



UTICAJ KOMBINOVANOG SAGOREVANJA MAZUTA I PRIRODNOG GASA NA EMISIJU AZOTNIH OKSIDA U TE-TO ZRENJANIN I PREDLOG MERA ZA NJIHOVO SMANJENJE

INFLUENCE OF THE CO-COMBUSTION OF FUEL-OIL AND NATURAL GAS ON THE EMISSIONS OF NITROGEN OXIDES IN TE-TO ZRENJANIN AND MEASURES FOR THEIR REDUCTION

Dijana Ćorilić, Zoran Čepić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast –ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE

Kratak sadržaj – U okviru rada proučavan je uticaj kombinovanog sagorevanja mazuta i prirodnog gasa na emisiju azotnih oksida u TE-TO Zrenjanin. Detaljno je analizirano eksperimentalno merenje, sa ciljem ispitivanja mogućnosti smanjenja koncentracija azotnih oksida, a zatim su predložene primarne i sekundarne mere koje se mogu preduzeti u TE-TO Zrenjanin.

Ključne reči: *Aerozagađenje, TE-TO Zrenjanin, azotni oksidi*

Abstract – *This paper analyses the impact of the co-combustion of fuel-oil and natural gas on the emissions of nitrogen oxides in the Zrenjanin TE-TO. The experimental measurements were analyzed in detail, with the aim of examining the possibilities of reducing the concentration of nitrogen oxides, and then the primary and secondary measures that can be taken at TE-TO Zrenjanin were proposed.*

Keywords: *Air pollution, TE-TO Zrenjanin, nitrogen oxides*

1. UVOD

Neosporne su činjenice da gotovo sve termoelektre, kao najzastupljeniji izvori električne energije, tokom procesa proizvodnje energije, odnosno tokom procesa sagorevanja fosilnih goriva, u zavisnosti od vrste i količine korišćenog goriva, emituju u atmosferu značajne količine zagađujućih materija. Pored toga, usled neadekvatnog dizajna, nepravilnog rada ili održavanja, mogu dodatno uticati i tako dovesti do intezivnih i nepovoljnih promena u sastavu i kvalitetu životne sredine.

TE-TO Zrenjanin (blok A1), izgrađena je kao energetska izvor za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije kako bi se zadovoljile potrebe elektroprivrede Srbije, industrijske zone i grada Zrenjanina potrebnom energijom. Za svoj rad, kao resurse, koristi električnu energiju, gorivo (mazut i prirodni gas) i vodu i u skladu sa tim ima potencijalnih emisija koje doprinose zagađenju životne sredine.

NAPOMENA:

Ovaj rad preostekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Zoran Čepić.

Kako TE-TO Zrenjanin nema instalisane uređaje i postrojenja za smanjenje emisija zagađujućih materija, a ima višegodišnji problem sa povećanim emisijama azotnih oksida koje premašuju granične vrednosti emisije (GVE), biće izvršena analiza eksperimentalnog merenja, sa ciljem ispitivanja mogućnosti smanjenja koncentracija azotnih oksida, kombinovanjem obe vrste goriva (mazuta i prirodnog gasa).

U radu će biti predstavljene i mere koje se mogu preduzeti kroz sve faze procesa proizvodnje električne i toplotne energije. Preporučene mere, koje se odnose na smanjenje emisije azotnih oksida, biće predstavljene u vidu primarnih i sekundarnih mera.

2. TERMOELEKTRANE I AEROZAGAĐENJE

2.1 Termoelektre

Termoelektre su energetska postrojenja koja toplotnu energiju proizvode sagorevanjem fosilnih goriva, ali glavna primena i svrha termoelektre je proizvodnja električne energije [1]. Danas se sagorevanjem fosilnih goriva dobija oko 80 % električne energije i to 38 % iz nafte, 24 % iz uglja i 23 % iz prirodnog gasa [2].

Uticaji termoelektre, tokom procesa proizvodnje električne energije, mogu biti višestruki, intezivni i nepovoljni za životnu sredinu. Potiču od značajnog zagađivanja vazduha, vode i zemljišta usled upotrebe fosilnih goriva (ugalja, nafte i prirodnog gas), kao najvećih primarnih izvora energije.

Pri sagorevanju fosilnih goriva nastaju opasni i štetni gasovi kao i čvrst otpad, koji značajno mogu uticati kako na zdravlje ljudi, tako i na biljni i životinjski svet. Većinu ovih postrojenja karakterišu visoki dimnjaci i filterska oprema, međutim i pored toga velika količina produkata potpunog i nepotpunog sagorevanja emituje se u atmosferu i dovodi do većeg ili manjeg zagađenja vazduha [3].

