

Proizvodnja električne energije iz elektrana na uglj i prateća emisija CO₂: komparacija EU-27 i Srbije

Production of Electricity from Coal-Fired Power Plants and Accompanying CO₂ Emissions: Comparison of EU-27 and Serbia

Aleksandar Madžarević, Predrag Jovančić, Stevan Đenadić, Filip Miletić, Miroslav Crnogorac

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet

Rezime - Velike elektrane su i u trećoj deceniji 21. veka i dalje odgovorne za više od polovine proizvodnje električne energije u Evropi. U svom radu pretežno koriste fosilna goriva, što rezultira emisijom zagađujućih materija u vazduh. Stoga, zahvaljujući direktivama EU, kao i poremećajima na tržištu, emisije ugljen-dioksida iz velikih postrojenja za sagorevanje u EU-27 intenzivno se smanjuju u poslednje dve decenije. Iako je upotreba uglja, posebno u zemljama Evropske unije, u stalnom padu, ima prostora za dodatno smanjenje. Autori su kroz ovaj rad želeli da prikažu potpuno aktuelno stanje emisije CO₂ iz termoelektrana u Evropi, koje su koristile uglj za proizvodnju električne energije, kao i da uporede takva postrojenja sa onima koje rade u Republici Srbiji. Emisija CO₂ je analizirana u odnosu na instalisane kapacitete, kao i upoređena sa proizvedenom i energijom isporučenom u sistem. Analizom dobijenih vrednosti odnosa emisije prema broju stanovnika, površini teritorije, proizvodnji i potrošnji struje, kao i prema BDP-u, primetno je da se na teritoriji Republike Srbije generiše dosta veća količina CO₂ za postizanje sličnog energetskeg, industrijskog i ekonomskog efekta u odnosu na EU-27. Istraživanjem podataka o lokaciji sagorevanja uglja pri proizvodnji električne energije u Republici Srbiji primećeno je postojanje velikih razlika u količinama emisije CO₂, što je posledica sastava uglja koji se upotrebljava i samih režima sagorevanja u termoelektranama..

Ključne reči - CO₂, emisija, uglj, termoelektrane, EU-27, Srbija

Abstract - Even in the third decade of the 21st century, large power plants are still responsible for more than half of the electricity production in Europe. They predominantly use fossil fuels in their work, which results in the emission of pollutants into the air. Nevertheless, thanks to EU directives, as well as disturbances on the market, emissions of carbon dioxide from large combustion plants in the EU-27 are intensively decreasing in the last two decades. Although the use of coal, especially in the countries of the European Union, is in constant decline, there is space for additional reduction. Through this paper, the authors wanted to present the completely actual situation of emissions of CO₂ from thermal power plants in Europe, that have used coal for electricity production, as well as to compare such plants with those operating in the Republic of Serbia. The CO₂ emission was analysed in relation to the installed capacity, as well as compared

to the energy produced and supplied to the system. By analysing the obtained values of the ratio of emissions to the number of inhabitants, the area of the territory, production and consumption of electricity, as well as to the GDP, it is noticeable that a much larger amount of CO₂ is generated on the territory of the Republic of Serbia to achieve a similar energy, industrial and economic effect compared to the EU-27. By researching location data of coal burning in the production of electricity in the Republic of Serbia revealed the existence of a large difference in the amount of CO₂ emissions, which is a consequence of the composition of the coal used and the combustion modes in thermal power plants.

Index Terms - CO₂, pollutant emission, coal, thermal power plant, EU-27, Serbia

I UVOD

Energetika današnjice je nosilac socio-ekonomskog razvoja društvene zajednice, predstavljajući jednu od najvažnijih potreba čovečanstva. Upravljanje razvojem energetike na lokalnom, nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou je jedan od najvažnijih zadataka na nivou države. Treba imati u vidu i da je potražnja za finalnom energijom na početku treće decenije 21. veka, porasla čak 30 puta od industrijske revolucije, kao rezultat brzog tehnološkog napretka i izuzetne demografske tranzicije [1]. Sagledavanje dugoročnih promena i projekcija mogućeg razvoja različitih energetskeg sektora predstavlja vitalnu aktivnost za održivi razvoj država, regiona, lokalnih samouprava, kao i privrednih i drugih organizacija. Sektor električne energije, proizvodnja, kao i potrošnja iste, predstavlja jedan od najvažnijih elemenata u slagalici zadovoljenja različitih aspekata ljudskih potreba i samog razvoja civilizacije. Ipak ovaj sektor krasi i zadovoljenje egzistencije i komfora u obavljanju svakodnevnih aktivnosti uz sve očigledniji pritisak na sistematsko smanjenje uticaja na okruženje u procesima proizvodnje, transformacije i potrošnje električne energije.

