

SIGURNOST NAPAJANJA VELIKIH GRADOVA U R. HRVATSKOJ ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Davor Bajs, Zagreb

U članku se razmatra problem sigurnosti napajanja velikih gradova (Zagreba, Splita, Osijeka i Rijeke) električnom energijom, te se na temelju izvršenih tehno-ekonomskih analiza i proračuna predlažu nužna pojačanja mreže i ostale mjere u cilju osiguravanja željene sigurnosti opskrbe potrošača u velikim gradovima električnom energijom.

Ključne riječi: sigurnost napajanja, pojačanja mreže

1 UVOD

Pouzdanost i sigurnost napajanja velikih gradova u R. Hrvatskoj - Zagreba, Splita, Osijeka i Rijeke, je u ovome trenutku bitno smanjena u odnosu na stanje od prije desetak godina. Glavni uzroci tomu su sljedeći:

- ratne okolnosti i uništenje velikog broja elektroenergetskih objekata u prvoj polovici 90-tih,
- smanjene aktivnosti na nužnom održavanju postojećih i izgradnji novih objekata prijenosne i distribucijske mreže,
- porast opterećenja u odnosu na prijeratno stanje,
- pomanjkanje nužnih financijskih sredstava potrebnih za održavanje i razvoj mreže.

Pomanjkanje aktivnosti u nužnom održavanju i razvoju mreže neposredno nakon osamostaljenja nisu bile toliko vidljive zbog pada ili stagnacije potrošnje električne energije, ali završetkom agresije na našem području i s porastom potrošnje u posljednjih nekoliko godina problem napajanja velikih gradova postaje sve izraženiji. Distribucijske mreže velikih gradova su općenito prenapregnute, porast konzuma zahtijeva formiranje novih čvorišta u 110 kV mreži, a u većini slučajeva nije osigurana ni željena sigurnost napajanja prijenosnom mrežom. Kao posljedice opisanog stanja navodimo nekoliko primjera:

- redukcije potrošnje u istočnom dijelu EES u siječnju 1998. godine zbog havarija na 400 kV dalekovodu Tumbri-Ernestinovo (danas u pogonu pod 220 kV od Mraclina do Đakova) i 110 kV dalekovodu Daruvar-Virovitica,
- redukcije potrošnje na području Splita u siječnju 1999. godine zbog kvara na DV 2x110 kV Vrboran-Sučidar,
- redukcije potrošnje na području Zagreba u veljači i ožujku 1999. godine zbog kvarova na TS 110/35 kV Jarun, i dr.

Nepovoljno sadašnje stanje u prijenosnim i distribucijskim mrežama velikih gradova, kao i očekivani budući porast opterećenja, zahtijevaju poduzimanje hitnih mjera za sanaciju postojećeg stanja i ne zanemariva, ali nužna, ulaganja u razvoj. U priloženom elaboratu se iznosi prijedlog potrebnih mjera koje treba poduzeti radi osiguravanja napajanja velikih gradova Zagreba, Splita, Osijeka i Rijeke električnom energijom, na temelju dosadašnjih analiza koje su provedene u Energetskom institutu "Hrvoje Požar". Analize i izvedeni

zaključci se temelje na polaznim pretpostavkama (porast potrošnje i opterećenja EES, opterećenja pojedinih čvorišta 110/x kV, izgradnja novih proizvodnih postrojenja, ulazak u pogon novih TS 110/x kV, i dr.) prema studiji “Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine – Master Plan”.

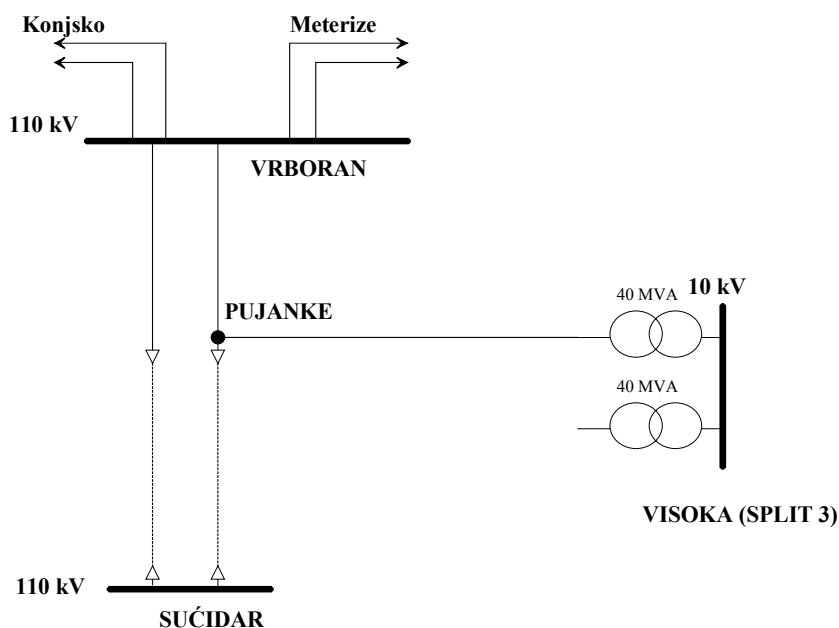
2 GRAD SPLIT

2.1 Sadašnje stanje

Konzum grada Splita se danas napaja preko tri TS 110/x kV (Sućidar, Visoka, Vrboran) i sedam distributivnih TS 35/10 kV (Dujmovača, Dobri, Gripe, N. Brodogradilište, Miljevac, Brižine, Kaštela). Na širem području grada nalaze se još dvije TS 110/35 kV (Kaštela, Meterize).

Napajanje Splita, gledajući sa strane prijenosne mreže, u ovom trenutku ne osigurava dovoljnu sigurnost opskrbe potrošača električnom energijom. Cjelokupni konzum Splita se napaja iz jedne pojne točke, TS 110/35 kV Vrboran, povezane dvosistemskim vodovima s TS 400/220/110 kV Konjsko i TS 110/35 kV Metriže, te preko nje s HE Zakučac. Dvosistemski vod Konjsko-Vrboran građen je za 220 kV nazivni napon (Al/Č 360/57 mm²), ali je u pogonu pod 110 kV naponom budući da prijeratni i sadašnji konzum Splita nije zahtijevao napajanje pod 220 kV naponom i formiranje TS 220/110 kV Vrboran.

Prilike u 110 kV mreži dodatno su nepovoljne imajući u vidu da se najveći dio konzuma Splita napaja preko dvije TS 110/x kV čiji priključak na mrežu nije kvalitetno izveden. TS 110/35/10 kV Sućidar, važna za napajanje gradskog centra, povezana je s TS 110/35 kV Vrboran dvosistemskim nadzemno kablenskim vodom, dok je TS 110/10 kV Visoka spojena jednim nadzemnim vodom na odcjep voda Vrboran-Sućidar kod Pujanke. Na taj vod priključen je u blok spoju jedan transformator 110/10 kV (40 MVA), dok drugi služi kao rezerva (slika 1).



Slika 1 110 kV mreža grada Splita

Situaciju dodatno zaoštava isključenje južne trojke DV 2x110 kV Vrboran-Sučidar (Pujanke) nakon zabrane zbog “divlje” gradnje u njegovoj okolini, pa se čitav grad napaja radijalno samo jednom 110 kV vezom.

Elektroenergetsko rješenje napajanja Splita, uz nepovoljnu konfiguraciju 110 kV mreže, dodatno je pogoršano s obzirom na iskorištenost TS 110/x kV i TS 35/10 kV. Imajući u vidu maksimalna opterećenja pojedinih TS 110/x kV i TS 35/10 kV zabilježena posljednjih godina, možemo zaključiti da njihovi kapaciteti ne zadovoljavaju potrebe sadašnjih i budućih potrošača, te ne omogućavaju dovoljno sigurno napajanje.

