

# **METODOLOGIJA IZRADJE PROGNOZE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I NJENE PROSTORNE RASPODELE I PRIMERI PRIMENE**

A. Šaranović, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

D. Kecman, I. Belić, B. Čupić, M. Ivanović, V. Sovrlić, I. Stanisavljević, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Srbija

## **1. UVOD**

Za period poslednjih 10-20 godina karakteristične su značajne promene ne samo kada je reč o strukturi potrošnje električne energije, već i kada se analizira prostorna raspodela potrošnje električne energije. Pomenuti period karakterističan je i po prilično malom obimu investiranja u elektrodistributivnu mrežu svih naponskih nivoa. Pomenute promene su posledica jeftine električne energije (tek u poslednjih 5-6 godina uspostavljen je paritet cene električne energije u odnosu na cene drugih energenata), zatim značajnog smanjenja privrednih aktivnosti, kao i stalno prisutnih migracija stanovništva. U uslovima kada je zemlja bila pod sankcijama i u ratu zabeležen je značajan pad potrošnje električne energije u sektoru privrede, u pitanju su pre svega kategorije potrošača koji preuzimaju električnu energiju pod naponom 110, 35, 20 i 10 kV. S druge strane potrošnja u kategoriji domaćinstava beleži konstantan rast, sve do kraja devedesetih godina kada ova potrošnja počinje da stagnira. Usled izmenjenog udela pojedinih kategorija potrošnje u ukupnoj potrošnji električne energije, kao i njene različite prostorne raspodele (posledica stalnih migracija, a naročito kao posledica migracije selo-grad) prognoza potrošnje električne energije zahteva posebnu pažnju i prilagođavanje metodologije raspoloživim podlogama. Zbog navedenih razloga u realizovanim Studijama razvoja distributivnih mreža ([1]-[5]) prognoza je urađena po različitim kategorijama potrošnje, uzimajući u obzir i novonastale prilike kao što je npr. intenzivan proces gasifikacije koji je aktuelan u velikom broju gradova u Srbiji i slično. Kvalitetno odrađena prognoza potrošnje električne energije, koja je bazirana na što je moguće tačnijim i detaljnijim podlogama, prava je osnova za proces planiranja dugoročnog razvoja distributivne mreže svih naponskih nivoa.

## **2. METODOLOGIJA ZA IZRADU PROGNOZE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE**

Metodologija za formiranje prognoze potrošnje električne energije i njene prostorne raspodele će biti detaljno predstavljena na primeru prognoze potrošnje električne energije izvršene za područje ED Kraljevo i Vrnjačka Banja, što je deo studije [1]. Zatim će biti dat uporedni pregled rezultata prognoze za distributivna područja Kraljeva, Vrnjačke Banje, Šapca, Lazarevca i Leskovca. Da bi se formirala njena dobra prostorna raspodela, prognoza potrošnje električne energije se sprovodi po pojedinim kategorijama potrošača. Izdvojene su sledeće kategorije: "domaćinstva", "ostala potrošnja", "javna rasveta" i "velepotrošači". Konačni rezultati prognoze su opterećenja

raspoređena po postojećim TS X/0.4 kV po svim presečnim etapama (u pitanju su petogodišnji presečni periodi) i dobijaju se sabiranjem prognoziranih opterećenja za svaku od kategorija potrošnje.

## 2.1. Prognoza potrošnje električne energije za kategoriju "domaćinstava"

Za domaćinstva se posebno formira prognoza potrošnje za potrebe grejanja, a posebno za sve ostale namene. Da bi bilo moguće izvršiti razdvajanje ovih energija, za sve potrošače je prethodno u bazi podataka, pored toga sa koje se TS X/0.4 kV napajaju i kom popisnom naselju pripadaju, potrebno definisati i da li su i kada priključeni na sistem daljinskog grejanja iz neke toplane, i da li i od kada koriste gas. Tek kada se baza podataka o utrošenoj električnoj energiji potrošača dopuni i ovim informacijama moguće je obraditi podatke o potrošnji domaćinstava po naseljima za potrebe grejanja i ostale namene i uspostaviti spregu podataka o potrošnji električne energije i demografskih podataka. Za kategoriju "domaćinstava", model za prognozu se sastoji iz sledećih koraka:

- Utvrđuje se kolika je potrošnja električne energije za potrebe grejanja i za ostale namene po prosečnom domaćinstvu za svako naselje (potrebno je odrediti specifične potrošnje po naseljima).
- Posebno se prognozira razvoj specifične potrošnje za potrebe grejanja, a posebno razvoj specifične potrošnje za ostale namene u svakom od naselja (kWh/domaćinstvo).
- Prognozira se kako će se kretati broj domaćinstava u svakom od naselja.
- Na bazi dobijenih rezultata proračunava se kako će se kretati ukupna potrošnja za potrebe grejanja i ukupna potrošnja za ostale namene u svakom od naselja, odnosno, proračunavaju se prosečni petogodišnji procenti promene ovih potrošnji.
- Izračunati procenti se primenjuju na potrošnju za potrebe grejanja i za ostale namene na konzumu svake od TS X/0.4 kV, prema naselju kome ta potrošnja pripada.

S obzirom da je u prethodnih nekoliko godina započeo proces gasifikacije domaćinstava u većim gradovima na području centralne i južne Srbije i da se u narednih desetak godina očekuje intenziviranje ovog procesa, to bi trebalo uzeti u obzir. Svaki korak modela prognoze potrošnje za kategoriju "domaćinstava" biće kratko opisan i započinje se od prognoze razvoja stanovništva.

