

Jadranka M. Janjanin¹, Milan M. Danilović², Željko R. Jovanović¹

Analiza potrebnih mesečnih količina električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu

¹ Akcionarsko društvo „Elektromreža Srbije” Beograd*² Agencija za energetiku Republike Srbije

Stručni rad

Ključne poruke

- Varijabilnost srednjih satnih vrednosti tehničkih gubitaka u prenosnom sistemu
- Aproksimacija proizvodnje elektrana iz OIE
- Mogućnost nadoknade tehničkih gubitaka u prenosnom sistemu iz OIE

Kratak sadržaj

U toku je „zelena“ tranzicija – kretanje energetskog sektora ka klimatskoj neutralnosti do 2050. godine i stoga je bitno blagovremeno planirati i osigurati održivost postojećih procesa. Identifikacija mogućnosti i izbor akcija su neizostavni u planiranju budućeg rada. Neretko se događa da izabranom akcijom ne postignemo željene rezultate, pa se moramo podvrgnuti iterativnim procesima. Kako bi se izbegla primena brzih akcija i nemogućnost sprovođenja potrebnih analiza, ključno je na vreme osmatrati i osmišljavati procese, pogotovo ukoliko proističu iz zakonski definisanih dužnosti.

Kada govorimo o operatoru prenosnog sistema, kao jednu od dužnosti iz Zakona o energetici prepoznavamo nabavku električne energije za nadoknadu tehničkih gubitaka u prenosnom sistemu. U ovom radu ćemo se posvetiti detaljnijoj analizi izabranog načina nabavke tehničkih gubitaka u prenosnoj mreži iz obnovljivih izvora energije. Autori rada su izabrali vetar, sunce i otpad kao izvore električne energije koje će koristiti u planiranju nabavke električne energije za nadoknadu gubitaka. Ovaj rad predstavlja nastavak analize koja je započeta u radu „Obnovljivi izvori energije kao resurs za kupovinu električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu”. Sa nivoa sagledavanja godišnjih potreba električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu proizvedenu iz obnovljivih izvora energije spuštamo se na mesečni nivo.

Ovaj rad može poslužiti kao smernica za ublažavanje ukupnih rizika i neizvesnosti operatora prenosnog sistema prilikom nabavke električne energije za nadoknadu tehničkih gubitaka u prenosnom sistemu na putu ka čistoj energiji do 2050. godine. Kroz rad ćemo sagledati da li je jedan od osnovnih principa tranzicije da je prelazak na čistu energiju objektivna i inkluzivna, opravdana u slučaju operatora prenosnog sistema.

Ključne reči

Aproksimacija proizvodnje iz obnovljivih izvora energije, gubici, klimatska neutralnost

Napomena:

Ovaj članak se tematski nadovezuje na tekst *Obnovljivi izvori energije kao resurs za kupovinu električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu*, koji je objavljen 1. novembra 2024. u drugom, specijalnom izdanju „Elektroprivrede”, posvećenom izabranim nagrađenim radovima na 36. savetovanju CIGRE Srbija

Prilmeno: 16. decembar 2024. Recenzirano: 16. januar 2025.

Izmenjeno: 1. februar 2025. Odobreno: 13. februar 2025.

* Korespondirajući autor: Jadranka Janjanin, +381 64 8408 661

Imejl: jadranka.janjanin@ems.rs

1. UVOD

Političke smernice Evropske komisije i dalje su usmerene ka ostvarivanju ciljeva postavljenih u Evropskom „zelenom” dogovoru, [1]. Zahvaljujući evropskim merama, obnovljivi izvori energije (OIE) dostigli su rekordan nivo, čineći 50% proizvodnje električne energije u EU tokom 2023. godine, [1].

Prema navodima u Direktivi Evropske unije (EU) 2013/2413, energetska sektor trenutno u EU doprinosi sa preko 75% ukupnih emisija gasova sa efektom staklene bašte, i zato su OIE od fundamentalnog značaja za postizanje klimatske neutralnosti EU do 2050. godine, [2]. U julu 2021. godine, kao deo paketa za Evropski „zeleni” dogovor, Evropska komisija je predložila da se do 2030. godine udvostruči udeo obnovljive energije u energetskom miksu, u poređenju sa 2020. godinom, kako bi dostigao procenat udela od najmanje 40%, [2].

U radu [3] napomenuto je da nekoliko evropskih operatora prenosnog sistema teži da nabavku električne energije za nadoknadu tehničkih gubitaka (u daljem tekstu: gubitaka) ostvari iz OIE kako bi doprineli rešavanju problema emisije gasova sa efektom staklene bašte i pokušano je da se sagleda po kom planu bi operator prenosnog sistema u Republici Srbiji mogao da nabavlja električnu energiju za nadoknadu gubitaka i nađe se među operatorima koji će olakšati „zelenu” tranziciju. Polazna tačka za analizu potreba operatora prenosnog sistema za električnom energijom na mesečnom nivou će biti aproksimacija godišnje ukupno ostvarene proizvodnje po tipu elektrana, u periodu 2019–2023. godine, u odnosu na obračunske vrednosti gubitaka prikazanih u Tabeli I, [3], uvažavajući korekciju obračunskih vrednosti gubitaka za 2023. godinu.

Tabela I Aproksimacija godišnje ukupno ostvarene proizvodnje po tipu elektrana, u periodu 2019–2023. godine, u odnosu na obračunske vrednosti gubitaka. Izvor: [3]

Godina		2019	2020	2021	2022	2023
Tip elektrane	Instalisana snaga	Godišnja proizvodnja elektrana [MWh]				
na otpad	110 MW	674.520	676.368	674.520	674.520	674.520
na vetar	30 MW	66.559	72.583	80.528	70.237	78.861
na sunce	50 MW	63.108	73.709	50.066	49.245	41.183
Ukupno [MWh]		804.187	822.660	805.114	794.002	794.564
Gubici [MWh]		805.914	798.352	844.972	801.999	926.420

Za izabrane tipove elektrana i navedene godine iz Tabele I u nastavku rada biće razložena potreba za električnom energijom za nadoknadu gubitaka po mesecima.

