

Uticaj snižavanja gornje granice više tarife električne energije na sisteme grejanja u domaćinstvima

Mladen Josijević, Vladimir Vukašinović, Dušan Gordić, Vanja Šušteršić, Filip Nastić

* Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

Rezime – Cilj rada je analiza uticaja promene tarifnog sistema naplate električne energije, tj. smanjenje granice prelaska u višu tarifu (takozvanu crvenu zonu), na domaćinstva koja koriste električnu energiju za zagrevanje time što poredi energetske potrebe i troškove eksploatacije u jednom domaćinstvu u dva slučaja: korišćenje električnog kotla i toplotne pumpe vazduh-voda. Analiza se fokusira na celokupne troškove grejanja, ali dodatno predstavlja i ekonomske pokazatelje koji se tiču isplativosti ova dva različita sistema grejanja u novonastalim okolnostima. Naime, poseban akcenat je na uticaju promene tarifnog sistema na povraćaj investicije potrebne za ugradnju toplotne pumpe kao zamene za električni kotao. Poređenje dva sistema koje je ovde sprovedeno ukazuje na razlike u konkurentnosti i osetljivosti dva sistema na promene, a na osnovu strukture potrošnje prema tarifnim razredima.

Ključne reči – tarifni sistem, električna energija, toplotna pumpa, sistemi grejanja

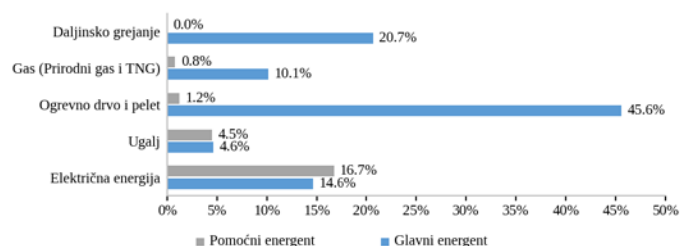
I UVOD

Potrošnja energije u sektoru zgradarstva predstavlja jedan od značajnijih segmenata ukupne energetske potrošnje na globalnom nivou. Zgrade učestvuju sa približno 23% u ukupnoj potrošnji primarne energije u svetu, dok je njihov udeo u potrošnji električne energije oko 30% [1]. U Evropi, sektor domaćinstava učestvuje sa oko 28% u ukupnoj finalnoj potrošnji energije, a najveći deo te potrošnje odnosi se na grejanje, koje čini čak 63% ukupne energije utrošene u domaćinstvima [2]. Posmatrano sa aspekta namene energije u zgradama, oko 33% ukupne finalne potrošnje koristi se za potrebe zagrevanja objekata [3].

U Srbiji potrošnja energije u domaćinstvima takođe čini značajan deo ukupne finalne potrošnje energije. Prema podacima Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije, domaćinstva čine oko 35,6% finalne potrošnje energije, što ih čini jednim od najvećih sektora krajnje potrošnje energije u Srbiji [4].

Od ukupne finalne energije koju domaćinstva troše, najveći deo se koristi za grejanje stambenog prostora, oko 66% energije domaćinstava odlazi upravo na grejanje, dok ostale potrebe, poput pripreme tople vode, kuvanja i električne energije, čine preostali deo potrošnje [5, 6]. Pored toga, prosečna godišnja potrošnja energije za grejanje u stambenim objektima u Srbiji iznosi približno 150 kWh/m², što je značajno više nego prosečna potrošnja u Evropskoj uniji [7].

U urbanim sredinama daljinsko grejanje i centralizovani sistemi imaju veći udeo u potrošnji toplotne energije, gotovo trećina domaćinstava koristi sistem daljinskog grejanja, dok u ruralnim sredinama ogrevno drvo dominira sa visokim udelom (oko 70% ili više), a upotreba električne energije za grejanje u ruralnim domaćinstvima je u relativno manjoj meri u odnosu na gradove [8]. Ovakve razlike ukazuju na to da su u seoskim i prigradskim oblastima tradicionalni izvori energije i dalje glavni izbor zbog dostupnosti i navika stanovništva, dok urbana domaćinstva češće imaju pristup centralnim i modernijim sistemima grejanja.



Slika 1. Udeli izvora energije za grejanje u domaćinstvima u Srbiji (Glavni i dopunski) [8]

Međutim, u uslovima kada povećana potrošnja električne energije zbog grejanja doprinosi rastu troškova života i dodatnom opterećenju elektroenergetskog sistema, jasno je da se domaćinstva suočavaju sa značajnim izazovima. Grejanje direktno električnom energijom obično je skuplje u odnosu na druge energente kao što su gas ili ogrevno drvo, posebno kada se koristi dnevna tarifa električne energije. Prema analizi zasnovanoj na podacima o potrošnji energije u stambenom sektoru u Srbiji, prosečna godišnja potreba za toplotnom energijom za grejanje tipičnog izolovanog stana iznosi nekoliko hiljada kilovat-sati, što može dovesti do znatnih troškova za domaćinstva koja se oslanjaju na električnu energiju kao glavni izvor toplote. Korišćenje povoljnijih tarifa (npr. noćne tarife) ili prelazak na druge energente može značajno uticati na smanjenje ukupnih troškova grejanja [9, 10].