**2.1.1. Broj stanovnika i domaćinstava.** Osnovne podloge za prognozu broja stanovnika i broja domaćinstava su popisni podaci iz perioda 1948-2002. godine. Krajnji rezultat ove prognoze je kretanje broja domaćinstava po naseljima po presečnim godinama perspektivnog perioda. Do njega se dolazi posredno, tako što se prognozira kretanje broja stanovnika po naseljima i prognozira se kretanje broja članova prosečnog domaćinstva, a broj domaćinstava se za svaku od presečnih etapa razvoja i za svako od naselja proračunava iz količnika ove dve vrednosti.

Pri analizi podataka za tekuću godinu često se dešava da se uoči fenomen značajno većeg broja potrošača električne energije od broja domaćinstava registrovanih po popisu. U nekim slučajevima u pitanju je činjenica da neka domaćinstva zaista imaju više brojila električne energije. Međutim, u većini slučajeva radi se o tome da je značajan broj "staračkih" domaćinstava u pojedinim naseljima ugašen, ali da su njihovi stambeni objekti sa priključkom na električnu mrežu i dalje prisutni. U velikom broju slučajeva ove objekte sporadično koriste i potomci (za vreme vikenda ili godišnjih odmora), tako da određeni nivo potrošnje postoji i u ovim objektima. Da bi se realno sagledao i razvoj ove potrošnje vrši se korekcija prognoziranog broja domaćinstava, koja uzima u obzir odstupanje koje postoji između proračunatog broja domaćinstava za tekuću godinu i dobijenog podatka o broju potrošača na datom području u tekućoj godini. Korekcija se vrši na sledeći način:

- Ukoliko je broj potrošača veći od prognoziranog broja domaćinstava u tekućoj godini, broj domaćinstava se uvećava za trećinu razlike broja potrošača i broja domaćinstava. Naime, pretpostavlja se da oni potrošači koji samo povremeno troše električnu energiju u određenom naselju godišnje potroše trećinu prosečne potrošnje, pa je zato u tom odnosu i smanjena razlika između broja potrošača i broja domaćinstava.
- Ukoliko u narednom periodu broj domaćinstava opada, korekcija raste, jer se proračunava kao trećina razlike početnog broja potrošača (dakle, iz tekuće godine) i broja domaćinstava iz određene presečne godine.
- Ukoliko u narednom periodu broj domaćinstava raste, korekcija ostaje konstantna (dakle, kao u tekućoj godini) jer se računa da se prazne kuće (od ugašenih "staračkih" domaćinstava) ne naseljavaju, već povećanje broja domaćinstava rezultuje izgradnjom novih objekata, odnosno, formiranjem novih potrošača.

Proračunavanje korekcije broja domaćinstava na opisani način je značajno i s aspekta provere ulaznih podataka koji se koriste pri izradi prognoze. Analizirajući vrednosti proračunate korekcije broja domaćinstava za naselja, može se izvršiti procena kvaliteta tzv. šifriranja potrošača, i to u domenu

dodeljivanja popisnog naselja svakom od potrošača. Nelogično visoke vrednosti korekcije mogu da ukažu bilo na činjenicu da granica između dva susedna naselja nije precizno određena ili da je za neko naselje zabeležen znatan priliv stanovništva kao rezultat migracija.

**2.1.2. Utvrđivanje specifične potrošnje za grejanje i ostale namene po naseljima.** Da bi se precizno utvrdilo koji deo električne energije se troši na grejanje, a koji za ostale namene, potrebno je izvršiti analizu uticaja gasifikacije na potrošnju električne energije, kada je u pitanju kategorija "domaćinstava", kao i dati prognozu buduće gasifikacije.

Za područje Kraljeva i Vrnjačke Banje ([1]) nije bilo moguće izvršiti detaljnu analizu uticaja gasifikacije na potrošnju električne energije, jer su potrošači iz grupe domaćinstava koji su označeni kao gasifikovani, gas tek odnedavno počeli da koriste. Za analizu uticaja korišćeni su rezultati sprovedenih analiza za područje Kragujevca ([5]), gde je kod potrošača koji su počeli da koriste gas za grejanje, uočena jaka korelacija između potrošnje u "višoj" i "nižoj" sezoni. Kod gasifikovanih potrošača potrošnja u "višoj" sezoni je bila oko 25% viša nego potrošnja u "nižoj" sezoni, što je najverovatnije posledica činjenice da se u "višoj" sezoni nešto veća energija koristi za osvetljenje (zbog kraće obdanice) i činjenice da je u okviru "niže" sezone i vreme godišnjih odmora kada je prosečna potrošnja domaćinstava značajno smanjena i sl. Tom prilikom usvojena je vrednost 1.25 za tzv. koeficijent energije grejanja, pa je to iskustvo preslikano i u slučaju prognoze za područje Kraljeva (Vrnjačke Banje, Šapca, Lazarevca, Leskovca). Dakle, energija za potrebe grejanja se izračunava kao onaj deo potrošnje u "višoj" (zimskoj) sezoni koji je iznad 125% potrošnje u "nižoj" (letnjoj) sezoni. Ovaj "višak" potrošnje u "višoj" sezoni može da postoji i kod grupe potrošača koji su toplifikovani ili gasifikovani. Međutim, on je mali i može se pretpostaviti da će neminovno povećanje cene električne energije (odnosno, uspostavljanje pariteta) doprineti da se ovaj višak kod ovakvih potrošača anulira.