2. APROKSIMACIJA RADA ELEKTRANA NA OIE

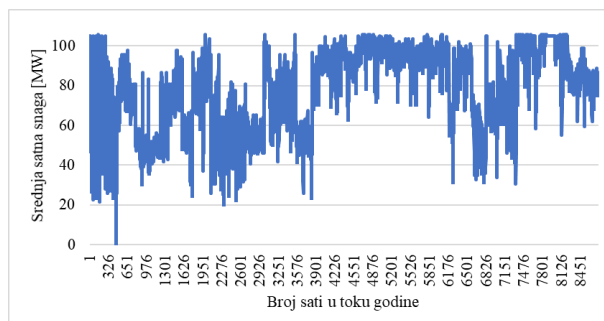
2.1 Elektrana na otpad

U novembru 2024. godine svečano je otvoreno prvo postrojenje za energetska iskorišćenje otpada u Srbiji odobrene snage od oko 35 MW. Ova elektrana termički obrađuje čvrst, neopasan, komunalni otpad i proizvodi „zelenu” toplotnu i električnu energiju. Realizacijom izgradnje TE-TO Vinča, nove sanitarne deponije, postrojenja za ponovno iskorišćenje građevinskog otpada i otpada od rušenja, i postrojenja za tretman procednih voda, ova investicija predstavlja ključan korak ka unapređenju održivog upravljanja komunalnim otpadom u Beogradu i značajnom poboljšanju kvaliteta životne sredine, [4].

Izgradnja TE-TO Vinča ima višestruke benefite kao što su unapređenje ekološke i socijalne sredine, zatvaranje stare deponije, koja predstavlja značajan rizik po životnu sredinu u regionu, smanjenje emisije gasova koji doprinose efektu staklene bašte, sprečavanje negativnih uticaja na životnu sredinu, kao što je narušavanje okolnog predela zbog odlaganja otpada na deponiju, i lokalno zagađenje vode i vazduha, [4].

Na osnovu podataka objavljenih na platformi [5], zemlje u našem okruženju koje u svojim proizvodnim kapacitetima imaju instalisane elektrane na otpad su Slovenija, Austrija, Hrvatska, Mađarska i Bugarska. Elektrane na otpad u ovim zemljama postoje već nekoliko godina što nam je bilo od pomoći prilikom procene dijagrama satnih vrednosti proizvodnje.

Poslednjih meseci TE-TO Vinča je u svom radu pokazala da postiže srednje satne vrednosti proizvodnje bliske instalisanoj snazi. Rukovodeći se ovom činjenicom i satnim dijagramima proizvodnje mađarske elektrane na otpad, odlučili smo da aproksimaciju srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrane na otpad instalisane snage 110 MW izvršimo u skladu sa dijagramom na Slici 1, za sve posmatrane godine, uz uvažavanje činjenice da je 2020. godina bila prestupna, odnosno sa 366 dana.



Slika 1. Aproksimacija srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrane na otpad instalisane snage 110 MW na godišnjem nivou

Dijagram proizvodnje sa Slike 1 odgovara ukupnoj godišnjoj proizvodnji elektrane na otpad instalisane snage 110 MW od 674.520 MWh za sve godine u periodu posmatranja 2019–2023. godine, osim prestupne kada iznosi 676.368 MWh.

Proizvodnja posmatrane elektrane na otpad po mesecima u skladu sa aproksimiranim dijagramom je prikazana u Tabeli II.

Tabela II Proizvodnja elektrane na otpad po mesecima, u periodu 2019–2023. godine

MWh	2019/2021/ 2022/2023	2020
Januar	49.400	49.400
Februar	37.900	39.748
Mart	51.815	51.815
April	36.973	36.973
Maj	52.771	52.771
Jun	56.757	56.757
Jul	71.147	71.147
Avgust	71.064	71.064
Septembar	63.724	63.724
Oktobar	48.097	48.097
Novembar	70.028	70.028
Decembar	64.844	64.844

Kao što je navedeno u radu, [3], vrednost gubitaka se u najvećem broju sati u toku godine kreće između 90 MW i 110 MW, tako da proizvodnja elektrane na otpad daje sigurnost operatoru prenosnog sistema da će obezbediti nesporni deo električne energije za nadoknadu gubitaka.

Za rad elektrane na otpad instalisane snage 110 MW potrebno je obezbediti dovoljnu količinu komunalnog čvrstog otpada kako bi se realizovao aproksimirani dijagram proizvodnje. Osvrnuli smo se malo na statističke podatke komunalnog otpada zemalja u Evropi koje u proizvodnji električne energije koriste elektrane na otpad. Kako bismo utvrdili domaći potencijal za obezbeđivanje dovoljne količine komunalnog čvrstog otpada za proizvodnju električne energije iz elektrane na otpad instalisane snage 110 MW, posmatrali smo ukupno generisani komunalni otpad [6] i ukupno instalisanu snagu svih proizvodnih grupa po tipu proizvodnje elektrane na otpad, [7], po izabranim zonama trgovanja u 2022. godini (Tabela III).

Iz Tabele III zaključuje se da je instalisana snaga proizvodnih grupa po tipu proizvodnje elektrane na otpad u zoni trgovanja Srbija najbliža zoni trgovanja Mađarska dok je ukupno generisani komunalni otpad duplo manji od mađarskog. U poređenju sa zonom trgovanja Nemačka–Luksemburg ukupno generisani komunalni otpad u Srbiji je oko 57 puta manji. Sve ovo nam ukazuje da bi bilo potrebno pre izgradnje elektrane na otpad instalisane snage 110 MW ispitati na koji način se može obezbediti dovoljna količina komunalnog čvrstog otpada u zoni trgovanja Srbija.

Tabela III Ukupno generisani komunalni otpad i instalisana snaga proizvodnih grupa po tipu proizvodnje elektrane na otpad u izabranim zonama trgovanja u 2022. godini.