Upotreba uglja za proizvodnju električne energije je i dalje na izuzetno visokom nivou u svim regionima sveta, bez obzira na intenzivne napore dekarbonizacije. Uglj je fosilno gorivo sa najviše ugljenika, a danas je i dalje dominantan nosilac proizvodnje energije u sektoru električne energije, sa tržišnim

udelom od više od jedne trećine globalne proizvodnje [2]. Ukupne svetske emisije gasova staklene bašte koje se odnose na energiju porasle su za oko 1% na najviši zabeleženi nivo od 41,3 GtCO₂eq [3]. Emisije ugljen-dioksida (CO₂) iz postrojenja koja sagorevaju fosilna goriva i industrijskog sektora činile su 89% emisija gasova staklene bašte u 2022. godini. Konkretno, globalna emisija CO₂ iz pomenutih energetske i industrijskih postrojenja je porasla za oko 1% ili 321 MtCO₂eq u 2022. na novu rekordnu vrednost od 36,8 GtCO₂eq [3]. Uticaj pandemije i geopolitički trenutak u Istočnoj Evropi izazvali su porast emisije CO₂ iz postrojenja za sagorevanje za oko 1,3% ili 423 MtCO₂eq u 2022. godini, dok su emisije CO₂ iz industrijskog sektora smanjene za 102 MtCO₂eq [3, 4]. Rast emisija u 2022. bio je ispod rasta globalnog BDP-a (povećanje od 3,2%), vraćajući se na višedecenijski trend razdvajanja rasta emisija i ekonomskog rasta koji je prekinut 2021. godine [3, 5]. Primetni su različiti trendovi između regiona i sektora. Emisije CO₂ su porasle u Severnoj Americi i Aziji (isključujući Narodnu Republiku Kinu), u većoj meri od smanjenja emisija u Evropi i Kini. Na globalnom nivou, emisije CO₂ iz proizvodnje električne energije i sektora transporta, porasle su za 261 MtCO₂eq i 254 MtCO₂eq, respektivno, što je više nego smanjenje emisija u industrijskom sektoru i zgradarstvu [1, 3].

Ako se posmatraju pojedinačni sektori upotrebe uglja, najveće apsolutno sektorsko povećanje emisija u 2022. godini bilo je u sektoru proizvodnje električne i toplotne energije. Emisije u sektoru proizvodnje električne i toplotne energije su povećane za 1,8% (odnosno 261 MtCO₂eq), dostigavši najviši nivo od 14,6 GtCO₂eq [4, 5]. Prelazak sa gasa na uglj u mnogima regionima je bio glavni pokretač ovog rasta: emisija CO₂ iz proizvodnje električne energije na uglj porasla za 2,1%, predvođena povećanjem razvoja azijskog tržišta i privrede. Globalna potražnja za električnom energijom porasla je za 2,7% [5].

Ovaj rad analizira proizvodnju i emisiju CO₂ u sektoru električne energije u EU-27 i Srbiji. Emisija CO₂ u EU-27 u poslednjih 30 godina je analizirana i prezentovana, ukazujući na trendove i ciljeve budućeg razvoja. Emisije CO₂ iz elektrana na uglj u EU-27 od 1990. kontinuirano opada sa najnižom vrednošću 2020. godine [2, 3]. Nemačka je u EU daleko najveći proizvođač energije iz uglja [2]. Nemačka ima dugu tradiciju u eksploataciji uglja, prvenstveno opravdanu razmatranjima domaće energetske bezbednosti [6, 7]. Dok je eksploatacija kamenog uglja na teritoriji Nemačke u međuvremenu prekinuta iz ekonomskih razloga, vađenje lignita i povezana proizvodnja električne energije su i dalje konkurentni, obezbeđujući hiljade radnih mesta u ekonomski slabim oblastima. Početkom 2019. godine, komisija za uglj koju je imenovala nemačka vlada predložila je postepeno ukidanje proizvodnje električne energije na uglj i eksploatacije lignita do 2038. [8]. Ipak, od 2012. ukupna proizvodnja električne energije iz uglja u EU-27 je opala za skoro trećinu. Smanjenje upotrebe uglja dovelo je do zatvaranja rudnika i gašenja elektrana u brojnim regionima širom Evrope [9].

Sa druge strane, u Republici Srbiji je uglj i dalje dominantan energetski izvor za proizvodnju električne energije, definitivno intenzivno doprinoseći kako lokalnim, tako i globalnim ekološkim promenama. Trgovina prava na emisije ugljen

dioksida je jedan od načina borbe protiv klimatskih promena. U Srbiji se primenjuju samo neki od različitih globalnih, regionalnih i lokalnih mehanizama, koji su upotrebljivi u svetu [10].

Autori su kroz rad težili da daju projekciju i ciljeve emisije CO₂ za 2030., 2040. i 2050. godinu na osnovu strateških planiranja i ciljeva u zemljama EU-27 i Republike Srbije.

II PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ ELEKTRANA NA UGALJ

EU-27 ima 26.649 izvora za proizvodnju električne energije sa instaliranim kapacitetom od 649.819 MW [11]. U zemljama EU-27 nešto malo manje od petine, 19,8% elektrana je na uglj, ukupne instalisane snage oko 111.606 MW [11]. EU-27 raspolaže sa 193 aktivnih termoelektrana na uglj, odnosno 480 termo-blokova [12].

Termoenergetski kapaciteti Republike Srbije se sastoje iz šest termoelektrana, sa aktivnih 17 termo-blokova, ukupno instalisane snage 4400 MW, koje isključivo koriste lignit i tri termoelektrane-toplane, snage 403 MW za proizvodnju električne i 505 MW za proizvodnju toplotne energije, podeljenih u 6 blokova, na tečna i gasovita goriva [13, 14].