Ovi troškovi imaju direktan uticaj na kućne budžete, naročito u hladnijim periodima kada potrošnja znatno raste i kada se više električne energije troši upravo za grejanje. U takvim okolnostima, iako električna energija nije najzastupljeniji izvor grejanja po broju domaćinstava, njen uticaj na ukupnu potrošnju i rashode korisnika koji se na nju oslanjaju ne sme da se zanemari. Upravo zbog toga raste interesovanje za energetske efikasnije pristupima i načinima smanjenja potrošnje električne energije za grejanje bilo kroz optimizaciju korišćenja tarifnih perioda (npr.

noćna tarifa) [11] ili kroz prelazak na uređaje koji imaju znatno bolji odnos utrošene energije i proizvedene toplote [12].

Isto tako, podaci pokazuju da domaćinstva koja se oslanjaju na električne grejače i kotlove često imaju nekoliko puta veće troškove od onih koja koriste druge energente, a dodatno opterećenje nastaje od korišćenja el. energije za potrebu rada ostalih el. aparata i uređaja.

Zbog ovih izazova, sve više pažnje usmerava se ka energetske efikasnim rešenjima i merama podrške koje bi pomogle potrošačima da smanje troškove za grejanje. To uključuje državne i lokalne subvencije za ugradnju efikasnih sistema grejanja, najčešće toplotnih pumpi i inverter klima uređaja koji imaju veći koeficijent performansi i mogu značajno smanjiti potrošnju električne energije u odnosu na klasične električne grejalice. Na primer, toplotne pumpe imaju visok koeficijent performansi i mogu smanjiti potrošnju električne energije za grejanje i do 3–5 puta, u poređenju sa klasičnim sistemima [13], uz dodatnu mogućnost dobijanja subvencije od strane relevantnih programa podrške.

Ovakva struktura potrošnje i troškova jasno ukazuje da je grejanje jedan od ključnih segmenata u kome postoji značajan prostor za unapređenje energetske efikasnosti, kako bi se smanjila ukupna potrošnja električne energije, rasteretili kućni budžeti i doprinelo smanjenju emisija štetnih gasova što je važan cilj i u kontekstu energetske i ekološke politike.

Polazeći od ovih pokazatelja i izazova, dalja analiza ovog rada fokusira se na potrošnju toplotne energije u domaćinstvima Srbije, sa posebnim osvrtom na one koji koriste električnu energiju kao primarni energent za grejanje. Upravo ti podaci poslužiće kao osnova za detaljno razmatranje tarifnog sistema naplate električne energije u Srbiji, uticaja promena tarifa na potrošače i konkretnih troškova grejanja, kao i predloga mera za efikasnu potrošnju i smanjenje troškova grejanja.

II ELEKTRIČNA ENERGIJA ZA GREJANJE U DOMAĆINSTVIMA I TARIFNI SISTEM NAPLATE ELEKTRIČNE ENERGIJE U SRBIJI

Kao što je već pomenuto u uvodu, potrošnja električne energije za grejanje, iako ima relativno mali udeo po broju domaćinstava u odnosu na druge energente, predstavlja značajan izazov zbog velikog uticaja na ukupne troškove grejanja i povećano opterećenje elektroenergetskog sistema. Razlog za to je način na koji različiti sistemi za grejanje koriste električnu energiju i koliko je efikasno pretvaraju u toplotu.

U domaćinstvima se najčešće susreću klasični uređaji za grejanje na električnu energiju: električne grejalice, konvektori i termoakumulacione peći (TA peći). Ovi uređaji direktno koriste električnu energiju da bi zagrejali metalne otpornike (grejače) ili grejna tela, koja potom emituju toplotu u prostor. Zbog toga što se električna energija kod ovih sistema ne koristi na bilo koji dodatni način, svaki utrošeni kilovat sat električne energije daje otprilike istu količinu toplotne energije.

Sa druge strane, sve veći broj domaćinstava prelazi ili razmatra prelazak na modernije sisteme za grejanje zasnovane na principu prenosa toplote, a ne direktne potrošnje električne energije [14]. U tu grupu spadaju inverter klima-uređaji i toplotne pumpe, koji

ne proizvode toplotu isključivo pretvaranjem električne energije. Umesto toga, oni koriste električnu energiju za rad kompresora i drugih komponenti sistema, ali toplotu zapravo "uzimaju" iz spoljnog vazduha ili tla i prenose je u unutrašnji prostor. Ovakav princip omogućava da se za istu količinu utrošene električne energije dobije više toplotne energije, pa takvi sistemi, u poređenju sa klasičnim grejalicama, troše znatno manje električne energije za iste toplotne zahteve.