Zona trgovanja	Generisani komunalni otpad po stanovniku [kg/stanovniku], [6]	Broj stanovnika [x 1.000.000], [8,9]	Ukupno generisani komunalni otpad po zoni trgovanja [x 1.000.000 kg]	Ukupno instalisana snaga proizvodnih grupa po tipu proizvodnje elektrane na otpad [MW], [7]
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)
Nemačka-Luksemburg	1.314	85,1	111.821,4	1.832
Francuska	539	68,2	36.759,8	968
Belgija	677	11,7	7.920,9	384
Austrija	835	9,1	7.598,5	80
Mađarska	406	9,6	3.897,6	49
Srbija	295	6,6	1.947,0	32
Bugarska	445	6,4	2.848,0	6
Slovenija	487	2,1	1.022,7	6
Hrvatska	478	3,9	1.864,2	6

2.2 Elektrana na vetar

Elektrane na vetar su prvi put priključene na prenosni sistem Republike Srbije krajem 2018. godine i do decembra 2024. godine je njihova instalisana snaga dostigla 477 MW. Određivanju instalisane snage elektrane na vetar potrebne za nadoknadu dela gubitaka sprovedeno je na osnovu aproksimiranih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrana na vetar u periodu 2019–2023. godine. Za aproksimaciju proizvodnje iz elektrane na vetar korišćene su obračunske srednje satne vrednosti snage i utvrđena je vrednost instalisane snage od 30 MW.

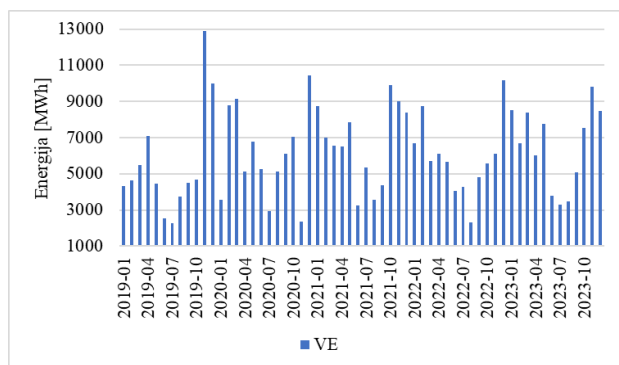
Izrađeni su dijagrami srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrane na vetar instalisane snage 30 MW sa svaku godinu perioda posmatranja od 2019. do 2023. godine koji su prikazani na Slici A.1, datoj u Dodatku 1 ovog članka.

Proizvodnja posmatrane elektrane na vetar po mesecima u skladu sa aproksimiranim dijagramima je prikazana u Tabeli IV.

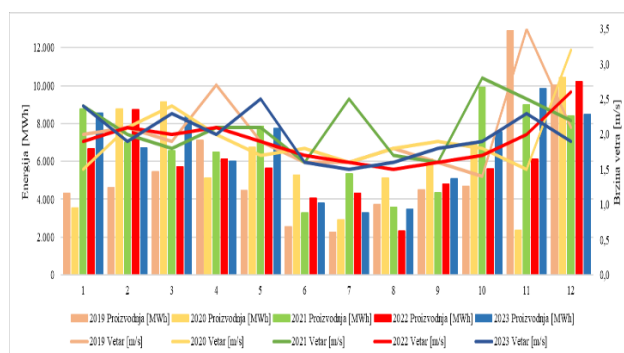
Tabela IV Proizvodnja elektrane na vetar po mesecima, u periodu 2019–2023. godine

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	4.297	3.546	8.749	6.673	8.539
Februar	4.611	8.777	7.007	8.747	6.692
Mart	5.459	9.128	6.575	5.720	8.374
April	7.093	5.139	6.494	6.120	6.021
Maj	4.463	6.756	7.840	5.653	7.753
Jun	2.546	5.262	3.269	4.050	3.789
Jul	2.263	2.925	5.334	4.296	3.291
Avgust	3.727	5.137	3.577	2.305	3.470
Septembar	4.502	6.107	4.362	4.791	5.098
Oktobar	4.673	7.035	9.920	5.586	7.545
Novembar	12.909	2.350	8.996	6.107	9.818
Decembar	10.016	10.421	8.405	10.189	8.471

Grafički prikaz proizvodnje elektrane na vetar po mesecima, u periodu 2019–2023. godine (Slika 2) jasno ukazuje na varijabilnost proizvodnje od meteoroloških parametara, prevashodno od brzine vetra. Ostvarena brzina vetra je posmatrana za teritoriju Beograda. Izgrađene elektrane na vetar u Srbiji nisu u ovoj oblasti, ali je podatak dovoljno precizan da se opiše zavisnost proizvodnje elektrane na vetar od ovog parametra.



(a)



(b)

Slika 2. Proizvodnja iz elektrane na vetar instalisane snage 30 MW za period 2019–2023. godine; (a) u kontinuitetu po mesecima; (b) uporedni prikaz sa srednjom brzinom vetra po mesecima u navedenom periodu

U pojedinim mesecima razlika u proizvodnji doseže iznad 10 GWh, odnosno u istom mesecu u različitim godinama proizvodnja može biti pet puta veća. Najveći uzrok ovako velike razlike u proizvedenoj električnoj energiji je brzina vetra. Razlika između srednjih vrednosti brzine vetra na mesečnom nivou u mesecima sa najvećom razlikom u proizvedenoj električnoj energiji je bila 2 m/s.

2.3 Elektrana na energiju sunca

Jedna od glavnih prednosti koncentrovanih solarnih elektrana (CSP elektrane) u odnosu na solarne fotonaponske elektrane (PV elektrane) jeste ta što može biti opremljena rastopljenim solima u kojima se može skladištiti toplota, omogućavajući generisanje električne energije i kada nema sunčevog zračenja, [10].

Prilikom određivanja instalisane snage elektrane na sunce potrebne za nadoknadu dela gubitaka korišćeni su dostupni podaci sa platforme ENTSO-E za transparentnost, za zonu trgovanja Hrvatska za period 2019–2023. godine, [5]. Na osnovu podataka o ukupno ostvarenoj proizvodnji po tipu elektrane na sunce načinom PV, [11], utvrđeno je da je potrebna instalisana snaga elektrane na sunce 50 MW. Nakon toga je urađena aproksimacija satnih vrednosti proizvodnje za period posmatranja.

Izrađeni su dijagrami srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz solarne PV elektrane, instalisane snage 50 MW, za svaku godinu perioda posmatranja od 2019. do 2023. godine, koji su prikazani na Slici A.2, datoj u Dodatku 1 ovog članka.