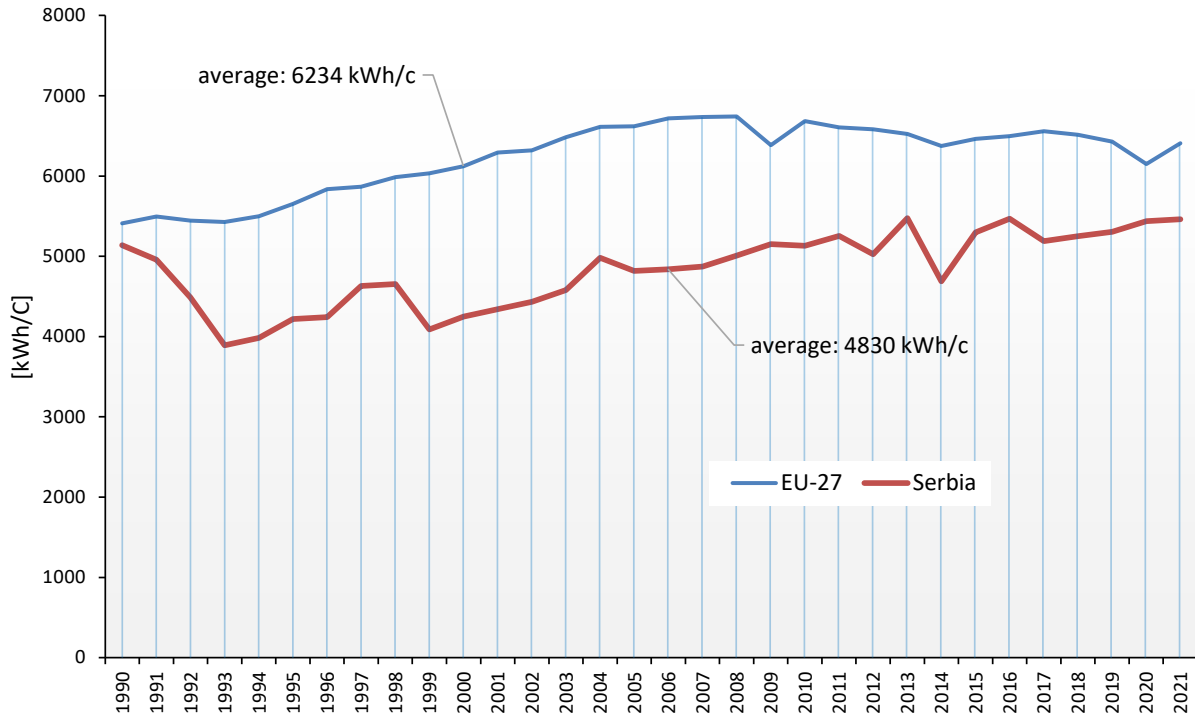
Na slici 1 dat je odnos specifične proizvodnje električne energije po glavi stanovnika u EU-27 i Srbiji. U 2021. godini, EU-27 je proizvela 6408 kWh po glavi stanovnika, a Srbija 5461 kWh po glavi stanovnika [12, 13, 14].

Primetno je da postoji očigledna veza između stepena razvoja zemlje ili regiona i količine energije koja se troši. U tome sigurno prednjači Evropska Unija (ili EU-27), koja kao organizacija zemalja ima najveći standard u ovom delu sveta.

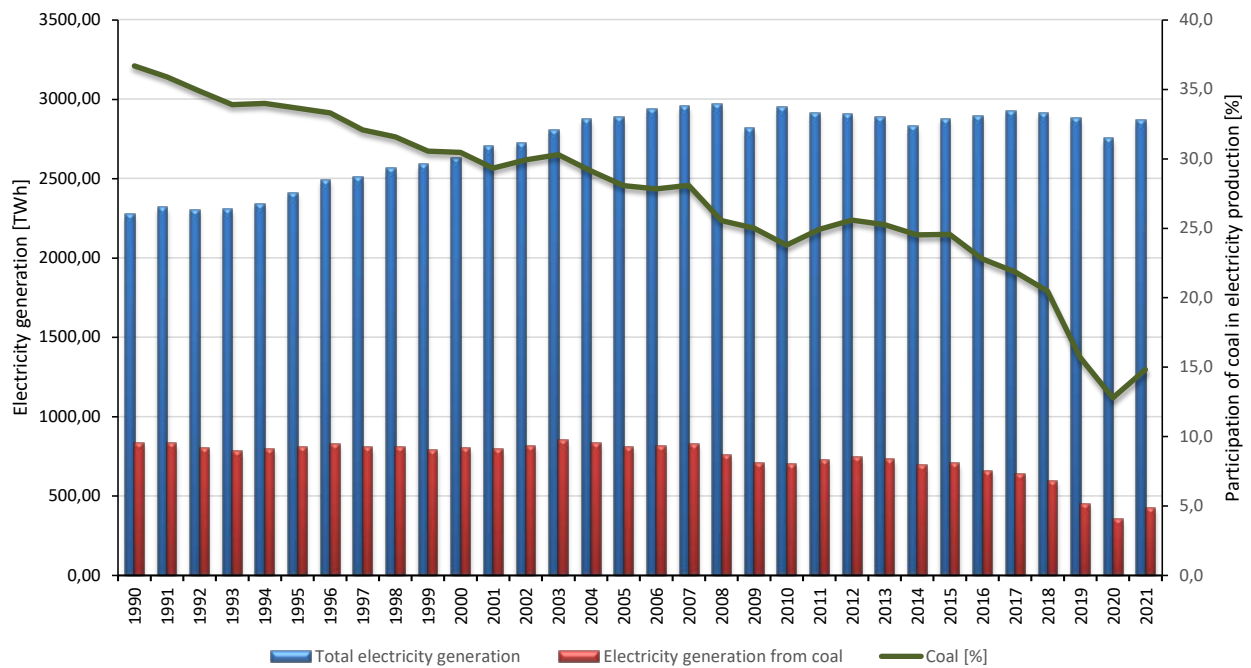
Svojevremeno je uglj u zemljama EU-27 imao najveći značaj kao energent za dobijanje električne energije. Godine 1990. učešće uglja pri dobijanju električne energije je iznosio 36,7%, dok je to učešće 2021. godine bilo tek 14,8% [11, 12]. Ipak, velike elektrane su i u trećoj deceniji 21. veka i dalje odgovorne za oko 40% ukupne proizvodnje električne energije u Evropi. U svom radu pretežno koriste fosilna goriva, što rezultira emisijom zagađujućih materija u vazduh.

