



## Assessment of the balance of CO<sub>2</sub> emissions from thermal power plants with the amount of CO<sub>2</sub> absorbed by forests in the Republic of Srpska

### Procjena bilansa emisije CO<sub>2</sub> iz termoelektrana sa količinom apsorbiranog CO<sub>2</sub> šumama u Republici Srpskoj

S. Vasković\*<sup>1</sup>, Lj. Tanić<sup>2</sup>, S. Adžić<sup>3</sup>, B. Jović<sup>4</sup>, G. Krunic<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet, Vuka Karadžića 30, Istočno Sarajevo, BiH

<sup>2</sup>Grijanjeinvest d.o.o., Srpskih ratnika 24, Pale, BiH

<sup>3</sup>Zavisno preduzeće "Rudnik i Termoelektrana Gacko", akcionarsko društvo Gacko, BiH

<sup>4</sup>JU SŠC "Mihailo Petrović Alas", Karađorđeva 19, Ugljevik, BiH

<sup>5</sup>Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment, Vojvode Stepe Stepanovića bb, Trebinje, BiH

**Abstract:** This paper deals with the comparison of the amount of carbon dioxide emitted from thermal power plants in the Republic of Srpska with the amount of CO<sub>2</sub> absorbed in the process of photosynthesis through existing wood stocks in forests and the achieved wood growth of forests in the territory of the Republic of Srpska. Since CO<sub>2</sub> by definition has a negative impact on the climate on planet Earth and due to the fact that it causes the greenhouse effect, additional warming of our planet occurs. There are generally two procedures for estimating and determining CO<sub>2</sub> emissions from thermal power plants: based on previously defined mathematical models and measured coal consumption. The measurement methods used for taking samples are: non-extractive (measuring probes and devices are located inside or in the smoke duct) and extractive (the sample is taken from the smoke duct and taken to the device where it is analyzed). Sensors based on which the composition is determined are divided into: electrolytic, optical, calorimetric and photometric. The calculated and predicted emissions from the existing thermal power plants in the Republic of Srpska were compared with the equivalent of CO<sub>2</sub> storage in the forest biomass that the Republic of Srpska has at its disposal, from which were derived very interesting parts of the conclusions regarding the CO<sub>2</sub> neutrality of the energy sector related to the thermal power plants of the Republic of Srpska.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emissions, thermal power plants, pollution

**Apstrakt:** Ovaj rad bavi se komparacijom količina emitovanog ugljendioksida sa termoelektrana u Republici Srpskoj sa apsorbiranim količinom CO<sub>2</sub> u okviru procesa fotosinteze kroz postojeće drvene zalihe u šumama i ostvareni drveni priraštaj šuma na teritoriji Republike Srpske. Pošto CO<sub>2</sub> po definiciji ima negativan uticaj na klimu na planeti Zemlji i obzirom na uzrokovanje efekta staklene bašte dolazi do dodatnog zagrijavanja naše planete. Postoje generalno dva postupka procjena i određivanja emisija CO<sub>2</sub> iz termoelektrana: na osnovu prethodno definisanih matematičkih modela i izmjerene potrošnje uglja. Mjerne metode koje se koriste za uzimanje uzoraka su: neekstraktivne (mjerne sonde i uređaji se nalaze unutra ili u dimnom kanalu) i ekstraktivne (uzorak se uzima iz dimnog kanala i vodi u uređaj gdje se analizira). Senzori na osnovu koji se određuje sastav, dijele se na: elektrolitski, optički, kalorimetrički i fotometrički. Izračunate i procjenjene emisije sa postojećih termoelektrana u Republici Srpskoj komparirane su sa ekvivalentom skladištenja CO<sub>2</sub> u šumskoj biomasi sa kojom raspolaže Republika Srpska iz čega su izvedeni vrlo zanimljivi dijelovi zaključaka po pitanju CO<sub>2</sub> neutralnosti energetskog sektora koji se odnosi na termoelektrane Republike Srpske.

**Ključne riječi:** CO<sub>2</sub> emisije, termoelektrane, zagađenje

## 1 UVOD

U ovom radu je data analiza emisije CO<sub>2</sub> od tri termoelektrane iz Republike Srpske (TE Gacko, TE Ugljivik, TE Stanari). Kao prvo, prikupljeni su podaci potrebni za analizu i postupak optimizacije energetskog tržišta. Nakon provedene analize, utvrđene su količine emisije CO<sub>2</sub> nastale zbog proizvodnje električne energije. Posebna pažnja posvećena je uticaju cijena emisijskih dozvola na same emisije. Nakon uvoda i pregleda dostupne literature, prikazan je pregled stanja i emisije CO<sub>2</sub> na termoelektranama u Republici Srpskoj i mogućnosti njegove apsorpcije šumskim potencijalima.