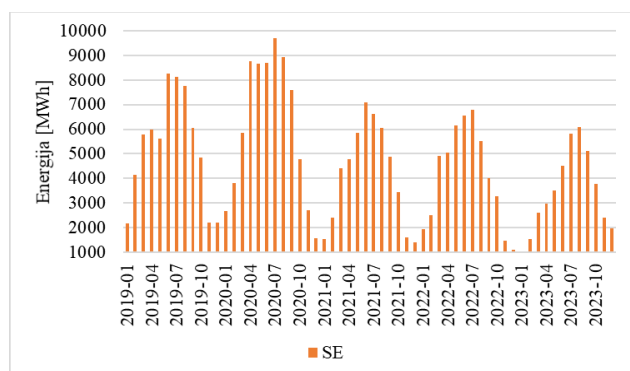
Proizvodnja posmatrane solarne PV elektrane po mesecima u skladu sa aproksimiranim dijagramima prikazana je u Tabeli V.

Tabela V Proizvodnja solarne PV elektrane po mesecima, u periodu 2019–2023. godine

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	2.162	2.658	1.529	1.935	921
Februar	4.145	3.791	2.392	2.500	1.534
Mart	5.790	5.859	4.421	4.919	2.587
April	5.987	8.782	4.778	5.050	2.975
Maj	5.609	8.658	5.851	6.141	3.517
Jun	8.251	8.692	7.097	6.567	4.522
Jul	8.131	9.691	6.639	6.775	5.811
Avgust	7.760	8.940	6.058	5.529	6.088
Septembar	6.037	7.584	4.874	4.006	5.108
Oktobar	4.854	4.779	3.438	3.268	3.757
Novembar	2.189	2.701	1.594	1.454	2.398
Decembar	2.193	1.574	1.395	1.101	1.965

Tokom proteklih nekoliko decenija dogodio se značajan pad troškova proizvodnje električne energije iz solarnih PV elektrana i očekuje se da će se upotrebom solarnih PV elektrana taj trend nastaviti uz povećanje efikasnosti i poboljšanja pouzdanosti, izdržljivosti i dužeg veka trajanja elektrana, [12]. Međutim, ono što možemo zaključiti iz grafičkog prikaza proizvodnje solarne PV elektrane po mesecima, u periodu 2019–2023. godine (Slika 3), jeste sezonska zavisnost od vremenskih uslova, odnosno potencijala sunca i oblačnosti. U ovom radu smo koristili ostvarenu oblačnost za teritoriju Beograda uz pretpostavku da je identična za posmatranu elektranu u posmatranom periodu.

Sa Slike 3 zaključujemo da razlika u proizvodnji ove elektrane na sunce u toku istog meseca u različitim godinama dostiže vrednost od oko 5 GWh, odnosno može biti skoro tri puta veća. Bitan razlog za ostvarivanje ovako velike razlike u proizvodnji je oblačnost. Razlika između srednjih vrednosti oblačnosti na mesečnom nivou za posmatrani mesec sa najvećom proizvodnjom je bila tri puta manja za isti taj mesec sa najmanjom proizvodnjom.



(a)

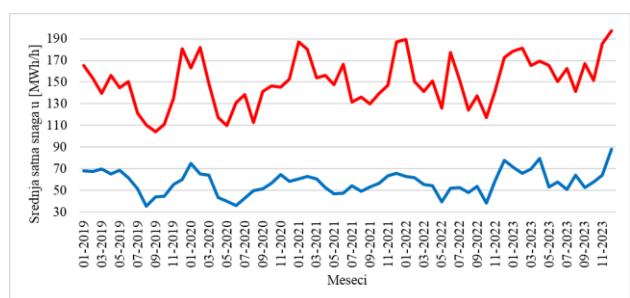


(b)

Slika 3. Proizvodnja iz elektrane na sunce instalisane snage 50 MW za period 2019–2023. godine; (a) u kontinuitetu po mesecima; (b) uporedni prikaz sa oblačnošću po mesecima u navedenom periodu

3. GUBICI U PRENOSNOJ MREŽI

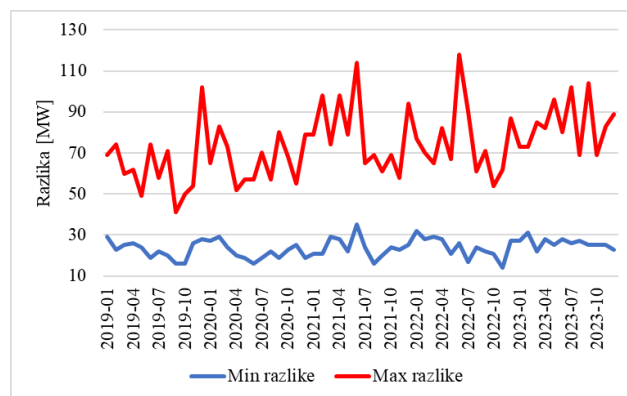
Osvrnućemo se na kretanje minimalnih i maksimalnih obračunskih srednjih satnih vrednosti gubitaka za period posmatranja od 2019. do 2023. godine (Slika 4).



Slika 4. Minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka po mesecima za period 2019–2023. godine. Izvor: [3]

Sa Slike 4 uočava se da se minimalne srednje satne vrednosti gubitaka kreću u opsegu od 35,5 MW do 88,3 MW, dok se maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka kreću u opsegu od 104,2 MW do 197,3 MW.

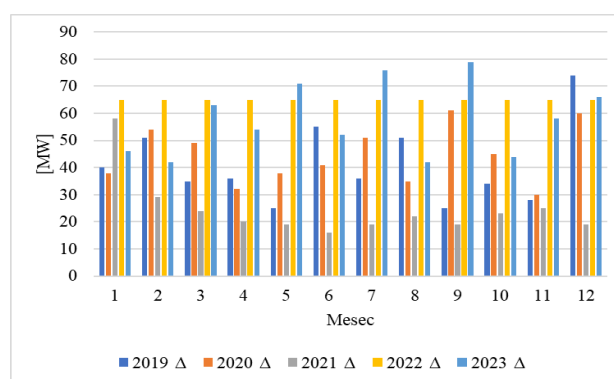
U toku jednog dana nije očekivano da će se javiti i minimalna i maksimalna srednja satna vrednost gubitaka za određeni mesec. Stoga, da bi bolje bila shvaćena fluktuacija gubitaka na dnevnom nivou unutar jednog meseca, posmatrali smo razliku između minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka na dnevnom nivou, po mesecima (Slika 5).



Slika 5. Razlika između minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka na dnevnom nivou po mesecima za period 2019–2023. godine

Sa Slike 5 može se videti da u zavisnosti od godine posmatranja u istom mesecu razlika između minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka na dnevnom nivou se može kretati od 19 MW do 79 MW.