2.2 Aerozagađenje

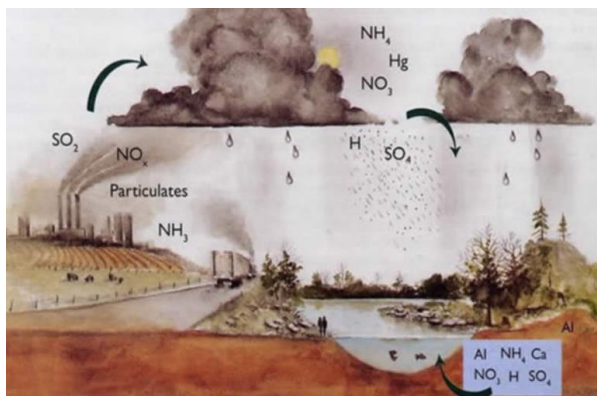
Ljudskim delovanjem u vazduh mogu dospeti različite materije od kojih su najštetniji azotni i sumporni oksidi, organska jedinjenja, ugljen dioksid, različite vrste čestica, kao i radioaktivne materije [4].

Prisustvo ovakvih proizvoda ljudske delatnosti promenljivih u manjim ili većim količinama, dovodi do menjanja uobičajenog sastava vazduha, pri čemu svaka promena u sastavu i stanju vazduha, koja prelazi granicu prilagodljivosti čovekovog organizma i dovodi do njegovog obolevanja predstavlja aerozagađenje

Zagađenje vazduha ili aerozagađenje predstavlja prisustvo jedne ili više zagađujućih materija (polutanata) u atmosferi, u koncentracijama i u vremenskim intervalima, koji imaju štetan efekat na čoveka, biljke ili životinje, ili na bilo koji način negativno utiču na raspoloženje i radnu sposobnost [5].

Zagađujuće materije mogu biti čvrstog, tečnog ili gasovitog agregatnog stanja, mogu direktno dospeti u vazduh ili mogu nastati u samom vazduhu pod uticajem elektromagnetnog Sunčevog zračenja. Efekti koji tada nastaju su različiti zbog razlika u njihovoj koncentraciji i njihovom hemijskom sastavu [6].

Primer emisije i transformacije zagađujućih materija u vazduhu, prikazan je na slici 1.



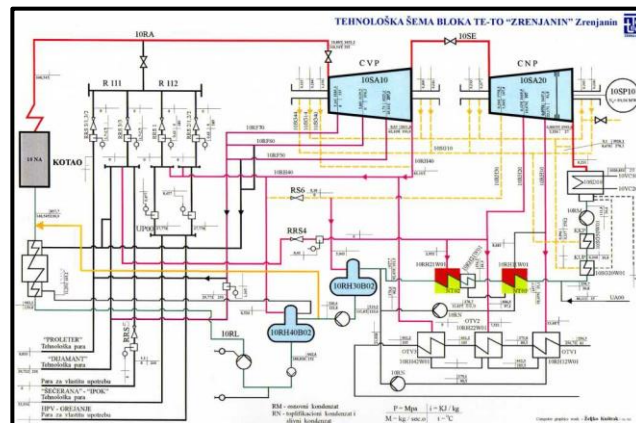
Slika 1. Primer emisije i transformacije zagađujućih materija u vazduhu [4]

3. MIKROLOKACIJA I TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KARAKTERISTIKE TE-TO ZRENJANIN

TE-TO Zrenjanin, drugi termoenergetski objekat po veličini i proizvodnim mogućnostima u sastavu PD Panonske TE-TO, izgrađena je u jugoistočnom delu grada Zrenjanina. Pripada prostornoj celini pod nazivom „Jugoistok”, odnosno radnoj zoni 1. Izgrađena je kao energetski izvor za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije.

TE-TO Zrenjanin, sastoji se od:

- jedne parne toplifikacione turbine (dvocilindrične) sa dva regulisana oduzimanja pare,
- dva parna kotla istog kapaciteta (po 330 t/h),
- reducirno-rashladne stanice,
- kao elementi rezervnog snabdevanja toplotnom energijom čiji broj i kapacitet odgovara maksimalnim potrebama tehnoloških potrošača (Slika 2).



Slika 2. Tehnološka šema TE-TO Zrenjanin, blok A1 [7]

4. MERENJE KONCENTRACIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJU U DIMNIM GASIVIMA TE-TO ZRENJANIN

TE-TO Zrenjanin je u obavezi da vrši povremeno (periodično) merenje emisije, radi poređenja izmerenih vrednosti sa graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija (GVE).