Transformatorska stanica	Instalirana snaga (MVA)		Opterećenje (MVA)			
	postojeća	maksimalna	1989.	1995.	1996.	10.12.98.
TS 110/35/10 kV Sućidar (tercijar)	2x21	2x21	20,0	24,9	30,1	30,6
TS 110/10 kV Visoka	2x40	3x40	25,0	28,4	32,3	36,3
TS 35/10 kV Dobri	3x16	3x16	30,0	28,8	31,8	35,2
TS 35/10 kV Gripe	2x8	2x8	16,0	10,7	10,7	12,7
TS 35/10 kV Dujmovača	2x16	3x16	20,0	13,8	13,8	22,0
TS 35/10 kV N. Brodogradilište	2x16	3x16	30,0	7,6	8,0	14,4
TS 35/10 kV Brižine	1x8	2x8	5,0	5,3	5,3	7,0
TS 35/10 kV Miljevac	2x8	2x8	6,0	11,8	11,8	12,3
TS 35/10 kV Kaštela	2x8	2x8	9,2	10,3	11,7	13,6

Kritične trafo stanice s aspekta opterećenja su TS 110/35/10 kV Sućidar i TS 35/10 kV Dobri preko kojih je vezano napajanje centra grada. TS 35/10 kV Dobri ima tri transformatora 16 MVA, od kojih jedan služi kao rezerva i može se uključiti samo u slučaju kvara na jednom od dva transformatora predviđenim za normalan pogon. Uz opterećenja TS Dobri zabilježena posljednjih godina dolazi do preopterećenja postojećih transformatora već pri njihovoj punoj raspoloživosti, pa se dio tereta mora prebacivati na okolne transformatorske stanice koje su i same visoko opterećene. Opterećenja TS 110/35/10 kV Sućidar koja u posljednje vrijeme dostižu iznose od blizu 90 MVA su takva da bi se u slučaju ispada jednog transformatora 63 MVA morale u gradu provesti redukcije. Veliki problem u napajanju Splita su i visoka opterećenja trojke DV 2x110 kV Vrboran-Sučidar koja je u pogonu, budući da se osim Sućidra s njenog odcjepa napaja i TS Visoka čija maksimalna opterećenja dostižu blizu 40 MVA. Jasno je da N-1 kriterij nije zadovoljen niti sa strane prijenosne mreže, niti sa strane instaliranih snaga u pojedinim transformatorskim stanicama, niti u distribucijskoj 35 kV mreži.

Sljedeći problem vezan je uz napajanje područja Kaštela. Instalirana snaga transformatora u TS 35/10 kV Kaštela iznosi 2x8 MVA, dok su sadašnja vršna opterećenja oko 14 MVA. Pojni 35 kV dalekovodi Kaštela 110-Kaštela i Trogir-Divulje-Kaštela malog su presjeka (Al/Č 50 mm²), prijenosne moći 10.3 MVA, pa se u slučaju ispada glavnog pojnog voda Kaštela 110-Kaštela preopterećuje vod od Trogira koji napaja i područje Divulja. Rješenje tog problema je formiranje TS 110/10 kV Kaštela, s dva transformatora 110/10 kV.

Još jedna visoko opterećena transformacija u Splitu je TS 35/10 kV Miljevac, s dva transformatora 8 MVA i vršnim opterećenjem od preko 12 MVA u protekloj godini. Ova TS

napaja područje Stobreča na kojemu je u posljednje vrijeme porasla individualna izgradnja, preko jednog 35 kV voda od Vrborana. Za napajanje ovog područja ne postoji rezerva u instaliranoj snazi transformacije, niti u 35 kV i 10 kV mrežama, pa se predviđa izgradnja jedne TS 110/10 kV (Strožanac, Korešnica u prethodnim planovima) koja bi se priključila na postojeći 110 kV vod Zakučac-Meterize. Do izgradnje te TS potrebno je ojačati 10 kV veze ovog područja s Dugim Ratom i Visokom koje će moći rasteretiti TS 35/10 kV Miljevac.

2.2 Izgradnja novih TS 110/10 (20) kV

Prema studiji "Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine" dinamika gradnje novih transformatorskih stanica 110/x kV na području grada Splita bila bi sljedeća:

Naziv TS 110/x kV	Vrsta radova (izgr./rekon.)	Cijena* (DEM)	Godina radova	Vrsta TS
TS 110/10(20) DOBRI	IZG.	11.000.000	2000.	SF ₆
TS 110/10(20) GRIPE	IZG.	11.000.000	2010.	SF ₆
TS 110/10(20) KAŠTELA	IZG.	4.000.000	2010.	T
TS 110/10(20) DUJMOVAČA	IZG.	11.000.000	2015.	SF ₆
TS 110/10(20) STROŽANAC	IZG.	5.000.000	2015.	T

SF₆ - TS sa postrojenjem 110 kV u SF₆ izvedbi

T - tipska TS HEP-a

* cijene TS bez 110 kV priključnih vodova (kabela) i 10 (20) kV raspleta

Do 2000. treba izgraditi TS 110/10(20) kV Dobri na lokaciji TS 35/10 kV Dobri. Do 2010. treba izgraditi TS 110/10(20) kV Gripe, te TS 110/10(20) kV Kaštela.

Do 2015. treba TS 35/10 kV Dujmovača rekonstruirati u 110/10(20) kV. Vjerojatno će još prije tog roka ova TS preuzeti teret stare TS 35/10 kV Brižine, za koju nije predviđena rekonstrukcija. Do tada preopterećenje TS 110/35 kV Meterize nije problem, jer se može aktivirati TS 110/35 kV Vrboran, iz koje postoje 110 vodovi do TS Dujmovača, koji sad rade pod naponom 35 kV.

Dio opterećenja TS 35/10 kV Miljevac preuzima rekonstruirana TS 110/20 kV Dugi Rat, a dio TS 110/10 kV Visoka. Radi toga treba ojačati 10 kV veze prema ta dva područja, a to će i kasnije biti vrlo korisno. Oko 2015. treba izgraditi TS 110/10(20) kV Strožanac, koja se priključuje na obližnji postojeći 110 kV dalekovod Meterize-Zakučac.

Područje Kaštela je potpuno odvojeno od 10 kV mreže TS 35/10 kV Divulje i TS Prvoborac (zračnom lukom i cementarama). Rješenje je u izgradnji TS 110/10(20) kV Kaštela. Najracionalnije bi bilo postojeću TS 35/10 kV Kaštela rekonstruirati pojačanjem temelja (za 40 MVA) na 2x16 MVA. Bilo bi potrebno spajanje novim vodom na TS 110/35 kV Kaštela, jer postojeći ima kapacitet 10,3 MVA, a vod prema Trogiru i manje, jer napaja i TS 35/10 kV Divulje. Može se izgraditi 110 kV vod koji bi do potpune rekonstrukcije u TS 110/10(20) kV radio pod 35 kV. Ako nije moguća takva rekonstrukcija na mjestu TS 35/10 kV Kaštela, predlaže se izgradnja pojednostavnjene TS 110/10(20) kV Kaštela kao dijela buduće TS 110/10(20) kV. U prvom slučaju se predviđa TS 110/10(20) kV Kaštela do 2010. godine, a u drugom je pojednostavnjena TS 110/10(20) kV Kaštela potrebna već 2000. godine, a potpuna izgradnja također oko 2010. godine.

