof (PMRS Pliva).

S obzirom na pokrivanje toplinskog dijagrama, analize su rađene u dvije varijante. U prvoj varijanti vodeća veličina bila je potrošnja topline, te ovisno o njoj postrojenje, odnosno plinska turbina prateći potrošnju prema potrebi povećava ili smanjuje opterećenje sve do tehničkog minimuma, a nakon toga izlazi iz pogona (eventualno vikendom ljeti). U drugoj varijanti plinska



Slika 3. Situacija energane

Kako je na ovoj lokaciji, zbog zahtjeva tehnološkog procesa toplina potrebna u obliku pare za pogonski stroj kogeneracijskog postrojenja usvojena je plinska turbina (PT). Prema veličini konzuma i ranije danim ograničenjima analizirane su plinske turbine električne snage 3.500, 4.200 i 4.900 kW. Kod kotla na ispušne plinove, analizirano je niskotlačno (suhozasićena para 9 bara) i visokotlačno (40 bara i 450 °C) rješenje sa i bez dodatnog loženja. U varijantama s visokotlačnim kotlom u analize je uključena i postojeća parna turbina. Kao posebna varijanta tehničkog rješenja analizirana je i mogućnost vođenja ispušnih plinova iz PT u postojeći kotao PK1 (25 t/h, 40 bara i 450 °C). Također, s obzirom na karakteristike plina na lokaciji analizirano je korištenje postojećeg niskotlačnog plinovoda i kompresora za podizanje tlaka, te izgradnja

turbina radi punim opterećenjem cijelo vrijeme, parni kotao prati potrošnju pare, a višak topline ispušta se kroz "bypass" u atmosferu. Kod ove varijante provedene su i dodatne analize rješenja tih "ljetnih viškova" topline na izlazu iz PT. Analizirana su rješenja sa Cheng ciklusom i dogradnja apsorpcijskih rashladnih uređaja.

Bonitet analiziranih varijanti određen je po metodama koje su uobičajene kod bankarskih institucija (ocjena profitabilnosti, likvidnosti, interna stopa rentabilnosti, period povrata investicije i sl.). Glavni parametri u tim analizama bili su: troškovi investicije, troškovi goriva, troškovi eksploatacije i održavanja objekta, troškovi kupnje dodatne električne energije iz mreže, te prihod od prodaje topline (pare) i električne energije. Pritom je usvojeno ovo polazište: "Pogoni Plive - Savski Marof

opskrbljuju se topline i električnom energijom iz ENERGANJE koja se uvjetno smatra posebnim poslovnim sustavom, odnosno profitnim centrom". ENERGANJE dakle, kao poslovni sustav, kupuje prirodni plin i električnu energiju od vanjskih dobavljača (INA-Naftaplin, odnosno Gradska plinara, i Hrvatska elektroprivreda), a Pliva - Savski Marof prodaje tehnološku paru i električnu energiju, te Hrvatskoj elektroprivredi električnu energiju (u razdobljima kada je proizvodnja električne energije u ENERGANJI veća od potrošnje u Plivi).

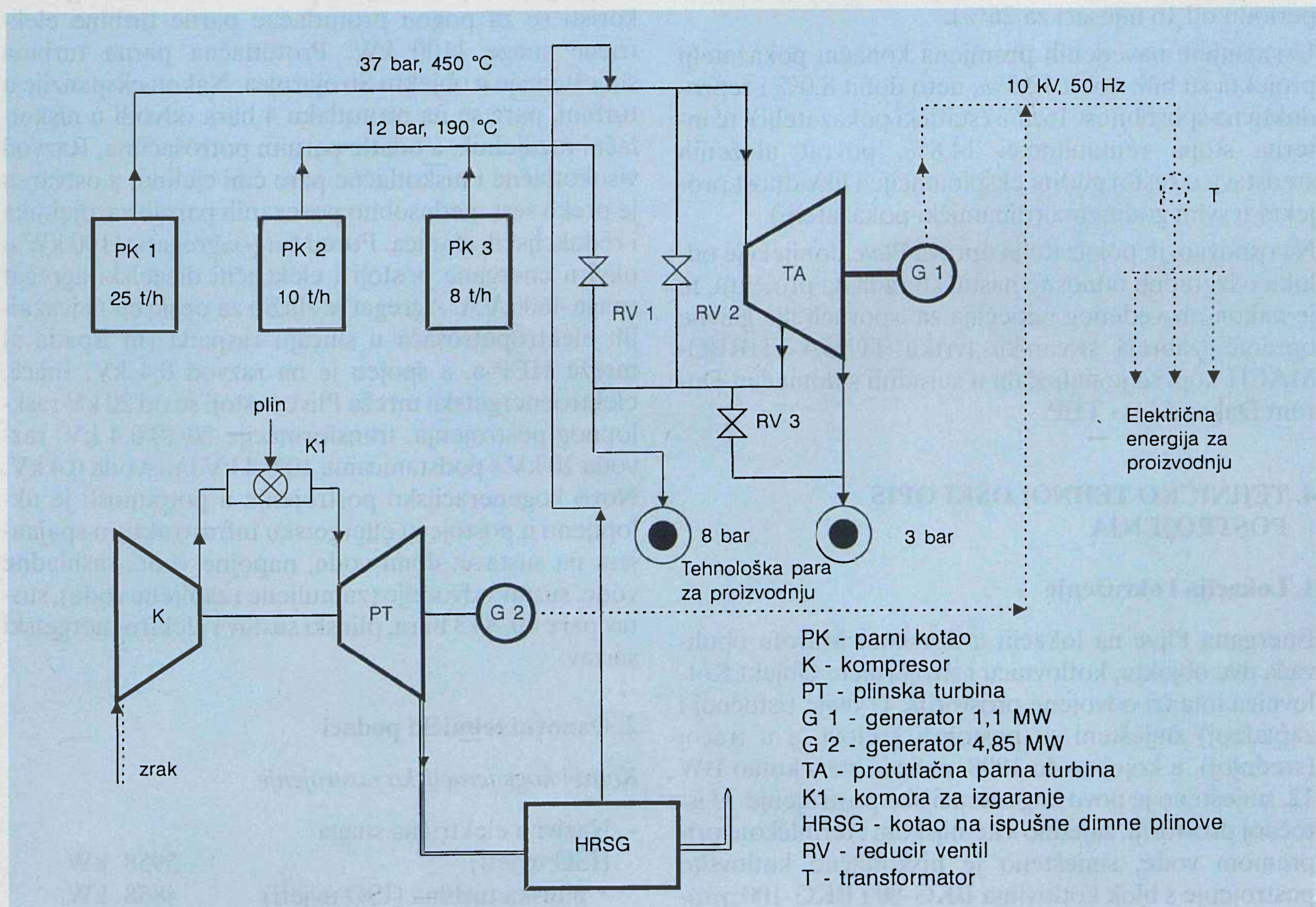
S ciljem što kvalitetnije procjene investicijskih troškova prikupljene su preliminarne ponude od eminentnih proizvođača opreme, odnosno "sastavljača". Ponude su obuhvatile plinske turbine iz programa SOLAR, EGT i ALLISON, te pripadajuće kotlove na ispušne plinove (HRSG). Na osnovi dobivenih ponuda procijenjene su investicije za sve promatrane varijante (ukupno 25 varijanti). Financiranje je pretpostavljeno iz dva inozemna kredita (8,5% i 8,5 godina; 9% i 5 godina). Vlastitim sredstvima investitor financira prethodne radove i svoje troškove. Projektni životni vijek postrojenja procijenjen je na 15 godina, vrijeme izgradnje 12 mjeseci, a dinamika ulaganja 40% u prvih 6 mjeseci i 60% u drugih 6 mjeseci.