Ove razlike u potrošnji električne energije imaju direktan uticaj na troškove domaćinstava, ali te troškove dodatno oblikuje način naplate električne energije u Srbiji [15, 16]. Naime, obračun električne energije za domaćinstva ne vrši se po jedinstvenoj ceni za svaki utrošeni kWh, već kroz tarifnu strukturu koja deli potrošnju na više nivoa ili „zona“ sa različitim cenama. Prema najnovijim izmenama koje su stupile na snagu 1. oktobra 2025. godine, prag za ulazak u najvišu tarifnu zonu (tzv. „crvenu zonu“) je smanjen sa 1.600 na 1.200 kWh mesečne potrošnje, pa domaćinstva koja potroše više od 1.200 kWh mesečno sada ranije prelaze u zonu sa znatno višom cenom po kWh električne energije, što direktno povećava ukupni račun za potrošenu električnu energiju.

Tabela 1. Cene električne energije (bez PDV-a i taksi) po tarifnim zonama – dvotarifno brojilo [16]

Tarifna zona potrošnje	Niža tarifa (noćna)	Viša tarifa (dnevna)
	[RSD/kWh]	
Zelena zona (do 350 kWh mesečno)	2,403	9,614
Plava zona (351 – 1 200 kWh mesečno)	3,605	14,420
Crvena zona (preko 1 200 kWh mesečno)	7,210	28,840

U praksi, potrošnja električne energije u domaćinstvima se obračunava u okviru tri osnovne tarifne zone: zelena zona koja obuhvata najnižu potrošnju (najniža cena po kWh), plava zona sa srednjom cenom, i crvena zona za potrošnju iznad zadatog praga, koja se naplaćuje po najvišoj ceni po kWh (tabela 1.). Precizne granice ovih zona određene su na osnovu ukupne potrošnje u obračunskom periodu, a prelazak iz jedne zone u drugu znači da se svaki kilovat-sat električne energije potrošen iznad praga, obračunava po većoj tarifi, bez obzira na to kada je taj kilovat-sat potrošen.

Pored toga, veliki broj domaćinstava koristi dvotarifna brojila, kod kojih se potrošnja električne energije deli na nižu (noćnu) i višu (dnevnu) tarifu. U ovakvom sistemu, električna energija potrošena u noćnim satima, kada je opterećenje na elektroenergetski sistem manje, ima nižu cenu po kilovat-satu nego ista količina potrošena tokom dana, što predstavlja dodatnu mogućnost za domaćinstva da primenom neke od mera za akumulaciju toplote optimizuju potrošnju. Razlike u cenama između dnevne i noćne tarife, kao i prelazak u višu tarifnu zonu po ukupnom mesečnom utrošku, mogu značajno uticati na ukupan iznos računa, posebno kada se potrošnja odnosi na grejanje, gde su utrošci električne energije najviši u toku godine.

Uzimajući u obzir opisane mehanizme obračuna, jasno je da kombinacija visoke potrošnje električne energije za grejanje, nesrazmerno visoke cene u crvenoj tarifnoj zoni i većih cena po višoj dnevnoj tarifi direktno utiče na rast ukupnih troškova grejanja u domaćinstvima koji se oslanjaju na električnu

energiju. Zbog toga je posebno važno da se razmatraju energetske efikasniji načini korišćenja električne energije za grejanje, kao i strategije optimizacije potrošnje kroz korišćenje nižih tarifa i modernijih uređaja sa boljom energetsom efikasnošću.

U narednom poglavlju izvršena je analiza uticaja izmene tarifnog sistema, odnosno snižavanja praga za ulazak u crvenu zonu sa 1.600 na 1.200 kWh mesečne potrošnje, na ukupne troškove grejanja domaćinstva koje koristi električnu energiju kao primarni energent, i to na osnovu podataka o potrošnji električne energije istog domaćinstva u slučaju grejanja putem električnog kotla i putem toplotne pumpe. Za analizu su korišćeni realni podaci (računi za el. energiju) dobijeni od korisnika objekta.

III ANALIZA UTICAJA PROMENE TARIFNOG PRAGA NA PRIMERU IZABRANOG DOMAĆINSTVA

Predmet analize u ovom radu je prizemna stambena zgrada ukupne neto površine 190 m², od čega je 130 m² grejanog prostora. Objekat se nalazi u urbanoj sredini grada Kragujevca u normalno vetrovitom i otvorenom predelu, a projektovana najniža temperatura za njega iznosi -15 °C, dok je srednja temperatura u grejnom periodu 5,5 °C [17], što predstavlja tipične klimatske uslove za ovu geografsku zonu.