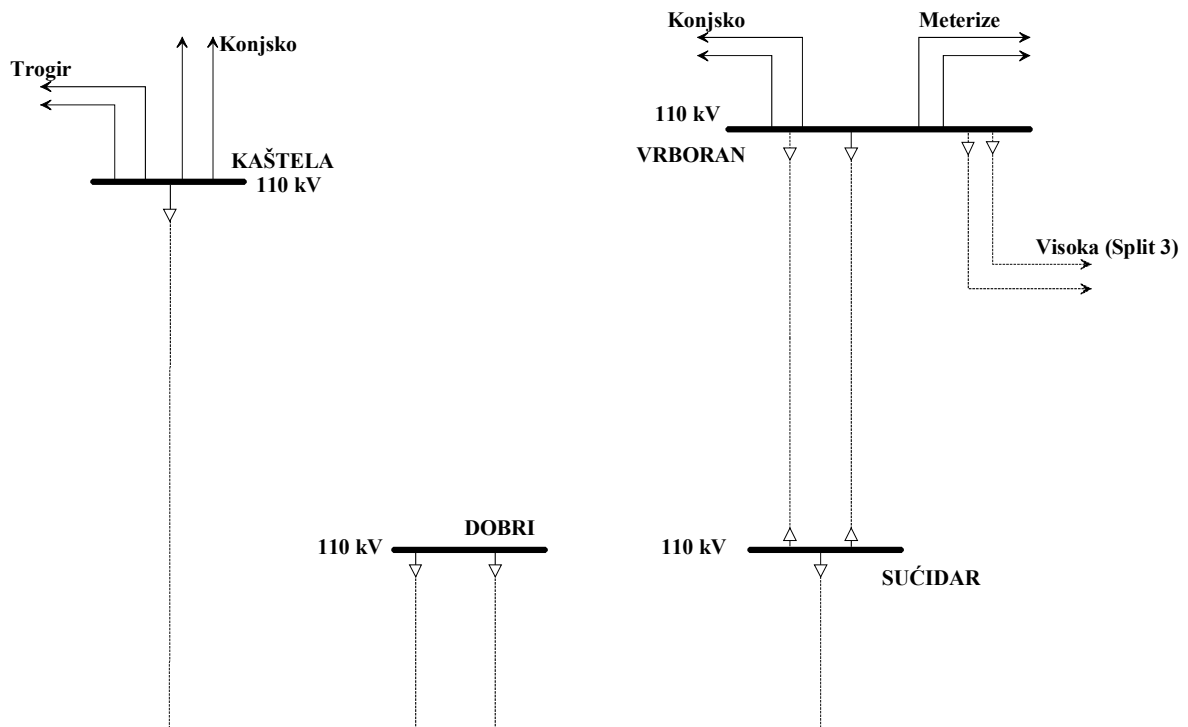
2.3 Razvoj VN mreže na području grada Splita

Da bi se osigurala željena sigurnost napajanja grada Splita električnom energijom nužno je što prije učiniti slijedeće:

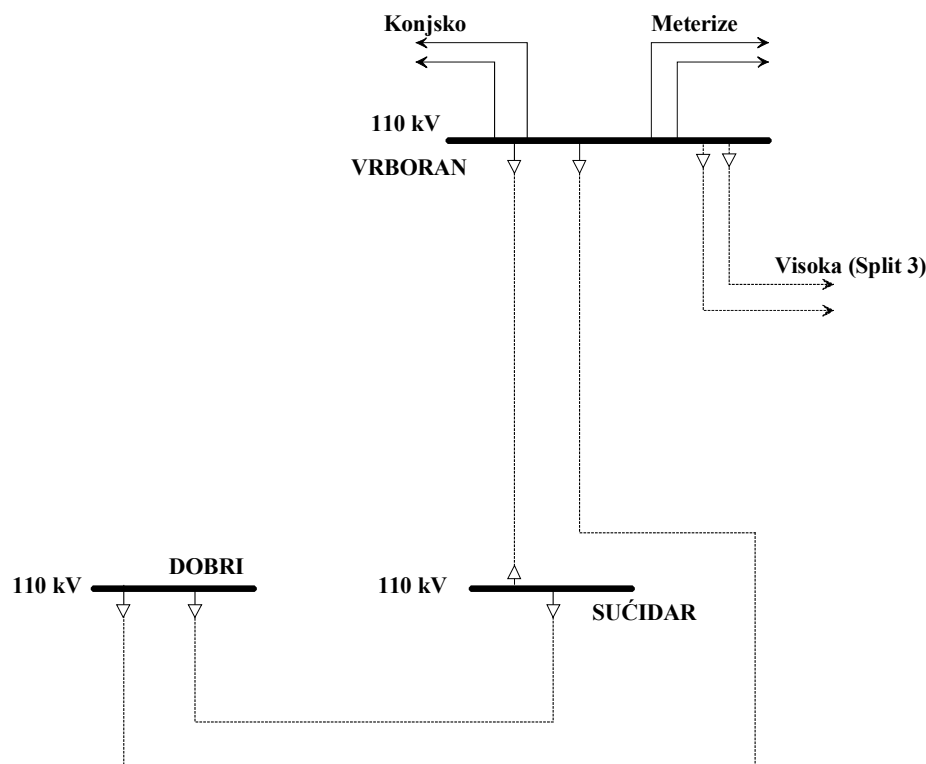
- **Kablirati nadzemnu dionicu 2x110 kV DV-KB Vrboran-Sučidar (na dionici Vrboran-Pujanke).**
- **Položiti dvostruki kabel između TS Vrboran i TS Visoka.**
- **Formirati jednu TS 110/10 kV u centru grada (TS Dobri) i povezati je na odgovarajući način na 110 kV mrežu.**

Polaganjem dva kabela u istom kablskom rovu između Vrborana i Pujanke osigurava se pouzdano napajanje TS Sućidar, dok se izravnim povezivanjem TS Vrboran i TS Visoka izbjegava njeno napajanje s odcjepa voda Vrboran-Sučidar i stavlja u funkciju drugi transformator 110/10 kV, 40 MVA. U budućnosti bi bilo korisno ispitati mogućnost formiranja 110 kV postrojenja SF₆ izvedbe u TS Visoka čime bi se izbjegla potreba za eventualnim polaganjem i trećeg kabela prema Vrboranu, te rada transformatora 110/10 kV u blok spoju, no ukoliko je takva investicija i izvediva, sigurno nema prioritet iz sadašnje perspektive.

Formiranje TS 110/10(20) kV Dobri nužno je radi rasterećenja sredjenaponske mreže i TS 35/10 kV u gradskom centru. Način povezivanja TS Dobri u konačnici nije sporan (jedna veza na Vrboran i jedna veza na Kašteli), ali se postavlja pitanje prioriteta ulaganja, budući da formiranje veze prema Kašteli zahtijeva polaganje podmorskog kabela preko kaštelanskog zaljeva čija cijena nije zanemariva. U osnovi, moguća su dva načina povezivanja TS Dobri na 110 kV mrežu, prikazana slijedećim slikama.



Slika 2 Varijanta priključka TS 110/10 kV Dobri na Sućidar i Kaštelu



Slika 3 Varijanta priključka TS 110/10 kV Dobri na Sućidar i Vrboran

U varijanti priključka TS Dobri na Sućidar i Kaštela (slika 2) potrebno je položiti jedan podzemni kabel između TS Sućidar i TS Dobri (Al 1000, 2.1 km), te podzemno-podmorski kabel(e) između TS Kaštela i TS Dobri (Al 1000 + Cu 800, 6.6 km). Podmorska dionica te veze dugačka je 2.2 km. Nesumnjiva prednost takve konfiguracije 110 kV mreže Splita je napajanje grada iz dvije pojne točke (Vrboran i Kaštela), čime bi se izbjegle redukcije u slučajevima kvarova na 110 kV postrojenju TS Vrboran. Ukupna investicija u takav način povezivanja TS Dobri na 110 kV mrežu se procjenjuje na oko 15.000.000 DEM.

Varijanta priključka TS Dobri na Sućidar i Vrboran (slika 3) se ostvaruje polaganjem dva kabela u istom kabelskom rovu između TS Sućidar i TS Dobri, od kojih jedan zaobilazi TS Sućidar i spaja se na vezu prema Vrboranu. Uz takvo rješenje najveći dio konzuma Splita se napaja preko TS Vrboran, pa su redukcije neizbježne ukoliko dođe do kvara na 110 kV postrojenju TS Vrboran. Prikazana konfiguracija 110 kV mreže zadovoljava N-1 kriterij u pogledu dvostrukih kabela u istim kabelskim rovovima, budući da se popravak jednog kabela u kvaru može obaviti bez isključenja drugog. Ukupna investicija u takav način povezivanja TS Dobri na 110 kV mrežu se procjenjuje na oko 4.350.000 DEM.

