

Modeli korišćenja električne energije kupaca-proizvođača

Models of Prosumers Electricity Usage

Dunja Grujić*, Miloš Kuzman**

* Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd, Bulevar umetnosti 12, Novi Beograd

** Udruženje za pravo energetike Srbije, Pjarona De Mondezira 30, Beograd

Rezime - U svetlu naglog i značajnog povećanja cene električne energije na globalnom tržištu u 2021. godini koncept proizvodnje električne energije za sopstvene potrebe dobija na značaju. Ovaj rad će analizirati mogućnosti smanjenja troškova za električnu energiju krajnjih kupaca koji postanu kupci-proizvođači. Takođe, obradiće i načine sopstvenog upravljanja potrošnjom kupaca-proizvođača u cilju racionalnijeg korišćenja proizvedene električne energije i poboljšanja energetske efikasnosti.

Pored navedenog, biće razmatran uticaj kupaca-proizvođača na ukupnu proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora u Republici Srbiji. U tom smislu posebna pažnja će se obratiti na različite modele procene ukupno proizvedene električne energije u objektima kupaca-proizvođača, u skladu sa Zakonom o korišćenju obnovljivih izvora energije.

Na kraju rada biće predstavljeni rezultati sprovedenih analiza, kao i mogućnosti za budući razvoj koncepta kupca-proizvođača u cilju bržeg i uspešnijeg ostvarenja ciljeva u skladu sa preuzetim obavezama koje proističu iz međunarodnih ugovora, a koji će biti implementirani u Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan. Takođe, prilikom vršenja istraživanja posebna pažnja biće posvećena međunarodnoj praksi u predmetnoj oblasti.

Gljučne reči - kupac-proizvođač, obnovljivi izvori električne energije, energetska efikasnost, Integrisani nacionalni energetske i klimatski plan

Abstract - In light of the sharp and significant increase of the electricity price on the global market in 2021, the concept of electricity production for the own needs gained importance. This work will analyze the possibilities of reducing electricity costs for end customers who become prosumers. It will also present ways of managing prosumers consumption in order to more rationally use produced electricity and improve energy efficiency.

In addition, the impact of prosumers on total electricity generation from renewable sources in the Republic of Serbia will be discussed. To that end, special attention shall be on different models of assessment of total electricity produced in prosumers facilities, in accordance with the Law on the Use of Renewable Energy Sources.

At the end, the results of the analyses will be presented, as well as possibilities for future development of the prosumers concept, in order to achieve the goals in faster and more

successful manner, in accordance with the commitments made in international agreements, which will be implemented in the Integrated National Energy and Climate Plan. In addition, when conducting research, special focus shall be on international practice in this area.

Index Terms - Prosumer, Renewable electricity sources, Energy efficiency, Integrated national energy and climate plan

I UVOD

Zaključci sa poslednje globalne konferencije Ujedinjenih Nacija o klimatskim promenama koja je održana u Glazgovu teško da bi se mogli nazvati ohrabrujućim za čovečanstvo. Celom svetu su poslali apeli da se pooštri borba protiv klimatskih promena usled sve razornijih posledica, na šta značajan uticaj ima i ubrzanje energetske tranzicije. Nekako je paralelno došlo do globalnog problema rasta cena električne energije usled nekoliko razloga koji su istovremeno pogodili energetske sektor¹, a koji su se posebno odrazili na Evropsku Uniju, kao i na ugovorne strane Energetske zajednice. Rešenje za navedene probleme bi se, između ostalog, moglo tražiti u promociji i podsticanju mehanizama koji bi mogli doprineti da se ovakva neoptimistična slika promeni. Jedan od takvih mehanizama bi mogao biti i institut kupca-proizvođača.

Ovaj institut bi se najosnovnije mogao definisati kao lokalna proizvodnja energije za sopstvenu potrošnju i predavanje viškova proizvedene električne energije u elektroenergetski sistem (u daljem tekstu EES). Iz navedene definicije vidimo da već u svom osnovnom obliku institut kupca-proizvođača može uticati pozitivno na ubrzanje energetske tranzicije na taj način što se troši lokalno proizvedena električna energija čime se smanjuju gubici u distributivnom EES (u daljem tekstu: DEES) i prenosnom EES, jer ne dolazi do njenog prenosa do udaljenih korisnika sistema i istovremeno se ne opterećuje EES. Takođe, stvara se i mogućnost da više izvora električne energije može da se priključi na mrežu bez dodatnih investicija.

¹ Neki od njih su: oporavak ekonomija od korona virusa i ekstenzivno korišćenje uređaja za hlađenje tokom leta, porast potražnje za energijom uz istovremenu smanjenu ponudu prirodnog gasa na svetskom tržištu, zima je bila hladnija nego očekivano što je dovelo do veće potražnje za toplotnom energijom i istovremeno do smanjenja količina prirodnog gasa u skladištima, itd.

Kada se ovaj institut regulatorno unapredi, na način na koji to predviđa takozvani Četvrti energetski paket propisa Evropske Unije – Čista energija za sve Evropljane, a posebno Direktiva o energiji iz obnovljivih izvora [1] koju preuzima Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije (u daljem tekstu: Zakon) [2], kao i Zakon o energetici u svojim poslednjim izmenama i dopunama [3] i Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije [4], tako što se propisuje da kupac-proizvođač može biti samo onaj entitet koji proizvodi električnu energiju iz obnovljivih izvora energije², onda su pozitivni efekti ovog instituta na energetske tranzicije vidljiviji i značajniji. Takođe, instaliranjem svojih proizvodnih kapaciteta kupac-proizvođač preuzima aktivnu ulogu na tržištu električne energije i time smanjuje svoju zavisnost od fluktuirajućih tržišnih uslova.

Usled sve većih interesa na tržištu za uslove pod kojima se postaje kupac-proizvođač, u ovom radu će biti predstavljene prednosti kupaca-proizvođača kako za smanjenje sopstvenih troškova električne energije tako i njihov pozitivan uticaj na EES i povećanje instaliranih proizvodnih kapaciteta iz obnovljivih izvora električne energije. Analiziraće se i efekat nekoliko modela procene ukupno proizvedene električne energije od strane kupaca-proizvođača i efekti tih modela na dostizanje ciljeva energetske tranzicije. Određena međunarodna rešenja u ovoj oblasti takođe će biti razmatrana.

II NAČIN OBRAČUNA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA KUPCE-PROIZVOĐAČE

Kada govorimo o načinu obračuna električne energije kupcima-proizvođačima od strane snabdevača, neophodno je istaći prednosti u odnosu na obračun od strane snabdevača za krajnje kupce. Bitno je napomenuti da je propisivanje posebnog načina obračuna za kupce-proizvođače doneto u cilju podstreka izgradnje proizvodnih kapaciteta iz obnovljivih izvora električne energije. Kako bi se kupcima-proizvođačima omogućile pogodnosti za priključenje na EES, kao i za obračun električne energije, avgusta 2021. godine Vlada Republike Srbije donela je Uredbu o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca – proizvođača i snabdevača [5] koja se detaljno bavi predmetnim pitanjima.