4.1 Položaj mernog mesta

Glavni emiter dimnih gasova u TE-TO Zrenjanin je betonski dimnjak visine 160 m, koji je sa kotlovima K1 i K2 povezan dimnim kanalima. Na dimnom kanalu, čija je površina poprečnog preseka pravougaonog oblika, dimenzije 4,5 m x 2,7 m, obavlja se uzorkovanje dimnih gasova i njegova površina istovremeno predstavlja veličinu ravni uzorkovanja.

Merno mesto je locirano na 18 m od dimnjaka i 7 m od mesta zakrivljenosti dimnog kanala. Pristup mernom mestu omogućen je pomoću postavljene platforme. Položaj i izgled mernog mesta predstavljeni su na slici 3.



Slika 3. Položaj i izgled mernog mesta pri merenju dimnih gasova [8]

4.2 Dimni gasovi koji se mere

Iz postojećeg velikog postrojenja, prate se i mere emisije praškastih materija, oksida ugljenika, azotnih oksida, sumpornih oksida, kao i neorganskih gasovitih jedinjenja fluora izraženih kao fluorovodonik i jedinjenja hlora izraženih kao hlorovodonik.

5. EKSPERIMENTALNO MERENJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA ZA RAZLIČITE REŽIME RADA POSTROJENJA

Eksperimentalna merenja emisije zagađujućih materija za različite režime rada postrojenja, sprovedena su tokom grejne sezone 2007/2008. Usled činjenice da TE-TO Zrenjanin, ima dugogodišnji problem sa povećanim emisijama azotnih oksida, a nema odgovarajuće uređaje za smanjenje istih, ispitivane su mogućnosti smanjenja emisije azotnih oksida delimičnom i/ili potpunom zamenom goriva mazuta kao primarnog goriva prirodnim gasom kao goriva koje se koristi samo za potpalu kotlova.

5.1 Uslovi odvijanja eksperimentalnih merenja

Parni kotlovi u TE-TO Zrenjanin (blok A1) raspolažu sa 8 gorionika raspoređenih u dva reda i sa mogućnošću istovremenog sagorevanja obe vrste goriva.

Proces sagorevanja goriva u ložištu, obavlja se pod sledećim uslovima: radni pritisak je 32 mbara, teorijska temperatura je 2.000 °C, dok temperatura vazduha za sagorevanje, u zavisnosti od opterećenja kotla, varira u opsegu od 260 °C do 270 °C, koeficijent viška vazduha je kontrolisan zahtevima koje nameće energetska efikasnost i granicom pojave CO u dimnim gasovima.

5.2 Režimi eksperimentalnih merenja

Pri uzorkovanju, merenju i analizi emisije, korišćene su standardne procedure i metode koje su u skladu sa pravnom regulativom, propisanim zakonima i pravilnicima.

Sve merene koncentracije i granične vrednosti emisije zagađujućih materija izražene su u masenoj koncentraciji (mg/m^3), u suvom dimnom gasu na 0 °C i pritisku od 1.013 mbara, dok je sadržaj kiseonika u jedinici zapremine dimnog gasa za ložišta na tečna i gasovita goriva sveden na 3 %.

Kontrolno merenje emisije obavljeno je za sledeće režime rada kotla K1:

1. Merenje emisije kada svih 8 gorionika rade na mazut, (8M – 0PG),
2. Merenje emisije kada 6 gorionika rade na mazut i 2 na prirodni gas, (6M - 2PG),
3. Merenje emisije kada 4 gorionika rade na mazut i 4 rade na prirodni gas, (4M - 4PG),
4. Merenje emisije kada 2 gorionika rade na mazut i 6 rade na prirodni gas, (2M - 6PG),
5. Merenje emisije kada svih 8 gorionika rade na prirodni gas, (0M - 8PG).

Prva dva režima eksperimenta (režimi 1-2) izvedeni su tokom jednog radnog dana u mesecu decembru 2007. godine [9], dok su preostala tri (režimi 3-5) izvedena tokom dva radna dana u mesecu februaru 2008. godine [10].

5.3 Rezultati eksperimentalnih merenja

Uslovi rada postrojenja tokom merenja, rezultati eksperimentalnih merenja i GVE za merene zagađujuće materije, prikazani su u tabelama 1, 2 i 3.

