

**XI međunarodni simpozij
GOSPODARENJE OTPADOM – ZAGREB 2010.**

25. i 26.11.2010. Zagreb (Hrvatska)

**Naslov : Iskorištavanje deponijskog plina na sarajevskoj deponiji
(Landfill Gas Utilisation at Sarajevo Landfill)**

Autor: mr.sc.Abid Mulaomerović dipl.inž.maš.
Institucija: K.J.K.P. „RAD“ Sarajevo;
Adresa: Paromlinska 57, Sarajevo; BiH
E-mail: mulaomerovicabid@yahoo.com
Telefon: --38733450294 - posao; mob.--387061375919;

Koautori: prof. dr. Tarik Kupusović, dipl.inž.građ,
mr.sc.Sanda Midžić-Kurtagić dipl.inž.građ.
Institucija: Institut za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Sarajevu;
Adresa: Stjepana Tomića 1, Sarajevo; BiH
E-mail: sanda.midzic@heis.com.ba,
tarik.kupusovic@heis.com.ba
Telefon: --38733212466 – posao;

Sažetak:

Od 1996. godine sarajevska deponija je bila predmetom sanacije i prevođenja u sanitarnu. Do 2009. godine realizirani su planirani radovi, kojima se pristupilo fazno prema prioritetima. Radovi su obuhvatili stabilizaciju odlagališta, odvodnju otpadnih voda, otplinjavanje odlagališta, izgradnju infrastrukturnih objekata, zatvaranje gornje plohe odlagališta, te primjenu tehnologije sanitarnog odlaganja, monitoring i tretman procjednih voda. Posljednji realizirani projekt na iskorištavanju deponijskog plina čini ovu deponiju jednom od najmodernijih u jugoistočnoj Evropi. Paralelno sa sanacijom unapređuje se i sustav prikupljanja otpada, pa se tako postupno uveo i program reciklaže u pojedinim i dijelovima grada, odnosno odvajanja papira i kartona na mjestu nastanka.

Ranija istraživanja pokazala su da sastav i količina deponijskog plina ovisi od sastava i starosti otpada i od tehnologije odlaganja. Stoga su sve navedene promjene na sarajevskoj deponiji imale utjecaja i na produkciju metana.

Sprovedeno je istraživanje koje je imalo za cilj praćenje plinskog stanja unutar samog odlagališta, ali u zonama deponije na kojima su primijenjene različite tehnologije odlaganja komunalnog otpada. Istraživanje je sprovedeno u periodu od 6 godina, u periodu 2003-2009 godine. Cilj rada je da prikaže rezultate istraživanja i analizu utjecaja tehnologije odlaganja komunalnog otpada na emisiju metana.

Ključne riječi: deponijski plin, metan, tehnologija odlaganja, reciklaža, sastav otpada

Abstract:

Since 1996, Sarajevo Waste Disposal Site has been undergoing a process of reconstruction in order to be transformed into a Sanitary Landfill. Until 2009, all planned activities were implemented, in phases, and in accordance with the list of priorities. Activities included stabilisation of the disposal site, wastewater collection, waste disposal site degasification, infrastructure installation, closure of the upper section of the disposal site, application of sanitary disposal technology, and monitoring and treatment of leachate. The last implemented project relating to utilisation of landfill gas makes this landfill one of the most modern in the Southeast Europe. Parallel with the abovementioned activities, the waste collection system has also constantly been improved. In terms of that, the recycling programme has gradually been introduced in some parts of the city, including separate collection of paper and cardboard at source.

Earlier research has shown that the composition and quantity of landfill gas depends on the waste composition and how old the waste is, as well as on the waste disposal technology. Therefore, the abovementioned changes at the Sarajevo Waste Disposal Site have had a significant impact of methane production.

The conducted research was aimed at monitoring of the state of gas within the disposal site itself, but also in the disposal site zones in which different municipal waste disposal technologies have been applied. The research was conducted over the period of 6 years, from 2003 to 2009. The aim of this paper is to present research results and analysis of municipal waste disposal technology impacts on methane emission.