Objekat je izgrađen 2016. godine i prema izrađenom energetsom elaboratu zadovoljava uslove energetskog razreda „C“. Analize termofizičkih karakteristika obodne konstrukcije, uključujući spoljne zidove, krovne i podne ploče, kao i međukonstrukcije između grejanih i negrejanih prostora, pokazale su da su koeficijenti prolaza toplote (U-vrednosti) niži od maksimalno dozvoljenih vrednosti propisanih za novogradnju. To ukazuje na zadovoljavajući stepen termoizolacione zaštite i smanjen toplotni gubitak kroz omotač objekta, što je od ključnog značaja za optimizaciju potrošnje električne energije tokom grejne sezone.

III-1 Klimatski uslovi i metodologija poređenja

S obzirom na to da se poređenje potrošnje električne energije različitih sistema grejanja zasniva na podacima prikupljenim tokom dve različite grejne sezone, za pravilno tumačenje rezultata neophodno je uzeti u obzir razlike u klimatskim uslovima. Potrošnja energije za grejanje direktno zavisi od spoljašnje temperature, odnosno od intenziteta i trajanja grejne sezone, zbog čega direktno poređenje ukupne potrošnje energije iz različitih godina može dovesti do pogrešnih zaključaka ukoliko klimatski uslovi nisu uporedivi.

Za ocenu klimatske zahtevnosti analiziranih grejnih sezona korišćen je pokazatelj broja stepen-dana grejanja (Heating Degree Days – HDD). Ovaj pokazatelj predstavlja meru ukupne potrebe za grejanjem tokom određenog perioda i omogućava poređenje energetskih rezultata ostvarenih u različitim klimatskim uslovima.

U ovom radu analizirane su dve grejne sezone: sezona 2016/2017, tokom koje je objekat grejan električnim kotlom, i sezona 2019/2020, tokom koje je za grejanje korišćena toplotna pumpa tipa vazduh-voda. Za obe analizirane sezone određene su vrednosti broja stepen-dana grejanja (HDD) za područje grada Kragujevca i za referentnu vrednost temperature od 20°C.

Vrednosti broja stepen-dana za analizirane grejne sezone prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2. Broj stepen-dana grejanja tokom analiziranih grejnih sezona

Grejna sezona	Sistem grejanja	Broj stepen-dana grejanja, HDD [°C·dan]
2016/2017	Električni kotao	2.349
2019/2020	Toplotna pumpa	2.168

Na osnovu vrednosti prikazanih u Tabeli 2 može se uočiti da je tokom grejne sezone 2016/2017. zabeležen veći broj stepen-dana grejanja u odnosu na sezonu 2019/2020. Razlika iznosi 181 °C·dan, odnosno približno 7,7%. Iako razlika između analiziranih sezona nije velika, radi smanjenja uticaja različitih spoljašnjih klimatskih uslova na poređenje potrošnje električne energije izvršena je klimatska normalizacija potrošnje sistema sa toplotnom pumpom na uslove referentne grejne sezone 2016/2017.

Normalizovana potrošnja određena je prema sledećem izrazu:

$$E_{norm} = E_{ost} \cdot \frac{HDD_{ref}}{HDD_{ost}}$$

gde su:

E_{norm} – klimatski normalizovana potrošnja električne energije za grejanje,

E_{ost} – ostvarena potrošnja električne energije tokom analizirane grejne sezone,

HDD_{ref} – broj stepen-dana referentne grejne sezone,

HDD_{ost} – broj stepen-dana grejne sezone za koju se vrši korekcija.

III-2 Potrošnja električne energije pri korišćenju električnog kotla

U skladu sa odlukom investitora, za grejanje objekta izabran je električni kotao nominalne snage 18 kW. Izbor snage kotla izvršen je na osnovu procenjenih toplotnih potreba objekta, uzimajući u obzir karakteristike termoizolacije i predviđeni režim rada sistema grejanja. Objekat je tokom prve dve godine eksploatacije grejan isključivo električnim kotlom, nakon čega su se vlasnici odlučili za prelazak na sistem grejanja sa toplotnom pumpom tipa vazduh-voda.

Potrošnja električne energije za prve dve godine eksploatacije je prikazana u tabeli 3.