Uporedne razlike između minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka na dnevnom nivou prikazane su na Slici 6.



Slika 6. Uporedni prikaz razlike između minimalne i maksimalne srednje satne vrednosti gubitaka na dnevnom nivou po mesecima za period 2019–2023. godine

Slika 6 nam otkriva nepredvidivost kretanja gubitaka po mesecima u toku godine i upravo ova nepredvidivost omogućava da se za njihovu nadoknadu koriste intermitentni OIE.

4. ANALIZA Odstupanja obračunskih SATNIH VREDNOSTI GUBITAKA OD APROKSIMIRANE PROIZVEDENE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OIE

U idealnim situacijama prognozirane vrednosti gubitaka odgovarale bi obračunskim vrednostima gubitaka. Pod ovom pretpostavkom započinjemo analizu odstupanja obračunskih satnih vrednosti gubitaka od aproksimirane proizvedene električne energije iz OIE.

Za period posmatranja od 2019. godine do 2023. godine u svakom satu smo uporedili zbir aproksimirane proizvodnje izabranih OIE u skladu sa Poglavljem 2 i vrednosti obračunskih gubitaka. Na osnovu sprovedenog proračuna dobili smo rezultate iz Tabele VI (a) – (g).

Na osnovu Tabele VI dobija se jasna slika o količinama električne energije koje je potrebno dokupiti (manjak), odnosno prodati (višak) kako bi balansna grupa na tržištu električne energije koja u svom sastavu ima gubitke bila u potpunosti izbalansirana. Agregiranjem mesečnih podataka iz Tabele VI na godišnji nivo dobijamo Tabelu VII na osnovu koje zaključujemo da se na godišnjem nivou manjak električne energije može kretati od oko 13% do skoro 20% dok se viškovi mogu kretati od oko 6% do oko 16% u odnosu na godišnju vrednost gubitaka.

Tabela VI Odstupanje aproksimirane proizvodnje od obračunskih vrednosti gubitaka po mesecima u periodu 2019–2023. godine; (a) ukupna proizvodnja; (b) obračunski gubici; (v) manjak energije; (g) višak energije

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	55.859	55.604	59.678	58.008	58.860
Februar	46.656	52.316	47.299	49.147	46.126
Mart	63.064	66.760	62.811	62.454	62.776
April	50.053	50.936	48.245	48.143	45.969
Maj	62.843	68.185	66.462	64.565	64.041
Jun	67.554	70.711	67.123	67.374	65.068
Jul	81.541	83.763	83.120	82.218	80.249
Avgust	82.551	85.141	80.699	78.898	80.622
Septembar	74.263	77.415	72.960	72.521	73.930
Oktobar	57.624	59.911	61.455	56.951	59.400
Novembar	85.126	75.079	80.618	77.589	82.243
Decembar	77.053	76.839	74.644	76.134	75.280

(a)

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	79.109	82.401	83.982	85.231	83.859
Februar	68.208	75.196	76.311	64.235	73.986
Mart	79.692	73.995	78.363	68.618	80.263
April	73.545	53.931	71.216	66.616	85.683
Maj	74.514	50.725	68.381	59.107	70.315
Jun	70.306	57.238	66.950	60.943	71.214
Jul	59.314	62.359	62.993	61.647	66.531
Avgust	55.245	60.244	58.602	60.694	69.758
Septembar	49.675	58.162	59.726	63.307	68.391
Oktobar	52.191	73.139	66.322	62.337	71.426
Novembar	65.332	72.160	65.560	67.633	85.229
Decembar	78.783	78.802	86.565	81.630	99.766

(b)

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	23.924	27.444	26.272	28.396	25.882
Februar	22.072	23.354	29.465	15.678	27.916
Mart	17.745	12.277	17.347	11.381	18.852
April	24.089	9.189	23.635	19.310	39.776
Maj	13.938	2.171	8.294	4.447	10.294
Jun	6.902	1.231	7.716	4.147	10.187
Jul	148	525	322	601	896
Avgust	27	105	66	183	755
Septembar	413	615	1.304	2.411	3.452
Oktobar	4.439	16.234	9.628	9.604	13.829
Novembar	459	4.446	1.514	2.074	7.289
Decembar	6.992	7.561	16.559	9.905	25.022

(v)

MWh	2019	2020	2021	2022	2023
Januar	674	647	1.968	1.173	883
Februar	520	473	453	590	56
Mart	1.117	5.085	1.795	5.217	1.365
April	597	6.151	664	837	62
Maj	2.267	19.630	6.375	9.905	4.020
Jun	4.150	14.705	7.889	10.578	4.041
Jul	22.375	21.929	20.449	21.172	14.614
Avgust	27.333	25.001	22.163	18.387	11.619
Septembar	25.001	19.868	14.538	11.625	8.991
Oktobar	9.872	3.006	4.761	4.218	1.803
Novembar	20.253	7.365	16.572	12.030	4.303
Decembar	5.262	5.597	4.638	4.409	536

(g)

Tabela VII Odstupanje aproksimirane proizvodnje od obračunskih vrednosti gubitaka po godinama u periodu 2019–2023. godine

Godina		2019	2020	2021	2022	2023
Tip elektrane	Instalisana snaga	Godišnja proizvodnja elektrana [MWh]				
na otpad	110 MW	674.520	676.368	674.520	674.520	674.520
na vetar	30 MW	66.559	72.583	80.528	70.237	78.861
na sunce	50 MW	63.108	73.709	50.066	49.245	41.183
Ukupno [MWh]		804.187	822.660	805.114	794.002	794.564
Manjak [MWh]		121.148	105.152	142.122	108.137	184.150
Višak [MWh]		119.421	129.457	102.265	100.141	52.293
Gubici [MWh]		805.914	798.352	844.972	801.999	926.420

Odstupanje satne vrednosti proizvodnje od potrošnje, u našem slučaju gubitaka, neizostavni je deo rada elektroenergetskog sistema, stoga je bitno raditi precizne prognoze proizvodnje i precizne prognoze potrošnje/gubitaka kako bi se blagovremeno proračunao očekivani manjak, odnosno višak električne energije i osmislio način kako da se manjak nadoknadi, odnosno višak potroši ili proda.