Ugljen-dioksid ima široku primjenu u svakodnevnom životu i to u gasovitom, čvrstom i tečnom stanju. Pri normalnim uslovima ugljen-dioksid je je bozbojan gas, bez mirisa i blagog kiselog ukusa. Nije zapaljiv, ne gori, inertan je i nije toksičan. Međutim pri udisanju većih količina CO<sub>2</sub> nastaju smetnje u organizmu koje i po prestanku akutne opasnosti mogu dovesti i do smrtnosti. CO<sub>2</sub> je normalan produkt organskih materija. Teži je od vazduha za oko 4,5 puta. Relativno se lako prevodi iz gasovitog u tečno stanje na temperaturi od 20 °C. Energetski sektor čini sastavni dio privrede, dostupnost i cijena energije određuje konkurentnost poje-dine ekonomije, a količina energije koju osoba potroši određuje njen standard življenja. Nažalost, energetski sektor je i veliki zagađivač životne sredine. Vodena para, metan i ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>) uzrokuju porast Zemljine temperature. Kao najznačajniji izvori energije u Republici Srpskoj su tri termoelektrane (Ugljivik, Gacko i Stanari), koje koriste kao pogonsko gorivo ugalj. Samim tim emituju određenu količinu emisije CO<sub>2</sub> koja odlazi u atmosferu. Da bi se napravio plan smanjenja emisija, potrebno je definisati realno stanje CO<sub>2</sub>. Najlakši način da se dobiju rezultati emisija je mjerenje i količina potrošnje uglja. Emisija CO<sub>2</sub> zavisi prvenstveno o kvalitetu i tipu goriva koje emituje u atmosferu. Pri proračunu se mogu koristiti dvije metode: referentna i sektorska. Sektorska se računa na osnovu potrošnje i nabavke goriva.

## 2 METODOLOGIJA RADA

U radu je korištena metodologija procjene emisije CO<sub>2</sub> iz TE prema najjednostavnijem postupku "Tier 1", na bazi čega su dobijene tražene emisije ugljen-dioksida na godišnjem nivou za postojeće tri termoelektrane u Republici Srpskoj. Za procjene apsorpcije CO<sub>2</sub> po 1 ha šumske biomase korišteni su literaturni podaci iz prethodnih istraživanja. U radu je za akumulaciju CO<sub>2</sub> u obzir uzet priraštaj drvene biomase na godišnjem nivou i drvene rezerve i ti podaci su preuzeti iz odgovarajućih studija i zvanično dostupne literature koji se odnose na BiH odnosno Republiku Srpsku.

### 2.1 Pregled stanja i emisije CO<sub>2</sub> na termoelektranama u Republici Srpskoj

Osnovni izvor električne energije u Republici Srpskoj su termoelektrane. One koriste ugalj kao pogonsko gorivo koji je ujedno i najzastupljeniji energetski resurs u Republici Srpskoj zbog svoje rasprostranjenosti i zadovoljavajućeg kvaliteta. Kotlovi termoelektrana koriste ugalj kao gorivo za dobijanje toplotne energije. Ta toplotna energija se koristi u procesu postizanja radnih parametara pare, koja ekspanzijom u parnoj turbini vrši proces razmjene potencijalne energije u kinetičku, odnosno mehaničku energiju na vratilu turbine. Termoelektrane rade po Klauzijus-Rankinovom ciklusu.

Termoelektrane koje u Republici Srpskoj aktivno rade jesu TE Gacko, TE Ugljivik i TE Stanari. Sve tri navedene TE imaju blokove nominalne snage 300 MW. TE Gacko je puštena u rad 1983 godine, TE Ugljivik 1985 godine, a TE Stanari 2016. godine. Sve tri termoelektrane rade sa jednim međupregrijavanjem pare. TE Gacko i TE Ugljivik rade sa nadkritičnim parametrima pare, dok TE Stanari radi sa podkritičnim parametrima pare. Tip kotla kod TE Gacko i TE Ugljivik je jednokorpusni T-obrazni protočni parni kotao sa međupregrijanjem (P64 – Ramzin), dok je kod TE Stanari kotao sa sagorijevanjem u cirkulacionom fluidizovanom sloju (CFB) koji u suštini predstavlja modernu tehnologiju sa većom iskoristivošću goriva. Tip turbine kod TE Gacko i TE Ugljivik je K-300-240 LMZ. Kod TE Stanari je vazduhom hlađeni kondenzator (ACC), dok je kod TE Gacko i TE