Svaki korisnik EES, pa tako i kupac-proizvođač, dužan je da uredi snabdevanje električnom energijom, pristup sistemu i balansnu odgovornost. [3, 5] Kupci-proizvođači koji su domaćinstva ili stambene zajednice imaju pravo na zaključenje ugovora o potpunom snabdevanju sa neto merenjem, dok svi ostali kupci-proizvođači imaju mogućnost zaključenja ugovora o potpunom snabdevanju sa neto obračunom. [5] Ugovorom o potpunom snabdevanju snabdevač se obavezuje da za mesto primopredaje električne

energije kupca-proizvođača pre početka snabdevanja uredi pristup EES sa nadležnim operatorom sistema, kao i balansnu odgovornost. [3]

Kupac-proizvođač svoje ukupne potrebe za električnom energijom (W_{kp}) obezbeđuje delom iz proizvodnje sopstvenog proizvodnog objekta (W_{pop}), a delom iz EES (W_{ees}) kupovinom električne energije od izabranog snabdevača u periodima kada proizvodnja proizvodnog objekta ne može da zadovolji njegove potrebe.

$$W_{kp} = W_{pop} + W_{ees} \quad (1)$$

Ukupno proizvedena električna energija proizvodnog objekta kupca-proizvođača (W_{po}) delom se iskoristi za sopstvenu potrošnju kupca-proizvođača (W_{pop}), a delom se isporuči u EES (W_{poees}) snabdevaču u periodima kada proizvodni objekat proizvodi više električne energije od potreba kupca-proizvođača.

$$W_{po} = W_{pop} + W_{poees} \quad (2)$$

Za razliku od neto obračuna gde kupac-proizvođač sa snabdevačem slobodno ugovara uslove obračuna uzajamnih potraživanja i obaveza, neto merenje je striktno definisano u [5], što će u nastavku biti detaljnije opisano.

U slučaju kada govorimo o ugovoru o potpunom snabdevanju sa neto merenjem, snabdevač je dužan da za svaki obračunski period³, kupcu – proizvođaču, pored obračuna poreza, akciza, naknada i drugih pripadajućih obaveza, obračuna:

- ukupnu neto električnu energiju (W_{net}) kao razliku ukupno preuzete (W_{ees}) i ukupno isporučene električne energije (W_{poees}) i viškova iz prethodnih perioda (W_{vp}), i

$$W_{net} = W_{ees} - W_{poees} - W_{vp} \quad (3)$$

- višak (W_v) koji se prenosi u naredni obračunski period.

Ukoliko je neto električna energija (W_{net}) u posmatranom obračunskom periodu manja od nule (tj. ukoliko je kupac-proizvođač u posmatranom obračunskom periodu više električne energije isporučio u EES, zajedno sa viškovima iz prethodnih perioda, nego što je iz preuzeo iz EES) snabdevač kupcu-proizvođaču obračunava neto električnu energiju od nula kWh, dok razliku isporučene električne energije u EES (W_{poees}) uvećane za viškove iz prethodnih perioda W_{vp} , i preuzete električne energije iz EES (W_{ees}) obračunava kao višak (W_v) koji se prenosi u naredni obračunski period. Viškovi električne energije se prenose iz jednog u drugi obračunski period u okviru perioda za poravnanje potraživanja i obaveza između kupca – proizvođača i snabdevača koji traje od 1. aprila tekuće godine zaključno sa 31. martom naredne godine. Ukoliko nakon martovskog obračuna postoji višak koji bi trebalo da bude prenet u naredni obračunski period, kupac-proizvođač ga predaje snabdevaču bez naknade i nakon toga počinje novi period za poravnanje potraživanja pri čemu je višak električne energije jednak nuli. Ukoliko je neto električna energija

² U skladu sa članom 4 stav 1 tačka 23) Zakona, kupac-proizvođač je krajnji kupac koji je na unutrašnje instalacije priključio sopstveni objekat za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, pri čemu se proizvedena električna energija koristi za snabdevanje sopstvene potrošnje, a višak proizvedene električne energije isporučuje u prenosni sistem, distributivni sistem, odnosno zatvoreni distributivni sistem [2]

³ Obračunski period je po pravilu kalendarski mesec [5]. Snabdevač kupcu-proizvođaču izdaje račun za svaki obračunski period pojedinačno.

(W_{net}) u posmatranom obračunskom periodu veća od nule, snabdevač kupcu-proizvođaču obračunava neto električnu energiju, a višak koji se prenosi u naredni obračunski period (W_p) je nula kWh. [5] Svi opisani proračuni u skladu sa [5] vrše se po vremenima primene tarifa za električnu energiju.

III UPOREDNI PRISTUPI OBRAČUNA ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA KUPCE-PROIZVOĐAČE

Način obračuna električne energije za kupce-proizvođače razlikuje se od države do države u regionu. Tako je u Bosni i Hercegovini prihvaćen pristup obračuna električne energije putem neto merenja, dok se neto obračun koristi u Crnoj Gori i Republici Severnoj Makedoniji. Neke druge zemlje slede primer Republike Srbije i usvajaju oba principa, ali ne na isti način, kao što je Gruzija. Poseban slučaj predstavlja Ukrajina gde za sve kupce-proizvođače koji isporučuju električnu energiju iz obnovljivih izvora energije postoje podsticaji u vidu feed-in tarifa. [6]

Poseban slučaj predstavlja Republika Hrvatska u kojoj ne postoji institut kupca-proizvođača na način na koji je to uređeno u Republici Srbiji već su prepoznati instituti korisnika postrojenja za samoopskrbu⁴ i krajnjeg kupca za vlastitu proizvodnju.⁵ [7]

U Republici Hrvatskoj je za oba ova instituta prihvaćen princip obračuna električne energije putem neto obračuna, ali na način da je određena minimalna cena po kojoj snabdevač otkupljuje električnu energiju od korisnika postrojenja za samoopskrbu i krajnjeg kupca za vlastitu proizvodnju, za razliku od načina obračuna u Republici Srbiji opisanog u poglavlju II ovog rada.

Način obračuna električne energije je svakako jedan od parametara koji krajnji kupci uzimaju u obzir kada se odlučuju da postanu kupci-proizvođači. Nezavisno od toga kakav je način obračuna električne energije prihvaćen u državama koje smo naveli, izvesno je da su sve one razvile različite mehanizme koji omogućavaju kupcima-proizvođačima, ili institutima koji su srodni ovom institutu, da im na jasno regulisan način bude obračunata predata električna energija u DEES kao i preuzeta električna energija iz DEES. Takav pristup omogućava transparentnost samog procesa i u konačnici dovodi do pozitivnog uticaja na razvoj regionalne

⁴ korisnik postrojenja za samoopskrbu je onaj krajnji kupac električne energije kategorije kućanstvo uključujući ustanove, koji unutar svojih instalacija ima priključeno postrojenje za samoopskrbu električnom energijom iz obnovljivih izvora energije ili visokoučinkovite kogeneracije, čije viškove energije unutar obračunskog razdoblja može preuzeti opskrbljivač ili tržišni sudionik s kojim postoji sklopljen odgovarajući ugovor, pod uvjetom da je unutar kalendarske godine količina električne energije koju je predao u mrežu manja ili jednaka preuzetoj električnoj energiji.