5. ZAKLJUČAK

Tranzicija ka klimatskoj neutralnosti zahteva transformaciju elektroenergetskog sistema vođenu ogromnim ulaganjima kako bi se integrisao veliki broj obnovljivih izvora energije i novih tehnologija u cilju sigurnog i održivog rada prenosnog sistema dostupnog za trenutne i buduće korisnike, kao i ostvarilo optimalno funkcionisanje i dalji razvoj jedinstvenog evropskog tržišta električne energije.

Klimatske promene uzrokuju češće ekstremne vremenske prilike, kao što su suše i oluje, koje dodatno mogu povećati varijabilnost i neizvesnost proizvodnje i potrošnje, a ponekad utiču i na dostupnost mrežne infrastrukture. U ovakvim okolnostima neizvesnost prognoze raste i greške u planiranju su neminovne. Što je veća neizvesnost u radu elektroenergetskog sistema, to je prognoza gubitaka teža, odnosno gubici su teže predvidivi.

Oslanjanje na proizvodnju električne energije iz izvora zavisnih od vremenskih prilika zahteva odgovarajuće mere kojima se mogu prevazići situacije kada vetar i sunce nisu dovoljni da elektrane koje ih koriste kao resurse svojom proizvodnjom pokriju potrebnu količinu gubitaka ili su pak preterani pa proizvodnja iz ovih elektrana prevazilazi potrebne količine.

Trenutno se evropski operatori prenosnog sistema ne mogu pohvaliti softverskim rešenjima sa preciznim prognozama gubitaka na vremenskom horizontu dan unapred kada se lakše može obezbediti potrebna količina električne energije za nadoknadu gubitaka bilo na bilateralnom ili na organizovanom tržištu dan unapred. U budućnosti će se nastojati da se ulože dodatni napor u cilju razvijanja sofisticiranih alata koji će unaprediti kvalitet prognoze gubitaka. Dosta nade se polaže u rešenja na bazi veštačke inteligencije.

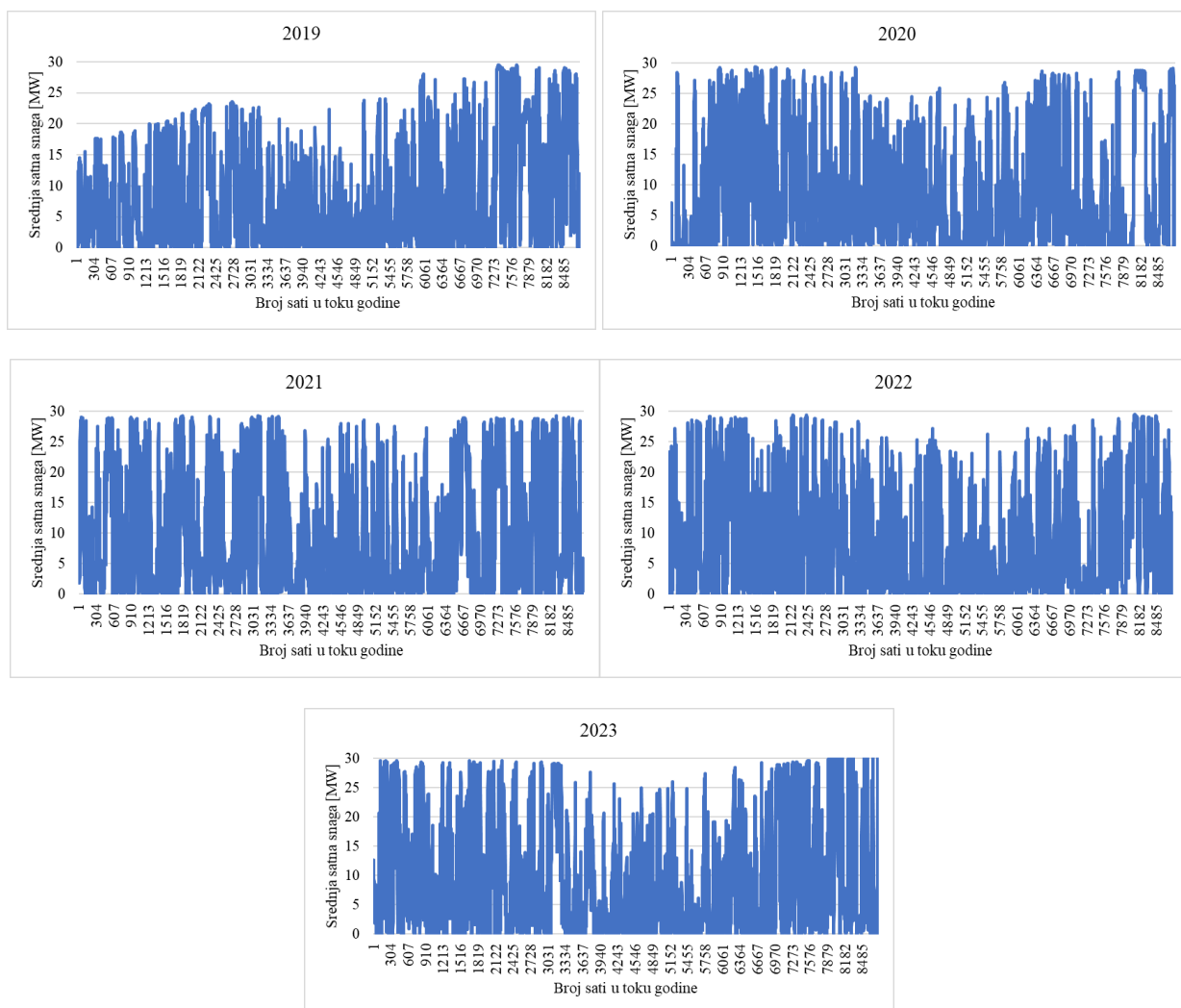
Na unutardnevnom vremenskom horizontu prognoze gubitaka su preciznije, ali je neizvesnija mogućnost nabavke, odnosno prodaje očekivanog manjka, odnosno viška električne energije. Prevazilaženje trenutnog nedostatka ponude i potražnje za električnom energijom na unutardnevnom vremenskom horizontu očekujemo da će se dogoditi spajanjem domaćeg tržišta električne energije sa jedinstvenim evropskim tržištem. Stupanjem na snagu Zakona o izmenama i dopunama Zakona o energetici „Sl. glasnik RS” br. 94/2024, Republika Srbija je preuzela odredbe tzv. Paketa za integraciju električne energije koji sadrži devet propisa EU, među kojima se nalaze i oni koji treba da omoguće spajanje tržišta električne energije.