Ugljevik kondenzator hlađen cirkulacionom vodom tipa 300KCS-1. TE Gacko i TE Ugljevik imaju ukupni nominalni neto koeficijent korisnog dejstva od 0,32 (bruto 0,339), dok TE Stanari ima nešto viši koeficijent korisnog dejstva koji iznosi 0,341 (na početku projekta bilo zamišljeno da SKD bude 0,43). Osnovni podaci (zvanični i procijenjeni) o navedenim TE dati su u Tabeli 1.

Tabela 1. Osnovni podaci o TE u Republici Srpskoj i procjene o emisijama CO<sub>2</sub> [1,2, 3,5]

	TE Gacko [1,6]	TE Ugljevik [2,7]	TE Stanari [3,5]
Nominalna snaga bloka [MW]	300	300	300
Nominalni stepen korisnog dejstva	0,32	0,32	0,341
Procijenjeni stepen korisnog dejstva	0,3165	0,3106	0,336
Prosječna potrošnja uglja [t/god]	1 725 230	1 486 509	2 318 968
Prosječna neto proizvodnja [MWh/god]	1 168 235	1 299 984	2 053 998
Procijenjeni neto koeficijent emisije CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> /MWh]	1,4	1,2	1,1
Procijenjene količine emitovanog CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> /god]	1 635 529	1 559 980	2 259 397
Procijenjene ukupne količine emitovanog CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> /god]	5 454 876		

Jedna tona CO<sub>2</sub> predstavlja jedinicu mjere emisije, a najnovije smjernice "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories" razlikuju tri različita nivoa proračuna gasova staklene bašte. Oni se međusobno razlikuju prema stepenu kvaliteta prikupljanja podataka koji se koriste pri proračunu kao i prema stepenu složenosti proračuna [4].

Prvi i najjednostavniji (najneprecizniji) nivo proračuna, tzv. "Tier 1" glasi:

$$\text{Emisija} = \text{Potrošnja} \cdot \text{Emisijski faktor} \quad (1),$$

pri čemu je:

Emisija – ukupna emisija CO<sub>2</sub> u tonama (t CO<sub>2</sub>),

Potrošnja – količina potrošene energije (TJ),

Emisijski faktor – zadani faktor emisije koji zavisi od pojedinog goriva koje se koristi kao i o stakleničkom gasu čija emisija se računa. Sadrži i faktor oksidacije ugljenika za koji se na prvom nivou proračuna pretpostavlja da iznosi 1 (tCO<sub>2</sub>/TJ).

## 2.2 Pregled stanja i procjena apsorbovane količine CO<sub>2</sub> u u šumama Republike Srpske

Zvanični podaci o strukturi i površinama šuma i šumskih zemljišta su, još uvijek, bazirani na informacijama iz Prve inventure šuma na velikim površinama iz 1968. godine prema kojima površina šuma u BiH iznosi oko 2,70 miliona ha, odnosno 53% od ukupne površine. U cilju dobijanja novih podataka o stanju šumskih resursa u BiH, realizovana je Druga nacionalna inventura šuma na velikim površinama u periodu 2006 - 2009. godine. Preliminarno objavljeni podaci ukazuju na pozitivan trend promjena šumskih površina za više od 500.000 ha [8].

Površine dostupnih šuma proizvodnog karaktera po pojedinim entitetima su prikazane u Tabeli 2. sa relativnim greškama procjene ovih površina.

Šumski resursi u BiH se odlikuju tipičnom strukturom šuma u zemljama jugoistočne Europe, gdje je uobičajeno da postoje ogromne površine izdanačkih šuma.