Da bi se definisala dinamika buduće gasifikacije, domaćinstva su kategorizovana u sedam kategorija na osnovu vrednosti razlike potrošnje električne energije u "višoj" i "nižoj" sezoni. Izvršena je analiza zastupljenosti pojedinih kategorija u ukupnom broju potrošača koji već koriste gas i na osnovu toga definisani su procenti za svaku od kategorija potrošnje kada je u pitanju proces dalje gasifikacije (TABELA 1). Uvidom u planove realizacije primarnog gasovoda detektuju se zone koje bi trebalo da pokrije planirana gasovodna mreža kako bi se izdvojile TS X/0.4 kV čiji će se potrošači potencijalno gasifikovati. Da bi se odredio ukupan broj potrošača koji će se gasifikovati u narednom periodu iskorišćena su iskustva iz studije razvoja koja se odnosila na područje Kragujevca ([5]), na kome je već započeo intenzivniji proces gasifikacije i gde je broj potrošača koji će se gasifikovati do 2015. godine određen na bazi ukupne planirane dužine gasovodne mreže, uz uzimanje u obzir i specifične potrošnje za grejanje domaćinstava po pojedinim TS X/0.4 kV. Na bazi tih iskustava definiše se optimistička i pesimistička varijanta gasifikacije koje su vezane za nižu, odnosno, višu varijantu prognoze potrošnje električne energije. U TABELA 1 prikazani su rezultati prognozirane gasifikacije za područje Kraljeva.

Tek nakon sprovedene analize koja se odnosi na prognozu planirane gasifikacije moguće je razdvojiti grupe potrošača i njihovu energiju po svakoj TS X/0.4 kV: potrošači koji ostaju negasifikovani i netoplifikovani, toplifikovani potrošači, gasifikovani potrošači, potrošači koji će biti gasifikovani do 2010. godine i potrošači koji će biti gasifikovani do 2015. godine. Nakon izvršene raspodele energije po sezonama, za sve definisane grupe potrošača po svakoj TS X/0.4 kV i naselju kome domaćinstva pripadaju, moguće je izračunati energiju za potrebe grejanja, a energija za ostale namene se dobija kao ostatak do ukupno utrošene energije ovih potrošača.

**TABELA 1: Broj gasifikovanih potrošača po grupama potrošnje za područje Kraljeva**

Grupa potrošnje	Broj potrošača	Procenat zastupljenosti	Usvojeni procenti za dalji proces gasifikacije	Niža varijanta prognoze		Viša varijanta prognoze	
				Broj potrošača koji će se gasificirati do 2010. godine	Broj potrošača koji će se gasificirati do 2015. godine	Broj potrošača koji će se gasificirati do 2010. godine	Broj potrošača koji će se gasificirati do 2015. godine
(VS-NS<=0)	28	17.50%	15.00%	378	378	154	154
(VS-NS<=2000)	85	53.13%	50.00%	1249	1249	493	493
(2000<VS-NS<=3000)	25	15.63%	15.00%	373	373	158	158
(3000<VS-NS<=4000)	8	5.00%	5.00%	133	133	48	48
(4000<VS-NS<=5000)	9	5.63%	5.00%	131	131	51	51
(5000<VS-NS<=6000)	2	1.25%	5.00%	117	117	52	52
(6000<VS-NS)	3	1.88%	5.00%	120	120	44	44
<b>Ukupno</b>	<b>160</b>			<b>2501</b>	<b>2501</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

Na osnovu proračunate utrošene energije domaćinstava za grejanje i za ostale namene po svakoj od TS X/0.4 kV i naselju kome domaćinstva pripadaju, proračunavaju se vrednosti ukupne energije za grejanje i za ostale namene u svakom od naselja. Pošto se raspolaže prognoziranim brojem domaćinstava za tekuću godinu, jednostavno je izračunati specifične parametre po naseljima za

tekuću godinu: specifičnu energiju domaćinstava za potrebe grejanja i specifičnu energiju za ostale namene.

**2.1.3. Prognoza specifične i ukupne energije za grejanje i ostale namene po naseljima.** Za naselja u kojima postoji energija za grejanje, na bazi iskustva iz prethodnog perioda, prognozira se porast specifične energije za potrebe grejanja od 0.5% godišnje. Usvojeni procenat je relativno mali, ali ukoliko se uspostavi paritet cene električne energije i ostalih energenata, za očekivati je da porasta uopšte ne bude, već da se ostvari pad potrošnje električne energije za grejanje. Usvajanjem pozitivne vrednosti ovog procenta pravi se rezerva u prognozi, odnosno, mogućnost da planirana mreža bude dovoljno robusna da prihvati opterećenje i nešto veće od onog koje se realno očekuje. Množenjem prognoziranu specifičnu energiju za potrebe grejanja (kWh/domaćinstvo) i prognoziranog broja domaćinstava dobija se ukupna energija grejanja po svakom od naselja. Potrebno je napomenuti da kod domaćinstava koja su već gasifikovana i toplifikovana, ukoliko se u tekućoj godini pojavljuje manji iznos energije za grejanje, prognozira se da će do naredne presečne etape on nestati zbog povećanja cene električne energije. U periodu do 2010. godine očekuje se da će nestati i energija za grejanje potrošača koji će se gasifikovati do 2010. godine. Slično tome, kod potrošača koji će se gasifikovati do 2015. godine, očekuje se nestanak energije za grejanje u periodu do 2015. godine. Međutim, do tog trenutka prognozira se porast energije za grejanje na isti način kao kod potrošača koji nisu gasifikovani ni toplifikovani.