Prema tome, varijanta priključka TS Dobri na 110 kV mrežu preko Sućidra i Kaštele nesumljivo predstavlja tehnički bolje rješenje, budući da osigurava napajanje većeg dijela konzuma i pri neraspoloživosti 110 kV postrojenja u Vrboranu, ali je i tri puta skuplja od varijante priključka na Sućidar i Vrboran.

Mišljenja smo da je prije donošenja konačne odluke o načinu priključka TS Dobri na 110 kV mrežu potrebno napraviti detaljne tehno-ekonomske analize koje bi dale odgovor na pitanje o isplativosti trenutnog ulaganja u kabel Kaštela-Dobri (opravdanost njegova polaganja u srednjoročnom razdoblju nije u pitanju), te odgovor o pouzdanosti 110 kV postrojenja u Vrboranu (ovisno o njegovoj izvedbi i stanju) na temelju kojega bi se mogla procijeniti vjerojatnost nastanka kvarova koji bi onemogućavali urednu opskrbu Splita el. energijom. Također je potrebno na razini HEP-a postaviti jasne kriterije u pogledu sigurnosti

napajanja velikih gradova električnom energijom (da li mrežu dimenzionirati s obzirom na sabirničke kvarove), te definirati listu prioriteta u pogledu ulaganja u prijenosnu mrežu.

U međuvremenu, dok se ne provedu potrebne analize, definira lista prioriteta i osiguraju financijska sredstva, ili ukoliko analize pokažu da se ne isplati ovog trenutka ulagati u kabel preko kaštelanskog zaljeva, priključak TS Dobri je moguće izvesti polaganjem jednostrukog kabela na TS Sućidar čime bi se postiglo njeno privremeno radijalno napajanje, ili polaganjem dvostrukog kabela u istom kabelskom rovu, odnosno izvođenjem rješenja prema slici 3 osigurati zadovoljenje N-1 kriterija. Polaganjem dvostrukog kabela između TS Sućidar i TS Dobri osigurava se i dvostrano napajanje TS Sućidar na konfiguraciji s priključkom TS Dobri na TS Vrboran, budući da ocjenjujemo da TS 110/10 kV Brodogradilište nema perspektivu gradnje niti u srednjoročnom razdoblju, pa je samim time upitna i opravdanost polaganja i drugog kabela preko kaštelanskog zaljeva radi ostvarenja veze Kaštela-Sućidar.

Formiranje TS 220/110 kV Vrboran i podizanje pogonskog napona 2x220 kV voda Konjsko-Vrboran na nazivnu vrijednost (sada u pogonu pod 110 kV) ovisi o budućem rastu konzuma. Prema pretpostavljenim opterećenjima čvorišta 110 kV u Splitu (lit. 6) potreba za 220 kV naponom u Vrboranu se može očekivati između 2010. i 2015. godine. Formiranje TS 220/110 kV Vrboran se, uz pretpostavljeno opterećenje čvorišta na području Splita, može odgoditi, ali će tada trebati ugraditi treći transformator 220/110 kV (150 MVA) u TS 400/220/110 kV Konjsko.

Da bi se omogućilo sigurno napajanje konzuma grada Splita u srednjoročnom je razdoblju potrebno:

- **Ovisno o porastu konzuma uvesti 220/110 kV transformaciju (2x150 MVA) u Vrboranu ili ugraditi treći transformator 220/110 kV u TS 400/220/110 kV Konjsko.**
- **Formirati TS 110/10(20) kV Gripe i TS 110/10(20) kV Kaštela, te ih na predviđeni način priključiti na 110 kV mrežu.**

3 GRAD RIJEKA

3.1 Sadašnje stanje

Konzum grada Rijeke se danas napaja preko dvije TS 110/x kV (Pehlin, Rijeka) i osam distributivnih TS 35/10 kV. Na širem području grada nalazi se još dvije TS 110/x kV (Krasica, Matulji) i pet distributivnih TS 35/10 kV. Kapaciteti postojećih TS 35/10 kV ne zadovoljavaju buduće potrebe sadašnjih i novih potrošača. Problem napajanja potrošača se efikasno rješava izgradnjom novih TS 110/10 (20) kV imajući u vidu zadovoljavajuće kapacitete postojeće 10 (20) kV mreže. Izgradnjom novih TS 110/10 (20) kV izbjegava se gradnja novih 35/10 kV postrojenja i 35 kV raspleta.

Maksimalna opterećenja na području Rijeke se postižu u zimskim mjesecima uglavnom zbog korištenja električne energije za grijanje. Najveće istodobno opterećenje TS 35/10 kV, u razdoblju prije 1999. godine, je postignuto u veljači 1991. godine u iznosu od 117 MVA što iznosi 77 % ukupno instalirane snage transformacije u osam TS 35/10 kV. Tijekom rata potrošnja električne energije je stagnirala prvenstveno radi manje potrošnje industrijskih potrošača. Većina postojećih TS 35/10 kV je u posljednjih desetak godina vrlo visoko

opterećena, a u nekoliko je vršno opterećenje prešlo instaliranu snagu transformacije (Zamet, Centar, Školjić, Krimeja, Martinšćica – tr. 1). S opterećenjima blizu instalirane snage transformacije su dvije TS 35/10 kV (Turnić i Škurinje), a jedino su u TS 35/10 kV Industrija zabilježena opterećenja ispod 50 % instalirane snage transformacije.

Postojeća 35 kV mreža omogućava 100 % rezervu u napajanju svakog 35 kV objekta ali ne osigurava ispomoć između TS 110/35 kV, pa u slučaju havarije u TS 110/35 kV Pehlin ili Rijeka nije moguće izvesti napajanje iz drugih transformatorskih stanica bez ograničavanja isporuke el. energije dijelu potrošača čak i u ljetnim mjesecima kada se bilježe najniža opterećenja.

Iskorištenje postojeće dvije TS 110/35 kV (Pehlin, Rijeka) je također visoko, a vršno opterećenje u TS Pehlin zabilježeno 1996. godine je prešlo ukupno instaliranu snagu transformacije koja ne zadovoljava ni uvjet dozvoljenog preopterećenja od 20 % preostalih transformatora kod neraspoloživosti najvećeg transformatora u transformatorskoj stanici. Radi toga se pristupilo ugradnji trećeg transformatora 40 MVA koje je u tijeku.

31. 1. 1999. godine u 12 sati ostvareno je maksimalno opterećenje distribucije Rijeka u iznosu od 240,5 MW. Istodobno opterećenje grada Rijeke iznosilo je tada 143,4 MW što predstavlja najveće opterećenje zabilježeno dosad.

Postojeće TS 110/35 kV Pehlin i Rijeka imaju osiguranu višestruku rezervu u napajanju preko 220 kV i 110 kV mreža. Preko mreža tih naponskih razina riječko je područje direktno povezano s više proizvodnih postrojenja (TE Plomin, TE Urinj, HE Rijeka, HE Senj, HE Vinodol), susjednim prijenosnim područjima (Zagreb i Split), te EES Slovenije.

U odnosu na predviđene planove s početka ovog desetljeća niti jedan objekat na području grada Rijeke još uvijek nije izgrađen. Najbliža gradnja je TS 110/10 (20) kV Sušak za koju je izrađen izvedbeni projekt i dobivena lokacijska dozvola. Ta bi TS trebala preuzeti konzum TS 35/10 kV Krimeja i TS 35/10 kV Martinšćica koje se ukidaju (zbog starosti i neisplativosti ulaganja u rekonstrukciju), te dio konzuma TS 35/10 kV Školjić. TS Sušak će preuzeti napajanje i trgovačko-poslovnog centra Pećine (vršno opterećenje 7 MVA) predviđenog za izgradnju.