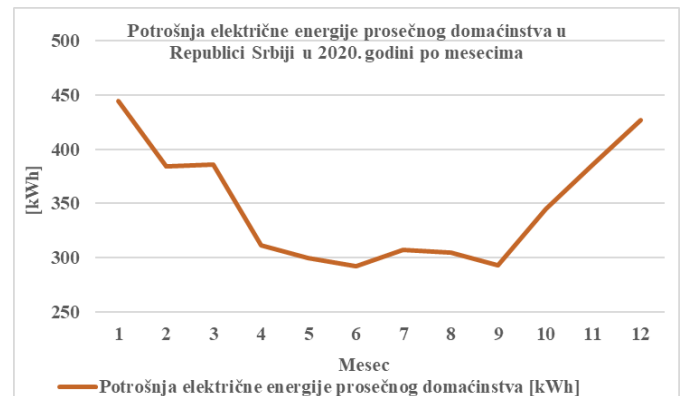
⁵ krajnji kupac s vlastitom proizvodnjom je krajnji kupac električne energije na čiju je instalaciju priključeno proizvodno postrojenje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije ili visokoučinkovite kogeneracije kojom se podmiruju potrebe krajnjeg kupca i s mogućnošću isporuke viška proizvedene električne energije u prijenosnu ili distribucijsku mrežu.

mreže kupaca-proizvođača a time i do bržeg dostizanja ciljeva energetske tranzicije.

IV DOMAĆINSTVA KAO KUPCI PROIZVOĐAČI

S obzirom na to da je način obračuna za kupce-proizvođače koji su domaćinstva u Republici Srbiji definisan u [5], i da su cene garantovanog snabdevača [8], koji snabdeva gotovo sva domaćinstva u Republici Srbiji [9], regulisane [3], u produžetku će biti dat proračun optimalne instalisane snage fotonaponske elektrane⁶, obračun električne energije i viškova od strane snabdevača, kao i predlozi mogućnosti efikasnijeg korišćenja proizvedene električne energije za kupca-proizvođača koji je prosečno domaćinstvo u 2020. godini u Republici Srbiji.

U 2020. godini na DEES bilo je priključeno ukupno 3.281.525 domaćinstava, čija je potrošnja u toku 2020. godine iznosila 13.718.126 MWh. [9] Dakle, prosečna potrošnja domaćinstva u Republici Srbiji u 2020. godini je 4.180 kWh godišnje, odnosno 348 kWh mesečno. S obzirom na to da domaćinstva ne troše linearno električnu energiju po mesecima, za potrebe predmetne analize pretpostavljeno je da raspodela potrošnje domaćinstava⁷ po mesecima 2020. godine prati mesečnu raspodelu ukupne električne energije u DEES, koja je preuzeta iz [10]. Ukupna potrošnja električne energije prosečnog domaćinstava po mesecima, dobijena na opisan način, prikazana je na slici 1.



Slika 1. Potrošnja električne energije prosečnog domaćinstva u Republici Srbiji po mesecima

Na osnovu prethodno izračunate potrošnje električne energije prosečnog domaćinstva u Republici Srbiji i profila potrošnje domaćinstava definisanih u [11] proračunati su satni trošci prosečnog domaćinstva (u daljem tekstu: satni trošci).

Za određivanje optimalne instalisane snage fotonaponske elektrane neophodno je poznavati resurse solarne energije na ciljnoj mikrolokaciji, geografsku širinu, karakteristike elemenata sistema i ambijentalne uslove. [12] Za potrebe proračuna optimalne instalisane snage fotonaponske elektrane, kao i njene proizvodnje, korišćen je programski paket PVGIS i njegove integrisane on-line baze podataka. [13]

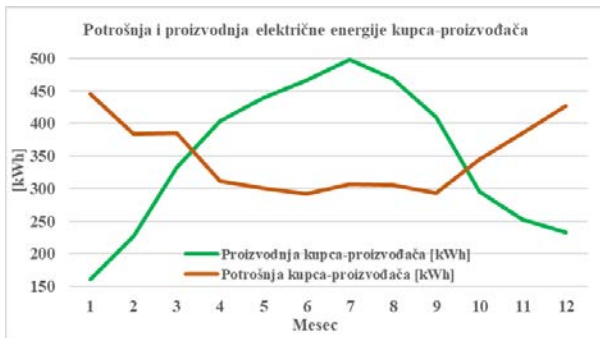
⁶ Pretpostavka je da će se većina kupaca-proizvođača opredeliti za izgradnju fotonaponske elektrane za svoj proizvodni objekat.

⁷ Prilikom proračuna analizirano je domaćinstvo sa jednotarifnim obračunom.

S obzirom na to da je period za poravnanje potraživanja i obaveza između kupca–proizvođača i snabdevača period od 01. aprila tekuće godine do 31. marta naredne godine [5] optimalna proizvodnja proizvodnog objekta kupca-proizvođača na godišnjem nivou treba da bude približno jednaka njegovoj godišnjoj potrošnji, kako bi se izbegla predaja viška električne energije snabdevaču bez prava na naknadu.

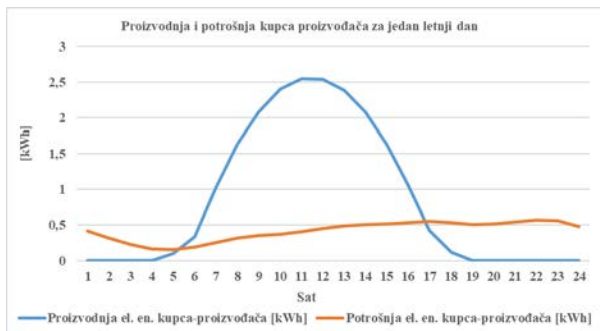
Za razmatrano prosečno domaćinstvo, sa godišnjom potrošnjom od 4.180 kWh, na teritoriji Beograda, optimalna instalisana snaga fotonaponske elektrane postavljene na objektu, sa optimalnim nagibnim uglom, iznosi 3,5 kW. Proračun je izvršen u aplikaciji PVGIS, iz koje su preuzeti i podaci o proizvodnji elektrane na satnom (u daljem tekstu: satna proizvodnja) i godišnjem (ukupno 4.186 kWh) nivou.

Ukupna proizvodnja i potrošnja električne energije posmatranog kupca-proizvođača, na mesečnom nivou, prikazana je na slici 2.