Na osnovu literature (prospekata o potrošnji pojedinih aparata), formirana je procena potreba električne energije za određene namene u domaćinstvima, u dve varijante.

Analizirajući podatke o potrošnji pojedinih aparata, uz sagledavanje nivoa ekonomskog razvoja države i poređenje korelacije potrošnje električne energije za ostale namene sa nivoom standarda u Srbiji i u razvijenim zemljama Zapadne Evrope, usvojeno je nekoliko pretpostavki prognoze specifične energije za ostale namene:

- Specifična potrošnja za ostale namene u domaćinstvu će rasti i težiti usvojenoj vrednosti koja zavisi od broja članova domaćinstava.
- Rast specifične potrošnje za ostale namene obavlja se po logaritamskoj krivoj koja zavisi od tekuće vrednosti specifične potrošnje za ostale namene u svakoj od presečnih godina. Na taj način su sva naselja stavljena u istu poziciju u smislu prognoze specifične potrošnje kada ona dostigne određenu vrednost.

Za određeni nivo specifične potrošnje u nekoj presečnoj godini izračunava se stopa porasta po kojoj bi ta specifična potrošnja za određeni broj godina (C) dostigla graničnu vrednost specifične potrošnje ( $W_e$ ). Po toj stopi se računa porast specifične potrošnje do naredne presečne godine. Onda se za dobijenu specifičnu potrošnju u narednoj presečnoj godini ponovo proračunava stopa porasta kojom bi se za C godina od te presečne godine došlo do nivoa specifične potrošnje  $W_e$ . Na taj način se stalno pomera trenutak dostizanja specifične potrošnje  $W_e$  za C godina u budućnost.

Ukupna energija domaćinstava za ostale namene po naseljima u svakoj od presečnih godina perspektivnog perioda dobija se kao proizvod specifične energije za ostale namene i prognoziranog broja domaćinstava.

Kada se na opisani način proračunaju ukupne energije za potrebe grejanja i za ostale namene po svakom od naselja, preostaje još da se proračunaju procenti promene ovih energija po presečnim periodima za svako naselje. Konačni rezultat prognoze potrošnje u kategoriji "domaćinstava" bi trebalo da budu opterećenja po TS X/0.4 kV po svim presečnim etapama. Izračunate procenat treba primeniti na naselje koje data TS X/0.4 kV napaja. Ukoliko TS X/0.4 kV napaja domaćinstva u dva (ili čak i tri naselja), posebni procenti promene energije za grejanje i za ostale namene primenjuju se na potrošnju u svakom naselju. Dakle, porast energije grejanja i energije za ostale namene domaćinstava kod svake TS X/0.4 kV određuje se na osnovu naselja kome ta domaćinstva pripadaju.

Potrebno je naglasiti da je uobičajeno da se formiraju dve varijante prognoze (tako je realizovano i u studijama [1]-[3]), da bi se planom razvoja mreže obuhvatila i pesimistička i optimistička viđenja budućeg razvoja i da bi formirani plan bio dovoljno robusan. Kada je u pitanju kategorija domaćinstava, u ovako koncipiranoj metodologiji ove dve varijante prognoze razlikuju se po sledećim parametrima: po dinamici planirane gasifikacije, tačnije, različit je planirani broj gasifikovanih potrošača; prilikom prognoze specifične energije za ostale namene koristi se različita vrednost za tzv. period zasićenja odnosno broj godina za koliko bi se uz fiksni procenat porasta dostigla granična specifična potrošnja  $W_e$  (npr. C=40 u nižoj varijanti prognoze, odnosno C=30 u višoj varijanti prognoze); moguće je varirati i nivo energije zasićenja prosečnog domaćinstva (npr. usvojiti u višoj varijanti prognoze vrednost  $W_e=7700$  kWh/dom. koja odgovara ekstra standardu umesto vrednosti  $W_e=7000$  kWh/dom. koja odgovara visokom standardu).

Interesantno je kao rezultate prognoze potrošnje za kategoriju "domaćinstava" prikazati dobijene procenat godišnjeg porasta ukupne energije za različita distributivna područja (za obe varijante prognoze) - TABELA 2.

TABELA 2: Pregled procentualnih vrednosti godišnjeg rasta ukupne energije domaćinstava za prethodni period i formirane prognoze

Godišnji procenti rasta ukupne energije domaćinstava	Kraljevo	Vrnjačka Banja	Šabac	Lazarevac	Leskovac
2004/2003	2.23%	-	1.72%	1.28%	0.91%
2005/2004	3.63%	-	3.48%	4.03%	-0.13%
2006/2005	2.88%	-	3.17%	2.37%	-
Niža varijanta prognoze	0.73%	0.74%	0.90%	0.96%	1.04%
Viša varijanta prognoze	1.00%	1.15%	1.43%	1.45%	