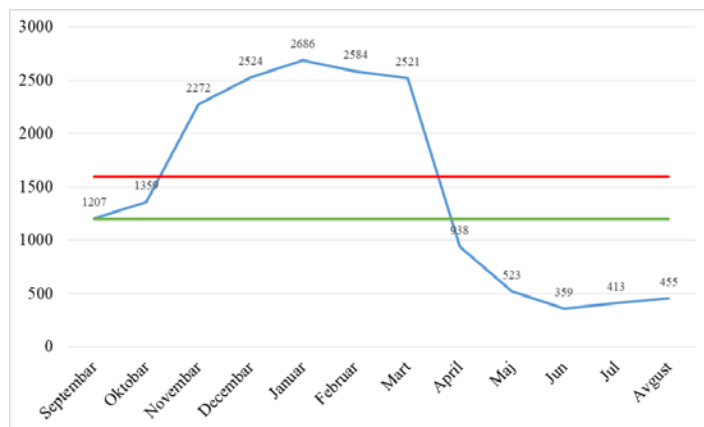
Ako se posmatra potrošnja električne energije za grejanje objekta u periodu od septembra 2016. do aprila 2017. godine, kada se objekat grejao isključivo električnim kotlom, ukupna količina energije koja se može pripisati grejanju iznosila je oko 12.600 kWh, nakon oduzimanja presečne potrošnje za ostale kućne uređaje od oko 450 kWh mesečno. Analiza mesečnih profila potrošnje pokazuje da je u tom periodu domaćinstvo ulazilo u najvišu tarifnu zonu (crvenu zonu) u 5 od ukupno 8 meseci grejne sezone (Slika 2).

Kao hipotetičko poređenje, kada bi se ista ta potrošnja obračunavala po današnjem sistemu naplate, prema kojem bi se značajan deo potrošnje svrstavao u višu zonu obračuna,

analizirani objekat bi se našao u crvenoj zoni u 7 od 8 meseci grejne sezone, zbog izmene obračuna koja više reflektuje intenzitet potrošnje tokom jeseni i zime. Takav raspored potrošnje ukazuje da bi većinu utrošene energije za grejanje činio deo koji se obračunava po višim cenama električne energije, što je posledica povećane ukupne potrošnje u mesecima sa intenzivnijim zahtevima za toplotom.

Tabela 3. Potrošnja električne energije i cena po mesecima za period septembar 2016. - avgust 2018. godine

	Mesec	Mesečna potrošnja el. energije [kWh]	Mesečna cena el. energije [RSD]
2016.	Septembar	1.207	11.086
	Oktobar	1.359	12.126
	Novembar	2.272	25.606
	Decembar	2.524	28.698
2017.	Januar	2.686	31.451
	Februar	2.584	30.469
	Mart	2.521	29.980
	April	938	8.467
	Maj	523	4.348
	Jun	359	2.970
	Jul	413	3.794
	Avgust	455	3.733
	Septembar	1.204	11.073
	Oktobar	1.325	11.926
	Novembar	1.337	12.020
	Decembar	1.450	12.792
2018.	Januar	2.272	23.370
	Februar	2.550	29.544
	Mart	2.211	24.971
	April	905	8.339
	Maj	520	4.315
	Jun	229	1.920
	Jul	245	2.305
	Avgust	261	2.405



Slika 2. Profil potrošnje električne energije analiziranog domaćinstva za slučaj grejanja elektro kotlom

Pored razlike u broju meseci sa visokom tarifom, upoređivanje ukupnih troškova utrošene električne energije za grejanje u posmatranom periodu takođe ukazuje na značajnu promenu u obračunu. Tokom analizirane grejne sezone 2016/2017, prema tada važećem sistemu naplate, ukupan iznos plaćen za električnu

energiju iznosio je oko 177.000 RSD. Kada bi ista količina utrošene električne energije bila obračunata po današnjem sistemu naplate, ukupni trošak za električnu energiju iznosio bi oko 187.000 RSD, što predstavlja povećanje od približno 10.000 RSD. Ova razlika u ukupnim troškovima, izražena kao procentualna promena, iznosi približno 5,65 % više u odnosu na prvobitne troškove grejanja obračunate po starom sistemu. Takav porast troškova odražava efekat intenzivnije primene viših tarifa na veći broj meseci, uzimajući u obzir potrošačima zabeležene profile potrošnje tokom perioda grejanja. Ovaj rezultat dodatno potvrđuje da se, čak i kada se fizička potrošnja električne energije ne menja, način obračuna i tarifna struktura snažno odražavaju na ukupan finansijski teret grejanja električnom energijom, naročito kod domaćinstava sa visokim mesečnim potrošnjama.

Ukupna potrošnja električne energije za potrebe grejanja tokom analizirane grejne sezone 2016/2017. iznosila je približno 12.600 kWh. S obzirom na to da je ova sezona usvojena kao referentna sa aspekta klimatskih uslova, navedena vrednost predstavlja osnovu za dalje poređenje sa potrošnjom sistema sa toplotnom pumpom.