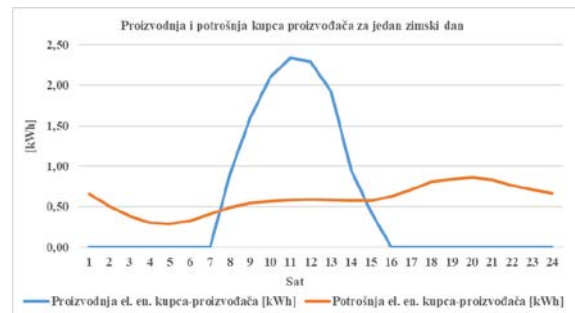


Slika 2. Potrošnja i proizvodnja električne energije kupca-proizvođača koji je prosečno domaćinstvo na mesečnom nivou

Na osnovu rezultata proračuna prikazanih na slici 2 zaključuje se da je u periodu od aprila do septembra proizvodnja fotonaponske elektrane veća od potrošnje prosečnog domaćinstva, dok je u periodu od oktobra do marta situacija obrnuta što je posledica potreba domaćinstava za električnom energijom i mogućnosti fotonaponske elektrane za proizvodnju električne energije. U prilog iznetom na slikama 3 i 4 prikazani su satni utrošci posmatranog kupca-proizvođača, kao i satna proizvodnja njegove fotonaponske elektrane u jednom letnjem, odnosno zimskom danu, respektivno. Može se primetiti da je u letnjem danu proizvodnja značajno veća od potrošnje, dok je u zimskom danu obrnuto.



Slika 3. Potrošnja kupca-proizvođača i proizvodnja njegove sopstvene fotonaponske elektrane u jednom letnjem danu



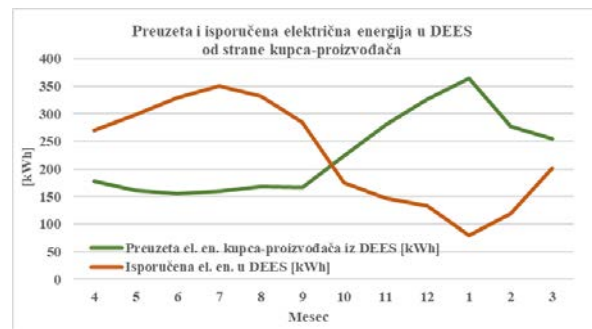
Slika 4. Potrošnja kupca-proizvođača i proizvodnja njegove sopstvene fotonaponske elektrane u jednom zimskom danu

Poređenjem podataka o satnim utrošcima i satnim proizvodnjama, u svakom satu 2020. godine pojedinačno, za analiziranog kupca-proizvođača utvrđena je:

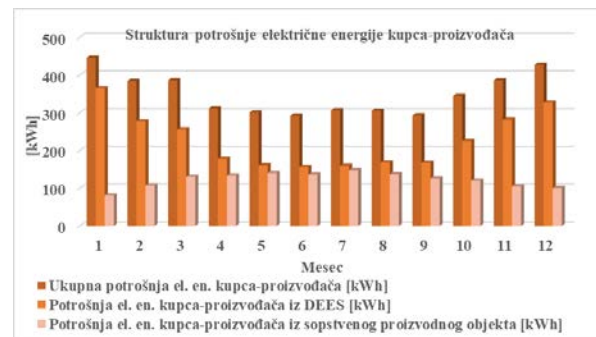
- količina električne energije koju je preuzeo iz DEES, odnosno isporučio u DEES,
- struktura njegove potrošnje tj. količina električne energije koju je potrošio iz sopstvene fotonaponske elektrane, odnosno iz DEES,
- struktura njegove proizvodnje tj. količina električne energije koju je potrošio iz sopstvene fotonaponske elektrane, odnosno isporučio u DEES,

koje su sumirane na mesečnom nivou i prikazane na slikama 5, 6 i 7, respektivno.

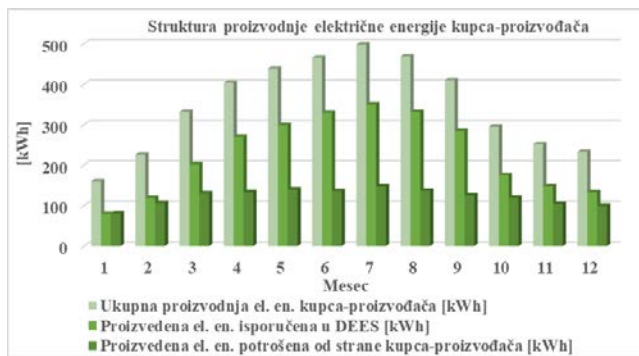
Na slici 8 prikazana je količina obračunate električne energije, neto električne energije [5] i viškova po mesecima posmatrane godine kupcu-proizvođaču od strane snabdevača.



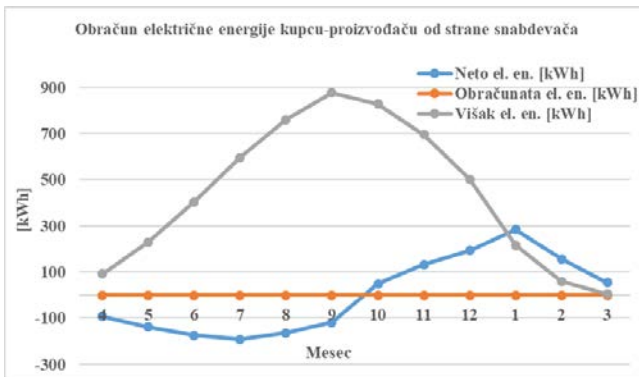
Slika 5. Preuzeta i isporučena električna energija u DEES od strane kupca-proizvođača



Slika 6. Struktura potrošnje električne energije kupca-proizvođača koji je prosečno domaćinstvo



Slika 7. Struktura proizvodnje električne energije kupca-proizvođača koji je prosečno domaćinstvo



Slika 8. Obračun električne energije, neto električna energija i višak električne energije

Sa slika 3 - 8 može se uočiti opravdanost predloženog modela perioda poravnanja. Potrošnja u aprilu za prosečno domaćinstvo manja je od proizvodnje fotonaponske elektrane optimalne instalisane snage, te se višak električne energije akumulira već od aprila, prvog meseca perioda poravnanja, sve do septembra, a zatim se polako troši od septembra do marta naredne godine⁸. Dakle, snabdevač posmatranom kupcu-proizvođaču u analiziranoj godini neće obračunati troškove za električnu energiju. Takođe, zaključuje se da je višak električne energije koji se isporučuje snabdevaču bez naknade zanemarljiv (u konkretnom slučaju samo 6 kWh), čime se potvrđuje da je izračunata instalisana snaga elektrane optimalna.