## 2.2. Prognoza potrošnje električne energije za kategorije "ostala potrošnja" i "javna rasveta"

Kategorijom "ostala potrošnja" obuhvaćene su različite grupe potrošača: "virmanci" II stepena - razni lokali, firme, prodavnice, zanatski i trgovinski centri, kao i zajednička potrošnja stambenih objekata. Kroz razne analize bila je ispitivana mogućnost da se iznos ove energije po TS X/0.4 kV poveže sa iznosom potrošnje domaćinstava, ali je uspostavljena korelacija bila slaba. Zbog toga je za ovu kategoriju potrošača usvojen fiksni procenat rasta električne energije na godišnjem nivou i na taj način se ova potrošnja prognozira po mestima gde je ona već locirana. Na isti način prognozirani su i tzv. "mali velepotrošači" koji predstavljaju podgrupu kategorije "velepotrošači" (ova podela biće detaljno objašnjena dalje u tekstu). Usvojene vrednosti procenta rasta su različite za nižu, odnosno višu varijantu prognoze, a razlikuju se i za pojedina distributivna područja. To pre svega zavisi od toga kako se ova potrošnja kretala u poslednjih nekoliko godina za svako od distributivnih područja. Na isti način prognozira se i potrošnja u kategoriji "javna rasveta". TABELA 3 daje pregled usvojenih procenata rasta za višu i nižu varijantu prognoze za svako od područja iz [1]-[4]. Usvajanjem ovih vrednosti ostavlja se rezerva za pojavu novih potrošača u kategoriji "ostale potrošnje", ali i u kategoriji "I stepen na 0.4 kV", jer se ne očekuje da će postojeći potrošači imati značajniji rast potrošnje.

TABELA 3: Usvojene vrednosti za fiksni procenat rasta ostale potrošnje i javne rasvete

Usvojene vrednosti fiksnog procenta rasta ostale potrošnje i javne rasvete	Ostala potrošnja					Javna rasveta				
	Kraljevo	Vrnjačka Banja	Šabac	Lazarevac	Leskovac	Kraljevo	Vrnjačka Banja	Šabac	Lazarevac	Leskovac
Niža varijanta prognoze	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	3.00%	3.00%	3.00%	2.00%	2.00%	3.00%
Viša varijanta prognoze	4.00%	4.00%	4.00%	5.00%		4.00%	4.00%	4.00%	5.00%	

## 2.3. Prognoza potrošnje električne energije za kategoriju "velepotrošača"

Ova kategorija potrošača je formirana na osnovu posebne baze podataka i obuhvata: direktne potrošače na 35 i 10 kV, potrošače na 0.4 kV I stepen (svi navedeni imaju merenje snage, aktivne i reaktivne energije) i potrošače na 0.4 kV II stepen i zajedničku potrošnju (imaju samo merenje aktivne energije). Dve poslednje grupe potrošnje obuhvaćene su prognozama u okviru prethodnih kategorija kao "ostala potrošnja", odnosno kao "javna rasveta".

Potrošači koji imaju merenje snage su podeljeni u dve potkategorije: tzv. "mali" i "veliki" velepotrošači. Podela je inicijalno izvršena na bazi godišnje vršne snage ("veliki" su iznad 50 kW) ili utrošene godišnje električne energije ("veliki" imaju potrošnju veću od 80000 kWh godišnje). Ideja je da se veliki velepotrošači pojedinačno anketiraju i zatim prognoziraju. U saradnji sa stručnjacima iz ED, zbog velikog broja potrošača za anketiranje i dovoljnog poznavanja njihove prirode, pojedinačno se anketiraju i prognoziraju samo neki značajniji. Svi ostali velepotrošači se svrstavaju u kategoriju "malih" i njihova potrošnja prognozira se sa fiksnom stopom porasta u okviru "ostale potrošnje".

"Veliki" velepotrošači se posebno prognoziraju. Analizira se njihov nivo potrošnje u prethodnom periodu, obavljaju se direktni razgovori sa svakim od njih pojedinačno i na osnovu izvršenog anketiranja formira se prognoza potrošnje (aktivne i reaktivne) električne energije za ove potrošače, po presečnim godinama. Ovom prognozom obično se obuhvata i novi potrošači čija je pojava izvesna. Primer prognoze potrošnje "velikih" velepotrošača dat je u narednoj tabeli (TABELA ).

TABELA 4: Primer prognoze potrošača iz grupe "veliki" velepotrošači

Direktni potrošači	Veličine	Podaci iz baze s kojima se raspolagalo					Prognoza			
		2002	2003	2004	2005	2006	2010	2015	2020	2025
FABRIKA VAGONA	Pmax (kW)	1 528	2 608	2 394	2 166	1 812	4 000	4 700	5 000	5 400
	Tekv (h)	2 114	2 440	2 015	2 089	2 359	2 400	2 450	2 500	2 550
	cos φ	0.74	0.77	0.54	0.54	0.54	0.95	0.95	0.95	0.95
	Wa (MWh)	3 231	6 363	4 824	4 525	4 274	9 600	11 515	12 500	13 770
	Wr (MVArh)	2 943	5 199	7 474	7 097	6 700	3 155	3 785	4 109	4 526

Što se tiče varijacija prognoze, kada je ova kategorija potrošnje u pitanju, niža varijanta prognoze je rezultat detaljnih analiza ovih potrošača nakon obavljenog anketiranja. Viša varijanta prognoze dobija se tako što se za svakog od potrošača uvećavaju maksimalne snage po presečnim etapama koje su definisane u nižoj varijanti prognoze. U [1] je to učinjeno na sledeći način: za etapu razvoja do 2010. godine zadržan je isti nivo prognoziranog opterećenja iz niže varijante prognoze; za etapu razvoja do 2015. godine za svakog od potrošača maksimalna snaga iz niže varijante prognoze uvećana je za 3%; za etapu razvoja do 2020. godine za svakog od potrošača maksimalna snaga iz niže varijante prognoze uvećana je za 6%; za etapu razvoja do 2025. godine za svakog od potrošača maksimalna snaga iz niže varijante prognoze uvećana je za 9%.