Tabela 1. Uslovi rada postrojenja tokom merenja [9,10]

Režim	Opterećenje kotla	Proizvodnja pare	Potrošnja goriva	
	%	t/h	Mazut [t/h]	Gas [m^3/h]
8M-0PG	82,2	271	18,3	0
6M-2PG	84,3	278	16,5	4.200
4M-4PG	84,8	280	9,2	14.000
2M-6PG	84,8	280	5,3	19.000
0M-8PG	84,8	280	0	26.000

Tabela 2. Rezultati izmerenih vrednosti koncentracija zagađujućih materija za svih 5 režima rada kotla K1 [9,10]

Režim	Merene zagađujuće materije					
	PM mg/m^3	CO mg/m^3	NO ₂ mg/m^3	SO ₂ mg/m^3	HCL mg/m^3	HF mg/m^3
8M-0PG	51,7	nd	1.141	1.002	<2,5	<1
6M-2PG	38,4	1	1.080	719	<2,5	<1
4M-4PG	11,36	nd	1.402	1.070	2,6	<1
2M-6PG	21,4	nd	1.224	606	11,1	<1
0M-8PG	<0,5	nd	1.550	1	-	-

Tabela 3. Granične vrednosti emisija za merene zagađujuće materije [11]

Režim	Granične vrednosti emisije					
	PM mg/m^3	CO mg/m^3	NO ₂ mg/m^3	SO ₂ mg/m^3	HCL mg/m^3	HF mg/m^3
8M-0PG	100	175	450	3.200	5	30
6M-2PG	100	175	450	3.200	5	30
4M-4PG	100	175	450	3.200	5	30
2M-6PG	5	100	450	1.700	5	30
0M-8PG	5	100	450	1.700	5	30

5.4 Analiza eksperimentalnih merenja

Posmatrajući izmerene vrednosti koncentracija zagađujućih materija u tabeli 2 i poređenjem rezultata sa GVE u tabeli 3, zaključuje se da su pri nominalnom opterećenju kotla, emisije sumpornih oksida, ugljen monoksida, praškastih materija, fluorovodonika i hlorovodonika, usklađene sa GVE, dok emisije azotnih oksida, za svih pet režima rada, nisu usklađene sa GVE.

Takođe, može se primetiti da kada manji broj gorionika radi na mazut dolazi do povećanja koncentracije azotnih oksida u dimnim gasovima TE-TO Zrenjanin, što je suprotno teorijskim očekivanjima. U zavisnosti od režima rada kotla, azotni oksidi premašuju GVE od 2,53 do 4,43 puta.

Kako su najuticajniji parametri za formiranje azotnih oksida, sadržaj azota u gorivu i maksimalna temperatura u ložištu, pretpostavljeno je da će doći do pojave većih koncentracija azotnih oksida u dimnim gasovima pri sagorevanju mazuta. Usled činjenice, da je sadržaj hemijski vezanog azota veći kod mazuta nego kod prirodnog gasa, takođe i maksimalna temperatura, samim tim, očekivane su i veće emisije azotnih oksida pri sagorevanju mazuta.

Kako mereni podaci eksperimenta pokazuju drugačije rezultate, glavni cilj i pretpostavka ovog eksperimenta da će se koncentracije azotnih oksida u dimnim gasovima smanjiti ispod GVE, pri potpunoj zameni goriva, odnosno pri prelasku sa mazuta na prirodni gas nisu postignuti.

6. PREPORUČENE MERE ZA SMANJENJE EMISIJE AZOTNIH OKSIDA IZ DIMNJAKA TE-TO ZRENJANIN

Kako bi se vršila kontrola i smanjila emisije azotnih oksida, neophodno je preduzeti odgovarajuće mere. Preporučene mere se mogu podeliti u dve osnovne grupe:

primarne mere – kojima se deluje na sam proces sagorevanja, inhibirajući neke od uticajnih faktora kako bi se redukovala emisija azotnih oksida,

sekundarne mere – kod kojih je glavni cilj ukljanjanje već obrazovanih azotnih oksida.

Tehnike primarne kontrole azotnih oksida uključuju primenu jedne ili obe od sledećih mera: modifikaciju sistema napajanja gorivom i vazduhom ili modifikaciju gorionika. Modifikacija sistema napajanja gorivom i vazduhom obuhvata sledeće tehnike: tehniku prethodnog ostvarenja gorive smeše, recirkulaciju dimnih gasova, višestepeno sagorevanje sa odvođenjem toplote između stupnjeva i vlaženje goriva, vazduha ili plamena.