V MOGUĆNOSTI DODATNIH UŠTEDA KUPACA-PROIZVOĐAČA

Analizom rezultata proračuna prikazanih na slici 6 može se zaključiti da posmatrani kupac-proizvođač u letnjim mesecima značajan deo svoje potrošnje pokriva iz svoje fotonaponske elektrane, dok u prelaznim i zimskim mesecima dominantno svoju potrošnju pokriva preuzimanjem električne energije iz DEES. Nasuprot tome, na slici 7 može se videti da od ukupne proizvodnje fotonaponske elektrane kupac-proizvođač za sopstvene potrebe potroši manje od 35%, dok se ostatak proizvedene električne energije isporučuje u DEES usled činjenice da fotonaponske elektrane ne proizvode električnu energiju podjednako u toku cele godine, kao ni na nivou dana. Pored toga, fotonaponske elektrane su uglavnom projektovane

tako da proizvodnja na godišnjem nivou bude jednaka potrošnji kupca-proizvođača na godišnjem nivou, što dovodi do pojave da one u periodu maksimalne proizvodnje proizvode značajno veću količinu električne energije od one koja je potrebna kupcu-proizvođaču u datom trenutku, pri čemu se sav višak isporučuje u DEES.

Nizak procenat upotrebe električne energije proizvedene u fotonaponskoj elektrani za sopstvenu potrošnju kupca-proizvođača i visok procenat isporučene električne energije u DEES ima negativne uticaje na:

- kupca-proizvođača u smislu smanjenja njegovih ušteda i povećanja njegovih troškova (naročito ukoliko sa snabdevačem ima zaključen ugovor o potpunom snabdevanju sa neto obračunom),
- DEES (veće opterećenje DEES, problemi sa evakuacijom energije, promena tokova snaga, potencijalni problemi previsokih napona, smanjenje mogućnosti integracije novih proizvodnih kapaciteta iz obnovljivih izvora itd).

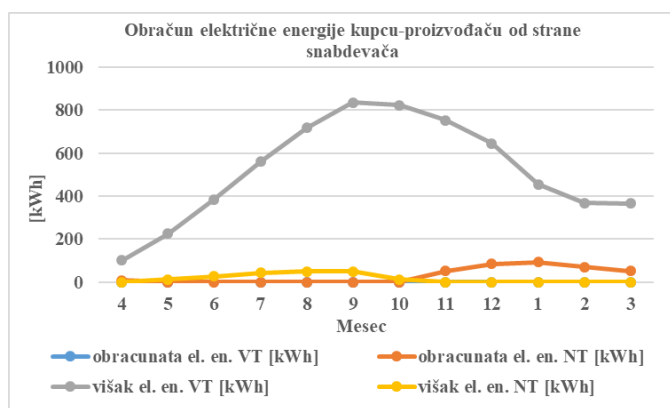
Opisani negativni uticaji se mogu umanjiti:

- upravljanjem potrošnjom u smislu da se teži potrošnji električne energije u periodima kada fotonaponska elektrana proizvodi električnu energiju, čime se povećava procenat upotrebe električne energije proizvedene u sopstvenom proizvodnom objektu, smanjuje isporuka električne energije u DEES, kao i preuzimanje iz DEES,
- upotrebom skladišta električne energije [5] u kojima bi se deponovala električna energija u periodima kada je proizvodnja elektrane veća od potreba kupca-proizvođača (umesto da se isporučuje u DEES) i koristila iz skladišta u periodima kada proizvodnja fotonaponske elektrane ne može da zadovolji potrebe kupca-proizvođača za električnom energijom (umesto da se preuzima iz DEES).

pozitivni efekti navedenih načina za povećanje procenta iskorišćenosti proizvedene električne energije za sopstvene potrebe kupca-proizvođača mogu se nedvosmisleno videti već na primeru dvotarifnog domaćinstva, s obzirom na to da je u [5] definisano da se obračun viškova vrši po vremenima primene tarifa za električnu energiju. Ukoliko bi domaćinstvo, sa fotonaponskom elektranom instalisane snage 3,5 kW, razmatrano u poglavlju IV, bilo dvotarifno, snabdevač bi kupcu-proizvođaču u toku perioda poravnanja obračunao određenu količinu električne energije u nižoj tarifi (u konkretnom slučaju zbirno 359 kWh), dok bi kupac-proizvođač na kraju perioda poravnanja snabdevaču bez naknade predao određenu količinu električne energije u višoj tarifi (u konkretnom slučaju zbirno 365 kWh) što je prikazano na slici 9.

Rezultati prikazani na slici 9 su posledica toga što fotonaponska elektrana električnu energiju dominantno proizvodi tokom više tarife, te se u njoj akumuliraju i značajni viškovi, dok je za vreme trajanja niže tarife njena proizvodnja gotovo zanemarljiva, te ne može na nivou perioda poravnanja da zadovolji potrebe kupca-proizvođača u nižoj tarifi.

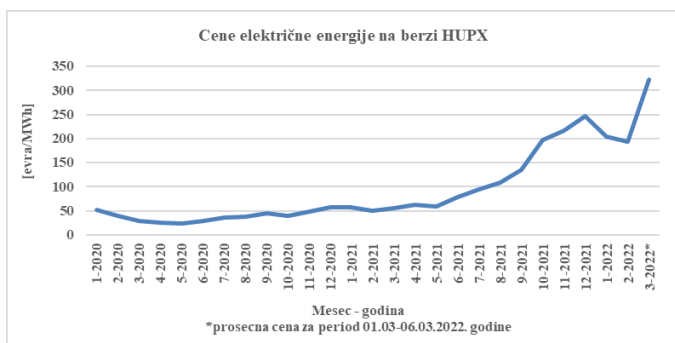
⁸ Za potrebe proračuna pretpostavljeno je da su prva tri meseca 2021. godine identična sa prva tri meseca 2020. godine



Slika 9. Obračun električne energije, neto električna energija [5] i višak električne energije za prosečno dvotarifno domaćinstvo

Na konkretnom primeru datom na slici 9 može se zaključiti da upravljanje potrošnjom, kao i ugradnja skladišta, može značajno doprineti povećanju ušteda za kupca-proizvođača, tako što će se proizvedena električna energija u većoj meri trošiti za sopstvenu potrošnju, a u manjoj isporučivati u DEES. Na ovaj način bi se obračunata električna energija smanjila na najmanju moguću meru, kao i električna energija predata snabdevaču bez naknade (povećanjem potrošnje i skladištenjem u periodima kada elektrana proizvodi više električne energije nego što je neophodno u datom trenutku i smanjenjem potrošnje, odnosno korišćenjem uskladištene električne energije u periodima kada ne proizvodi dovoljno). Na slici 4 prikazan je jedan zimski dan, gde se opisani fenomen može videti i tokom zime, kada je potrošnja značajno veća a proizvodnja drastično manja u odnosu na npr. letnje mesece (videti sliku 3) u kojima su mogućnosti za upravljanje potrošnjom i skladištenje još izraženije (npr. skladištenje tokom dana, potrošnja uskladištene energije noću itd.).