III-3 Potrošnja električne energije pri korišćenju toplotne pumpe

Za analizirani sistem grejanja korišćena je toplotna pumpa Viessmann Vitocal 100-S. Na osnovu klimatski normalizovanih podataka o potrošnji električne energije procenjen je sezonski faktor performansi sistema (SPF) od približno 3,0. Ova vrednost dobijena je poređenjem potrošnje električnog kotla, čija se efikasnost može aproksimirati vrednošću $COP \approx 1$, i klimatski normalizovane potrošnje električne energije sistema sa toplotnom pumpom. Pri tome, procenjeni SPF predstavlja pokazatelj sezonskih performansi sistema na osnovu podataka o potrošnji, a ne direktno izmerenu vrednost. Proizvođač za model Vitocal 100-S navodi COP vrednosti u opsegu 4,4–4,8 pri uslovima A7/W35 i 3,3–3,5 pri uslovima A2/W35, što predstavlja laboratorijski određene vrednosti pri definisanim radnim uslovima i nije direktno uporedivo sa sezonskim SPF-om dobijenim iz podataka o realnoj potrošnji.

U slučaju kada je predmetni objekat grejan toplotnom pumpom u grejnoj sezoni 2019/2020, ukupna potrošnja električne energije za grejanje iznosila je 3.875 kWh. Tokom te sezone, prema sadašnjem sistemu obračuna električne energije, za potrebe grejanja je ukupno izdvojeno oko 92.000 RSD, što je značajno manje u odnosu na troškove zabeležene pri grejanju električnim kotlom (Tabela 3).

U tabeli 4 je prikazana potrošnja električne energije za period dve zime, pre i posle uvođenja novog modela naplate. Iz tabele se može zaključiti da nijedan mesec grejne sezone, upotrebom toplotne pumpe, nije imao potrošnju električne energije veću od 1.600 kWh. S druge strane, u mesecima kada su spoljne temperature najniže, posebno u decembru i januaru, potrošnja je prelazila 1.200 kWh, što se direktno odrazilo na uvećanje računa za električnu energiju usled ulaska u višu tarifnu zonu prema novoj tarifnoj strukturi.

Kako bi se omogućilo objektivno poređenje potrošnje električne energije dva analizirana sistema grejanja, izvršena je klimatska normalizacija ostvarene potrošnje sistema sa toplotnom pumpom.

Naime, grejna sezona 2019/2020, tokom koje je objekat grejan toplotnom pumpom, bila je klimatski manje zahtevna u odnosu na referentnu sezonu 2016/2017, što potvrđuju vrednosti broja stepen-dana grejanja od 2.168 °C·dan i 2.349 °C·dan, respektivno.

Tabela 4. Potrošnja električne energije i cena po mesecima za period septembar 2024. - januar 2026. godine

	Mesec	Mesečna potrošnja el. energije [kWh]	Mesečna cena el. energije [RSD]
2024.	Septembar	580	7.705
	Oktobar	628	7.183
	Novembar	1.094	13.114
	Decembar	1.309	17.924
2025.	Januar	1.317	16.170
	Februar	870	9.838
	Mart	828	10.007
	April	849	10.471
	Maj	951	13.878
	Jun	488	6.858
	Jul	602	7.328
	Avgust	328	3.752
	Septembar	575	7.573
	Oktobar	796	10.598
	Novembar	1.058	14.955
	Decembar	1.399	16.842
2026.	Januar	1.213	15.772

U cilju eliminisanja uticaja razlike u klimatskim uslovima, ostvarena potrošnja električne energije sistema sa toplotnom pumpom normalizovana je na klimatske uslove grejne sezone 2016/2017, koja je usvojena kao referentna. Primenom odnosa broja stepen-dana analiziranih sezona, klimatski normalizovana potrošnja određena je prema prethodno definisanom izrazu:

$$E_{norm} = 3875 \cdot \frac{2349}{2168} = 4198,5 \text{ kWh}$$

Dobijena vrednost predstavlja procenjenu potrošnju električne energije sistema sa toplotnom pumpom koja bi bila ostvarena pri klimatskim uslovima grejne sezone 2016/2017. Na taj način omogućeno je direktnije i metodološki opravdano poređenje energetskih karakteristika sistema sa toplotnom pumpom i sistema sa električnim kotlom.

Nakon izvršene klimatske normalizacije, može se zaključiti da bi potrošnja električne energije sistema sa toplotnom pumpom u referentnim klimatskim uslovima iznosila približno 4.199 kWh, što je i dalje značajno manje u odnosu na potrošnju električnog kotla od 12.600 kWh tokom iste referentne grejne sezone. Ova vrednost predstavlja osnovu za direktno poređenje energetskih efekata dva analizirana sistema grejanja.