Tabela 2. Struktura površina šuma proizvodnog karaktera po entitetima u BiH [8]

Uzgojni oblik šume	Dostupne šume proizvodnog karaktera			
	u Republici Srpskoj		u FBiH	
	ha	±%	ha	±%
1. Visoke šume	647.300	3,2	673.300	3,1
2. Izdanačke šume	485.300	5,0	355.400	6,0
<b>Sve šume</b>	<b>1.169.500</b>	<b>2,6</b>	<b>1.103.500</b>	<b>2,7</b>

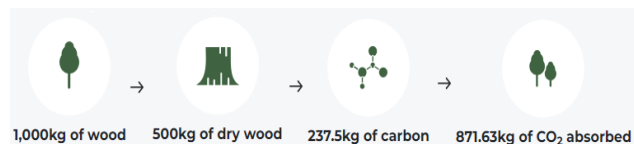
U Tabeli 3. dat je prikaz procijenjenih veličina apsorbovanog CO<sub>2</sub> putem šumskih resursa sa kojima raspolaže Republika Srpska. Za izračunavanje ekvivalentno apsorbovanog CO<sub>2</sub> u procesu fotosinteze korištena je jednostavna metodologija. Uzet je primjer drvo od 1000 kg sa 100% vlažnošću. Znamo da ovo drvo ima 500 kg vode i 500 kg suve mase, a takođe znamo da je 47,5% te suve mase ugljenik i to predstavlja 237,5 kg. Zahvaljujući omjerima molarne

mase, možemo razgraditi CO<sub>2</sub> i otkriti da je potrebno 3,67 kg CO<sub>2</sub> za stvaranje 1 kg ugljenika u drvetu.

Dakle, za naš primjer drveta, apsorbovana količina CO<sub>2</sub> je:  $237,5 \times 3,67 = 871,63$  kg CO<sub>2</sub>. Ako želimo da znamo koliko se apsorbuje godišnje, moramo znati prosječnu starost šume. Ako je drvo težine oko tone, možemo pretpostaviti da je staro 30 do 40 godina. Dakle, ako pretpostavimo da ima 40 godina, sa prosjekom apsorbovanja CO<sub>2</sub> od 21,79 po godini [9]. S obzirom da ostali detalji dati su u tabeli 3. Opšta šema metodologije za procjenu apsorbovanja CO<sub>2</sub> po toni šumske biomase (drvene zalihe i priraštaja), data je na slici 1.

Tabela 3. Osnovni podaci o procjenama apsorbovanog CO<sub>2</sub> u šumskoj biomasi za Republiku Srpsku

A	1169500	ha	površina pod šumom u Republici Srpskoj
z	201	m <sup>3</sup> /ha	prosječna zaliha po hektaru [8]
Z	235069500	m <sup>3</sup>	ukupna zaliha
pr	5,16	m <sup>3</sup> /ha	priraštaj po hektaru [8]
Pr	6034620	m <sup>3</sup>	ukupni godišnji priraštaj
ro	450	kg/m <sup>3</sup>	gustina suvog drveta
c	0,475		procenat ugljenika u sastavu suve mase drveta
CO <sub>2</sub>	871,625		ukupno uskladišteni CO <sub>2</sub> u stablu mase 1000 kg [9]
god	40	god	prosječna starost stabla
CO <sub>2</sub> god	21,790625	kg	apsorbovana količina CO <sub>2</sub> po godini i toni drvene biomase
sj	0,5		iskorištavanje zapreminskog prirasta u obliku sječe
Us	238086810	m <sup>3</sup>	ukupna količina šumske biomase u opticaju
MCO <sub>21</sub>	4306090	tona	ukupna masa CO <sub>2</sub> apsorbovanog šumskom biomasom
CO <sub>2</sub> ha	2,5	tona /hektaru/ god	prosječno apsorbovanje CO <sub>2</sub> po hektaru šumske površine na godišnjem nivou, vrijednost usvojena iz literature [10,11]
MCO <sub>22</sub>	2923750	tona	ukupna masa CO <sub>2</sub> apsorbovanog šumskom biomasom, druga procjena



Slika 1. Metodologija za procjenu apsorbovanja CO<sub>2</sub> po toni drvene biomase [9]

Postoje različiti metodološki i literaturni pristupi za procjenu apsorbovane količine CO<sub>2</sub> i značajno velike varijacije u procjeni. Literaturni podaci i istraživanja pokazuju da stopa apsorbovanja CO<sub>2</sub> varira u širokom dijapazonu od 0,12 do 9,6 tona po hektaru na godišnjem nivou [10]. Usvojeno je 2,5 tona/hektaru/god [11].

### 3 REZULTATI I DISKUSIJA

Prema procjenama u tabeli 3., dobijene su dvije vrijednosti količine apsorbovanog CO<sub>2</sub> putem šumske biomase u Republici Srpskoj. To su vrijednosti procjena: MCO<sub>21</sub>=4306090 tona i MCO<sub>22</sub>=2923750 tona.