Key words: landfill gas, methane, waste disposal technology, recycling, waste composition

UVOD

Regionalna deponija u Smiljevićima formirana je u prirodnoj depresiji na lokalitetu Smiljevići i u funkciji je od 1962. godine. Deponija potječe iz vremena kada nisu postojali zakonski propisi iz ove oblasti i stoga niti tehnički, niti tehnološki, nije bila pripremljena za ovu namjenu. Deponij nije imao odgovarajuće pripremljenu podlogu, sistem odvodnje površinskih i procjednih voda nije postojao, a otplinjavanje nije bilo riješeno. To je rezultiralo nizom problema kao što je destabilizacija tijela deponije, nekontrolirano otjecanje deponijskih procjednih voda u potok Lepenica, neprekidno tinjanje i plameno gorenje smeća itd. Situacija je kulminirala 1996. eksplozijom tijela odloženog otpada nakon čega je odronjeno cca 500.000 m³ smeća, u duljini od 700 m po nagibu prirodne depresije [1]. Nakon ovog događaja, kanton Sarajevo je pristupio hitnoj sanaciji deponije koja se od 1996. do danas sukcesivno provodi. Do 2009. godine realizirani su planirani radovi, kojima se pristupilo fazno prema prioritetima. Radovi su obuhvatili stabilizaciju deponije, odvodnju otpadnih voda, otplinjavanje, izgradnju infrastrukturnih objekata, zatvaranje najstarijeg dijela deponije, te primjenu tehnologije sanitarnog odlaganja, monitoring i tretman procjednih voda.

U svrhu stabilizacije deponije, sprječavanja tinjanja i eventualnih eksplozija, na starom dijelu odlagališta izgrađen je sistem vertikalnih bušotina, promjera 800 mm na osnovom rastojanju od 30 – 45 m, koji je horizontalno povezan. Nakon stabilizacije, pristupilo se zatvaranju najstarijeg dijela deponije. Istovremeno, u podnožju deponije izgrađena je nova ploha za sanitarno odlaganje. Nova ploha izgrađena je primjenom multibarijernog sistema izolacije, te vertikalnim sustavom za otplinjavanje od PHD cijev promjera 110

mm. Tokom 1999. godine urađen je horizontalni cjevovod i postavljena je baklja za spaljivanje plina, kapaciteta 60 – 300 m³/h plina [2]. Na novoj plohi, započeto je odlaganje 1998. godine. Za godinu dana je odloženo cca 300.000 tona komunalnog otpada.

Da bi se definirao potencijal sarajevskog odlagališta za proizvodnju deponijskog plina, te isplativost ulaganja u projekt iskorištenja deponijskog plina, potrebno je bilo izvršiti procjenu količine i stepena proizvodnje deponijskog plina. Procjena je izvršena na osnovu sastava i starosti čvrstog otpada koji je u prošlosti odlagan na Sarajevsku deponiju. [2]. Za procjenu količine plina formiranog na sarajevskoj deponiji korišten je multifazni model. Ovaj model razlikuje tri frakcije čvrstog otpada: sporo razgradljive, srednje i brzo razgradljive materije, pri čemu je proizvodnja plina opisana posebno za svaku frakciju. Prednost ovog modela nad ostalim je u činjenici da on uzima u obzir tipični sastav otpada, jer sve vrste otpada sadrže tipične frakcije sporo, srednje i brzo razgradljivih materija. Prema ovom modelu, veće količine plina se formiraju u prvim godinama nakon odlaganja otpada, dok kasnije opadaju. Na osnovu proračuna, procijenjeno je da se iskoristiva količina deponijskog plina u periodu od 2000-2030. godine kreće između maksimalno 1000-1800 m³/sat i minimalno 750-1500 m³/sat, te u periodu od 2030-2050 godine pada ispod 300 m³/sat, što ukazuje na mogućnost efikasnog iskorištenja deponijskog plina u svrhu proizvodnje električne energije. Deponijski plin sa prosječnim sadržajem metana od 50 % ima donju toplotnu vrijednost $H_u = 5 \text{ kWh}/(\text{N})\text{m}^3$, što ga čini dobrim gorivom za pogon plinskih motora specijalno razvijenih za ovu namjenu. Uzimajući u obzir da plinsko postrojenje za proizvodnju električne energije ima strujni izlaz između 75 do 1500 kW, te uz pretpostavku da je koncentracija metana u

deponijskom plinu između 50-55 %, za isplativu proizvodnju električne energije, potrebno je od 50-750 m³/sat deponijskog plina.[3].