Ostali ulazni podaci kojima su provedene analize bili su: troškovi investicijskog i tekućeg održavanja, troškovi osiguranja i ostalih članarina, troškovi radne snage

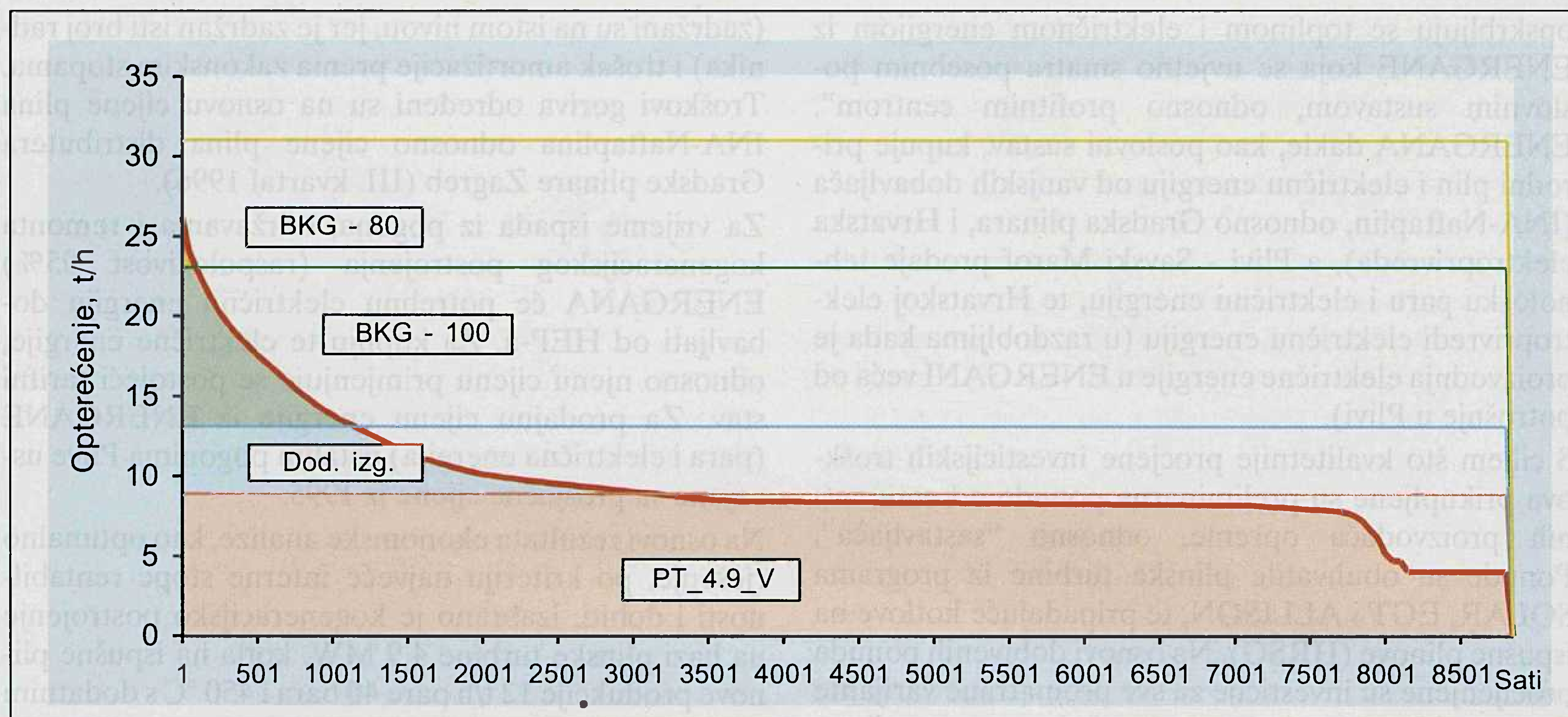
(zadržani su na istom nivou, jer je zadržan isti broj radnika) i trošak amortizacije prema zakonskim stopama. Troškovi goriva određeni su na osnovu cijene plina INA-Naftaplina odnosno cijene plina distributera Gradske plinare Zagreb (III. kvartal 1996).

Za vrijeme ispada iz pogona, održavanja i remonta kogeneracijskog postrojenja (raspoloživost 95%) ENERGANJE će potrebnu električnu energiju dobavljati od HEP-a. Za kupnju te električne energije, odnosno njenu cijenu primjenjuje se postojeći tarifni stav. Za prodajnu cijenu energije iz ENERGANJE (para i električna energija) ostalim pogonima Plive usvojene su prosječne cijene iz 1995.

Na osnovi rezultata ekonomske analize, kao optimalno rješenje, po kriteriju najveće interne stope rentabilnosti i dobiti, izabrano je kogeneracijsko postrojenje na bazi plinske turbine 4,9 MW, kotla na ispušne plinove produkcije 12 t/h pare 40 bara i 450 °C s dodatnim loženjem i korištenjem postojeće parne turbine 1,1 MW. Također, kao znatno povoljnije, pokazalo se rješenje s izgradnjom novog visokotlačnog plinovoda od korištenja postojećeg plinovoda i izgradnje kompresora. Osnovne tehničke karakteristike plinovoda su: dužina 8300 m, promjer NO150 mm i nazivni tlak 25 bar. Kapacitet linija u PMRS Pliva su: linija 25(20)/16 bar 2000 m³/h i linija 25(20)/3 bara 2200 m³/h. Tehnološka shema novog optimalnog rješenja postrojenja prikazana je na slici 4, a dijagram pokrivanja na slici 5.



Slika 4.



Slika 5.

Nakon izbora optimalnog rješenja (studija + idejni projekt) i prihvaćanja od strane Plive, za donošenje odluke o izgradnji EKONERG HOLDING je izradio Glavni projekt i Investicijsku studiju. U Investicijskoj studiji usvojene su sve promjene osnovnih ulaznih podataka koje su nastale u dotadašnjem tijeku razrade projekta, a odnosile su se uglavnom na promjenu ukupnih ulaganja i cijenu plina (cijena plina porasla je u periodu od 16 mjeseci za 26%).

Usvajanjem navedenih promjena konačni pokazatelji projekta su bili: dobit 12,3%, neto dobit 8,0% i reproduktivna sposobnost 16,1% (statički pokazatelji), te interna stopa rentabilnosti 14,8%, povrat uložених sredstava u šestoj godini eksploatacije i likvidnost projekta u svim godinama (dinamički pokazatelji).

Na osnovi ovih pokazatelja uprava Plive donijela je odluku o izgradnji odnosno nastavku rada na projektu, te je nakon provedenog natječaja za isporučitelja glavne opreme izabrala švicarsku tvrtku TUMA-TURBOMACH koja se je natjecala u suradnji s domaćim Đurom Đakovićem - TEP.

4. TEHNIČKO TEHNOLOŠKI OPIS POSTROJENJA

1. Lokacija i okruženje

Energana Plive na lokaciji u Savskom Marofu obuhvaća dva objekta, kotlovnicu i strojarnicu. Objekt Kotlovnica ima tri odvojene prostorije. U dvije (istočnoj i zapadnoj) smješteni su postojeći kotlovi, a u trećoj (srednjoj), u kojoj se do 1998. nalazio stari kotao BW 12, smješteno je novo kogeneracijsko postrojenje. U istočnoj prostoriji, zajedno s kemijskom i termičkom pripremom vode, smješteno je niskotlačno kotlovsko postrojenje s blok kotlovima BKG-80 i BKG-100, proizvođača "TPK" Zagreb. BKG-80 služi za proizvodnju

suhozasićene pare 9 bara, a BKG-100 za proizvodnju suhozasićene pare 13 bara. Maksimalni učini kotlova su 8 t/h, odnosno 10 t/h. Visokotlačno kotlovsko postrojenje s parnim kotlom paketne izvedbe, tip PKB-20/25, proizvođača "TPK" Zagreb, smješteno je u zapadnoj prostoriji kotlovnice. Služi za proizvodnju pare, 40 bara i 450 °C. Maksimalni kapacitet kotla je 25 t/h pregrijane pare. Svježa para iz visokotlačnog kotla koristi se za pogon protutlačne parne turbine električne snage 1100 kW. Protutlačna parna turbina smještena je u objektu Strojarnica. Nakon ekspanzije u turbini, para se na protutlaku 4 bara odvodi u niskotlačni razdjelnik, a odatle parnim potrošačima. Razvod visokotlačne i niskotlačne pare čini cjelinu, a ostvaren je preko šest međusobno povezanih parnih razdjelnika i redukcijских stanica. Pored turboagregata 1100 kW u okviru energane postoji i električni dizelski agregat snage 460 kVA. Agregat je služio za opskrbu najvažnijih elektropotrošača u slučaju raspada (ili ispada s) mreže HEP-a, a spojen je na razvod 0,4 kV. Inače, elektroenergetska mreža Plive sastoji se od 20 kV rasklopnog postrojenja, transformacije 20/10/0.4 kV, razvoda 10 kV s podstanicama 10/0.4 kV i razvoda 0.4 kV. Novo kogeneracijsko postrojenje u potpunosti je uklopljeno u postojeću energetska infrastrukturu spajanjem na sustave: demi vode, napojne vode, rashladne vode, sustav odvodnje (zamuljene i zauljene vode), sustav pare 40, 8 i 3 bara, plinski sustav i elektroenergetski sustav.