Ukupna prognoza potrošnje električne energije po TS X/0.4 kV predstavlja zbir prognoza za pojedine kategorije potrošnje, po TS X/0.4 kV. Detaljno je opisano na koji način je proračunato aktivno opterećenje za pojedine kategorije potrošača. Reaktivno opterećenje se računa na osnovu aktivnog opterećenja i usvojenog faktora snage za potrošače iz kategorija "domaćinstava", "ostale potrošnje", "javne rasvete" i "malih velepotrošača", a za kategoriju "velikih velepotrošača" pojedinačno za svakog potrošača prognozira se i reaktivno opterećenje, odnosno, vrednost faktora snage - reaktivna energija računa se na osnovu proračunate aktivne energije i prognozirane vrednosti faktora snage.

TABELA ilustruje konačne rezultate prognoze aktivne energije, iz [1]-[4]: dati su iznosi ukupne energije po presečnim etapama i procenti porasta aktivne energije po presečnim godinama. Interesantan pokazatelj rezultata prognoza je vrednost potrošnje električne energije po stanovniku. TABELA prikazuje vrednosti, za svako od distributivnih područja iz [1]-[4], za postojeće stanje, dakle, za 2006. (odnosno 2005. godinu kada je u pitanju područje Leskovca) i poslednju godinu perspektivnog perioda. Kao parametar za poređenje mogu da posluže TABELA i TABELA. TABELA daje pregled zabeleženih godišnjih potrošnji električne energije po stanovniku za neke zemlje Evrope za nekoliko poslednjih godina, dok TABELA daje prikaz godišnjih potrošnji električne energije po stanovniku za neka distributivna preduzeća u Srbiji.

**TABELA 5: Iznosi ukupne aktivne i reaktivne energije po presečnim etapama planskog perioda i procenti prognoziranog rasta**

Distributivno područje	Aktivna energija (MWh)					Reaktivna energija (Mvarh)					Procenti rasta ukupne aktivne energije				
	2006	2010	2015	2020	2025	2006	2010	2015	2020	2025	2010/2006	2015/2010	2020/2015	2025/2020	Godišnji porast
<b>NIŽA VARIJANTA PROGNOZE</b>															
Kraljevo	344 424	387 568	412 270	437 366	462 936	87 446	72 838	78 091	83 034	87 989	12.53%	6.37%	6.09%	5.85%	1.57%
Vrnjačka Banja	99 196	110 086	116 923	125 203	133 001	21 927	18 605	19 854	21 272	22 524	10.98%	6.21%	7.08%	6.23%	1.56%
Šabac	452 023	532 279	591 685	632 154	671 313	143 619	136 502	150 802	161 288	171 781	17.75%	11.16%	6.84%	6.19%	2.10%
Lazarevac	239 220	297 861	319 191	340 271	362 710	90 989	110 382	117 508	124 365	131 957	24.51%	7.16%	6.60%	6.59%	2.21%
<b>VIŠA VARIJANTA PROGNOZE</b>															
Kraljevo	344 424	396 470	436 243	476 432	519 678	87 446	74 169	82 170	89 934	98 163	15.11%	10.03%	9.21%	9.08%	2.19%
Vrnjačka Banja	99 196	113 628	126 057	139 254	152 814	21 927	19 134	21 291	23 527	25 725	14.55%	10.94%	10.47%	9.74%	2.30%
Šabac	452 023	548 953	636 480	705 979	778 000	143 619	140 681	162 104	179 961	198 837	21.44%	15.94%	10.92%	10.20%	2.90%
Lazarevac	239 220	305 130	339 614	379 084	423 502	90 989	112 558	124 297	137 351	152 277	27.55%	11.30%	11.62%	11.72%	3.05%
Leskovac	220 813	263 166	284 571	305 364	326 354	53 127	47 497	51 370	54 950	58 408	19.18%	8.13%	7.31%	6.87%	1.97%

**TABELA 6: Prognozirani porast potrošnje električne energije po stanovniku**

Potrošnja po stanovniku (kWh/stanovniku)	Kraljevo	Vrnjačka Banja	Šabac	Lazarevac	Leskovac
2006(2005)	3 050	3 420	2 410	2 220	2 820
2025 (niža varijanta)	4 050	4 220	3 510	3 390	3 950
2025 (viša varijanta)	4 550	4 850	4 070	3 960	

**TABELA 7: Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku u nekim zemljama Evrope<sup>1</sup>**

Zemlja	Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku (kWh/stanovniku)			
	1999	2000	2001	2002
Austrija	6 429	6 575	6 824	6 838
Bugarska	2 899	3 009	3 109	3 060
Češka	4 680	4 807	4 977	4 982
Francuska	6 392	6 539	6 682	6 606
Hrvatska	2 568	2 695	2 696	2 855
Nemačka	5 690	5 963	6 137	6 046
Norveška	24 499	24 389	24 858	23 855
Poljska	2 388	2 511	2 541	2 514
Slovenija	5 218	5 290	5 493	5 907
Švajcarska	7 291	7 294	7 474	7 381