Postrojenje za proizvodnju električne energije je pušteno u pogon 2001. godine. Postrojenje je kapaciteta 300 kW električne i 432 kW toplotne energije uz potrošnju od 200 m³/h deponijskog plina. Do sada je postrojenje proizvelo 3,6 miliona kW/h električne energije. Ova mini elektrana je uvezana preko trafostanice u energetske sistem BiH, te se električna energija distribuira u javnu mrežu.

U cilju osiguranja optimalnog rada mini elektrane, odnosno kontinuiranog dotoka plina optimalnog sastava i potrebne količine, u periodu 2003.-2009. vršen je monitoring sastava i protoka plina na tri eksperimentalne odlagališne plohe. Odabir površina na kojima se vršio monitoring uvjetovan je namjerom ispitivanja utjecaja sastava otpada i tehnologije odlaganja na produkciju metana. Odabran je sanirani dio deponije na njezinom gornjem dijelu, na kojem je prestalo odlaganje i na kojem je ranije nastala eksplozija, a zatim tehnički pripremljena nova ploha na donjem dijelu deponije, na kojoj se primjenjuje tehnologija sanitarnog odlaganja. Treća eksperimentalna ploha je odabrana zbog razlike u sastavu otpada, odnosno monitoring je obuhvatio period prije i poslije uvođenja programa reciklaže. Uvođenjem programa reciklaže na području Kantona Sarajevo, od 2003. godine sastav otpada se promijenio, što je moglo utjecati na sastav i količinu plina.



Slika 1 Položaj eksperimentalnih ploha na deponiji

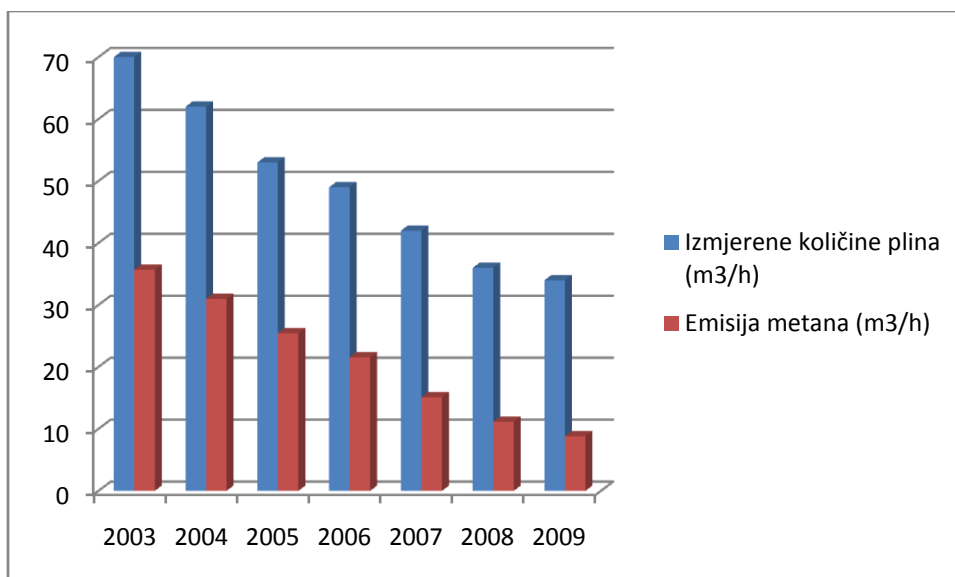
PRODUKCIJA PLINA NA DIJELU SA NESANITARNIM ODLAGANJEM