Primat preuzimaju obnovljivi izvori energije. U istom periodu od 1990. do 2021. godine povećana je proizvodnja električne energije za 26% [12]. Na slici 2 prikazan je dijagram ukupne proizvodnje električne energije u zemljama Evropske Unije, ali i generisanje električne energije iz uglja [TWh], kao i udela uglja u energetskom miksu godišnje proizvodnje [%]. Ostaje neosporna činjenica da su problemi klimatskih promena i emisije CO₂ usporile ekspanziju upotrebe uglja kao energenta [1,11].

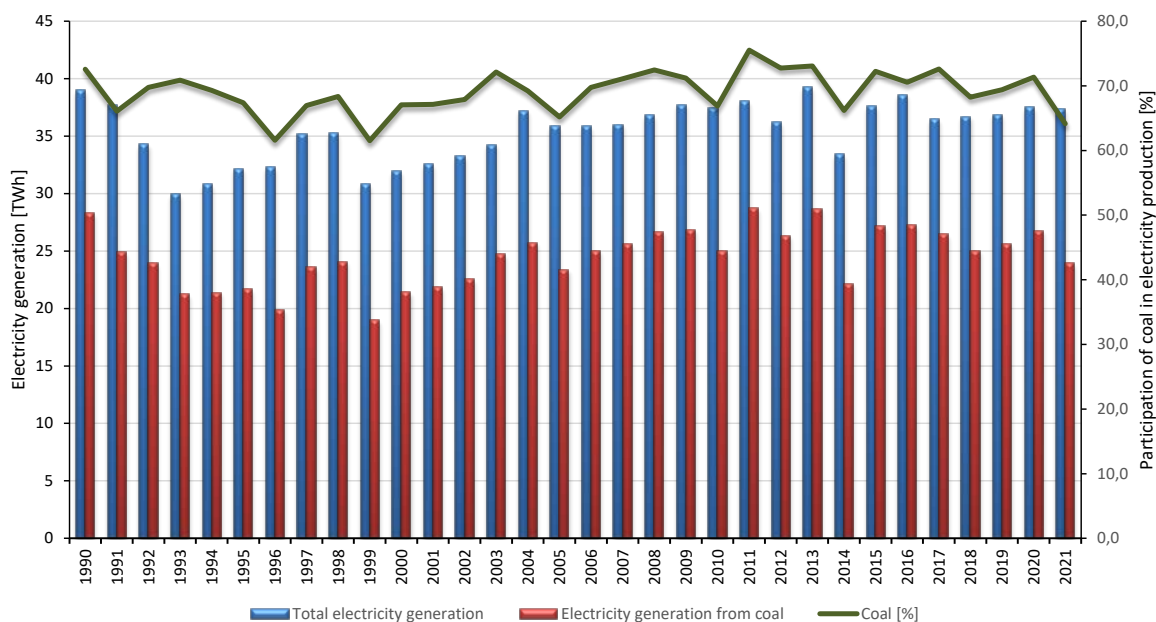
U zemljama u razvoju, uglj je često jedina alternativa kada su čistiji izvori energije neadekvatni da zadovolje rastuću potražnju za energijom, odnosno uticajem na rast standarda. Takav je slučaj sa Srbijom. Godine 1990. učešće uglja pri dobijanju električne energije je iznosio 72,6%, dok je to učešće 2021. godine bilo 64,1% [14, 15]. U istom periodu od 1990. do 2021. godine smanjena je proizvodnja električne energije za 4% [14, 15]. Na slici 3 dat je dijagram ukupne proizvodnje električne energije, kao i udela uglja u istoj.



Slika 1. Odnos specifične proizvodnje električne energije u EU-27 i Srbiji



Slika 2. EU-27 proizvodnja električne energije [12]



Slika 3. Proizvodnja električne energije u Srbiji [14, 15]

III EMISIJE CO₂

Istovremeno, u Srbiji je došlo do pada emisija CO₂, koja se može vezati za smanjenje upotrebe uglja u generaciji električne energije, ali i smanjenja same proizvodnje električne energije, što se vidi sa Slike 4.

Pad emisije je u odnosu na 1990. je 13%, što nije malo, ali je u odnosu na prosečnih 40% smanjenja u zemljama Evropske Unije ipak dosta niže.

Emisije CO₂ u 20 termoelektrana Evrope koji su najveći emiteri su prikazane u Tabeli 1. Posebno su izdvojene u svrhu komparacije termoelektrane Nikola Tesla i Kostolac, koje su pozicionirane na 3. i 16. mestu emitera po apsolutnoj i specifičnoj emisiji. Među prvih 20 termoelektrana najvećih emitera CO₂ u zemljama EU i Srbiji, čak 14 njih koristi lignit kao gorivo [16]. Preostale upotrebljavaju kameni uglj. Sama emisija se analizirala kroz tri indikatora:

- ukupna apsolutna emisija u tonama CO₂,
- specifična emisija CO₂ u odnosu na instalisane kapacitete kao indikator koji opisuje kvalitet rada postrojenja,
- specifična emisija prikazana kroz odnos emitovanih količina CO₂ i proizvedene električne energije, kao indikator koji je definisan u odnosu na proizvodnju električne energije.