3.2 Izgradnja novih TS 110/10 (20) kV

Tijekom 1997. i 1998. godine u Energetskom Institutu "Hrvoje Požar" je izrađena studija "Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine" u kojoj je razmatrana i problematika razvoja prijenosne i distribucijske mreže. Uz predviđenu potrošnju i vršno opterećenje EES-a po pojedinim petogodištima analizom distributivnog konzuma je određena potrebna izgradnja novih TS 110/x kV. Prema toj studiji dinamika gradnje novih transformatorskih stanica 110/x kV na području grada Rijeke bila bi slijedeća:

Naziv TS 110/x kV	Vrsta radova (izgr./rekon.)	Cijena* (DEM)	Godina radova	Vrsta TS
TS 110/10(20) SUŠAK	IZG.	11.000.000	2000.	SF ₆
TS 110/10(20) TURNIĆ	IZG.	11.000.000	2005.	SF ₆
TS 110/10(20) ZAMET	IZG.	11.000.000	2010.	SF ₆
TS 110/10(20) IVANI	IZG.	4.000.000	2010.	M

M - modularna izgradnja tipske TS HEP-a

SF₆ - TS sa postrojenjem 110 kV u SF₆ izvedbi

* cijene TS bez 110 kV priključnih vodova (kabela) i 10 (20) kV raspleta

Do 2000. treba izgraditi TS 110/10(20) kV Sušak, do 2005. treba izgraditi TS 110/10(20) kV Turnić, a do 2010. trebaju ući u pogon TS 110/10(20) kV Zamet i TS 110/10(20) kV Ivani.

3.3 Razvoj VN mreže na području grada Rijeke

Radi osiguravanja željene sigurnosti napajanja el. energijom potrošača na području grada Rijeke potrebno je:

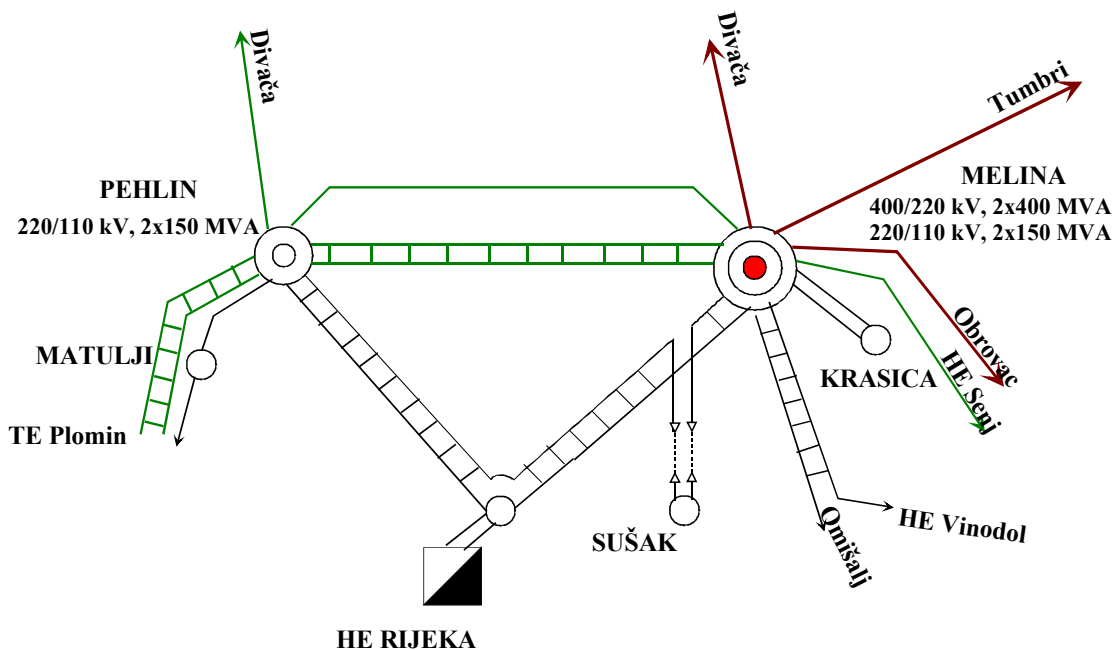
- **Do 2000. godine treba izgraditi TS 110/10 (20) kV Sušak, te je priključiti nadzemno kablskim vodom na postojeću trojku voda Melina-Pehlin.**
- **Do 2005. godine treba izgraditi TS 110/10 (20) kV Turnić, te je priključiti s dva kabela na TS 220/110/35 kV Pehlin.**
- **Do 2010. godine treba izgraditi TS 110/10 (20) kV Zamet i TS 110/10 (20) kV Ivani. Priključak TS Zamet treba izvesti s dva kabela na TS 220/110/35 kV Pehlin ili jednim kabelom na Pehlin a drugim na Turnić, dok se TS Ivani priključuje nadzemnim vodovima na Melinu i Krasicu.**

Varijanta priključka TS Turnić i TS Zamet jednim kabelom na Pehlin a drugim na Matulje nije povoljna radi mogućeg preopterećenja kabela Pehlin-Turnić u razdoblju iza 2020. godine, pri raspoloživosti svih grana u mreži ili kod neraspoloživosti voda Pehlin-Matulji. Tokovi snaga u mreži za sve analizirane vremenske presjeka su takvi da je kabel Matulji-Zamet slabo opterećen, a većina potrebne snage za Turnić i Zamet se dobavlja iz Pehlina, radi čega pri pretpostavljenom porastu opterećenja dolazi do preopterećenja tog kabela u "nazivnoj" 2030. godini.

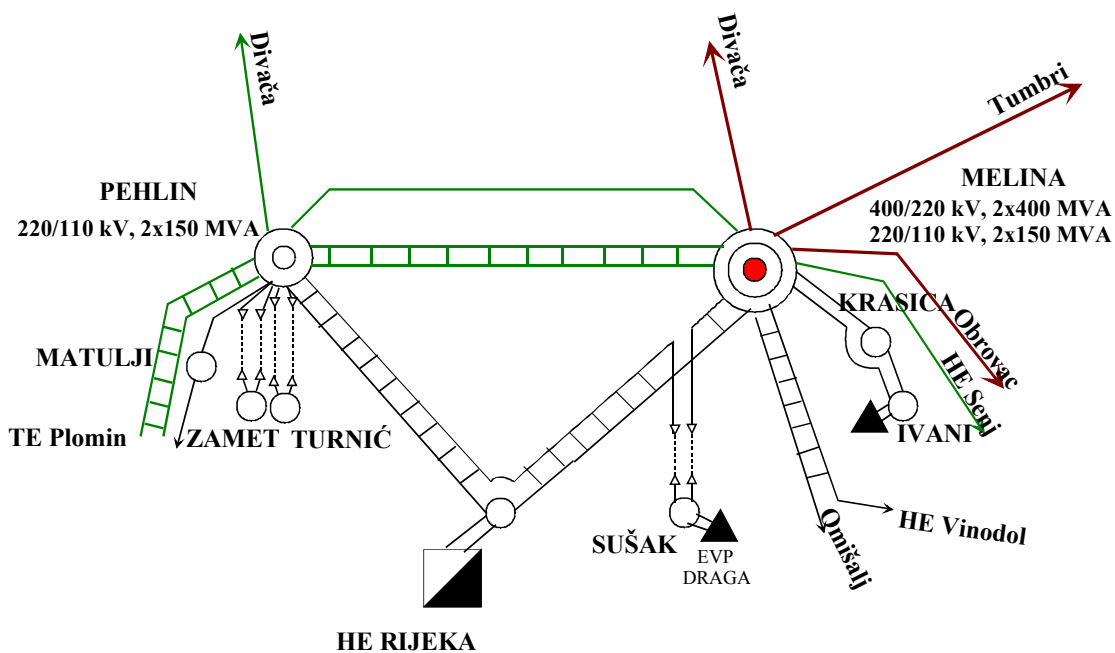
Preopterećenje kabela Pehlin-Turnić, pri ispitivanoj varijanti priključka TS Turnić i TS Zamet na Pehlin i Matulje, se ne može otkloniti polaganjem kabela Turnić-Rijeka. Zatvaranje petlje Sušak-Ivani, koja rasterećuje 110 kV vezu Melina-Sušak-Pehlin, neće biti potrebno izvesti unutar razmatranog razdoblja budući da će se opterećenje vodova Melina-Sušak i Pehlin-Sušak kretati unutar dozvoljenih granica. Pri radijalnom napajanju Suška preko Meline ili Pehlina (u slučaju neraspoloživosti jednog od dva 110 kV voda Melina-Sušak i Pehlin-Sušak kojima je ta TS spojena na sustav) maksimalna opterećenja tih vodova u "nazivnoj" 2030. godini iznose 93 % od dozvoljene termičke granice.