Na starom dijelu deponije, na kojem se gotovo 40 godina odlagalo smeće, istresanjem bez ikakvih sanitarnih mjera, postavljeno je 30 PHD-e sonde koje služe za prikupljanje deponijskog plina. Mjerenja protoka i sadržaja plina su vršena u periodu od 2003. do 2009. godine na sondama za otplinjavanje, a ukupna količina deponijskog plina je mjerena na glavnom izlaznom cjevovodu iz sistema za otplinjavanje ovog dijela odlagališta. Mjerenja su vršena mjesečno, a po potrebi i češće. U tabelama su prikazane izračunate srednje vrijednosti navedenih parametara. Ovaj dio odlagališta se nalazi u gornjem dijelu odlagališnog prostora sarajevske deponije.

Tabela 1 Procentualni sadržaj metana u deponijskom plinu na dijelu odlagališta sa nesanitarnim odlaganjem

Br. sonde	Godina	Procentualni sadržaj metana u deponijskom plinu po sondama						
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
01.		51%	50%	45%	41%	38%	33%	27%
02.		65%	61%	52%	49%	45%	42%	32%
03.		61%	57%	51%	47%	42%	34%	26%
04.		55%	52%	47%	43%	40%	29%	24%
05.		40%	37%	36%	32%	31%	24%	21%
06.		55%	49%	42%	31%	22%	20%	17%
07.		54%	43%	40%	35%	33%	26%	18%
08.		-	-	-	-	-	-	-
Prosječan % metana		51%	50%	48%	44%	36%	31%	26%

Sadržaj metana na sondama varira od 0% do 65%. Na sondama br. 08 – 30, nije registriran metan, osim na nekolicini gdje je taj sadržaj bio neznatan. Takav rezultat se objašnjava činjenicom da su ove sonde izvedene na području gdje je nekoliko godina prije zatvaranja odlagan samo inertan otpad, ili na prostoru gdje je došlo do izgaranja organskog otpada, nakon eksplozije. Sonde na kojima je registriran metan (01-07), otpinjavale su područje na kojem je u periodu 96.-97. odlagan otpad. U periodu od 6 godina prosječni sadržaj metana u plinskoj mješavini je smanjen za 50% (Tabela 1). Protok plina se za isti period smanjio 2 puta, a protok metana 4 puta (Graf1).



Graf. 1 Promjena količina plina i emisije metana na dijelu sa nesanitarnim odaganjem, 2003-2009.

PRODUKCIJA PLINA NA DIJELU SA SANITARNIM ODLAGANJEM

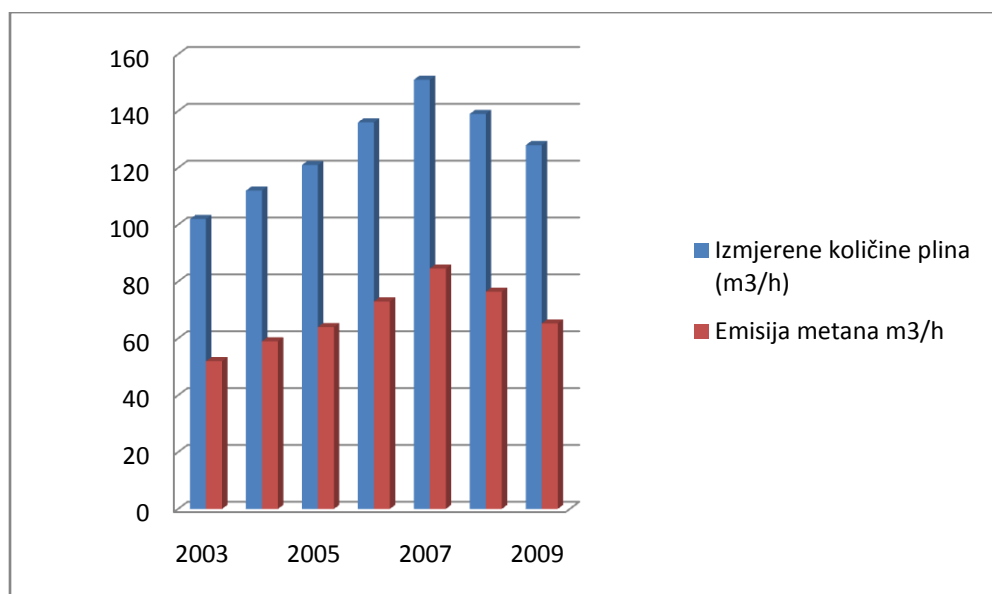
Na novoj plohi za odlaganje, na kojoj se primjenjuje tehnologija sanitarnog deponiranja izvedeno je sedam sondi koje su uvezane u sistem za otplinjavanje od 2003. godine. Ovaj dio odlagališta je uzet prvenstveno zbog toga jer je u kontinuitetu, bez prekida, bio u sistemu za otplinjavanje. Protok deponijskog plina mjereno je na mjestima prije spaljivanja na baklji, a procentualni sadržaj metana u plinu prikazan je su u Tabeli 2.