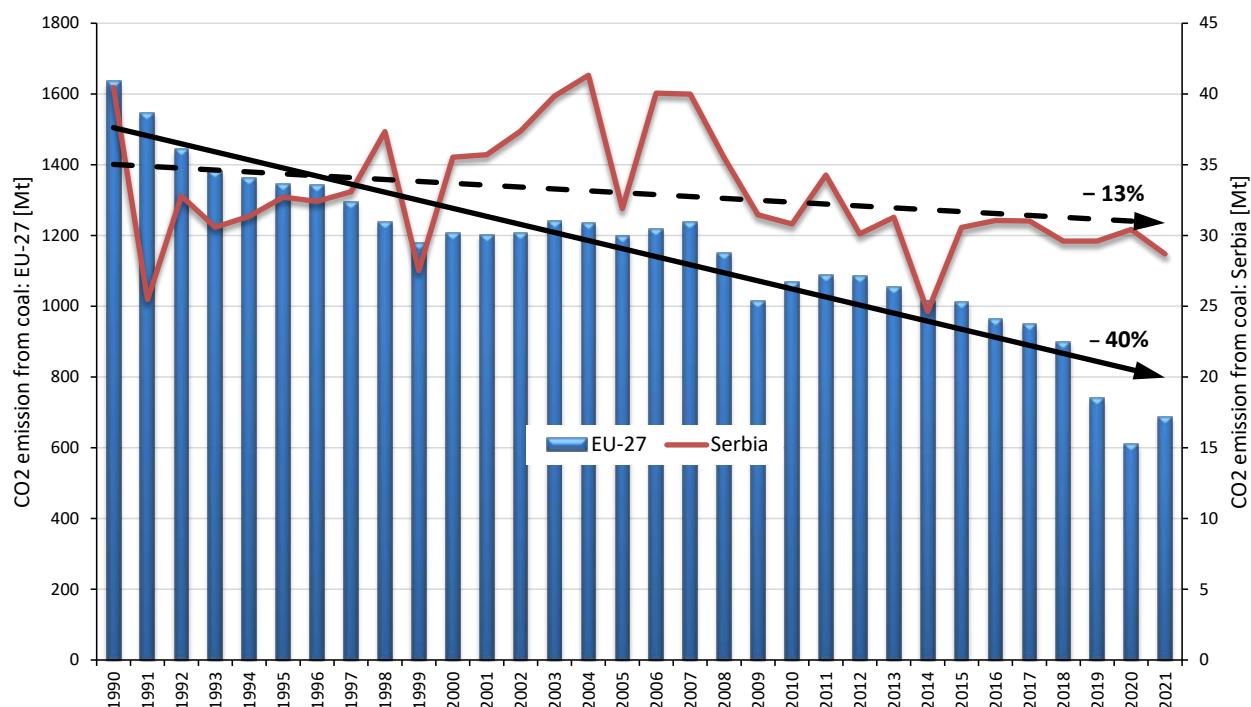
Vrednosti ova tri indikatora su prikazana u ćelijama označenim plavom bojom u Tabeli 1. Primetno je da termoelektrane Weisweiler i Schwarze Pumpe, obe iz Nemačke imaju najveće vrednost specifične emisije CO₂ u odnosu na instalisane kapacitete (odnos je 9,1, odnosno 7,4 respektivno) [17]. Daljom analizom primećeno je da je kod većine termoelektrana koje koriste lignit ovaj odnos emisija CO₂ u odnosu na instalisane kapacitete 5 do 6, dok je prosečna vrednost 5,4 [17, 18]. Kod

elektrana koje koriste kameni uglj, očekivano vrednosti ovog indikatora opadaju ispod 4, dok je prosečna vrednost 3,65 [17]. Ipak, termoelektrana Abono iz Španije, ima vrednost ovog indikatora od 5,7, što predstavlja svojevrsni pik, a i vrednost koja je iznad prosečne vrednosti, čak i za upotrebu lignita kao pogonskog goriva [17, 18]. Najnižu vrednost indikatora specifične emisije CO₂ u odnosu na instalisane kapacitete od 2,4 ima poljska termoelektrana Javorzno 3 koja koristi kameni uglj u svom radu [18].

Indikator specifične emisija prikazana kroz odnos emitovanih količina CO₂ i proizvedene električne energije svoje najviše vrednosti ima u španskoj TE Abono i poljskoj TE Kozenice, respektivno 1,68 i 1,45 [18]. Obe TE upotrebljavaju kameni uglj. Ako se posmatra lignit, TE Pocerady, Češka, beleži najvišu vrednost (1,17), što je dosta niže od termoelektrana na kameni uglj [17]. Ipak, TE iz Poljske, koja takođe koristi u svom radu kameni uglj, ima izrazito najnižu vrednost specifične emisije izražene odnosom emitovanih količina CO₂ i proizvedene električne energije od 0,45 [18].

Termoelektrane iz Srbije, TE Nikola Tesla i TE Kostolac su u potpunosti u prosečnim vrednostima indikatora emisije CO₂ u odnosu na najveće elektrane Evrope (označene su plavim slovima u Tabeli 1.). TE Nikola Tesla beleži vrednost emisije u odnosu na instalisani kapacitet od 5,7 i odnos emisije u poređenju sa proizvodnjom električne energije od 0,99 [17, 18]. TE Kostolac ima vrednost drugog indikatora od 5,3, dok je treći indikator na sumi od 0,93 [17, 18].