<sup>1</sup> Izvor ovih podataka je Svetska banka

TABELA 8: Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku za pojedine ED u Srbiji<sup>2</sup>

Distributivno preduzeće	Godišnja potrošnja električne energije po stanovniku (kWh/stanovniku)					
	1989	1991	1995	2000	2002	2004
ED Beograd	3 122	3 441	3 860	4 000	3 697	3 912
ED Kraljevo	2 225	2 344	2 600	2 799	2 800	2 916
ED Kragujevac	2 727	2 736	2 576	2 570	2 846	2 912
ED Požarevac	1 751	1 977	2 479	2 726	2 724	2 693
ED Užice	2 340	2 362	2 425	2 701	2 768	2 961
ED Zaječar	2 130	2 117	2 210	2 459	2 423	2 481
ED Niš	2 144	2 318	2 540	2 679	2 756	2 998
ED Leskovac	1 413	1 526	2 181	2 590	2 578	2 556
ED Vranje	1 656	1 721	2 008	2 058	2 057	1 975
ED Novi Sad	2 839	3 305	3 349	3 411	3 511	3 535
Srbija ukupno	2 778	2 983	3 136	3 306	3 276	3 377

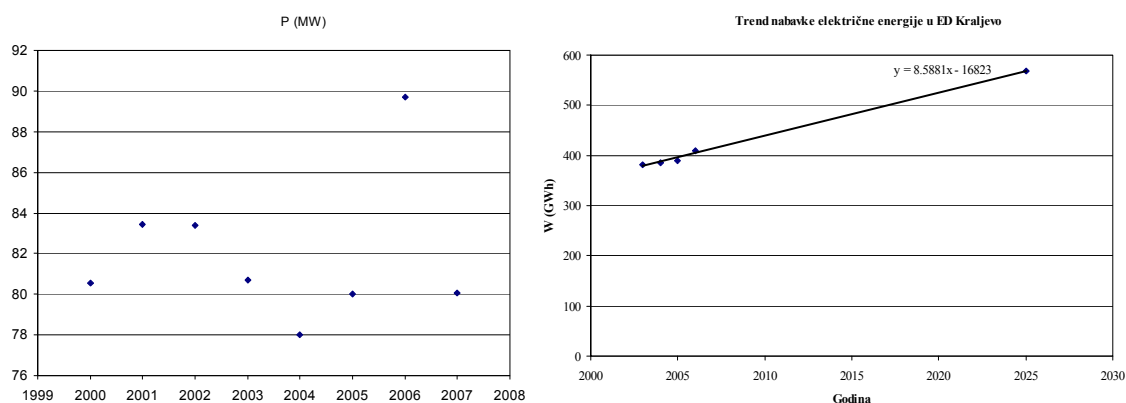
### 3. ANALIZA FORMIRANE PROGNOZE NA BAZI GLOBALNIH TRENDOVA I ANALIZE OSETLJIVOSTI PROGNOZE NA VREDNOST ULAZNIH PARAMETARA

Kao jedan od parametara koji pokazuje realnost ostvarenja formirane prognoze su trendovi vršne snage, nabavke i prodaje električne energije na nivou kompletnog distributivnog preduzeća za koje se prognoza formira. Ovi trendovi se formiraju na bazi što je moguće duže istorije, pri čemu je moguće koristiti različite tipove linija trenda. Dosadašnje iskustvo pokazuje da je prava linija trenda sasvim zadovoljavajuća. Naredni primeri ukazaće na mogućnosti analize prognoze na osnovu kretanja predloženih globalnih pokazatelja. Prognoza registrovane potrošnje električne energije u ovim slučajevima rađena je uz pretpostavku da se procenat gubitaka električne energije neće menjati tokom razmatranog perspektivnog perioda.

Na sl. 1 prikazano je kretanje vršne snage za distributivno područje Kraljeva u periodu 2000-2007. godina. Pokazuje se da je ovo relativno kratak period za procenu budućeg kretanja vršne snage, naročito kada se ima u vidu da se u ovom periodu nalazi i neregularna 2000. godina, kao i nekoliko godina kada je vršeno značajnije povećanje cene električne energije.

Kada se posmatra trend nabavke električne energije, sl. 1 pokazuje da na bazi serije 2003-2006. godina, očekivana nabavka u 2025. godini bi mogla da iznosi oko 568 GWh. Imajući u vidu da su gubici električne energije iznosili oko 14.8%, ovo odgovara prognoziranoj potrošnji od oko 484 GWh što je za oko 4.3% više od niže varijante prognoze (463 GWh), odnosno za oko 7.5% niže od više varijante prognoze (520 GWh).

sl. 1: Pregled vršnih opterećenja za distributivno područje Kraljeva u periodu 2000-2007. godina i trend nabavke električne energije za distributivno područje Kraljeva



Zahvaljujući očekivanom oporavku industrijske proizvodnje, prognoza potrošnje električne energije može u određenoj meri odstupati od trendova s početka 21. veka. Kada je u pitanju područje Šapca, očekivana nabavka u 2025. godini, izračunata na bazi serije 2002-2006. godina, iznosi oko 767 GWh. Imajući u vidu da su gubici električne energije iznosili oko 17.57%, ovo odgovara prognoziranoj potrošnji od oko 632 GWh, što je za oko 6% niže od niže varijante prognoze (671 GWh), odnosno za oko 23% niže od više varijante prognoze (778 GWh). U slučaju Lazarevca, očekivana nabavka u 2025. godini, izračunata na bazi serije 2004-2006. godina, bi iznosila oko 395 GWh. Imajući u vidu da su gubici električne energije iznosili oko 19.55%, ovo odgovara prognoziranoj potrošnji od oko 317 GWh, što je za oko 14% niže od niže varijante prognoze (363 GWh), odnosno za oko 34% niže od više varijante prognoze (424 GWh).