Tabela 2 Procentualni sadržaj metana u deponijskom plinu u dijelu odlagališta gdje je vršeno sanitarno odlaganje

Br. sonde	Procentualni sadržaj metana u deponijskom plinu po sondama							
	Godina	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
01.		55%	57%	56%	58%	62%	60%	54%
02.		55%	55%	53%	52%	59%	58%	53%
03.		56%	53%	55%	51%	57%	57%	55%
04.		52%	54%	52%	56%	56%	53%	52%
05.		51%	52%	50%	54%	56%	52%	50%
06.		48%	46%	49%	51%	53%	50%	46%
07.		47%	43%	48%	53%	54%	51%	47%

Br. sonde	Procentualni sadržaj metana u deponijskom plinu po sondama							
	Godina	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Prosječan % metana		51%	53%	53%	54%	56%	55%	51%

Prosječan sadržaj metana blago varira između 51% i 56%, a promjena sadržaja metana prati varijacije u promjeni protoka plina. Protok plina je u periodu od prve četiri godine po početku mjerenja, porastao za 1.5 puta, a protok metana za 1.6 puta (Graf 2.). Nakon toga bilježi se pad u pogledu količine ukupnog plina i metana, premda su obje veće od početnih vrijednosti i nakon šest godina.

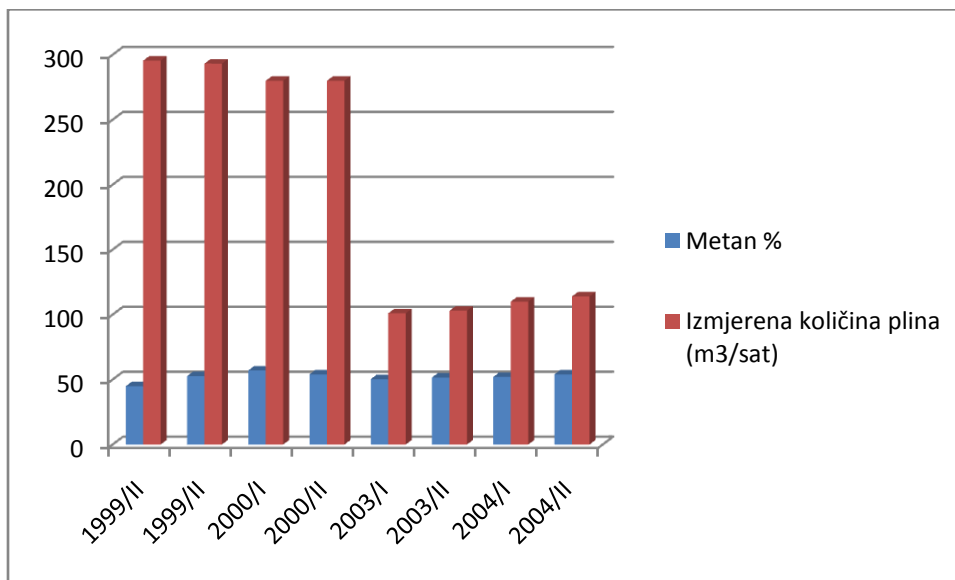


Graf. 2 Količine izmjenog deponijskog plina na dijelu odlagališta gdje je vršeno sanitarno odlaganje otpada