Ukupna emisija CO₂ u EU-28 i Srbiji je data u Tabeli 2, dok je uporedna emisija CO₂ u najvećim elektranama Evrope i termoelektranama EPS-a za period 2010-2021. godina uz projekcije nakon 2028. godine prikazana na Slici 5.



Slika 4. Pad emisije CO₂ iz termoelektrana na uglj u EU-27 i Srbiji [13, 14, 15]

Tabela 1. Najveće emisije CO₂ u 20 termoelektrana Evrope u 2021. godini [11, 16, 17, 18]

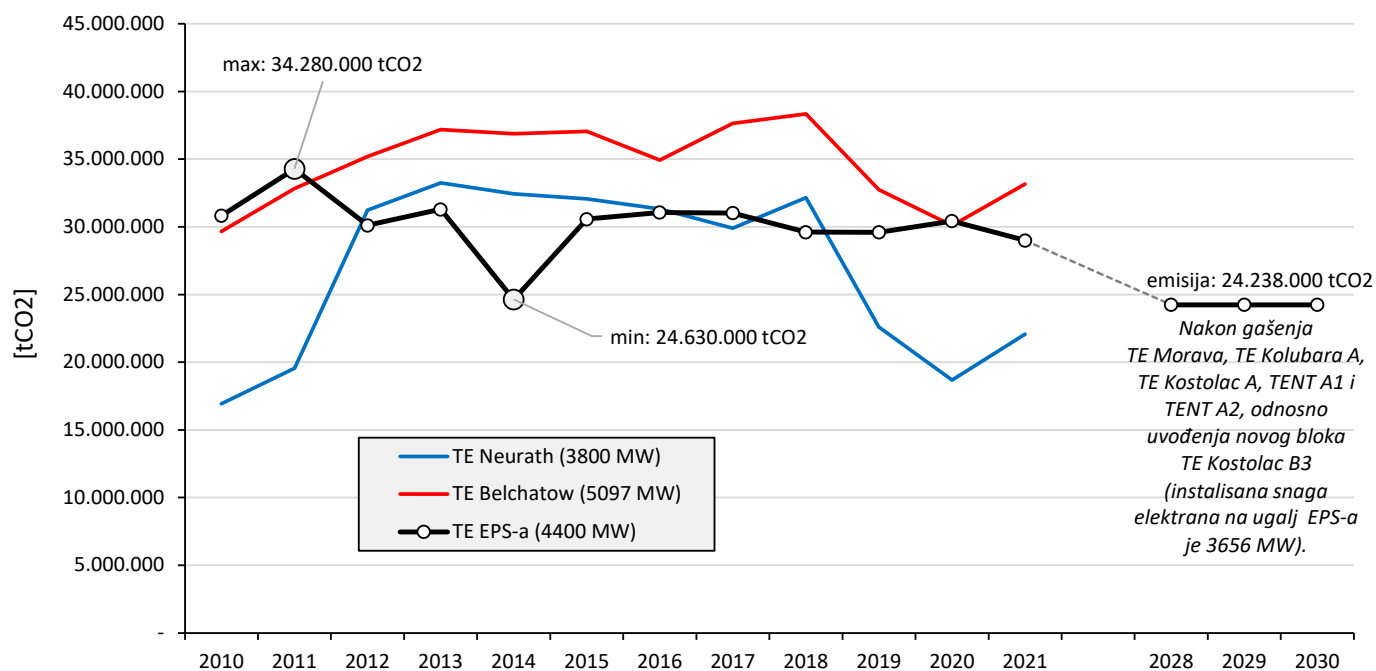
	Termoelektrana	Zemlja	CO ₂ emisije [10 ³ t]	Uglj	Instalisani kapaciteti [MW]	Odnos [10 ³ tCO ₂ / MW]	Proizvodnja [GWh]	Odnos [10 ³ tCO ₂ / GWh]
1.	Belchatow	Poljska	25540	lignit	5097	5,0	27400	0,93
2.	Neurath	Nemačka	22100	lignit	3800	5,8	31300	0,71
3.	Nikola Tesla	Srbija	17464	lignit	3036	5,7	17623	0,99
4.	Niederaussem	Nemačka	16100	lignit	3021	5,3	24500	0,66
5.	Kozienice	Poljska	15900	kameni uglj	3994	4,0	11000	1,45
6.	Boxberg	Nemačka	15500	lignit	2582	6,0	18000	0,86
7.	Janschwalde	Nemačka	15200	lignit	3210	4,7	20000	0,76
8.	Weisweiler	Nemačka	14500	lignit	1595	9,1	13400	1,08
9.	Schwarze Pumpe	Nemačka	11800	lignit	1600	7,4	10000	1,18
10.	Lippendorf	Nemačka	11100	lignit	1868	5,9	11000	1,01
11.	Opole	Poljska	10700	kameni uglj	3332	3,2	24000	0,45
12.	Turow	Poljska	10193	lignit	1948	5,2	10060	1,01
13.	Maritsa Iztok	Bugar.	9600	lignit	2510	3,8	10923	0,88
14.	Kosovo*	Kosovo*	6660	lignit	1290	5,2	6350	1,05
15.	Polaniec	Poljska	6029	kameni uglj	1674	3,6	6840	0,88
16.	Pocerady	Češka	5389	lignit	1000	5,4	4600	1,17
17.	Javorzno 3	Poljska	5369	kameni uglj	2255	2,4	6073	0,88
18.	Kostolac	Srbija	5340	lignit	1010	5,3	5717	0,93
19.	Eemshaven	Holand.	5306	kameni uglj	1740	3,0	6952	0,76
20.	Abono	Španija	5176	kameni uglj	916	5,7	3072	1,68