Opisane mere posebno dobijaju na značaju za kupce-proizvođače koji nemaju pravo na garantovano snabdevanje [3] i neto merenje, jer oni sa snabdevačem slobodno ugovaraju način obračuna [5], te cena električne energije isporučene u DEES može biti značajno manja od cene preuzete električne energije iz DEES, što je naročito izazovno u svetlu naglog i višestrukog povećanja cena na tržištu električne energije. Trend rasta cena je prikazan na slici 10 na primeru berze HUPX [14].



Slika 10. Prosečne cene električne energije po mesecima od januara 2020. do marta 2022. godine

Primenom jedne od mera (upravljanje potrošnjom ili skladištenje), ili obe istovremeno, veća količina proizvedene električne energije bi bila potrošena za sopstvenu potrošnju kupca-proizvođača čime bi razmena električne energije kupca-proizvođača sa DEES bila bitno smanjena, čime bi se povećale uštede kupca-proizvođača i skratio period otplate fotonaponske elektrane.

Upravljanje potrošnjom i skladištenje električne energije, pored opisanih prednosti za kupca-proizvođača, bitan pozitivan uticaj imaju i na DEES u smislu smanjenja gubitaka (jer se proizvedena električna energija lokalno troši, neposredno na mestu proizvodnje), lakšeg upravljanja sistemom, manjeg opterećenja DEES čime se omogućava i priključenje većeg broja postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije bez dodatnih investicija u DEES što će u svojoj konačnici dovesti do povećanja udela potrošnje električne energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji električne energije u Republici Srbiji. Pored svega navedenog, distribuirano generisanje predstavlja dodatni izvor energije te može potencijalno da zameni deo prenosnog EES, te se takođe i investicije u prenosni EES mogu odložiti, a pri tom dovodi i do smanjenja gubitaka u prenosnom EES. [15]

VI PERIOD OTPLATE PROIZVODNIH OBJEKATA

Svaki kWh električne energije proizveden u proizvodnom objektu kupca-proizvođača i potrošen za njegovu sopstvenu potrošnju menja onaj kWh koji bi kupac-proizvođač kupio od snabdevača, tako da je cena opisanog kWh jednaka ceni po kojoj bi ga kupac-proizvođač kupio od snabdevača.

Ukoliko se pretpostavi da kupac-proizvođač koji je prosečno domaćinstvo ima zaključen ugovor o potpunom snabdevanju sa neto merenjem sa garantovanim snabdevačem tj. da su cene električne energije regulisane i jednake onim datim u cenovniku garantovanog snabdevača [8] period otplate optimalne fotonaponske elektrane je oko deset godina⁹. Međutim, sa povećanjem potrošnje, npr. u slučaju domaćinstava koja se greju na električnu energiju, period otplate se skraćuje i na manje od pet godina. Takođe, za kupce-proizvođače koji nemaju pravo na neto merenje period otplate zavisi od načina obračuna definisanog ugovorom o potpunom snabdevanju sa neto obračunom, ali primenom mera opisanih u poglavlju V period otplate se može bitno skratiti.

Imajući u vidu da je životni vek fotonaponskih elektrana i do 25 godina, sva proizvodnja fotonaponske elektrane nakon perioda otplate je čista ušteda za kupca-proizvođača.

S obzirom na to što kupac-proizvođač po višoj ceni kupuje električnu energiju od snabdevača period otplate proizvodnog objekta je kraći, a uštede nakon perioda otplate veće, te je investicija u proizvodne objekte opravdana naročito u svetlu naglog i značajnog povećanja cena električne energije (slika

⁹ U obzir su uzeti investicioni troškovi izgradnje fotonaponske elektrane i priključenja kupca-proizvođača na DEES. Za cene električne energije korišćene su trenutno važeće cene električne energije za garantovano snabdevanje [8]. Sa povećanjem cene električne energije (videti sliku 10) period otplate elektrane se dodatno skraćuje.

10) i pada troškova opreme za fotonaponske elektrane, pa se može očekivati da će ih u narednom periodu biti sve više.

VII PRORAČUN UKUPNE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE KUPACA-PROIZVOĐAČA

Imajući u vidu da se merno mesto nalazi na mestu razgraničenja DEES i (internih) instalacija objekta [11] kupca-proizvođača, merni uređaj meri električnu energiju koju kupac-proizvođač isporuči u DEES, kao i onu koju preuzme iz DEES. Dakle, ukupna proizvodnja proizvodnog objekta kupca-proizvođača se ne meri prema trenutnoj regulativi Republike Srbije.

S obzirom na to da je operator prenosnog, distributivnog, odnosno zatvorenog distributivnog sistema u obavezi da po isteku tekuće godine izvrši procenu proizvedene električne energije u proizvodnom objektu kupca-proizvođača [2], u nastavku će biti razmotreni različiti modeli zasnovani na:

- proizvodnji prosečnog kW instalisane snage povlašćenih proizvođača u Republici Srbiji na godišnjem nivou¹⁰,
- proizvodnji prosečnog kW instalisane snage svih fotonaponskih elektrana u Republici Srbiji na mesečnom nivou,
- prosečnoj potrošnji odgovarajuće kategorije i grupe korisnika sistema [16] kom pripada posmatrani kupac-proizvođač, i
- proračunu proizvedene električne energije na osnovu egzaktih parametara - nagibnog i azimutnog ugla, iradijacije na posmatranoj mikrolokaciji itd.

Tokom 2020. godine u Republici Srbiji 0,04% ukupne proizvedene električne energije je proizvedeno iz fotonaponskih elektrana¹¹. [17] U 2020. godini nije postojala nijedna fotonaponska elektrana priključena na prenosni sistem. [18] Do kraja 2020. godine na distributivni sistem priključeno je ukupno 137 fotonaponskih elektrana, ukupne snage 11.528 kW, čija je proizvodnja u toku 2020. godine iznosila 13.262 MWh. [10] 2020. godine ukupna snaga fotonaponskih elektrana u sistemu podsticaja iznosila je 8,82 MW [19], čija je proizvodnja u toku 2020. godine iznosila 9.043,33 MWh [20].

Na osnovu iznetih podataka jedan prosečan kW snage svih fotonaponskih elektrana priključenih na EES Republike Srbije u 2020. godini proizveo je 1,15 MWh na godišnjem nivou, dok je prosečan kW snage fotonaponskih elektrana u sistemu podsticaja u 2020. godini proizveo 1,03 MWh. Razlika iznosi 11,65% jer je u toku 2020. godine u toku vanrednog stanja izazvanog pandemijom korona virusa odloženo dejstvo ugovora o otkupu električne energije za proizvođače u sistemu podsticaja. [21]

¹⁰ Model koji je definisan Pravilnikom o načinu vođenja registra kupaca-proizvođača priključenih na prenosni, distributivni, odnosno zatvoreni distributivni sistem i metodologiji za procenu proizvedene električne energije u proizvodnom objektu kupca-proizvođača.[22]

¹¹ Modeli se mogu primeniti na svaku vrstu proizvodnog objekta pojedinačno, s tim što su za potrebe ovog rada razmatrane samo fotonaponske elektrane.