Obračunske vrednosti gubitaka za posmatrani period od pet godina u prošlosti šalju nam signal da je vrednost srednje satne snage gubitaka u samo 0,06% sati pala ispod 45 MW, što ukazuje da iz proizvodnog portfelja elektrana na OIE u svakom satu tokom godine moramo obezbediti ovu vrednost, odnosno izabrati resurs koji će omogućiti približno konstantnu proizvodnju u svakom satu.

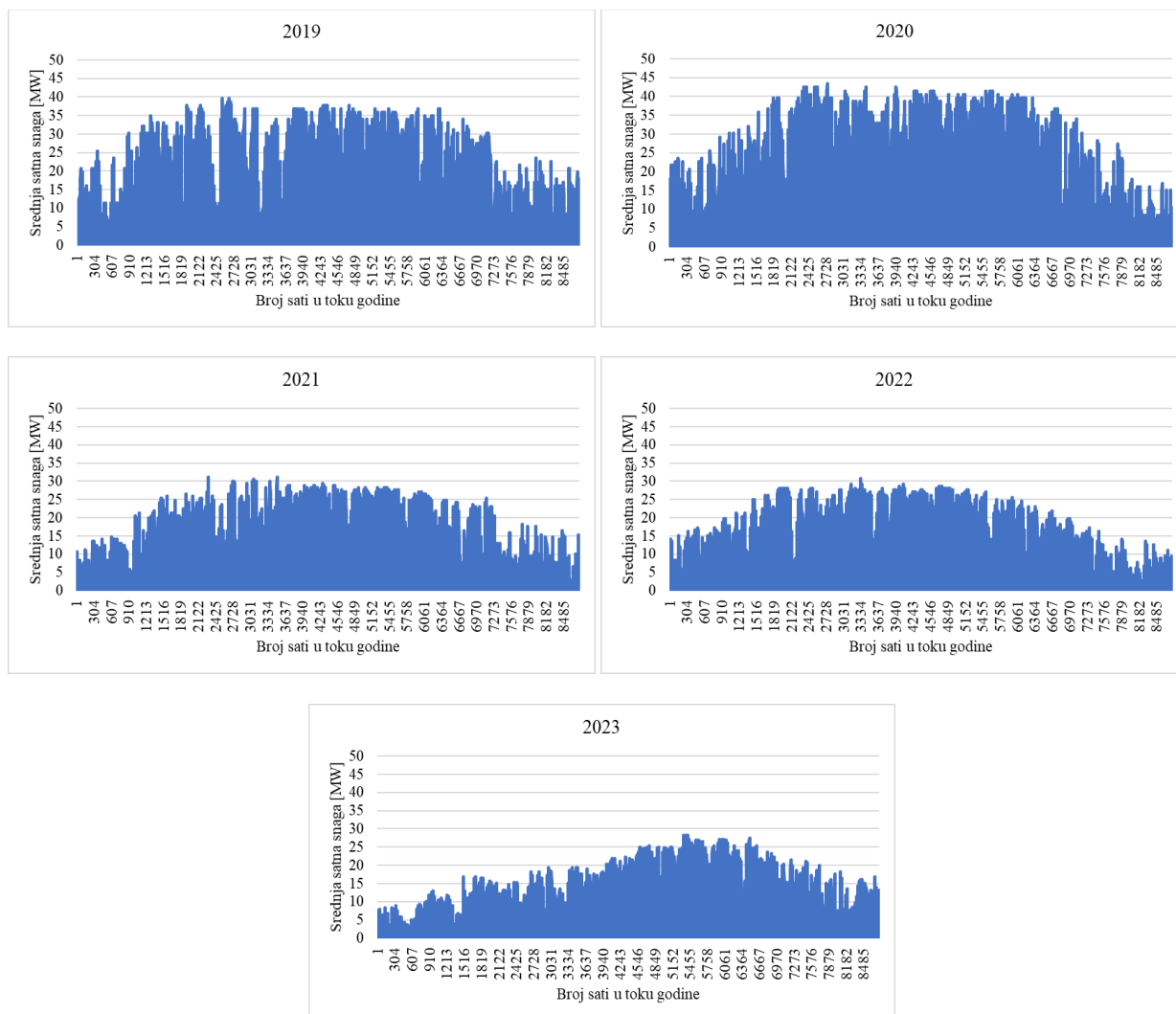
LITERATURA

- [1] Ursula von der Leyen, Candidate for the European Commission President, „Political Guidelines for the Next European Commission 2024–2029“, pp. 5,8, [Internet]. Dostupno na: https://commission.europa.eu/document/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648_en
- [2] Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652 [Internet]. Dostupno na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>
- [3] Jadranka M. Janjanin, Željko R. Jovanović, Jelena J. Obradović, „Obnovljivi izvori energije kao resurs za kupovinu električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu EMS AD Beograd“, „Elektroprivreda“, God. 2, Br. 2, 2024, 49-61, [Internet]. Dostupno na: <https://epijournal.eps.rs/radovi/09%20Janjanin-Jovanovic-Obradovic%20Final%20CIR%20za%20publikovanje-v2.pdf>
- [4] Beo čista energija d. o. o, [Internet]. Dostupno na: <https://www.bcenergy.rs/rs/projekat-jpp-u-oblasti-upravljanja-otpadom-u-beogradu/ciljevi-i-benefiti-projekta/>
- [5] ENTSO-E Transparency Platform, [Internet]. Dostupno na: <https://transparency.entsoe.eu/generation/r2/actualGenerationPerProductionType/show>
- [6] Eurostat, „Municipal waste statistics“, [Internet]. Dostupno na: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/10360.pdf>
- [7] EMS AD Beograd, „Pravila o objavljivanju ključnih tržišnih podataka“, [Internet]. Dostupno na: <https://ems.rs/wp-content/uploads/2022/08/Pravila-o-objavljivanju-kljucnih-trzisnih-podataka-preciscen-tekst-20220307-1.pdf>
- [8] Eurostat, „Population on 1 January“, [Internet]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/demography-2024#population-structure>
- [9] Republika Srbija Republički zavod za statistiku, „Ključni pokazatelji - Procenjen broj stanovnika na dan 1. januar 2023. godine“, [Internet]. <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/oblasti/stanovnistvo/procene-stanovnistva>
- [10] IRENA, [Internet]. Dostupno na: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>
- [11] IRENA, [Internet]. Dostupno na: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy>
- [12] Solar Power Europe, [Internet]. Dostupno na: <https://www.solarpowereurope.org/interests/research-innovation>