2. Osnovni tehnički podaci

Kombi kogeneracijsko postrojenje

- Nazivna električna snaga (ISO uvjeti)	5958 kW
• plinska turbina (ISO uvjeti)	4858 kW
• parna turbina	1100 kW

- Toplinski učin	8,2 t/h
- Toplinski učin s dodatnim loženjem	12,0 t/h
- Toplinski učin kod 45% električne snage plinske turbine	6,5 t/h
- Minimalni toplinski učin (kod 100% električne snage plinske turbine i djelomično otvorene skretne zaklopke prema kotlu)	4,0 t/h
- Parametri svježe pare	
• Tlak	40 bara
• Temperatura	450 °C
- Potrošnja prirodnog plina kod nazivnog opterećenja	16829 kW
- Potrošnja prirodnog plina za dodatno loženje	2750 kW
- Stupanj korisnog djelovanja kod nazivnog opterećenja	71,8 %
- Stupanj korisnog djelovanja s dodatnim loženjem	78,7 %
- Buka na 1 m od opreme	83 dBA
- NO _x (u suhim dimnim plinovima i 15% O ₂)	47 mg/Nm ³

Plinovod s PMRS

- Nazivni tlak	25 (20) bara
- Kapacitet plinovoda	7000 m ³ /h
- Nazivni promjer	150 mm
- Dužina	8300 m
- Kapacitet regulacijskih linija	
• 25 (20) / 16	2200 m ³ /h
• 25 (20) / 3	2000 m ³ /h

3. Arhitektonsko građevinski dio

Starost objekta kotlovnice, u čiji središnji dio se smjestilo novo kogeneracijsko postrojenje, je oko 80 godina. Taj dio adaptiran je i rekonstruiran već jednom početkom 60-tih pri ugradnji starog kotla BW12. Nova je oprema postavila nove uvjete za prilagođivanje navedene rekonstruirane konstrukcije novim tehnološkim potrebama. Tako je na sjevernom zidu za unošenje i servisiranje TG SET-a izveden otvor 460x400 cm, a za potrebe zraka za izgaranje i ventilacije dva otvora dimenzija 300x160 i 350x160 cm. Pored toga, zbog nove opreme izvedena su određena rušenja armirano-betonske konstrukcije, a na krovu objekta izveden je za dimnjak i "bubanj" kotla otvor dimenzija 400x365 cm.

Radi temeljenja opreme izvršena je zamjena materijala i nabijanje tla (razbijanje postojećih temelja i temeljne ploče na koti -1,2 m, te iskop do kote -2,60). Na pripremljenu podlogu izvedena je temeljna ploča za TG set, te temeljni blokovi nosive čelične konstrukcije kotla i čelične konstrukcije mimovoda i skretne zaklopke. Za ostalu opremu (crpke, kompresor, spremnik, prigušivač buke i dr.) izvedeni su armirano-betonski temelji samci.

Nosiva čelična konstrukcija kotla, te konstrukcija platformi za opsluživanje opreme kao i pristupna stubišta izvedena su od standardnih, valjanih profila sa stupovima sidrenim u temelje i postojeće armirano-betonske grede i ploče.

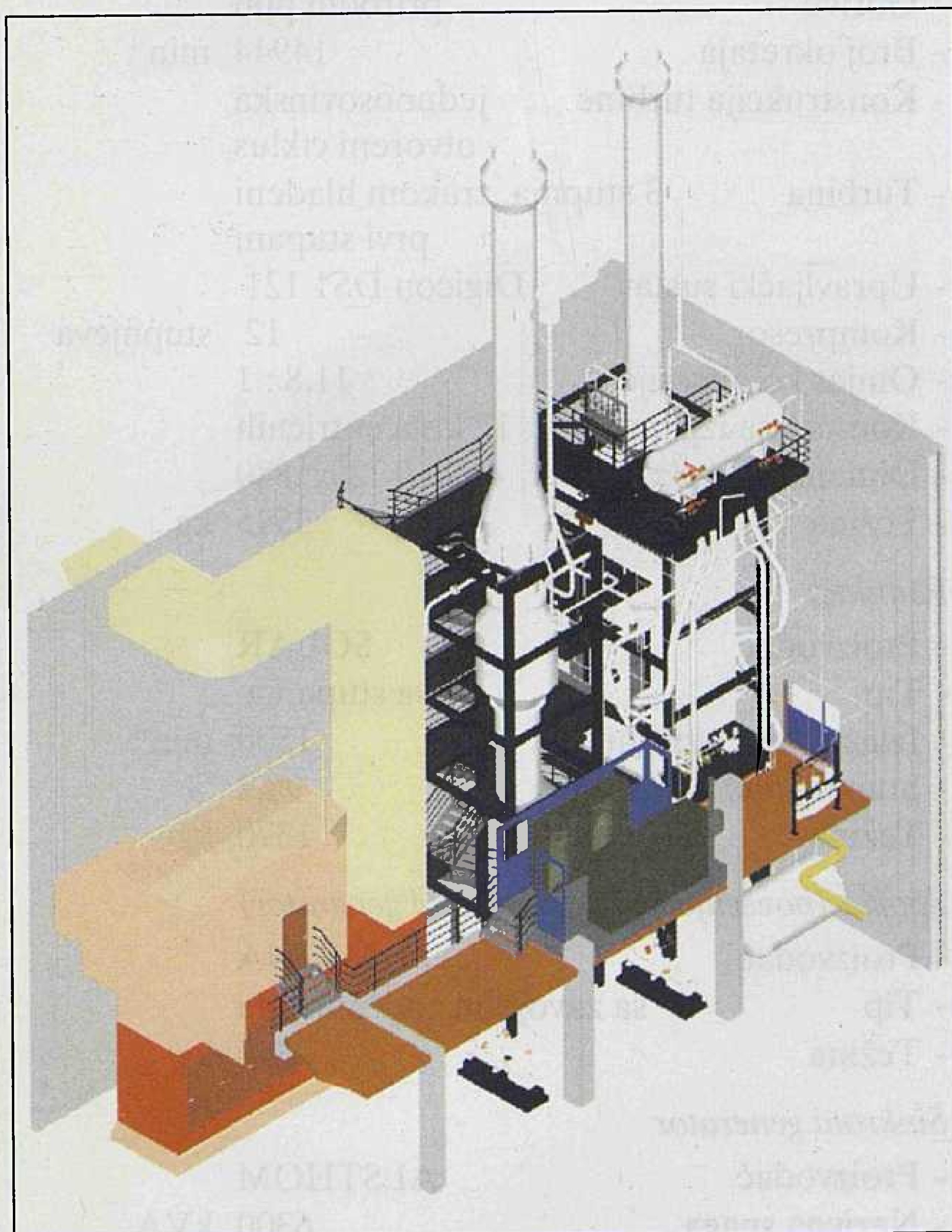
Unatoč namjeni objekta (industrijsko postrojenje) vizualni dojam interijera oplemenjen je kombinacijom oblika, boja i svjetla, a kako je predmetna zgrada uspješni primjer industrijske arhitekture tridesetih godina za uređenje pročelja (fasade) napravljen je posebni projekt.