S obzirom na navedene izazove, i činjenicu da je merodavnije na većem uzorku računati proizvodnju prosečnog kW instalisane snage, jer se na taj način uvažava više različitih elektrana, na različitim lokacijama u Srbiji, prvi model koji u obzir uzima samo povlašćene proizvođače neće dalje biti razmatran. Umesto njega, kao svrsishodniji, biće razmotren drugi model proračuna proizvodnje kupaca-proizvođača na mesečnom nivou (jer fotonaponske elektrane ne proizvode električnu energiju linearno po mesecima u toku godine) zasnovan na mesečnoj proizvodnji prosečnog kW instalisane snage svih fotonaponskih elektrana priključenih na EES Republike Srbije.

Procena proizvodnje proizvodnog objekta kupca-proizvođača i (W_{kpi}^j) u mesecu j bi se vršila na osnovu instalisane snage proizvodnog objekta kupca-proizvođača i (P_{insi}) i proizvodnje jednog prosečnog kW instalisane snage fotonaponskih elektrana u Republici Srbiji u mesecu j (W_{pr}^j) i broja sati u kojima je objekat kupca-proizvođača i bio priključen na DEES (H_{radaji}) u posmatranom mesecu j u kom je ukupan broj sati (H_j), prema sledećoj formuli:

$$W_{kpi}^j = W_{pr}^j \cdot \frac{H_{radaji}}{H_j} \cdot P_{insi} \quad (4)$$

Ukupna proizvodnja svih n kupaca-proizvođača koji su u bilo kom trenutku meseca j bili priključeni na DEES (W_{kp}^j) dobija se kao suma proizvodnje pojedinačnih kupaca-proizvođača (W_{kpi}^j), dok se godišnja proizvodnja (W_{kp}^{god}) izračunava kao zbir mesečnih proizvodnji.

$$W_{kp}^j = \sum_{i=1}^n W_{kpi}^j \quad (5)$$

$$W_{kp}^{god} = \sum_{j=1}^{12} W_{kp}^j \quad (6)$$

Treća mogućnost proračuna ukupne proizvodnje proizvodnog objekta kupca-proizvođača i u mesecu j (W_{kpi}^j) zasniva se na pretpostavci da kupac-proizvođač i ima potrošnju jednaku prosečnoj potrošnji krajnjih kupaca pripadajuće kategorije i grupe korisnika DEES [16] u mesecu j (W_{pr}^j). Ukoliko se pretpostavi da posmatrani kupac-proizvođač ima ukupnu potrošnju jednaku prosečnoj potrošnji svih krajnjih kupaca pripadajuće kategorije i grupe korisnika DEES može se izračunati ukupna proizvodnja elektrane kao zbir (W_{pr}^j) i isporučene električne energije od strane kupca-proizvođača i u DEES u mesecu j (W_{ispi}^j) umanjen za preuzetu električnu energiju od strane kupca-proizvođača iz DEES u mesecu j (W_{prei}^j). Ukupna proizvodnja svih n kupaca-proizvođača koji su u bilo kom trenutku meseca j bili priključeni na DEES (W_{kp}^j) dobija se kao suma proizvodnje pojedinačnih kupaca-proizvođača (W_{kpi}^j), dok se godišnja proizvodnja (W_{kp}^{god}) izračunava kao zbir mesečnih proizvodnji.

$$W_{kpi}^j = W_{pr}^j + W_{ispi}^j - W_{prei}^j \quad (7)$$

$$W_{kp}^j = \sum_{i=1}^n W_{kpi}^j \quad (8)$$

$$W_{kp}^{god} = \sum_{j=1}^{12} W_{kp}^j \quad (9)$$

Predloženim modelom u konkretnom slučaju rezultat je 4.180 kWh proizvodnje što je više od proizvodnje dobijene po prvom i drugom modelu. Ipak, korišćenje prosečne potrošnje kategorije i grupe korisnika sistema [16] je nepouzdana metoda, sa velikim aproksimacijama, jer su kupci-proizvođači pojedinačni korisnici sistema čija potrošnja može značajno odstupati od proseka pripadajuće kategorije i grupe.

Četvrti model je egzaktn, sa najpouzdanijim rezultatima, ali zahteva veliki broj tačnih podataka (nagibne uglove proizvodnog objekta, precizno merenje iradijacije na konkretnoj lokaciji itd), te je u trenutnom radu operatora sistema veoma zahtevan proces.

S obzirom na sve navedeno može se zaključiti da je drugopredloženi model proračuna ukupne proizvodnje proizvodnog objekta kupaca-proizvođača najrealniji u ovom trenutku, iako daje nešto nižu proizvodnju od trećeg modela, i nešto nepouzdanije rezultate u odnosu na četvrti model. Ipak dati predlog proračuna na osnovu proizvodnje prosečnog kW instalisane snage na mesečnom nivou daje zadovoljavajuće rezultate, jer je već značajan broj fotonaponskih elektrana priključen na DEES u svim delovima Republike Srbije, te se opisanim uprosečavanjem brišu razlike u iradijaciji na različitim mikrolokacijama, različitim nagibnim i azimutnim uglovima elektrana itd. Usled priključenja sve većeg broja proizvodnih objekata rezultati će biti sve pouzdaniji jer će proseki na većem uzorku uzeti više različitosti u obzir.

VIII ZAKLJUČAK

Brojne su prednosti zbog kojih bi krajnji kupac na tržištu električne energije pozeleo da postane kupac-proizvođač. Ovim radom učinjen je pokušaj obrazlaganja određenih prednosti, kao i sam koncept modela kupca-proizvođača. Međutim, pojedina pitanja na koja krajnji kupac čeka odgovore kako bi doneo konačnu odluku da krene putem registracije kupca-proizvođača i dalje ostaju otvorena. Na njih će odgovor dati primena postojećih propisa i njihovo tumačenje u praksi, kao i samo tržište čiji će kupci-proizvođači biti deo.

Ipak, svedoci smo da se u poslednje vreme sve više krajnjih kupaca opredeljuje za ovu odluku. Razlozi za to su svakako na prvom mestu ekonomske prirode, nastali usled naglog skoka cena električne energije, posebno u industrijskom sektoru. I dok čekamo zaokruživanje regulatornog osnova kako bi se u registru kupaca-proizvođača našao naziv prvog registrovanog subjekta, ne sme se zanemariti činjenica da postoje tvrdnje da je i pre donošenja sektorskih propisa faktički postojao jedan broj krajnjih kupaca koji su imali svojstva kupaca-proizvođača na tržištu, upravo podstaknuti prvenstveno ekonomskim interesima.