Tabela 2. Emisija CO₂ iz termoelektrana na uglj u 2021. godini [18, 19]

	Miliona tona CO ₂	Odnos prema površini teritorije [tCO ₂ /km ²]	Odnos prema broju stanovnika [tCO ₂ /st]	Odnos prema proizvodnji struje [kgCO ₂ /MWh]	Odnos prema potrošnji struje [kgCO ₂ /MWh]	Odnos prema BDP po stanovniku [tCO ₂ /US\$]	Odnos prema BDP [kgCO ₂ /US\$]
Srbija	29	324	4,27	833	933	3101	0,4562
EU-27	688	162	1,54	248	264	18470	0,0413

Tabela 2 daje poredbene rezultate emisije CO₂ iz termoelektrana na uglj u zemljama EU-27 i Republici Srbiji, i to u odnosu na površinu teritorije, broj stanovnika, proizvodnju i potrošnju struje, kao i ekonomske parametre BDP-a i BDP-a specificiranog po stanovniku. Iako samo poređenje deluje robusno, Republika Srbija je u procesu pridruženja EU, i u svom zakonodavstvu ima sve više u potpunosti identičnih stavova kao i u EU (zakonodavni akti, uredbe i ograničenja), a koji su zasnovani na zajedničkoj primeni, a ne na individualnosti svake članice EU. Istovremeno, na nivou EU ne postoje različiti aršini za energetske politiku, već je u pitanju jedinstven multifunkcionalni energetske subjekt koji

ima jasne zajedničke strateški definisane ciljeve. Upravo specificirani odnosi prezentovani u Tabeli 2 daju mogućnost poređenja naizgled veoma teško merljivih pojava. Analizom dobijenih vrednosti odnosa emisije prema broju stanovnika, površini teritorije, proizvodnji i potrošnji struje, kao i prema BDP-u, primetno je da se na teritoriji Republike Srbije generiše dosta veća količina CO₂ za postizanje sličnog energetskog, industrijskog i ekonomskog efekta u odnosu na EU-27. Sa slike 5 može se primetiti da kapaciteti EPS-a u kojima se aktivno koriste uglj imaju ustaljenu količinu emisije, sa trendom blagog pada u odnosu na vrednosti sa početka prošle decenije.

**Slika 5.** Uporedna emisija CO₂ najvećih elektrana emitera u EU-27 i termoelektrana EPS-a (period od 2010-2021. i projekcija posle 2028. godine) [19]

IV PRAVCI RAZVOJA I ZAKLJUČAK

Na osnovu trenutnih tržišnih trendova, može se predvideti da će potrošnja uglja ostati na sadašnjem nivou tokom narednih nekoliko godina, pošto je pad na uspostavljenim, zapadnim tržištima nadoknađen kontinuiranom snažnom potražnjom u azijskim brzorastućim ekonomijama u nastajanju. To znači da će uglj verovatno biti najveći pojedinačni izvor emisije ugljen-dioksida u globalnom energetskom sistemu do kraja ove decenije. Primetno je da je, vođeni izazovima pandemije i sukoba u Istočnoj Evropi, snažna politika smanjenja upotrebe uglja u

Evropi zaleđena samo trenutno. Zemlje EU-27 nastavljaju da vide svoju energetske budućnost kroz minimalnu upotrebu fosilnih goriva, smanjujući svoju uveznu zavisnost, povećanjem sigurnosti snabdevanja i energetske bezbednosti uopšte. Ipak, primetno je da su zemlje EU-27 povećale potrošnju uglja u 2021. i 2022. godini nakon skoro 10 godina uzastopnog pada u upotrebi uglja za proizvodnju električne energije.

Strateškim dokumentima iz energetskog sektora Republike Srbije [20], kao i planovima razvoja Elektroprivrede Srbije, ali i obavezama preuzetim u okviru Energetske zajednice [21], predviđeno je da TE Morava i TE Kolubara budu ugašene do

kraja 2024., TENT A1 i TENT A2 će biti ugašeni do kraja 2027., dok će TE Kostolac A biti u funkciji do kraja 2028. [22]. Istim planovima razvoja je predviđeno da se tokom 2023. godine dogradi novi blok TE Kostolac B3 od 350 MW [22]. U takvom režimu rada, TE Morava ima jedan blok snage 125 MW, TE Kolubara A ima pet blokova ukupne snage 239 MW, TENT A1 snage 210 MW, TENT A2 snage 210 MW i TE Kostolac A dva bloka ukupne snage 310 MW [12]. Ukupno je reč o snazi od 1.094 MW.

Strateškim razvojem je predviđeno da se nakon 2028. godine realno van funkcije nađe kapacitet od 744 MW. Imajući u vidu količine uglja koje se troše predviđeno smanjenje emisije CO₂ iz ovih blokova je:

- iz TE Morava 575.000 tCO₂ (prosečna vrednost od 2019-20),
- iz TE Kolubara 887.000 tCO₂ (prosečna vrednost od 2016-20),
- iz TE Kostolac A prosečno 2.500.000 tCO₂,
- iz TENT A1 i A2 prosečno 3.000.000 tCO₂ [19].