4. Tehnološki opis postrojenja

Kogeneracijsko postrojenje na lokaciji Pliva Savski Marof dijeli se na sljedeće glavne dijelove:

- Plinskoturbinsko postrojenje (TG-set)
- Kota na ispušne plinove (HRSG)
- Postojeće parnoturbinsko postrojenje
- Elektroenergetsko postrojenje
- Sustav vođenja, nadzora i vizualizacije
- Pomoćna postrojenja
 - Sustav dobave plina
 - Sustav demi vode
 - Sustav napojne vode
 - Sustav rashladne vode
 - Sustav odvodnje

Prostorna dispozicija postrojenja prikazana je na slici 6.



Slika 6. Prostorna dispozicija postrojenja

Plinskoturbinsko postrojenje

Plinsko turbogeneratorsko postrojenje osnovna je komponenta novog kogeneracijskog postrojenja. Čini ga plinskoturbinski agregat Taurus 60 S, proizvođača Solar iz SAD, a njime su obuhvaćeni sljedeći sklopovi - pogonski stroj (plinska turbina Taurus 60 S), reduktor, spojka, generator, pomoćni sustavi plinske turbine (sustav za dovod goriva, sustav ulja za podmazivanje, elektro-hidraulički sustav za pokretanje), sustav za dovod i filtriranje zraka za izgaranje i zraka za provjetravanje kontejnera, elektroenergetska instalacija turbogeneratorskog kontejnera, napojno-upravljački ormari (turbinski ormar, generatorski ormar, ormar napajanja istosmjernom strujom, ormar napajanja izmjeničnom strujom, ploča vatrodojave), te kabelski razvod između napojno-upravljačkih ormara i kontejnera s trošilima i ostalih trošila koja pripadaju turbogeneratorskom postrojenju (ventilatori i sl.). Sastavni dio postrojenja je i kompresor instrumentarnog zraka s pripadajućim razvodom, te stabilni sustav protupožarne zaštite na bazi CO₂ (boce s CO₂ i pripadajući razvod do kontejnera). Osnovni tehnički podaci postrojenja su:

Plinska turbina

- Proizvođač	SOLAR
- Model	TAURUS 60 S
- Nazivna snaga	5226 kW
- Gorivo	prirodni plin
- Broj okretaja	14944 min ⁻¹
- Konstrukcija turbine	jednoosovinska - otvoreni ciklus
- Turbina	3 stupnja, zrakom hlađeni prvi stupanj
- Upravljački sustav	Digicon DS1 121
- Kompresor	12 stupnjeva
- Omjer kompresije	11,8 : 1
- Komora za izgaranje	12 koncentričnih
- Dimenzije DxŠxV	4650x1720x1880
- Težina	3545 kg

Reduktor

- Proizvođač	SOLAR
- Tip	dva stupnja
- Izlazni broj okretaja	1500 min ⁻¹
- Stupanj djelovanja	98,2 %
- Težina	1370 kg

Spojka (povezuje izlaz reduktora i generator)

- Proizvođač	MAINA
- Tip	sa zavojnim zupčanicima
- Težina	340 kg

Sinkroni generator

- Proizvođač	ALSTHOM
- Nazivna snaga	6300 kVA
- Nazivni napon	10±0,5% kV
- Frekvencija	50 Hz

- Broj okretaja	1500 min ⁻¹
- Uzbuda	beskontaktna
- Stupanj djelovanja (100% snage)	
- Uz cosφ 0,8	97,02 %
- Uz cosφ 1,0	97,82 %
- Dimenzije DxŠxV	3380x1690x1985 mm
- Težina	12000 kg

Elektro-hidraulički sustav za pokretanje

- Proizvođač	SIEMENS, MARELLI
- Snaga	90 kW
- Napon	3 faze – 400 V
- Broj okretaja	3000 min ⁻¹

Sustav ulja za podmazivanje

- Čelični spremnik ulja	1000 litara
- Voda/voda hladnjak ulja	200 kW
- Glavna uljna pumpa (direktan pogon)	
- Pomoćna uljna pumpa (24 V istosmjernog napona)	1 kW
- Dupleks uljni filter	20 mikrona

Ukupna težina TG-seta**40 t***Kotlovsko postrojenje*

Kotao je jednotlačne izvedbe s prirodnom cirkulacijom i visoko postavljenim bubnjem oslonjenim na konstrukciju. Ogrjevne površine kotla čine dva stupnja pregrijača, isparivač i zagrijač napojne vode. Predgrijači demi vode kao dodatne ogrjevne površine dio su zasebnog sustava pripreme vode i ugrađene su radi dodatnog iskorištavanja topline ispušnih plinova. Kotao je opremljen za rad i upravljanje s lica mjesta, ali je omogućen nadzor iz centralne komande u objektu strojarnice. Demi voda se dobavlja iz postojećeg postrojenja kemijske pripreme i preko navedenih predgrijača zagrijava na 70°C do 90 °C. Radi sprječavanja toplinskih šokova predgrijača demi vode zbog niske ulazne temperature demi vode od oko 15°C, ugrađene su cirkulacijske pumpe koje vraćaju dio demi vode s izlaza iz predgrijača s ciljem održavanja konstantne temperature na ulazu demi vode u predgrijač od oko 50°C. Kao napojni spremnik novo kotlovsko postrojenje koristi postojeći napojni spremnik kotla PK1.

Nosiva čelična konstrukcija kotla ujedno je i nosiva konstrukcija glavnog dimnjaka. Mimovodni dimnjak ima zasebnu nosivu čeličnu konstrukciju. Visina oba dimnjaka je 25 m. Konstrukcija kotla prilagođena je iskorištavanju osjetne topline ispušnih plinova iz plinske turbine s mogućnošću dodatnog loženja prirodnim plinom pomoću kanalnih gorača. Usmeravanje ispušnih plinova iz turbine prema kotlu provodi se specijalnom usmjernom zaklopkom, tako da je uvijek otvoren jedan od putova za izlaz ispušnih plinova u atmosferu (u kotao ili u mimovodni dimnjak). Usmjerna zaklopka ujedno je i regulacijska, te služi i za regulaciju produkcije kotla pri teretima manjim od nazivnog (8,2 t/h).

Ogrjevnne površine smještene su unutar limene oplata koja oblikuje dimni kanal. Zbog visoke temperature dimnog plina na ulazu u kotao (490°C bez dodatnog loženja i 600°C sa dodatnim loženjem) postavljena je unutrašnja izolacija koja je u najtoplijim dijelovima kotla debela 200 mm, dok na kraju kotla nema unutarnje izolacije. Ovime je temperatura oplata konstantna i iznosi 250°C, osim u izlaznim dijelovima kotla gdje je temperatura niža, zbog niske temperature dimnog plina. Unutarnja izolacija sastoji se iz visokotemperaturnog otpornog triset betona na bazi silicijevih i aluminijskih oksida, specijalnih keramičkih vlakana u jastucima i premaza otpornog na visoku temperaturu, na bazi aluminijevog oksida.

Radi sprječavanja širenja buke u dimnim kanalima smješteni su specijalni prigušivači buke. Prvi prigušivač buke postavljen je odmah na ispuhu dimnog plina iz plinske turbine, dok je drugi postavljen u mimovodnom kanalu prije ulaska dimnog plina u mimovodni dimnjak.

Osnovni tehnički podaci kotlovskog postrojenja su:

Zagrijač demi vode I	orebrene cijevi $\phi 33,7 \times 3,2$; max. radni tlak 18 bara; ogrjevnna površina 192 m ² ;
Zagrijač demi vode II	orebrene cijevi $\phi 33,7 \times 3,2$; max. radni tlak 18 bara; ogrjevnna površina 124 m ²
Zagrijač vode	orebrene cijevi $\phi 38 \times 3,2$; max. radni tlak 60 bara; ogrjevnna površina 774 m ²
Isparivač kotla	orebrene cijevi $\phi 38 \times 3,2$; max. radni tlak 49 bara; ogrjevnna površina 1574 m ²
Pregrijač pare I	orebrene cijevi $\phi 38 \times 3,6$; max. radni tlak 47 bara; ogrjevnna površina 166 m ²
Pregrijač pare II	orebrene cijevi $\phi 38 \times 3,6$; max. radni tlak 47 bara; ogrjevnna površina 180 m ²
Bubanj kotla	promjer 1300 mm; debljina stijenke 35 mm; Dužina 4430 mm; zapremina 4,71 m ³ ; Maksimalni dozvoljeni nadtlak 49 bara; maksimalna radna temperatura 258 °C.
Napojne pumpe	2 komada; protok 15,1 m ³ /h; visina dizanja 545,2 m; NPSH 1,89 m; temperatura 105 °C.
Cirkulacijske pumpe	2 komada; protok 31,0 m ³ /h; visina dizanja 51,5 m; NPSH 4,0 m; temperatura 100 °C.