Analize i zaključci iz ovog rada bi trebalo da kvalitativno doprinesu donosiocima sektorskih odluka, ali i samim krajnjim kupcima, kako bi se unapredilo razumevanje ove problematike u Republici Srbiji. Šire posmatrano, razvojem mreže kupaca-proizvođača Republika Srbija bi se svrstala u red onih država koje na ovaj način vrše značajan doprinos promovisanju

obnovljivih izvora energije i poboljšanja energetske efikasnosti. Efekti takvog činjenja svakako bi se odrazili na ubrzanje energetske tranzicije u Republici Srbiji, što bi posledično dovelo i do ispunjavanja globalnih ciljeva borbe protiv klimatskih promena na koje se Republika Srbija obavezala i ka kojima, nadamo se, nezaustavljivo stremi.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, Official Journal of the European Union No. L 328/82 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> [pristupljeno 04.03.2022. godine]
- [2] Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije ("Službeni glasnik RS", br. 40/21) https://www.mre.gov.rs/sites/default/files/2021/05/zakon_o_korisnicima_obnovljivih_izvora_energije_0.pdf
- [3] Zakon o energetici ("Službeni glasnik RS", br. 145/14, 95/18 - drugi zakon i 40/21) https://www.mre.gov.rs/sites/default/files/2021/03/zakon_o_energetici.pdf [pristupljeno 04.03.2022. godine]
- [4] Zakon o energetskej efikasnosti i racionalnoj upotrebi energije ("Službeni glasnik RS", br. 40/21) https://www.mre.gov.rs/sites/default/files/2021/05/zakon_o_energetskoj_efikasnosti_i_racionalnoj_upotrebi_energije_0.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [5] Uredba o kriterijumima, uslovima i načinu obračuna potraživanja i obaveza između kupca – proizvođača i snabdevača ("Službeni glasnik RS", br. 83/2021 od 27.8.2021. godine) https://www.mre.gov.rs/sites/default/files/2021/09/uredba_o_kriterijumima_uslovima_i_nacinu_obračuna_potraživanja_i_obaveza_između_kupca_-_proizvođaca_i_snabdevaca.pdf [pristupljeno 04.03.2022. godine]
- [6] The Energy Community Regulatory Board, Prosumers in the Energy Community Legal and regulatory framework for support and treatment of small-scale generators Special focus on solar photovoltaic (PV) systems connected to the distribution network, March 2020
- [7] Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovitoj kogeneraciji (NN 138/21 od 15.12.2021. godine) <https://www.zakon.hr/z/827/Zakon-o-obnovljivim-izvorima-energije-i-visokoučinkovitoj-kogeneraciji> [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [8] Odluka o regulisanju ceni električne energije za garantovano snabdevanje sa primenom od 01. februara 2021. godine, <http://aers.rs/FILES/Odluke/OCenama/2021-02-01%20Cene%20GS%20EPS%20Odluka%20za%20sajt.pdf> [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [9] Izveštaj o radu Agencije za energetiku za 2020. godinu https://www.aers.rs/FILES/Izvestaji/Godisnji/Izvestaj%20Agencije%2020_0.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [10] Energetski podaci 2020, Elektrodistribucija Srbije d.o.o. Beograd http://epsdistribucija.rs/pdf/GI_2020.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [11] Pravila o radu distributivnog sistema, jul 2017. godine http://aers.rs/FILES/AktiAERS/AERSDajeSaglasnost/2017-07-19_Pravila%20o%20radu%20ED-ODS%20EPS%20distr.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [12] Grujić, D., Đurišić, Ž. Uslovi razvoja projekta solarne elektrane u sklopu ts „Beograd 20“, in Proc. CIGRE Srbija, Zlatibor 2015.
- [13] Climate online baze podataka, https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/ [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [14] HUPX Historical data <https://hupx.hu/en/market-data/dam/historical-data> [pristupljeno 01.03.2022. godine]

- [15] Rajaković, N., Tasić, D. *Distributivne i industrijske mreže*, Akademska misao, Beograd 2008.
- [16] Odluka o utvrđivanju Metodologije za određivanje cena pristupa sistemu za distribuciju električne energije („Službeni glasnik RS“, broj 105/12) http://demo.paragraf.rs/demo/combined/Old/t/2020_12/SG_158_2020_006.htm [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [17] Godišnji izveštaj o nacionalnom rezidualnom miksu za Srbiju za 2020. godinu, EMS AD <https://ems.rs/media/uploads/2021/Garancije%20porekla/Godisnji%20izve%C5%A1taj%20o%20nacionalnom%20rezidualnom%20miksi%20-%202020.pdf> [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [18] Godišnji tehnički izveštaj EMS AD – 2020, april 2021. godine http://ems.rs/media/uploads/GTI_EMS_AD_2020_Za_objavljivanje.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [19] Registar povlašćenih proizvođača električne energije, privremenih povlašćenih proizvođača električne energije i proizvođača iz obnovljivih izvora energije 25.01.2021. http://arhiva.mre.gov.rs/doc/registar-250121.html#Sec_Solar [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [20] Izveštaj o količinama i strukturi električne energije proizvedene u sistemu podsticaja za 2020. godinu <http://www.eps.rs/cir/snabdevanje/Documents/Izve%C5%A1taj%20o%20koli%C4%8Dinama%20i%20strukturi%20elektri%C4%8Dne%20energije%20proizvedene%20u%20sistemu%20podsticaja%20u%202020.godini.pdf> [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [21] Zaključak Vlade RS 05 broj 312-2625/2020 od 18.03.2020. godine <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/zakljucak/2020/50/2/reg> [pristupljeno 01.03.2022. godine]
- [22] Pravilnik o načinu vođenja registra kupaca-proizvođača priključenih na prenosni, distributivni, odnosno zatvoreni distributivni sistem i metodologiji za procenu proizvedene električne energije u proizvodnom objektu kupca-proizvođača ("Službeni glasnik RS", br. 33/2022 od 11.03.2022. godine) https://srda.rs/wp-content/uploads/eko-pravo/ENERGETIKA/ZAKON_O_KORISCENJU_OBNOVLJIVIH_IZ_VORA_ENERGIJE/PRAVILNIK_O_NACINU_VODJENJA_REGISTRA_KUPACA_PROIZVODJACA_PRIKLJUCENIH_NA_PRENOSNI_DISTRIBUTIVNI_ODNOSNO_ZATVORENI_DSITRIBUTIVNI_SISTEM.pdf [pristupljeno 01.03.2022. godine]

AUTORI/AUTHORS

Dunja Grujić, Elektrodistribucija Srbije d.o.o., dunja.grujic@ods.rs, ORCID [0000-0001-9298-6249](https://orcid.org/0000-0001-9298-6249)

Miloš Kuzman, Udruženje za pravo energetike Srbije, milos.kuzman@upes.rs, ORCID [0000-0002-9769-9713](https://orcid.org/0000-0002-9769-9713)