Prema opisanom razvoju prijenosne mreže na širem području grada Rijeke do 2020. godine u TS 220/110/35 kV Pehlin će trebati novih pet 110 kV polja (4 vodna prema Turniću i Zametu) i jedno trafo polje za treći transformator 220/110 kV. Prema sadašnjim informacijama u Pehlinu će biti moguće osigurati tri vodna 110 kV polja (dva polja nakon stavljanja pod 220 kV napon dalekovoda Pehlin-Plomin, te jedno produženjem sabirnica do 110 kV polja Matulji). Ukoliko nije moguće osigurati još jedno 110 kV vodno polje u

Pehlinu, ili ukoliko se želi povećati pouzdanost napajanja TS Zamet preko dva kabela u različitim rovovima, TS Zamet je moguće priključiti jednim kabelom na Pehlin a drugim na Turnić, što povećava troškove njegova priključenja na mrežu zbog dvije različite kabela trase. Eventualnim polaganjem dva kabela prema Turniću, te priključkom jednog na Turnić a drugog na Pehlin zaobilaznjem TS Turnić jednog kabela Pehlin-Turnić uzrokovao bi visoka opterećenja kabela Pehlin-Turnić (97 % I_n u 2030. godini) pri neraspoloživosti kabela Pehlin-Zamet i obratno. Radi toga veza između Pehlina i Turnića mora biti dvostruka.



Slika 4 Prijedlog VN mreže grada Rijeke za 2000. godinu



Slika 5 Prijedlog VN mreže grada Rijeke za 2010. godinu

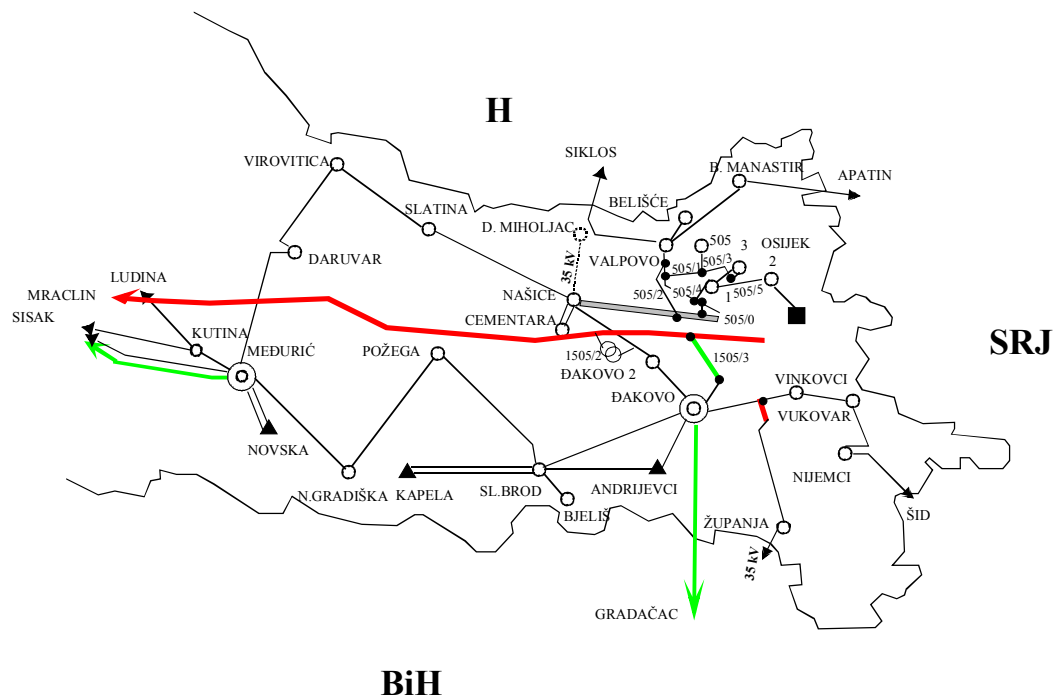
4 GRAD OSIJEK

4.1 Sadašnje stanje

Problematika napajanja grada Osijeka usko je vezana s problemom napajanja cjelokupnog područja Slavonije i Baranje. Područje Slavonije i Baranje danas je najnesigurnije napajani dio elektroenergetskog sustava R. Hrvatske. Glavni razlog tomu zasigurno je višegodišnja okupacija dijela teritorija i uništenje ključnih objekata prijenosne mreže, uz dodatno nepovoljne prilike u susjednim republikama bivše Jugoslavije (Bosna i Hercegovina) koje su dovele do prekida interkonektivnih veza neophodnih za normalan pogon sustava razvijanog u bivšoj državi, sve dok se ne postigne njegova potpuna autonomnost.

Problemi u tom dijelu EES ne proizlaze samo iz ratnih razaranja već i iz naslijeđene konfiguracije prijenosne mreže. Sigurnije napajanje tog područja nije povezano samo s obnovom ratom uništenih objekata prijenosne mreže, već i sa neophodnom izgradnjom novih visokonaponskih vodova koji će omogućiti kvalitetniju vezu sa sjeverozapadnim dijelom EES. Moguća izgradnja novih vodova znatno doprinosi autonomnosti sustava budući da se u tom slučaju izbjegava ovisnost o vezama prema susjednim državama bivše Jugoslavije. Razmjene el. energije i uvoz iz Bosne i Hercegovine i SRJ tada bi bile utemeljene na čistim ekonomskim interesima.

Sva privremena rješenja i ratni provizoriji još su u pogonu, a većina potrebne snage se i dalje dobavlja iz sjeverozapadnog dijela sustava 220 kV vodom Mraclin-Slavonija (Đakovo) s 20 km dalekovoda na drvenim i betonskim stupovima, te 220 kV vodom Tuzla-Đakovo na osnovu ugovorenog uvoza energije iz TE Tuzla. Istovremeno je došlo do porasta potrošnje i vršnog opterećenja u odnosu na prijeratnu razinu (398 MW u prosincu 1998.) s tendencijom daljnjeg porasta. 400 kV veze sa susjednim državama (SRJ i BiH) su i dalje van pogona s neizvjesnom dinamikom obnove.



Slika 6 Prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji – studeni 1998. godine

Obnova cjelokupne 400 i 110 kV mreže na području Slavonije i Baranje trebala bi imati prioritet u budućim aktivnostima, a uspostava prijeratnog stanja prijenosne mreže predstavlja samo prvi korak u ostvarivanju željene konfiguracije EES-a. Ključni objekt koji će osiguravati sigurnije napajanje ovog područja je TS Ernestinovo koju bi trebalo obnoviti u veličini prijeratne izgradnje (TS 400/110, 2x300 MVA), zajedno s 400 kV vodom Ernestinovo-Tumbri (Žerjavinec) i svim 110 kV vodovima učvorenim na TS Ernestinovo. Budući da je u dogledno vrijeme radijalan pogon ovog dijela sustava neizbježan, 220 kV veza ne bi mogla omogućiti prijenos potrebnih snaga i sigurnu opskrbu potrošača. Tešku elektroenergetsku situaciju čitavog područja Slavonije i Baranje dijeli i grad Osijek. Sva čvorišta na području Osijeka (Osijek 1, Osijek 2, Osijek 3 i "505" provizorij), te Valpovo, Belišće i B. Manastir napajaju se iz TETO Osijek (priključene radijalno na mrežu preko TS Osijek 2) i preko Našica, uz dvije 110 kV veze prema EES Mađarske (DV 110 kV Siklos-D. Miholjac/Valpovo) i EES SRJ (DV 110 kV B. Manastir-Apatin) preko kojih se može uvoziti energija u izvanrednim okolnostima. U 110 kV mreži na širem području grada postoji više provizorija (DV "505/0, 505/1, 505/1, 505/3, 505/4 505/5, TS 505), a gotovo svaki kvar na mreži može dovesti do prekida isporuke električne energije dijelu potrošača.