Pored razlike u ceni električne energije koja nastaje usled prelaska iz jedne u drugu tarifnu zonu, značajne razlike u ukupnim mesečnim računima javljaju se i kao posledica odnosa potrošnje u višoj i nižoj tarifi. Struktura potrošnje po tarifama ima direktan uticaj na formiranje prosečne cene po kWh, a samim tim i na konačan iznos računa. U mesecima van grejne

sezone, kada se objekat ne greje, prosečna cena električne energije gotovo uvek je niža od 10 RSD/kWh. Tokom grejne sezone prosečna cena iznosi oko 13 RSD/kWh, dok u mesecima u kojima dolazi do ulaska u crvenu zonu potrošnje prosečna cena često prelazi 14 RSD/kWh.

Posebno je važno naglasiti da svaki dodatno utrošeni kWh električne energije u crvenoj zoni iznosi 28,04 RSD u višoj tarifi, odnosno 7,21 RSD u nižoj tarifi, što značajno utiče na rast ukupnog mesečnog računa i dodatno potvrđuje finansijsku nepovoljnost prelaska u ovu zonu, naročito u uslovima povećane potrošnje u višoj tarifi.

IV ZAKLJUČAK

Sprovedena analiza pokazala je da promena tarifnog sistema naplate električne energije, odnosno snižavanje praga za ulazak u crvenu zonu sa 1.600 na 1.200 kWh mesečne potrošnje, ima različit intenzitet uticaja u zavisnosti od karakteristika objekta i sistema grejanja.

Promena cena je naročito izražena u prvom scenariju, kada se objekat grejao električnim kotlom. Tada je domaćinstvo ulazilo u crvenu zonu u većem broju meseci, a ukupni troškovi grejanja povećali su se za oko 5,65 %, odnosno za približno 10.000 RSD. Iako je povećanje procentualno vidljivo, ukupan efekat ostaje umereno izražen.

U slučaju konkretnog analiziranog objekta, površine 130 m² grejanog prostora i energetskog razreda C, uticaj promene tarifnog praga nije značajan. Razlog tome je relativno mala grejana površina i činjenica da se pri korišćenju toplotne pumpe u crvenu zonu ulazi retko, u posmatranoj grejnoj sezoni svega dva meseca, i to sa prekoračenjem od približno 100–200 kWh mesečno. Ipak, i takvo relativno malo prekoračenje može imati primetan finansijski efekat, imajući u vidu da svaki kWh u crvenoj zoni, naročito u višoj tarifi, može koštati i više od 20 RSD/kWh, što značajno povećava trošak dodatne potrošnje.

Efekte promene tarifnog praga postaju znatno izraženiji kod objekata veće površine i većih energetskih zahteva. Ukoliko se usvoji referentna vrednost specifične potrebne energije za grejanje za objekte energetskog razreda C (oko 65 kWh/m² godišnje), jasno je da bi kod objekata površine veće od 200 m², čak i uz primenu toplotne pumpe, gotovo redovno dolazilo do "ulaska" u crvenu zonu. U takvom scenariju, promena tarifnog sistema znači dodatnih oko 400 kWh obračunatih po visokoj ceni, u proseku oko 20 RSD/kWh, što predstavlja povećanje računa od približno 8.000 RSD. Takav obim dodatnog troška znatno utiče na ukupni iznos računa i smanjuje ekonomsku konkurentnost sistema grejanja sa toplotnom pumpom u odnosu na druge energente.

Jedno od rešenja koje se samo nameće nakon ove promene tarifnog sistema je ugradnja solarnih fotonaponskih panela u on-grid režimu i sticanje statusa kupca-proizvođača, pri čemu deo ili celokupna potrošnja električne energije može biti pokrivena iz sopstvene proizvodnje. Ovaj pristup značajno smanjuje troškove i rasterećuje domaćinstvo od uticaja viših tarifa, naročito u zimskim mesecima sa povećanom potrošnjom.

Na osnovu sprovedene analize može se zaključiti da je u

uslovima važeće tarifne politike prelazak sa direktnog električnog grejanja na sistem sa toplotnom pumpom i eventualno kombinovanje sa fotonaponskim sistemom racionalno i dugoročno isplativo rešenje, kako sa stanovišta troškova domaćinstva, tako i sa aspekta energetske efikasnosti i održivosti elektroenergetskog sistema.

ZAHVALNICA

Rad je nastao u toku istraživanja finansiranog od strane ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija br. 451-03-34/2026-03/200107 od 05.02.2026. godine.