<sup>2</sup> Kada je ova tabela u pitanju, godišnji period podrazumeva vremenski interval 1.1. - 31.12. date godine

U okviru detaljnog opisa metodologije za izradu prognoze bilo je naglašeno, kod svake od kategorije potrošnje, koji su parametri bili usvojeni. Da bi se ukazalo na to na koji način usvojene vrednosti utiču na konačne rezultate prognoze, nakon formiranja prognoze vrši se analiza njene osetljivosti na vrednost parametara od uticaja. Rezultati ove analize sprovedene za područje ED Kraljevo biće ukratko izloženi dalje u tekstu.

Promena perioda zasićenja kao parametra prognoze donosi porast potrošnje u kategoriji domaćinstava od oko 9500 MWh (što je oko 2% ukupne prognozirane energije iz 2025. godine). S druge strane, intenzivnija gasifikacija (5000 u odnosu na 2000 potrošača) utiče na smanjenje potrošnje u 2025. godini za oko 4400 MWh (oko 0.95% ukupne prognozirane energije iz 2025. godine).

Promena od jednog procentnog poena u godišnjoj stopi rasta potrošnje električne energije za kategoriju "ostale potrošnje" doprinosi porastu ove potrošnje u horizontnoj godini za oko 20%.

Udeo potrošnje u kategoriji "javne rasvete" u ukupnoj potrošnji u horizontnoj godini je relativno mali. Promena za jedan procentni poen godišnje stope rasta ove kategorije potrošnje električne energije doprinosi povećanju opterećenja za oko 1 MW na nivou TS 110/X kV (što odgovara povećanju od oko 0.8% ukupne prognozirane energije iz 2025. godine).

Ukoliko bi pojedinačno prognozirani velepotrošači u 2025. godini imali potrošnju za 15% veću od one koja je prognozirana u nižoj varijanti prognoze to bi doprinelo ukupnom povećanju potrošnje za oko 18000 MWh (što predstavlja oko 3.9% ukupne prognozirane energije iz 2025. godine).

Izložena analiza osetljivosti prognoze na parametre koji su uticali na veličinu prognozirane energije pokazuje u kojoj je meri formirana prognoza realna. Promena usvojenih parametara u njihovim realnim okvirima menja prognozu za maksimalno 4%, što je manje od promene potrošnje u jednoj etapi razvoja mreže. U tom smislu usvojeni raspon vrednosti prognoze u nižoj i višoj varijanti omogućuje realno sagledavanje razvoja mreže.

#### 4. ZAKLJUČCI

U radu je detaljno prikazana metodologija za prognozu potrošnje električne energije i prostornu raspodelu prognozirane potrošnje, bazirana na prognozi po pojedinim kategorijama potrošnje, naseljima i TS X/0.4 kV. Ova metodologija se primenjuje za formiranje prognoze u nizu studija realizovanih u poslednjih nekoliko godina [1]-[5]. Za svaku kategoriju potrošnje ("domaćinstva", "ostala potrošnja", "javna rasveta" i "veliki velepotrošači") opisana je i primerima potkrepljena metodologija po kojoj se izrađuje prognoza. Na bazi izložene metodologije urađene su prognoze potrošnje električne energije u [1]-[4] čiji su rezultati prikazani u radu, i izvršeno je poređenje specifičnih parametara prognozirane potrošnje sa prosečnim vrednostima u okviru različitih ED u Srbiji i iz različitih evropskih zemalja.

Rezultati urađenih prognoza sagledani su i s aspekta uklapanja u globalne trendove vršne snage i nabavke i prodaje električne energije u prethodnom periodu. Globalni trendovi daju mogućnost da se dobro proceni realnost formirane prognoze i da se eventualno izmenom usvojenih parametara izvrši njeno prilagođavanje očekivanjima dobijenim na osnovu trendova. Analiza osetljivosti pojedinih parametara izložena na kraju rada ukazala je na mogućnost promene dobijenih prognoza sa gledišta realnih vrednosti parametara koji utiču na njenu izradu.

#### LITERATURA

- [1] Elaborat "Analiza funkcionisanja distributivnih mreža 10-110 kV i prognoza potrošnje na području ED Kraljevo i ED Vrnjačka Banja", 2007, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd
- [2] "Studija dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 6-110 kV na području ED Šabac - Analiza postojećeg stanja mreže i prognoza potrošnje", 2007, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd
- [3] "Studija dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10-110 kV na području ED Lazarevac - Analiza postojećeg stanja i prognoza potrošnje električne energije i snage", 2007, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd
- [4] "Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električne mreže naponskog nivoa 10 kV na području grada Leskovca", 2006, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd
- [5] "Studija perspektivnog dugoročnog razvoja električnih mreža naponskih nivoa 110, 35 i 10 kV na području EPS JP "Elektrošumadija" Kragujevac", 2005, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Beograd