Ako se tome doda i puštanje u rad novog bloka B3 u Kostolcu sa novih 2.200.000 tCO₂ [23], postoji projekcija realnog smanjenja emisije od 4.762.000 tCO₂ na godišnjem nivou.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Madžarević, A., Ivezić, D., Živković, M., Tanasijević, M., Ivić, M., Assessment of vulnerability of natural gas supply in Serbia: State and perspective, *Energy Policy*, Vol. 121, pp. 415-425, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.037>
- [2] IEA. CO2 Emissions in 2021 and 2022. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3c8fa115-35c4-4474-b237-1b00424c8844/CO2Emissionsin2022.pdf> [pristupljeno 07.03.2023]
- [3] British Petrol. BP Statistical Review of World Energy. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> [pristupljeno 14.03.2023]
- [4] Böhringer, C., Rosendahl, K.E. Europe beyond coal - an economic and climate impact assessment, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 113, 102658, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102658>
- [5] Europe Beyond Coal. <https://beyondfossilfuels.org/database/> [pristupljeno 14.03.2023]
- [6] Storchmann, K. The rise and fall of German hard coal subsidies, *Energy Policy*, Vol. 33, No. 11, pp. 1469-1492, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.01.006>
- [7] Herpich, P., Brauers, H. H., Oei, P.-Y. An historical case study on previous coal transitions in Germany, *IDDRI and Climate Strategies*, 2018. <https://coaltransitions.files.wordpress.com/2018/07/2018-historical-coal-transitions-in-germany-report2.pdf> [pristupljeno 14.03.2023]
- [8] Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung", Abschlussbericht. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [pristupljeno 14.03.2023]
- [9] Jovančić, P., Ignjatović, D., Djenadić, S. Usporedni prikaz proizvodnje električne energije iz uglja zemalja Evrope sa najvećim udelom: politika i projekcija proizvodnje, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 24, No. 3, pp. 63-71, 2022, (str. 63-71) <https://doi.org/10.46793-eee22-3-63j/>
- [10] Kuzman, M., Pravni aspekti trgovine prava na emisije ugljen dioksida u Republici Srbiji, *Energija, ekonomija, ekologija*, Vol. 23, No. 2, pp. 31-34, 2021. <https://doi.org/10.46793-eee21-2-31k/>
- [11] Power plants in the EU by source. <https://visitors-centre.jrc.ec.europa.eu/tools/powerplants/> [pristupljeno 07.02.2023]
- [12] OWID ED. Our World in Data based on Ember's Yearly Electricity Data. <https://ourworldindata.org/energy#explore-data-on-energy> [pristupljeno 18.02.2023]
- [13] EPS. Proizvodni kapaciteti, <https://www.eps.rs/lat/Stranice/Kapaciteti-EIEn.aspx> [pristupljeno 22.02.2023]
- [14] OWID ED. Serbia: Energy Country Profile, <https://ourworldindata.org/energy/country/serbia> [pristupljeno 25.02.2023]
- [15] OWID ED. Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy, <https://ourworldindata.org/energy#explore-data-on-energy> [pristupljeno 25.02.2023]
- [16] Climate TRACE's emissions inventory. <https://climatetrace.org/map> [pristupljeno 25.02.2023]
- [17] Emissions and energy use in large combustion plants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/emissions-and-energy-use-in> [pristupljeno 14.11.2023]
- [18] Thermal power plants in Europe emissions from coal. <https://countryeconomy.com/countries/compare/euro-zone/serbia> [pristupljeno 14.11.2023]
- [19] eXtreme ECOlogy - Ekstremna ekologija. <https://xeco.info/xeco/odzak/> [pristupljeno 25.02.2023]
- [20] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, Službeni glasnik RS, 101/2015. <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/skupstina/ostalo/2015/101/1/r> [pristupljeno 25.02.2023]
- [21] Energy community, Implementation Serbia, 2017. [Secretariat's 2017 report - Energy Community Homepage \(energy-community.org\)](https://secretariat.org/energy-community.org) [pristupljeno 25.02.2023]
- [22] Plan gašenja termoelektrana u Srbiji. <https://balkangreenenergynews.com/rs/plan-gasjenja-termoelektrana-u-srbiji/> [pristupljeno 15.03.2023]
- [23] CEE Bankwatch network. Troškovi emisija ugljenika planiranih termoelektrana na ugalj na Zapadnom Balkanu i rizik da postanu promašena investicija. <https://bankwatch.org/wp-content/uploads/2017/03/briefing-Balkans-CO2-29Mar2017-srb.pdf> [pristupljeno 15.02.2023]

AUTORI/AUTHORS

dr Aleksandar Madžarević - docent, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, aleksandar.madzarevic@rgf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-8997-1393](https://orcid.org/0000-0002-8997-1393)

dr Predrag Jovančić - redovni profesor, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, predrag.jovancic@rgf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-2245-4172](https://orcid.org/0000-0002-2245-4172)

msr Filip Miletić - asistent, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, fillip.miletic@rgf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0001-5402-5818](https://orcid.org/0000-0001-5402-5818)

dr Stevan Đenadić - docent, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, stevan.djenadic@rgf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0003-2835-7151](https://orcid.org/0000-0003-2835-7151)

dr Miroslav Crnogorac - docent, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, miroslav.crnogorc@rgf.bg.ac.rs, ORCID [0000-0002-8078-2684](https://orcid.org/0000-0002-8078-2684)