Idejna shema kotlovskog postrojenja prikazana je na slici 7.

Postojeće parnoturbinsko postrojenje

Postojeće parnoturbinsko postrojenje smješteno je u objektu Strojarnica. Sastoji se od protutlačno-oduzimne turbine i električnog turbogeneratorsa. Proizvođač turbine je Bloom-Voss. Turbina ima regulirano oduzimanje na 9 bara i radi na protutlaku od 3 bara. Maksimalna količina pare (38 bara i 450 °C) na ulazu je 12 t/h. Snaga turbine je oko 1100 kW. Sinkroni generator je snage 1,45 MVA na naponu 10 kV, a proizveo ga je ELIN iz Austrije.

Elektroenergetsko postrojenje

Novo kogeneracijsko postrojenje na lokaciji PLIVA, Savski Marof uklopljeno je u postojeći energetski sustav zadržavajući u funkciji sve ostale dijelove energetskog sustava. To je omogućeno jer se pri koncipiranju uzelo u obzir:

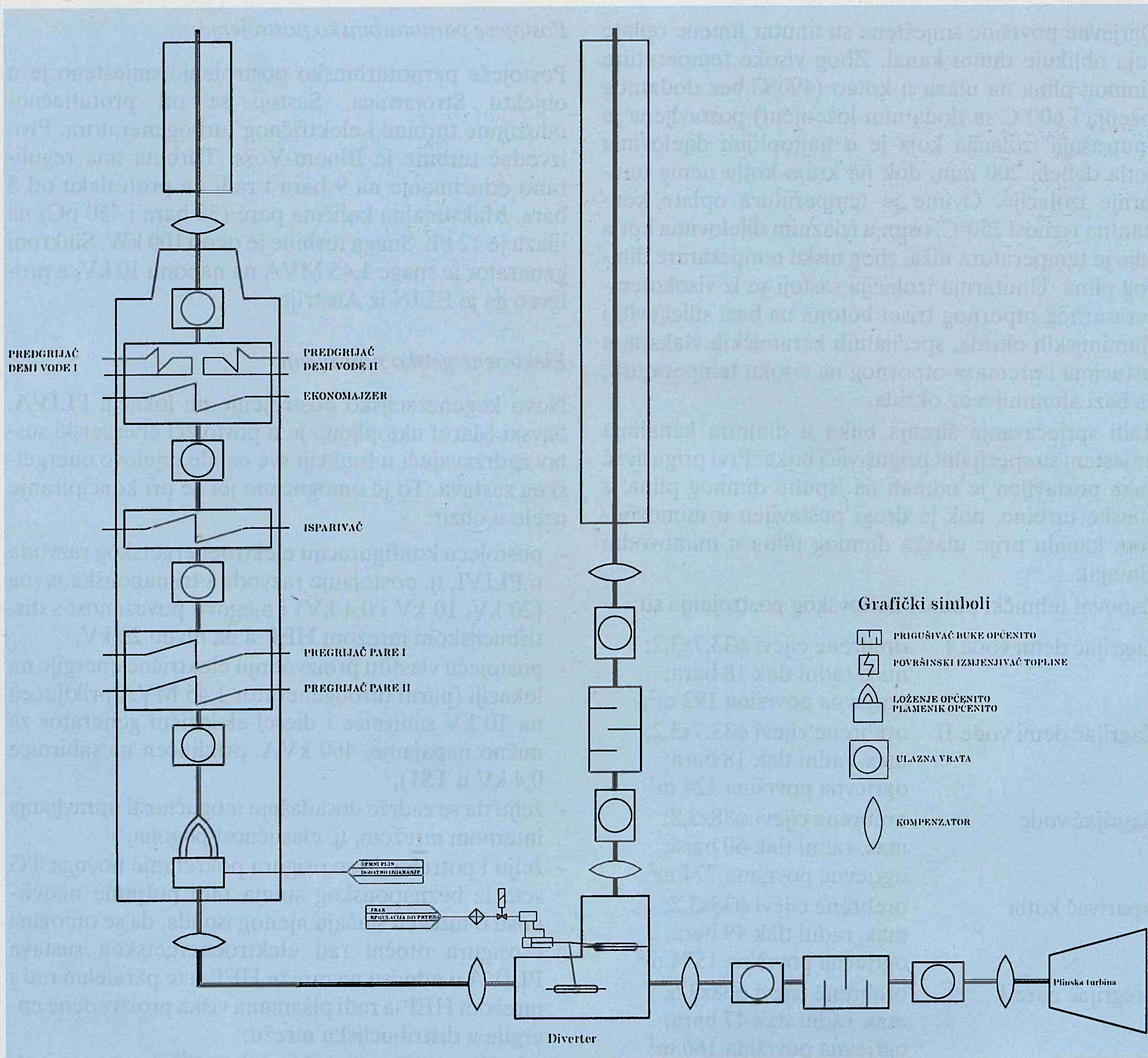
- postojeću konfiguraciju elektroenergetskog razvoda u PLIVI, tj. postojanje razvoda s tri naponska nivoa (20 kV, 10 kV i 0,4 kV) i njegovu povezanost s distribucijskom mrežom HEP-a na nivou 20 kV;
- postojeću vlastitu proizvodnju električne energije na lokaciji (parni turbogenerator 1,45 MVA priključen na 10 kV sabirnice i diesel-električni generator za nužno napajanje, 460 kVA, priključen na sabirnice 0,4 kV u TS1);
- želju da se zadrže dosadašnje mogućnosti upravljanja internom mrežom, tj. elastičnost pogona;
- želju i potrebu da se osigura pokretanje novoga TG seta iz beznaponskog stanja radi potpune neovisnosti o mreži u slučaju njenog ispada, da se omogući i osigura otočni rad elektroenergetskog sustava PLIVA u odnosu na mrežu HEP-a te paralelan rad s mrežom HEP-a radi plasmana viška proizvedene energije u distribucijsku mrežu;
- tehničke uvjete za priključak malih termoenergetskih objekata (mTEO) na mrežu HEP-a.

Novo turbogeneratorsko postrojenje, priključeno je na elektroenergetski sustav PLIVA preko sabirnice 10 kV u postojećoj transformatorskoj stanici TS1. Ova je stanica središnja distribucijska točka za napajanje ostalih transformatorskih stanica 10/0,4 kV razmještenih po pogonima (centrima potrošnje) na lokaciji Savski Marof.

Mjesto priključka omogućuje dovodenje proizvedene energije u središte potrošnje te transformaciju na 20 kV odakle se napaja postrojenje Azitromicin i razmjenjuje električna energija s distribucijskom mrežom HEP-a.

Vlastita potrošnja kogeneracijskog postrojenja napaja se iz TS1, sa sabirnice 0,4 kV na koje je priključen i diesel-električni agregat, a time je osigurano i pokretanje TG seta iz beznaponskog stanja.

Ugradnja novoga TG seta unosi promjene u dosadašnji način paralelnog rada internog elektroenergetskog postrojenja PLIVA s distribucijskom mrežom. Vlastita proizvodnja električne energije u PLIVI do sada je



Slika 7. Idejna shema kotlovskog postrojenja

samo djelomično pokrivala potrošnju na lokaciji, a razlika se dobavljala iz mreže HEP-a. Nakon ugradnje novoga TG seta proizvodni kapaciteti povećani su iznad sadašnje potrošnje te se višak energije može isporučivati mreži u skladu s ugovorom PLIVA-HEP.