LITERATURA

- [1] Lin, Y., Fan, Y., Yu, M., Jiang, L., Zhang, X. Performance investigation on an air source heat pump system with latent heat thermal energy storage, *Energy*, Vol. 239, Part A, 121898, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121898>
- [2] Urge-Vorsatz, D., Cabeza, L.F., Serrano, S., Barreneche, C., Petrichenko, K. Heating and cooling energy trends and drivers in buildings, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 41, pp. 85–98, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.039>
- [3] European commission, Eurostat, https://commission.europa.eu/index_en [pristupljeno 04.02.2026]
- [4] Integrated national energy and climate plan of the Republic of Serbia for the period up to 2030 with a vision to 2050 (INECP). <https://sn.rs/ava5y> [pristupljeno 24.02.2026]
- [5] Kovačević, B. Policies and indicators in household sector in Serbia, ODYSSEE-MURE, 2025, <https://sn.rs/mdksn> [pristupljeno 05.02.2026]
- [6] Pavlović, B., Ivezić, D., Živković, M. State and perspective of individual household heating in Serbia: A survey-based study, *Energy and Buildings*, Vol. 247, 111128, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111128>
- [7] Prosečna godišnja potrošnja za grejanje u Srbiji veća nego u EU 2022, <https://sn.rs/boacr> [pristupljeno 05.01.2026]
- [8] Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 2022: Stanovi prema vrsti energenta za grejanje, <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-Cyrl/> [pristupljeno 05.01.2026]
- [9] Serbia faces high winter heating costs, electricity users hit hardest, <https://sn.rs/rj8k9> [pristupljeno 25.01.2026]
- [10] Josijević, M., Gordić, D., Vukašinović, V., Nikolić, J., Živković, D. Tehno-ekonomska analiza zamene električnog kotla toplotnom pumpom vazduh

voda za zagrevanje stambenog prostora, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 25, No. 4, pp. 42–47, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-4.42J>

- [11] Azarova, V., Engel, D., Ferner, C., Kollmann, A., Reichl, J. Exploring the impact of network tariffs on household electricity expenditures using load profiles and socio-economic characteristics, *Nature Energy*, Vol. 3, pp. 317–325, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0105-4>
- [12] Vecchi, A., Brear, M.J. Using electricity tariffs and thermal comfort management to promote residential energy decarbonization, *iScience*, Vol. 28, No. 6, 112631, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112631>
- [13] Kovačević, M., Petrić, I. Transition pathways of household heating in Serbia: Analysis based on an agent-based model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 162, 112506, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112506>
- [14] Martens, E., Naeyaert, S., Van Hove, S., Pelka, S., Preuss, S., Gabriel, M., Conradie, P., Pannel, K. Transitioning towards sustainable heating: A mixed-methods study of heat pump acceptance among Flemish homeowners. *Energy Research & Social Science*, Vol. 126, 104137, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104137>
- [15] Tarife za snabdevanje električnom energijom domaćinstava – pregled i metodologija obračuna 2024, <https://www.aers.rs/> [pristupljeno 05.02.2026]
- [16] Cene električne energije za domaćinstva – regulisane tarife, 2025, <https://sn.rs/ehlvs> [pristupljeno 24.02.2026]
- [17] Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada (“Sl. glasnik RS”, br. 61/2011), https://www.paragraf.rs/propisi/pravilnik_o_energetskoj_efikasnosti_zgrada.html [pristupljeno 05.02.2026]

AUTORI

Mladen Josijević - docent, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, mladenjosijevic@gmail.com, ORCID [0000-0001-9619-0897](https://orcid.org/0000-0001-9619-0897)

Vladimir Vukašinović – vanredni profesor, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, vladimir.vukasinovic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0001-6489-2632](https://orcid.org/0000-0001-6489-2632)

Dušan Gordić – redovni profesor, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, gordic@kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-1058-5810](https://orcid.org/0000-0002-1058-5810)

Vanja Šušteršić – redovni profesor, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, vanjas@kg.ac.rs, ORCID [0000-0001-7773-4991](https://orcid.org/0000-0001-7773-4991)

Filip Nastić – istraživač saradnik, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, filip.nastic@uni.kg.ac.rs, ORCID [0000-0002-2164-6658](https://orcid.org/0000-0002-2164-6658)

The Impact of Reducing the Upper Electricity Tariff Threshold on Residential Heating Systems

Abstract – This paper aims to analyze how the change in the electricity tariff system, i.e., the decreased limit for getting into a higher tariff (the so-called red zone), impacts households that use electricity for heating by comparing energy demands and exploitation costs in one household with two scenarios: using an electrical boiler and an air-source heat pump. The analysis focuses on total heating costs, but it shall also present the economic indicators concerning the profitability of two different heating systems under these novel circumstances. Namely, the special emphasis is placed on the impact that the changed tariff system has on the payback period of an investment into a heat pump utilized as a replacement for an electric boiler. The comparison of two heating systems conducted here suggests the differences in their competitiveness and sensitivity to changes based on the consumption structure in the tariff grades.

Index Terms – Tariff system, Electricity, Heat pump, Heating system