4.2 Izgradnja novih TS 110/10 (20) kV

Prema studiji "Razvitak elektroenergetskog sustava Hrvatske do 2030. godine" dinamika gradnje novih transformatorskih stanica 110/x kV na području grada Osijeka bila bi sljedeća:

Naziv TS 110/x kV	Vrsta radova (izgr./rekon.)	Cijena* (DEM)	Godina radova	Vrsta TS
TS 110/10(20) OSIJEK 4	IZG.	6.500.000	2005.	T
TS 110/10(20) NEMETIN**	IZG.	3.500.000	2005./2010.	M
TS 110/10(20) DARDA	IZG.	3.500.000	2010.	M
TS 110/10(20) ČEPIN	IZG.	3.500.000	2010.	M

M - modularna izgradnja tipske TS HEP-a

T - tipska TS HEP-a

* cijene TS bez 110 kV priključnih vodova (kabela) i 10 (20) kV raspleta

** nakon izgradnje industrijske zone

Do 2005. treba izgraditi TS 110/20 kV Osijek 4, te TS 110/10(20)/35 kV Nemetin za potrebe industrijske zone i luke. Od 2010. TS 110/20 kV Čepin preuzima opterećenje TS 35/10 kV Čepin, a TS 110/20 kV Darda preuzima opterećenje TS 35/10 kV Bilje.

4.3 Razvoj VN mreže na području grada Osijeka

Postupak osiguravanja željene sigurnosti napajanja el. energijom potrošača na području grada Osijeka, te cjelokupnog istočnog dijela EES potrebno je obaviti u nekoliko faza:

I faza: zamijeniti privremene provizorije u mreži, te sanirati pojedine 110 kV dalekovode i izvesti njihovo premoštenje u cilju povećavanja pouzdanosti napajanja gradova Osijeka, Vinkovaca, Vukovara i Županje u vremenu potrebnom do potpune obnove TS 400/110 kV Ernestinovo (zajedno s odgovarajućim raspletom 400 kV i 110 kV vodova). Potrebno je sanirati sljedeće dalekovode:

- DV 110 kV Ernestinovo-Osijek 2 / 1,
- DV 110 kV Ernestinovo-Osijek 2 / 2,
- DV 110 kV Ernestinovo-Đakovo 2,
- DV 110 kV Ernestinovo-Vukovar,
- DV 35 kV Ernestinovo-Osijek 2,

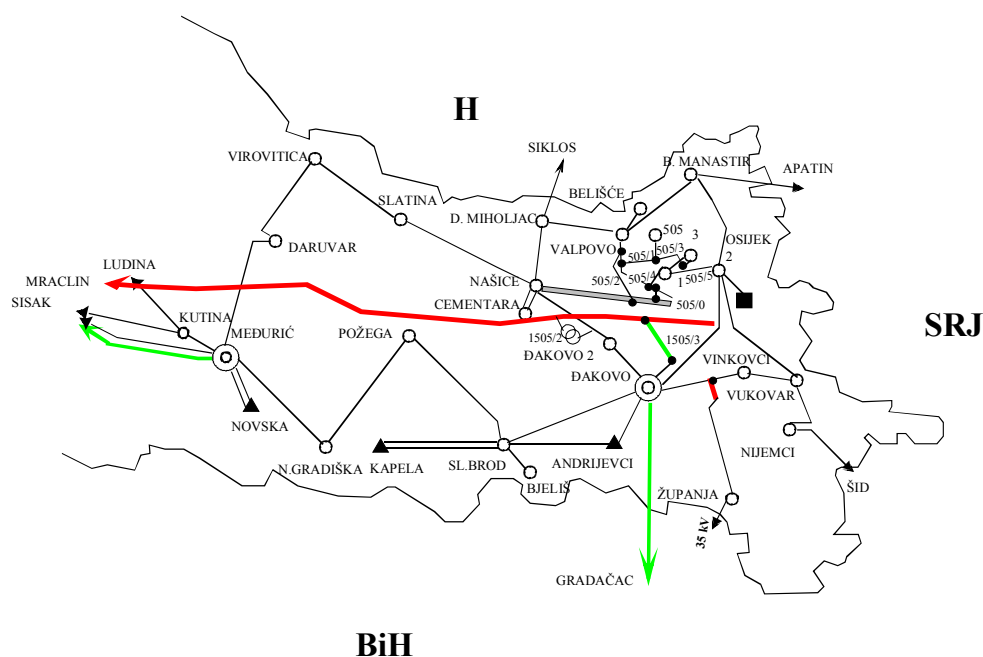
te izvesti premoštenja dalekovoda Ernestinovo-Osijek 2/2 i Ernestinovo-Vukovar, te Ernestinovo-Osijek 2/1 i Ernestinovo-Đakovo, radi povezivanja područja Osijeka s TS 220/110 kV Đakovo i povećavanja pouzdanosti napajanja Vinkovaca, Vukovara i Županje (s okolnim naseljima) koji se na današnjoj konfiguraciji mreže napajaju preko jedne, visoko opterećene, 110 kV veze (zajedno s područjem Orašja u BiH). Radove na I fazi je potrebno započeti odmah i završiti što prije (tijekom 1999. godine). **Istovremeno je nužno osigurati financijska sredstva potrebna za sanaciju TS 400/110 kV Ernestinovo, koju je potrebno obnoviti u veličini prijeratne izgradnje (TS 400/110 kV, 2x300 MVA), te započeti radove na njejoj obnovi.**

II faza: dovršiti obnovu TS 400/110 kV Ernestinovo, te svih 110 kV vodova učvorenih na nju, podići pogonski napon 400 kV voda Žerjavinec-Ernestinovo na nazivnu vrijednost. Završetak ove faze predstavljao bi u osnovi obnovu prijeratne konfiguracije prijenosne mreže. Radove na izvođenju ove faze je potrebno započeti odmah (1999. godine), a realno ju je moguće (nakon osiguravanja financijskih sredstava) završiti kroz dvije do tri godine (2002.).

III faza: izgraditi TS 110/10 (20) kV Osijek 4, te je interpolirati u DV 110 kV Ernestinovo-Valpovo. Započeti radove na daljnjem povećavanju sigurnosti napajanja istočnog dijela EES i grada Osijeka. U ovoj fazi treba izgraditi slijedeće dalekovode:

- DV (2x)220 (400) kV Međurić-Đakovo
- DV (2x)400 kV Ernestinovo-Pecs (ukoliko se postigne dogovor HEP-a i MVM-a)
- uvod/izvod DV 110 kV Ernestinovo-Našice u TS Osijek 1
- DV 110 kV Đakovo-Županja
- KB 110 kV Osijek 2-Osijek 4
- KB 110 kV Osijek 3-Osijek 4

Opravdanost polaganja zadnje spomenutih kabela treba dodatno ispitati. Ocjenjujemo da je treću fazu potrebno započeti neposredno po završetku druge faze (pripreme radove i prije), a realno ju je moguće završiti kroz nekoliko godina (do "nazivne" 2005. godine).