Mjesto priključka mreže PLIVA na mrežu HEP-a, istodobno je i primopredajno mjerno mjesto za razmjenu energije s mrežom. Opremljeno je s dva prekidača. Odvojni prekidač u rasklopnom postrojenju 20 kV PLIVA omogućuje međusobnu automatsku sinkronizaciju i spajanje mreža 20 kV PLIVA/20 kV HEP (sinkronizacija i spajanje omogućuje se naredbom iz sinkronizacijskog uređaja novoga TG seta) te odvajanje tih mreža u slučaju djelovanja zaštite (automatski) ili namjerno (ručno), a odvojni prekidač u rasklopnom postrojenju 20 kV HEP omogućuje odvajanje HEP-a od PLIVE u slučaju poremećaja u mreži, utiskivanja eventualnih smetnji iz PLIVE u mrežu HEP-a ili radi zahvata održavanja.

Osnovni elementi elektroenergetskog dijela novog kogeneracijskog postrojenja su:

- sinkroni generator snage 6300 kVA, 10 kV $\pm 5\%$, 1500 min⁻¹, 50 Hz, $\cos\phi$ 0,8, s beskontaktnom (rotirajućom) uzbudom, smješten u zajedničkom kontejneru s plinskom turbinom i pomoćnim uređajima;
- ormar generatorskog prekidača s vakuumskim prekidačem VD4 1206-16, 630 A, 40 kA (ABB) te s brojilima;
- upravljački ormar generatora s automatskim regulatorom napona, uređajem za automatsku sinkronizaciju, zaštitnim relejima i dr.
- ormari izmjeničnog (380/220 V) i istosmjernog napona (24 V) za napajanje trošila u kontejneru TG seta;
- priključno polje novoga TG seta u rasklopnom postrojenju 10 kV (TS1) opremljeno vakuumskim prekidačem i rastavljačima;

- ormar odvojnih releja za povezivanje i razmjenu signala između TG seta, 10 kV i 20 kV rasklopnih postrojenja te komandne i relejne ploče u postojećoj energani PLIVA.

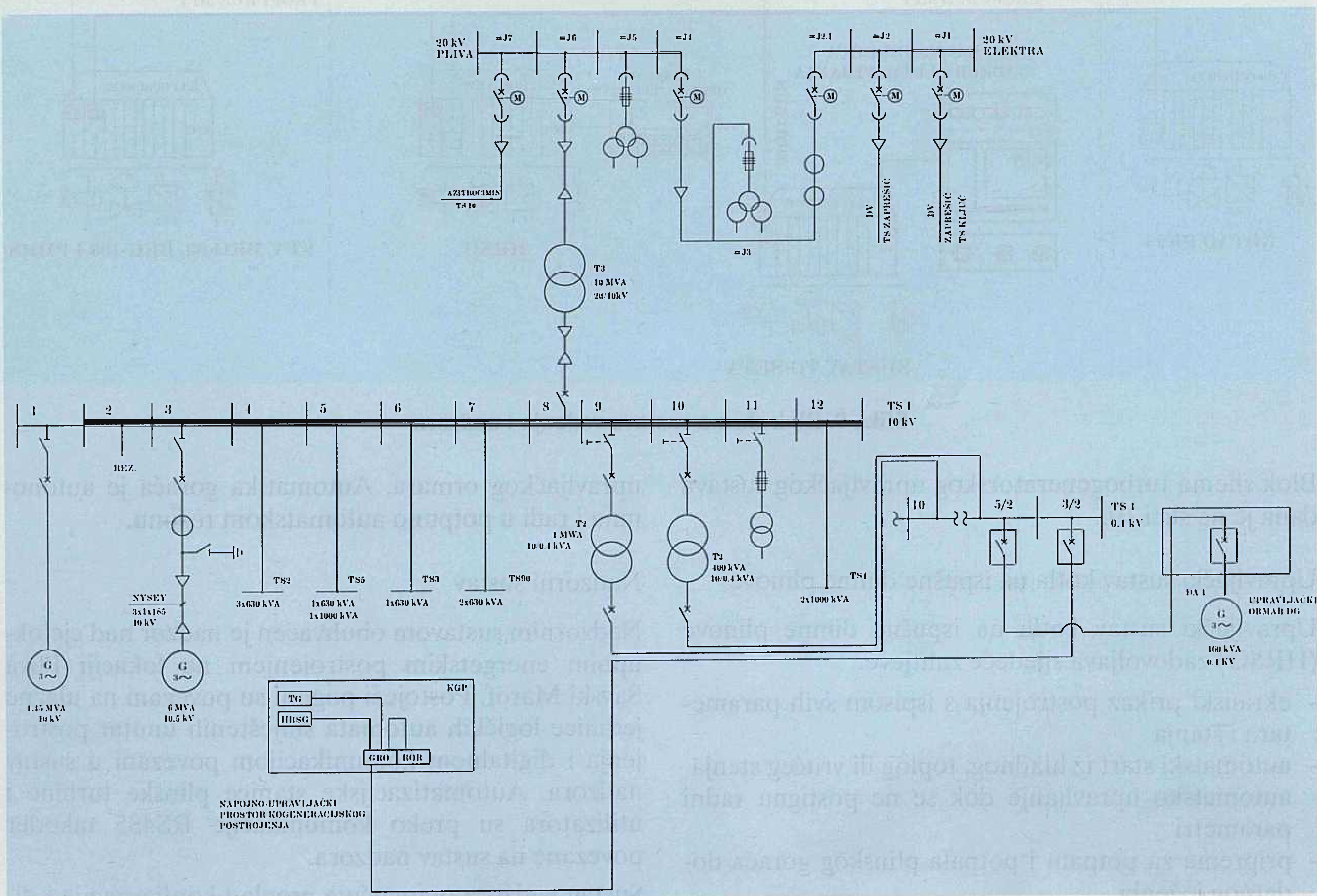
Sustavom signalizacije omogućene su sve blokade, naredbe, dojave i alarmi potrebni za ispravno funkcioniranje novoga TG seta, u skladu se tehničkim potrebama i zahtjevima za paralelan rad s mrežom HEP-a, u postojećem okruženju.

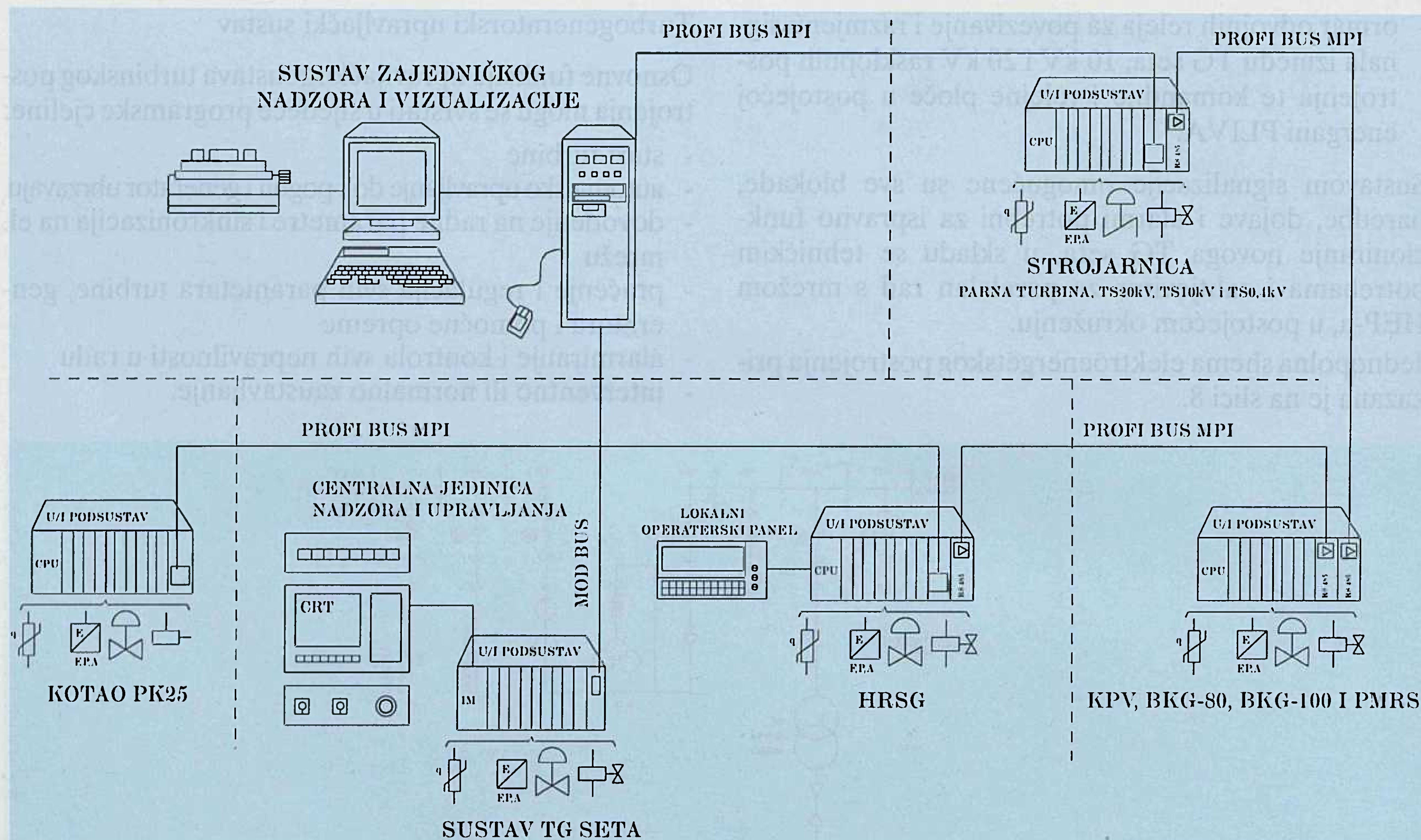
Jednopolna shema elektroenergetskog postrojenja prikazana je na slici 8.