DODATAK 1



Slika A.1. Aproksimacija srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrane na vetar instalisane snage 30 MW za period 2019–2023. godine



Slika A.2. Aproximacija srednjih satnih vrednosti proizvodnje iz elektrane na suncе instalisane snage 50 MW za period 2019–2023. godine

BIOGRAFIJE



Jadranka Janjanin je rođena u Beogradu. Diplomirala je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Elektroenergetski sistemi i skoro 20 godina radi u operatoru prenosnog sistema EMS AD Beograd.

Svoj radni vek započela je u Direkciji za upravljanje prenosnim sistemom gde ostaje do 2012. godine, nakon čega prelazi u Direkciju za tržište električne energije. Trenutno je na poziciji rukovodioca Sektora za proračun i nabavku električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu. Dosadašnjim radom je stekla ekspertizu iz oblasti tržišta električne energije, a naročito u vezi sa nabavkom i prodajom električne energije na bilateralnom i organizovanom tržištu električne energije, prognozom rada prenosnog sistema, procesima planiranja i izveštavanja, energetskim bilansom operatora prenosnog sistema, dodelom prenosnih kapaciteta i spajanjem tržišta električne energije. Član je Organizovanog market komiteta za organizovano tržište električne energije u Srbiji SEEPEX. U području međunarodne saradnje učestvuje u radnim timovima i grupama u okviru evropske asocijacije ENTSO-E, regionalnih grupa u kontekstu WB6 i radnih timova koje predvode USAID/USEA.



Milan Danilović je rođen u Ivanjici. Diplomirao je na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Elektroenergetski sistemi i već skoro 20 godina je aktivno prisutan u samom vrhu elektroenergetskog sektora Republike Srbije.

Radni vek započeo je u Dispečerskom centru EPS-a, Direkciji za trgovinu, a zatim preko poslova stručnog saradnika za poslove Upravnog odbora, a zatim i Nadzornog odbora EPS-a, radno iskustvo stiče u EPS Snabdevanju na poslovima komercijalnog snabdevanja.

U svojoj dosadašnjoj karijeri je stekao ekspertsku znanja iz oblasti planiranja i upravljanja proizvodnjom električne energije, tržišta električne energije sa akcentom na snabdevanje električnom energijom, regulatornih pitanja iz oblasti energetike. Trenutno se nalazi na poziciji člana Saveta Agencije za energetiku Republike Srbije. Učesnik je domaćih i regionalnih savetovanja iz oblasti elektrotehnike.



Željko Jovanović je rođen u Čačku. Osnovne i master studije je završio na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Elektroenergetski sistemi i 2013. godine stiče zvanje master inženjer elektrotehnike i računarstva.

U EMS AD Beograd započinje rad 2014. godine u Direkciji za tržište električne energije, gde je i danas zaposlen. Nalazi se na poziciji šefa Službe za proračun električne energije za nadoknadu gubitaka u prenosnom sistemu. Posедуje znanje iz oblasti bilateralnog i organizovanog tržišta električne energije, sa posebnim akcentom na prognozu tehničkih gubitaka u prenosnoj mreži i kupovinu i prodaju električne energije za njihovu nadoknadu.

Učesnik je domaćih i regionalnih savetovanja iz oblasti elektrotehnike.

Jadranka M. Janjanin¹, Milan M. Danilovic², Zeljko R. Jovanovic¹

Analysis of Required Monthly Amounts of Electrical Energy Produced from Renewable Energy Sources for Covering Transmission System Losses

¹ EMS JSC Belgrade, Belgrade, Serbia*² Energy Agency of the Republic of Serbia

Professional paper

Highlights

- Variability of average hourly values of technical transmission system losses
- Approximation of power plant production from RES
- Possibility to cover technical transmission system losses from RES

Abstract

The transition to climate neutrality by 2050, the so-called "green" transition is underway and therefore it is important to plan and ensure the sustainability of existing processes. Identification of opportunities and selection of actions are indispensable in planning future work. It often happens that the chosen action does not achieve the desired results, so we have to undergo iterative processes. In order to avoid the application of quick actions and the impossibility of conducting the necessary analyses, it is crucial to observe and design processes in time, especially if they arise from legally defined obligations.

When we talk about the transmission system operator, we recognize the procurement of electrical energy for covering of technical transmission system losses as one of the obligations from the Energy Law. In this paper, we will devote ourselves to a more detailed analysis of the chosen method of procurement of technical transmission system losses from renewable energy sources. The authors of the paper chose wind, sun and waste as sources of electrical energy that they will use in planning the procurement of electrical energy for covering transmission system losses. This paper is a continuation of the analysis that was started in the paper "Renewable Energy Sources as a Resource for the Procurement of Electrical Energy for Covering Transmission System Losses". From the level of looking at the annual needs of electrical energy for covering of transmission system losses produced from renewable energy sources, we go down to the monthly level.

This paper can serve as a guideline for mitigating the overall risks and uncertainties of transmission system operators during procurement of electrical energy for covering technical transmission system losses on the way towards clean energy by 2050. In the paper, we will analyze whether one of the basic principles of the transition, i.e. that the transition to clean energy is objective and inclusive, is justified in the case of transmission system operator.

Keywords

Approximation of production of electrical energy from renewable energy sources,
Climate neutrality, Losses

Note:

This article thematically follows on from the text *Renewable Energy Sources as a Resource for the Procurement of Electrical Energy for Covering Transmission System Losses*, which was published on November 1, 2024 in the second, Special Edition of "Electric Power Industry Journal", dedicated to selected award-winning papers at the 36th CIGRE Serbia Conference.

Received: December 16th, 2024Reviewed: January 16th, 2025Modified: February 1st, 2025Accepted: February 13th, 2025

*Corresponding author: Jadranka Janjanin, +381 64 8408 661

E - mail: jadranka.janjanin@ems.rs