Slika 7 Prijenosna mreža u Slavoniji i Baranji – početak 2000. godine

5 GRAD ZAGREB

5.1 Sadašnje stanje

Problematika sigurnosti napajanja zagrebačkog područja el. energijom razmatrana je u više studija i članaka (lit. 1, 5), pa su problemi dobro poznati. Budući da se radi o najvećem konzumnom centru u R. Hrvatskoj činjenica je da se problematici napajanja ovog područja električnom energijom dosad poklanjala i najveća pažnja. Gotovi svi upućeni u razmatranu problematiku su suglasni da je sigurnost napajanja zagrebačkog područja el. energijom bitno smanjena u odnosu na stanje s kraja osamdesetih. Prijenosna mreža ovog područja je znatno oslabljena dok je istovremeno konzum porastao zbog gospodarsko-društvenih kretanja u devedesetim. Posljedica takvog stanja su redukcije potrošnje el. energije poput onih uzrokovanih havarijom u TS 400/110 kV Tumbri prije nekoliko godina, ili ovogodišnjih uzrokovanih kvarovima u TS 110/35 kV Jarun. Više puta su naznačene i nužne mjere potrebne za sanaciju postojećeg stanja, ali se iste zbog nedostatka financijskih sredstava teško provode. Osnovni problemi koji bitno smanjuju sigurnost i pouzdanost napajanja grada Zagreba i šireg zagrebačkog područja el. energijom su slijedeći:

- angažman TS 220/110 kV Mraclin u napajanju istočnog dijela EES radi uništenja TS 400/110 kV Ernestinovo i pogona 400 kV voda Tumbri-Ernestinovo pod 220 kV naponom na dionici od Mraclina do Đakova, čime se čitavo područje sjeverozapadne hrvatske, deficitarno el. energijom s obzirom na smještaj proizvodnih postrojenja, napaja preko jedne TS 400/110 kV (Tumbri),
- visoki tokovi snaga pojedinim 110 kV vodovima na zagrebačkom području (Tumbri-Mraclin, Tumbri-Botinec, Tumbri-Rakitje) uzrokovani postojećom konfiguracijom mreže, na kojoj pri visokim opterećenjima EES-a ispad jednog od "kritičnih" vodova može izazvati raspad sjeverozapadnog i istočnog dijela sustava,
- starost i nedovoljno održavanje pojedinih TS 110/x kV čime je bitno smanjena njihova raspoloživost, i dr.

U značajnije probleme možemo ubrojiti još i radijalan priključak novih blokova u ELTO Zagreb na 110 kV mrežu preko TS 110/35 kV Jarun, te priključak starih blokova na 30 kV mrežu, bez transformacije 110/30 kV u tom postrojenju. Radijalan priključak na 110 kV mrežu uzrokovan je isključenjem 110 kV kabela ELTO-Trpimirova u normalnom pogonu, radi previsoke razine struja kratkih spojeva i neodgovarajućeg dimenzioniranja postrojenja u TS Trpimirova. Modelska ispitivanja pokazuju da bi pri sadašnjim opterećenjima na konfiguraciji mreže s uključenim kablom ELTO-Trpimirova tokovi snaga bili unutar dozvoljenih granica, te da bi N-1 kriterij bio zadovoljen čime bi se izbjegao radijalan priključak blokova ELTO Zagreb na 110 kV mrežu, ali da bi razina struja trolnih i jednopolnih kratkih spojeva prelazila vrijednost od 31,5 kA prema kojoj je dimenzionirano postrojenje TS Trpimirova.

Nezanemariv problem u vođenju pogona 110 kV mreže grada Zagreba je i nadležnost dviju ili triju direkcija (Proizvodnja, Prijenos i Distribucija) nad pojedinim objektima mreže, pa se događa da u jednoj TS postoji oprema u nadležnosti dvije ili sve tri direkcije, što onemogućava efikasan pogon i održavanje objekata.

Budući da je razmatrana problematika napajanja grada Zagreba više puta elaborirana navodimo samo osnovne zaključke.

5.2 Razvoj VN mreže na području grada Zagreba

Mjere za povećavanje sigurnosti napajanja konzuma grada Zagreba možemo podijeliti u dvije osnovne grupe:

1. **Mjere za povećavanje sigurnosti napajanja pojedinih TS 110/x kV (uključujući TS Jarun)**
2. **Mjere za povećavanje sigurnosti napajanja cjelokupne 110 kV mreže grada Zagreba**

1. Pod mjerama za povećavanje sigurnosti napajanja pojedinih TS 110/x kV najznačajnije je provesti revitalizaciju starijih i dotrajalih elemenata mreže (transformatori, prekidači, rastavljači i dr.). Kritične s aspekta dotrajalosti opreme su TS Rakitje, TS Jarun, TS Resnik i TETO. Revitalizaciju treba obavljati selektivno, snimiti postojeće stanje, ispitati pojedinačnu opremu, te odrediti listu prioriteta. Isti način treba primjeniti i u TS Jarun, te zamijeniti samo onu opremu koja ugrožava sigurnost napajanja distributivnog konzuma. Energetske transformatore treba posebno ispitati, a nakon toga donesti odluku o eventualnoj nabavci novih. Aktivnosti na revitalizaciji objekata prijenosne mreže treba provoditi kontinuirano, a opremu zamjenjivati prema listi prioriteta ovisno o raspoloživim financijskim sredstvima.

U ELTO Zagreb je potrebno ugraditi transformator 110/30 kV (novi ili eventualno preseliti postojeći iz Jaruna ukoliko ispitivanja pokažu da se može pouzdano koristiti) kako bi se svi generatori povezali na 110 kV mrežu.

Da bi se osigurao dvostrani priključak ELTO, nije povoljno graditi novi kabel ELTO-Jarun (4 km), već položiti kabel ELTO-Stenjevec (5 km), u planovima razvoja mreže predviđen za priključak nove TS Zapad 1.

Ovisno o raspoloživim financijskim sredstvima potrebno je kontinuirano graditi nove TS 110/x kV. U ovom trenutku saglediva lista prioriteta bi bila:

1. grupa: TS Volovčica, TS Trnje 2 (do “nazivne 2000. godine”)
 2. grupa: TS Žitnjak, TS Kršnjavoga, TS Ružmarinka (do “nazivne 2005. godine”)
 3. grupa: TS Trnje 1, TS Zapad 1, TS Jankomir, TS Sesvete (do “nazivne 2010. godine”)
2. **Napajanje 110 kV mreže grada Zagreba (a time i svih potrošača na ovom području) ozbiljno je ugroženo posljednjih godina radi napajanja istočnog dijela EES na 220 kV naponu preko TS Mraclin.** Direktna posljedica toga je nemogućnost angažiranja TS 220/110 kV Mraclin u napajanju potrošača na području sjeverozapadne Hrvatske, radi čega se cjelokupni konzum napaja preko TS 400/110 kV Tumbri.

Zbog napajanja Slavonije preko Mraclina u zimskom razdoblju dolazi do povećanih opterećenja 110 kV vodova na području Zagreba, prvenstveno vodova Tumbri-Mraclin, Tumbri-Rakitje i Tumbri-Botinec, pa bi ispad jednog od tih vodova (odnosno jedne njegove trojke) mogao u nepovoljnim pogonskim stanjima dovesti do lančanog preopterećenja ostalih 110 kV vodova, a time i prekida napajanja velikog dijela potrošača na području sjeverozapadne Hrvatske, uključujući i grad Zagreb.

Da bi se današnje nepovoljno stanje otklonilo potrebno je što prije:

- Obnoviti TS 400/110 kV Ernestinovo i podići pogonski napon 400 kV voda Tumbri (Žerjavinec) - Ernestinovo na nazivnu vrijednost.
- Izgraditi TS 400/110 kV Žerjavinec zajedno s predviđenim raspletom 110 kV vodova.

LITERATURA:

- [1] Problematika pogona i razvoja 110 kV mreže grada Zagreba, Energetski institut "Hrvoje Požar", 1999.
- [2] Problematika napajanja velikih gradova (Split, Osijek, Rijeka) električnom energijom, Energetski institut "Hrvoje Požar", 1999.
- [3] Opskrba Slavonije i Baranje električnom energijom, DUP-PrP Osijek, 1997.
- [4] Potrebe izgradnje proizvodnih postrojenja i prijenosne mreže do 2020. godine, s osvrtom na 2030. godinu - u dijelu EES na području Slavonije i Baranje, Energetski institut "Hrvoje Požar", prosinac 1997.
- [5] Sadašnji problemi i razvoj 110 kV mreže sjeverozapadnog dijela EES, D. Bajs, Energija 6, 1997.
- [6] Razvitak EES Hrvatske do 2030. godine – Knjiga 3: Prijenosna mreža, Energetski institut "Hrvoje Požar", prosinac 1997.
- [7] Razvoj 110 kV mreže grada Rijeke u razdoblju 2000.-2030. godine, Energetski institut "Hrvoje Požar", 1999.

Naslov pisca:

Davor Bajs, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar",
Ulica grada Vukovara 37,
10000 Zagreb
Hrvatska