Ukoliko se uzme u obzir vrijednost emisije CO<sub>2</sub> proizvedene na termoelektranama u Republici Srpskoj od 5454876 tona. U tom slučaju procenat pokrivenosti emisije CO<sub>2</sub> prema jednoj procjeni biće 53% a u drugom slučaju iznosiće 78%. Uzimajući u obzir i rezultate Izvještaja za emisije gasova staklene bašte za Bosnu i Hercegovinu iz literature [12], procjenjena količina apsorbovanog CO<sub>2</sub> šumskom biomasom za BiH za 2023 godinu je oko 6 500 000 tona. Ako se uzme u obzir da je preraspodjela šumske biomase približno 50 % Republika Srpska, 50 % FBiH, onda se količina od 3 250 000 apsorbovanog CO<sub>2</sub> može pripisati Republici Srpskoj. U tom slučaju pokrivenost emisija CO<sub>2</sub> iz termoelektrana sa apsorbovanim CO<sub>2</sub> šumskom biomasom u Republici Srpskoj iznosi 59%.

### 4 ZAKLJUČAK

Izvedeni zaključci u okviru ovog rada odnose se samo na bilans emisija prouzrokovanih sa radom termoelektrana u Republici Srpskoj, naspram procijenjene količine apsorbovanog ugljendioksida u šumskim potencijalima. Treba imati na umu da tranzitni put prelaska na obnovljive izvore energije je vrlo zahtijevan i da Republiku Srpsku i Bosnu i Hercegovinu čeka vrlo veliko iskušenje u realizaciji

ovog zadatka ali i postizanja bliskih ciljeva CO<sub>2</sub> neutralnosti. Međutim, ne treba zanemariti i činjenicu da su termoelektrane u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini okosnica proizvodnje električne energije a samim time i energetike. Iz tih razloga ali i vremenskih ograničenja, potrebno je tražiti samo racionalna i razumna rješenja u koncipiranju energetske miksa da bi se pri tome ostvarili ciljevi CO<sub>2</sub> neutralnosti u Republici Srpskoj i BiH.

Dalje implementacije što detaljnijih procjena emisija CO<sub>2</sub> trebalo bi uraditi u svim oblastima: transporta, poljoprivrede, šumarstva, industrije i života, kako bi se stvorila što realističnija slika ovog problema i donio konačni sud kojim putem se treba riješavati ovaj problem.

## 5 LITERATURA

- [1] Pokazatelji rada TE Gacko od 1983 do 2020 godine, zvanični izvještaj iz TE Gacko, 2021.
- [2] Pokazatelji rada TE Ugljevik od 1985 do 2022 godine, zvanični izvještaj iz TE Ugljevik, 2022.
- [3] Dnevni izvještaj rukovodioca smjene TE Stanari, 22.05.2023.
- [4] Tumara, D. (2023). *Metodologija izračuna emisije ugljeničnog dioksida, Master rad*, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
- [5] [EFT Stanari - Energy Financing Team \(eft-stanari.net\)](http://eft-stanari.net), pristupljeno: 05.11.2023.
- [6] Doder, M. (2011). *Tehničke karakteristike, eksploatacija i održavanje opreme bloka 300MW TE Gacko*, Rudnik i termoelektrana Gacko.
- [7] Milovanović, Z., (2015). *Analiza energetske efikasnosti TE Ugljevik za period 2004-2014. godina*, ENEF 2015 Banjaluka.
- [8] USAID Sida Project. (2013). *Mogućnosti korištenja niskovrijednih drvnih sortimenata i konverzija izdanačkih šuma u Bosni i Hercegovini, Završni izvještaj. Str. 1 – 97.*
- [9] <https://ecotree.green/en/how-much-co2-does-a-tree-absorb>
- [10] Robert W. M., Patrick H., Steve B. Douglas C., Fred D., Christopher G., Edmund G., John A. H., Nathan C., Michael M., Steve R., Matthew S., John S. (2008). Forest Management Solutions for Mitigating Climate Change in the United States, *Journal of Forestry*, 106 (3), 115–117.  
<https://doi.org/10.1093/jof/106.3.115>
- [11] Klaus J.(2022). Forests change the climate, *Max Planck Research 4/2020*. Third biennial update report on greenhouse gas emissions of bosnia and herzegovina, under the United Nations Framework Convention on Climate Change.