Turbogeneratorski upravljački sustav

Osnovne funkcije upravljačkog sustava turbinskog postrojenja mogu se svrstati u sljedeće programske cjeline:

- start turbine
- automatsko upravljanje dok pogon i generator ubrzavaju
- dovođenje na radne parametre i sinkronizacija na el. mrežu
- praćenje i regulacija svih parametara turbine, generatora i pomoćne opreme
- alarmiranje i kontrola svih nepravilnosti u radu
- interventno ili normalno zaustavljanje.





Slika 9. Blok shema sustava vođenja i nadzora

Blok shema turbogeneratorskog upravljačkog sustava dana je na slici 10.

Upravljački sustav kotla na ispušne dimne plinove

Upravljački sustav kotla na ispušne dimne plinove (HRSG) zadovoljava sljedeće zahtjeve.

- ekranski prikaz postrojenja s ispisom svih parametara i stanja
- automatski start iz hladnog, toplog ili vrućeg stanja
- automatsko upravljanje dok se ne postignu radni parametri
- priprema za potpalu i potpala plinskog goruća dodatnog loženja
- automatska regulacija HRSG s i bez dodatnog loženja
- ručna ili automatska regulacija svih zatvorenih petlji
- alarmiranje i kontrola svih nepravilnosti u radu
- interventno ili normalno zaustavljanje.

Za ostvarenje tih funkcija ugrađena je sljedeća oprema:

- operatorsko sučelje koje se sastoji od semigrafičkog panela MKDC-VGA-T sa funkcijskom tipkovnicom
- centralnog procesora Siemens sa 72 Kbite RAM memorijom matematičkim koprocesorom i opremom
- digitalne i analogne opreme za prikupljanje podataka
- mjerna i upravljačka oprema na utilizatorskom postrojenju.

Gorač za dodatno loženje ima svoj upravljački ormar smješten u postrojenju. Upravljanje radom goruća moguće je preko HRSG upravljačkog sustava ili sa

upravljačkog ormara. Automatika goruća je autonomna i radi u potpuno automatskom režimu.

Nadzorni sustav

Nadzornim sustavom obuhvaćen je nadzor nad cjelokupnim energetske postrojenjem na lokaciji Pliva Savski Marof. Postojeći pogoni su povezani na ulazne jedinice logičkih automata smještenih unutar postrojenja i digitalnom komunikacijom povezani u sustav nadzora. Automatizacijske stanice plinske turbine i utilizatora su preko komunikacije RS485 također povezane na sustav nadzora.

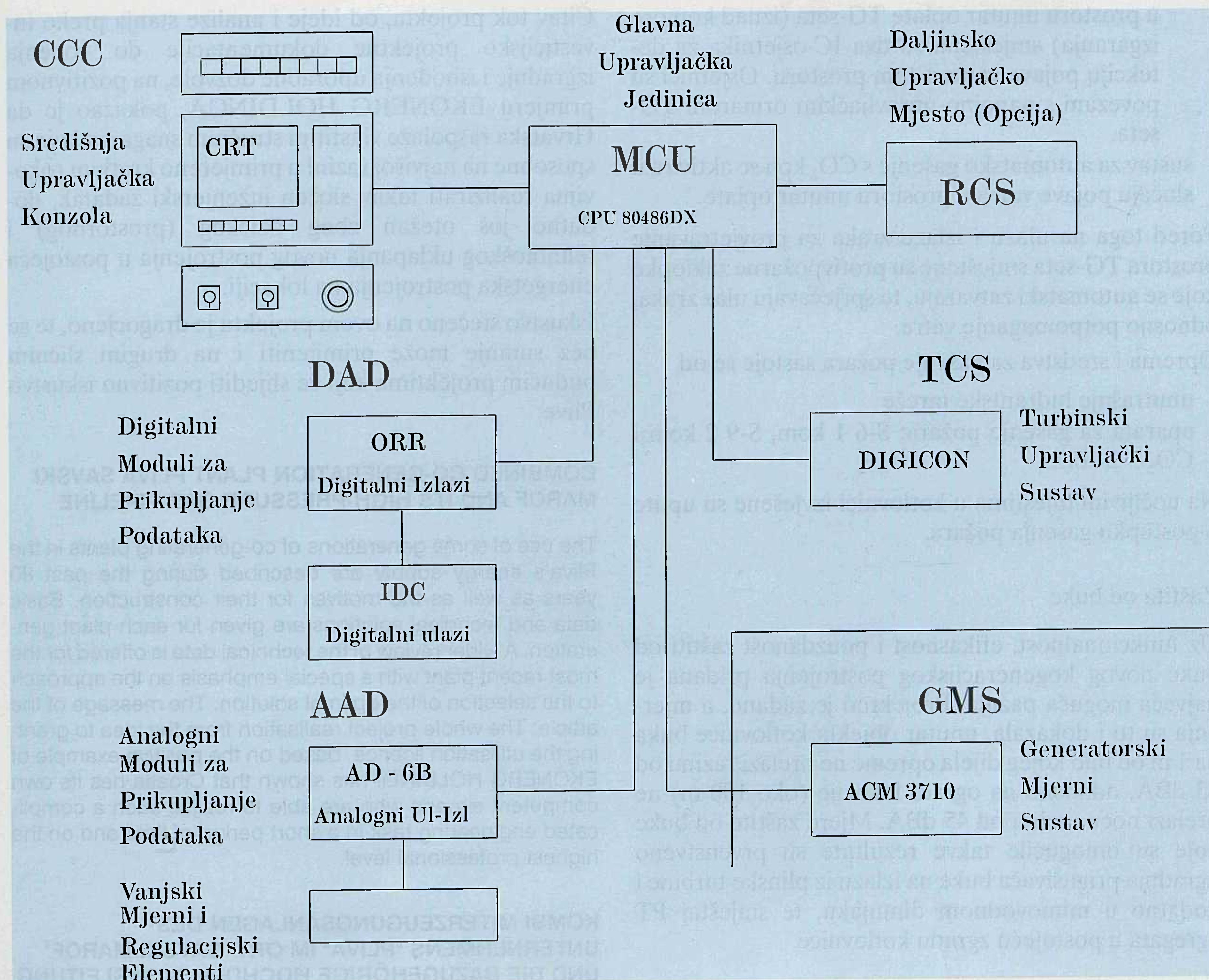
Sustav nadzora omogućuje pregled konfiguracije i dijagnostike postrojenja, praćenje stanja i alarma, razne ispise, kao što su liste alarma vremenske dijagrame svih relevantnih parametara ili bilanciranje.