PRODUKCIJA PLINA NA DIJELU SA RECIKLAŽOM

Ova eksperimentalna ploha služila je kao privremena ploha za odlaganje, tijekom perioda sanacije. U periodu 1999.-2000., dok je trajala priprema sanitarne plohe u dnu deponije, na ovoj plohi se odlagao otpad, a da na njoj nije prethodno izgrađena multibarijerni sistem. Otpad se odlagao primjenom sanitarne tehnologije odlaganja, odnosno razastirao,

zbijao, te dnevno prekrivao inertnim materijalom. U periodu od 1996-1999. nije primjenjivano odvajanje otpada na mjestu nastanka, niti je postojao poseban način zbrinjavanja otpada organskog porijekla, pa se na toj plohi povremeno odlagao i otpad životinjskog porijekla. Uvođenjem programa reciklaže na području Kantona Sarajevo 2003. godine i izgradnjom posebnog pogona za zbrinjavanje otpada životinjskog porijekla 1999., sastav otpada se promijenio, što je utjecalo na sastav i količinu plina. Otplinjavanje ove plohe vršilo se preko 11 sondi, na kojima se vršilo mjerenje protoka i sastava plina. Promjena sastava otpada imala je značajan utjecaj na promjenu protoka plina, ali ne i na sastav. Protok plina se u prve dvije godine postupno smanjivao, dok je u periodu 2000.-2003. protok smanjen za 2.8 puta (Graf.3), što je bilo i očekivano obzirom na prestanak odlaganja otpada životinjskog porijekla. U periodu 2003.-2004. protok ukupnog plina iznosi oko 100 m³/h, ali je protok metana gotovo konstantan tijekom cijelog perioda promatranja.



Graf. 3 Količine i procentualni sadržaj metana na privremenoj plohi

ZAKLJUČAK

Izmjereni protok plina na sarajevskoj deponiji pokazuje opravdanost izgradnje mini elektrane. Sadržaj metana u plinskoj mješavini na starom saniranom odlagalištu nije dovoljan za iskorištenje, iako je protok plina, 6 godina po prestanku odlaganja, bio značajan. Produkcija plina na sanitarnoj plohi je dovoljna iskorištavanje, i u pogledu količine i u pogledu procentualnog učešća metana u gasnoj mješavini. Odlaganje značajnih količina otpada organskog porijekla, posebno onog životinjskog porijekla, ima očekivani učinak na produkciju plina, u smislu povećanja, ali ne i na koncentraciju metana. Koncentracija metana je približno ista i nakon prestanka odlaganja otpada životinjskog porijekla i nakon primjene reciklaže. Primjena reciklaže imala je utjecaja na protok plina, ali, u usporedbi sa rezultatima na sanitarnoj plohi, ne značajno. Prosječna vrijednost za mjereni period na sanitarnoj plohi iznosila je $127 \text{ m}^3/\text{h}$, dok je na privremenoj plohi, nakon uvođenja reciklaže, iznosila $107 \text{ m}^3/\text{sat}$.

LITERATURA

1. S.Midžić, S.Babić, F.Babić, I.Šan, T.Kupusović (2001), "Transformation of Sarajevo Landfill into sanitary Dump", International Conference and Workshop, «Sustainability of Water& Environmental System Rehabilitation», Bosnia and Herzegovina Banja Luka, Proceedings, pgs. 262-270,
2. S.Midžić, S.Babić, F.Babić, I.Šan, T.Kupusović, «Transformation of Sarajevo Landfill into Sanitary Dump», International Conference and Workshop, «Sustainability of Water& Environmental System Rehabilitation», Bosnia and Herzegovina Banja Luka, Proceedings (2001), pgs. 262-270,
3. Z. Milašinović, I. Šan, S. Midžić (2000): "Otplinjavanje i korištenje gasa na sarajevskoj deponiji", II godišnja konferencija "Strategija gospodarenja krutim otpadom u Bosni i Hercegovini", Zbornik radova, str. 77-81.