Sekundarne mere koje se preduzimaju kako bi se smanjila emisija azotnih oksida, koncipirane su tako da ne deluju na sam proces već na posledicu. Od sekundarnih mera u TE-TO Zrenjanin, moguće je primeniti selektivnu katalitičku redukciju i postupak koji se primenjuje u nešto manjoj meri, selektivnu nektalitičku redukciju.

7. ZAKLJUČAK

Kako su mnoge termoelektrane i drugi energetski izvori locirani u neposrednoj blizini naseljenih mesta i poljoprivrednih dobara, emisije zagađujućih materija u životnu sredinu su sve češći predmeti istraživanja i analize.

Tokom procesa rada i sagorevanja fosilnog goriva (mazuta i prirodnog gasa), u TE-TO Zrenjanin nastaju mnoge zagađujuće materije koje se emituju u životnu sredinu. Usled činjenice da TE-TO Zrenjanin ima problem sa povećanim emisijama azotnih oksida koje duži niz godina premašuju GVE, u radu je izvršena analiza ranije realizovanih eksperimentalnih merenja kako bi se ispitale mogućnosti smanjenja koncentracije azotnih oksida delimičnom ili potpunom substitucijom goriva.

Zaključeno je da emisije azotnih oksida premašuju granične vrednosti emisije 2,53 puta kada je mazut dominantno gorivo i 4,43 puta kada je prirodni gas dominantno gorivo, pa samim tim glavni cilj eksperimenta da će se koncentracije azotnih oksida u dimnim gasovima smanjiti ispod GVE, pri prelasku sa mazuta na prirodni gas, nije postignut. U skladu sa tim u radu su preporučene mere koje se mogu primeniti kako bi se smanjile koncentracije azotnih oksida emitovane iz dimnjaka TE-TO Zrenjanin.

8. LITERATURA

- [1] Štrbac D., Gvozdenc B., Miroslavljević Z. 2011 skripta Energija i okruženje, Novi Sad
- [2] Petrović Đ., Krstović S., Rančoč J.: Analiza uspešnosti fiskalnih instrumenata u smanjenju zagađenja vazduha u Republici Srbiji, Trenutno stanje i predlozi za unapređenje, 2017
- [3] Milovanović Z., Knežević D., Milašinović A., Škundrić J. 2013 “Klasična termoelektrana postrojenja na ugalj – razvoj i perspektive primjene”, Naučno-stručni simpozijum Energetska efikasnost, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet
- [4] Trumbulović-Bujic Lj., Aćimović-Pavlović Z.: “Uticaj aerozagađivača na kvalitet vazduha u industrijskoj sredini”, Journal of Metallurgy, Vol, 14, Issue 3, 2008 str 229-240
- [5] Štrbac D., Petrović-Gegić A., Miroslavljević Z. 2014. Uvod u inženjerstvo zaštite životne sredine, Novi Sad
- [6] Novitović O., Randić D., Novitović A. 2009 “Zaštita životne sredine“ Užice
- [7] Anonim, 1985. Glavni mašinski projekat ENERGOPROJEKT-OOUR TN
- [8] Nakomčić-Smaragdakis B. i Čepić Z., 2012. Projekat: Analiza uzroka povećanih vrednosti zagađujućih materija u dimnim gasovima i otpadnoj vodi u TE-TO Zrenjanin sa predlogom mera za njihovo smanjenje, Novi Sad
- [9] Anonim, 2007. Izveštaj o rezultatima merenja emisije štetnih i opasnih materija u EPS PD Panonske Termoelektrane Toplane d.o.o. Novi Sad Termoelektrana-Toplana Zrenjanin, Novi Pogon (Kotao K1) Zrenjanin, Dec. 2007.
- [10] Anonim, 2008. Izveštaj o rezultatima merenja emisije štetnih i opasnih materija u EPS PD Panonske Termoelektrane Toplane d.o.o. Novi Sad Termoelektrana-Toplana Zrenjanin, Novi Pogon (Kotao K1) Zrenjanin, Feb. 2008.
- [11] Anonim, 2011b. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu („Sl. glasnik RS“ br. 71/2010 i 6/11-ispavka)

Kratka biografija:



Dijana Čorilić rođena je u Loznici 1997. god. Diplomski rad na temu “Analiza požarnog opterećenja javnih objekata, primer male hidroelektrane Devčići 1” odbranila je 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.



Zoran Čepić je osnovne i master studije završio 2008. god., na Fakultetu tehničkih nauka, smer Mašinstvo - Toplotna tehnika. Doktorirao je 2018. god. na Departmanu za inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu, gde je zaposlen kao docent.