Sustav je baziran na programabilnim logičkim automatima SIMATIC S7 smještenim u neposrednoj blizini postrojenja i Pentium 233 MHz MMX PCI/ISA s opremom kao centralnim procesnim računalom i konfiguracijom nadzornog softvera koji dopušta priključak neograničenog broja signala. Ispis stanja i protokola provodi se na INK JET A3 EPSON printeru u boji.

Sustavi zaštite

Sustavi zaštite primijenjeni na novom kogeneracijskom postrojenju su:

- protueksplozijska zaštita
- zaštita od požara
- zaštita od buke.



Slika 10. Blok shema turbogeneratorskog upravljačkog sustava

Protueksplozijska zaštita

Protueksplozijska zaštita temelji se na definiranim zonama opasnosti, a sastoji se od primarnih i sekundarnih mjera zaštite. Primarne mjere definirane su još u toku projektiranja i odnose se na tehnološki proces, raspored opreme i uvjete pogona. Sekundarne mjere odnose se na primjenu Ex-instalacija i Ex-opreme u definiranim zonama opasnosti.

Pri protueksplozijskoj zaštiti kotlovnice primijenjena je prirodna ventilacija. Zahvaljujući preko 5 izmjena zraka u samoj kotlovnici nema Ex-zona. Ex-zona je samo unutrašnjost paketa plinske turbine klasificirana kao zona 2.

Zaštita od požara

Tijekom rada kogeneracijskog postrojenja opasnost od požara može nastati:

- statičkim elektricitetom i udarom groma
- propuštanjem dijelova plinske instalacije
- havarijama na plinskoj armaturi
- uporabom neodgovarajućeg alata
- izvođenjem radova u zoni ugroženosti od požara

- nepropisnim održavanjem
- nepropisnim ponašanjem zaposlenika.

Sustav zaštite od požara čine vatrogasni pristupi i evakuacijski putovi, tehničke i organizacijske mjere zaštite od požara, te oprema i sredstva za gašenje požara.

Vatrogasni pristup osiguran je internim prometnicama s kojih je moguće provesti uspješnu akciju gašenja požara u energiji.

U tehničke i organizacijske mjere zaštite od požara spadaju:

- tehnološki sigurnosni elementi (tehnička rješenja pri projektiranju) i odnose se na
 - stalno prirodno provjetravanje
 - ispušni vodovi sigurnosnih odušnih ventila plina izvedeni su izvan objekta
 - zaštita od atmosferskog pražnjenja izvedena je gromobranskom instalacijom
- sustav za dojavu požara
 - u prostoru kogeneracijskog postrojenja riješen je ručnim javljačima požara povezanim u postojeći vatrodjavni sustav

u prostoru unutar oplata TG-seta (iznad komore izgaranja) smještene su dva IC-osjetnika za detekciju pojave vatre u tom prostoru. Osjetnici su povezani s napojno-upravljačkim ormarom TG-seta.

- sustav za automatsko gašenje s CO₂ koji se aktivira u slučaju pojave vatre u prostoru unutar oplata.

Pored toga na ulazu i izlazu zraka za provjetravanje prostora TG-seta smještene su protivpožarne zaklopke koje se automatski zatvaraju, te sprječavaju ulaz zraka, odnosno potpomaganje vatre.

Oprema i sredstva za gašenje požara sastoje se od

- unutrašnje hidrantske mreže
- aparata za gašenje požara: S-6 1 kom, S-9 2 kom i CO₂-5 2 kom.

Na uočljivim mjestima u kotlovnici izvještene su upute o postupku gašenja požara.

Zaštita od buke

Uz funkcionalnost, efikasnost i pouzdanost zaštiti od buke novog kogeneracijskog postrojenja pridana je najveća moguća pažnja. Projektom je zadano, a mjerenja su to i dokazala, unutar objekta kotlovnice buka na 1 m od bilo kojeg dijela opreme ne prelazi razinu od 83 dBA, odnosno na ogradi lokacije (oko 100 m) ne prelazi noću razinu od 45 dBA. Mjere zaštite od buke koje su omogućile takve rezultate su prvenstveno ugradnja prigušivača buke na izlazu iz plinske turbine i dodatno u mimovodnom dimnjaku, te smještaj PT agregata u postojeću zgradu kotlovnice.

Zaštita okoliša

Novo kogeneracijsko postrojenje na lokaciji Pliva Savski Marof udovoljava svim zakonima i propisima u pogledu zaštite okoliša. Izmjerena vrijednost emisije NO_x 47 mg/m³ daleko je ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti koja za tu snagu plinske turbine iznosi 100 mg/m³, a emisija CO iznosi 11 mg/m³.

5. ZAKLJUČAK

Načelno opredjeljenje iskazano u dokumentima vlade i pojedinim njenim ministarstvima oko potrebe povećanja učinkovitosti energetske transformacije, koji su naročito naglašeni u projektima PROHES i Nacionalni energetski programi, pretočeno je u realnost završetkom izgradnje ovog projekta. Kombi kogeneracijsko postrojenje u Plivi prvo je takvo postrojenje izgrađeno u Hrvatskoj. Postrojenje je izvedeno s projektiranim parametrima, u okviru planiranih troškova, te planiranih rokova izgradnje. Primopredajnim ispitivanjima i mjerenjima provedenim nakon konačnog podcšavanja postrojenja, utvrđeno je da su garantirane veličine toplinske i električne snage čak i nadmašene u korist naručitelja.

Čitav tok projekta, od ideje i analize stanja preko investicijske projektne dokumentacije do vođenja izgradnje i ishođenja uporabne dozvole, na pozitivnom primjeru EKONERG HOLDINGA, pokazao je da Hrvatska raspolaže vlastitim stručnim snagama koje su sposobne na najvišoj razini u primjereno kratkim rokovima realizirati takav složen inženjerski zadatak, dodatno još otežan zbog fizičkog (prostornog) i tehnološkog uklapanja novog postrojenja u postojeća energetska postrojenja na lokaciji.

Iskustvo stečeno na ovom projektu je dragocjeno, te se bez sumnje može primijeniti i na drugim sličnim budućim projektima koji će slijediti pozitivno iskustvo Plive.

COMBINED CO-GENERATION PLANT PLIVA SAVSKI MAROF AND ITS HIGH-PRESSURE GAS PIPELINE

The use of some generations of co-generating plants in the Pliva's energy supply are described during the past 80 years as well as the motives for their construction. Basic data and technical solutions are given for each plant generation. A wider review of the technical data is offered for the most recent plant with a special emphasis on the approach to the selection of the optimal solution. The message of the article: The whole project realisation from the idea to granting the utilisation licence, based on the positive example of EKONERG HOLDING, has shown that Croatia has its own competent experts who are able to realise such a complicated engineering task in a short period of time and on the highest professional level.

KOMBI MITERZEUGUNGSANLAGEN DES UNTERNEHMENS "PLIVA" IM ORT "SAVSKI MAROF" UND DIE DAZUGEHÖRIGE HOCHDRUCKGASLEITUNG

Beschrieben wird die Nutzung einzelner Jahrgangsklassen von Miterzeugungsanlagen in der Energieversorgung des pharmazeutisch-kemischen Unternehmens "Pliva" im Laufe von 80 Jahren und der zu deren Errichtung führenden Anlässe. Für jede Jahrgangsklasse von Anlagen wurden die Grundparameter und die Beschreibung technischer Lösungen gegeben. Ein breiterer Rückblick auf technische Angaben ist für die neueste errichtete Anlage mit Betonung auf den Zutritt zur Auswahl optimaler Lösung gegeben. Dem positiven Beispiel der Leistungen vom Projektunternehmen EKONERG HOLDING nach, kommt aus dem Artikel heraus, zeigt der ganze Ablauf des Unterfangens, von der Idee bis zur Betriebsgenehmigung, Kroatiens Verfügen über eigene auf höchster Ebene fähige Fachkräfte, um in angemessen kurzer Frist eine so anspruchsvolle Ingenieursaufgabe zu realisieren.

Naslov pisca:

Mr. sc. Zlatko Komerički, dipl. ing.
EKONERG HOLDING, d.o.o.
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2000-05-21.