

ANALIZA ODRŽIVOSTI POSTROJENJA ZA TERMIČKU OBRADU KOMUNALNOG OTPADA

ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY OF THE PLANT FOR THERMAL WASTEWATER PROCESSING

mr.sc. Mahmut Jukić v.ass.
dr.sc. Ifet Šišić vanr. prof.
mr.sc. Sebila Rekanović v. ass.
Univerzitet u Bihaću, Bihać

SAŽETAK

Zbog svog heterogenog sastava, komunalni otpad ima određenu energetska vrijednost, što je i razlog da u integralnom sistemu upravljanja otpadom gotovo na zadnjoj stepenici postoji i termička obrada s ciljem iskorištenja energijskog potencijala za proizvodnju električne i toplotne energije iz otpada. Kako u zemljama koje su u razvoju poput Bosne i Hercegovine, nisu u potpunosti primjenjene tehnologije i postupci izdvajanja korisnih materijala iz komunalnog otpada, kao ni organskog biorazgradivog otpada, razlog je da se zbog značajne količine i sastava komunalnog otpada u ovom radu istraži mogućnost održanja postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada postupkom gasifikacij kojim se pruža potencijal za veću iskoristivost energije iz otpada kao i smanjenje emisija onečišćujućih tvari.

Ključne riječi: termička obrada, gasifikator, gorivo, sintetski gas

ABSTRACT

Due to its heterogeneous composition, municipal waste has a certain energy value, which is the reason that in the integral waste management system, almost the last step, there is a thermal processing, in order to exploit the energy potential for the production of electricity and heat from the waste. As in developing countries like Bosnia and Herzegovina, technologies and procedures for allocating useful materials from municipal waste, as well as organic biodegradable waste have not been fully implemented, the reason is that, due to the significant amount and composition of municipal waste in this paper, the possibility of maintaining the plant for the thermal treatment of municipal waste by the gasification process that provides the potential for greater energy utilization from waste as well as the reduction of emissions of pollutants.

Keywords: thermal treatment, gasifier, fuel, synthetic gas

1. UVOD

Glavni ciljevi termičkog tretiranja komunalnog otpada su smanjenje udjela organskih tvari u otpadu, uništavanje organskih štetnih tvari, izdvajanje anorganskih tvari, smanjenje mase i volumena otpada i iskorištenje energije sadržana u otpadu[1]. Iako ova termička postrojenja emitiraju određene količine stakleničkih gasova, ipak pridonose smanjenju količine emitiranih stakleničkih gasova koja bi se emitirala kada bi se otpad odlagao na odlagalištima. Na

odlagalištima se razvija metan (CH_4) koji ima 21 puta veći staklenički potencijal od CO_2 (ugljen dioksida)[2].

Dosadašnja iskustva su pokazala da su postrojenja za termičku obradu otpada naišla na negativne stavove društva koja koče njihov brži razvoj iz poznatog razloga kao NIMBY efekt (eng. *Not In My Back Yard*), što bi značilo da ljudi ne žele velika postrojenja u blizini življenja, što zbog straha od havarija, zagađenja i sl. Međutim, strana iskustva, iz Nizozemske, Velike Britanije, Austrije, Danske, pokazuju kako se edukacijom i dijalogom takvi problemi mogu prevazići. Čak su i određene međunarodne studije pokazale kako se, u koliko se takva postrojenja pridržavaju zakonskih okvira, javlja se samo mali rizik od zdravstvenih problema lokalnog stanovništva [1]. Pored edukacije kao modela za prevazilaženje ovih problema, isti se mogu prevazići donošenjem određene zakonske regulative od strane države, pa je npr. Austrija kako bi smanjila količinu otpada na odlagalištima, počela naplaćivati 280 € za tonu otpada koji dođe na odlagalište. Danska je počela graditi postrojenja blizu naselja, te je ljudima bilo u interesu kupovati jeftiniju električnu i toplotnu energiju.

2. PROBLEMATIKA ISTRAŽIVANJA

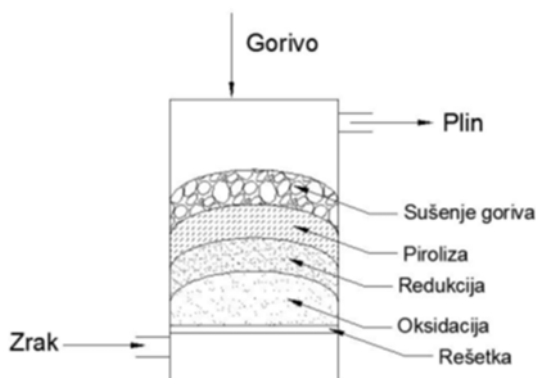
2.1. Osnove za analizu termičkog postrojenja

Ako je pretpostavka da je na početku primarno razdvojen biorazgradivi organski otpad od ostalog dijela komunalnog otpada, ovaj rad predviđa analizu postrojenja za termičku obradu (spaljivanje) ostatnog dijela komunalnog otpada pod pretpostavkom da ostatak komunalni otad sadrži značajan udio materijala koji imaju dobru gorivu moć.

U sistemu za gasifikaciju najvažniji dio je gasifikator koji može biti istosmjerni, protusmjerni i unakrsni. Pored gasifikatora ovaj sistem se sastoji još od spremnika za otpad i opreme kojom se otpad dovodi do gasifikatora.

Gasifikator je reaktor u kojem se odvija proces pretvorbe ulaznog materijala, u ovom slučaju komunalnog otpada u gasovito gorivo, odnosno sintetski gas. U ovom radu analiziran je protusmjerni gasifikator koji je najpogodniji za izgaranje gorivih komponenti iz komunalnog otpada.

Na slici 1. prikazan je princip izgaranja goriva u protusmjernom gasifikatoru. Kao što se vidi na datoj slici, zona izgaranja se nalazi na dnu rešetke, a iznad se odvija proces oksidacije i redukcije, zatim u gornjem dijelu istog odvija se zagrijavanje i piroliza goriva, kao rezultat prijenosa toplote prisilnom konvekcijom i zračenjem iz donjih slojeva. Katran i hlapljivi spojevi nastali u ovom dijelu bivaju odnošeni strujom gasa, dok se pepeo nakuplja na dnu.



Slika 1. Princip izgaranja u protusmjernom gasifikatoru[3]

Protusmjerni gasifikator je najstariji i najjednostavniji tip gasifikatora i kao takav najpogodniji je za izgaranje komunalnog otpada kao goriva i isti će biti analiziran u ovom radu. Obradeni komunalni otpad kao gorivo dodaje se na vrhu gasifikatora, dok se zrak uvodi na dnu. Generisani gas tako mijenja temperaturu od niske na ulazu-temperature zraka, koji se tada zagrijava prema najvišoj temperaturi na granici zone izgaranja, da bi se prema izlazu ponovo smanjivala, budući da se toplota gasa odvodi hladnim gorivom.

2.2. Cilj i metode istraživanja

Cilj istraživanja u ovom radu je analiza održivosti postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada postupkom gasifikacije. Uz primjenu matematičkih, analitičkih i statističkih metoda, kao metoda društveno-ekonomske koristi i financijske analize, u ovom radu je izvršena:

- Analiza kogeneracijskog postrojenja koje koristi sintetski gas za proizvodnju električne i toplotne energije,
- Financijskam analiza postrojenja za izračunavanje neto godišnjeg prihoda postrojenja (NGP), te jednostavnog period povrata investice (JPPI), na osnovu kojeg se i određuje održivost rada ovog postrojenja.

2.3. Rezultati istraživanja sa obrazloženjem

U tabeli 1. prikazani su rezultati istraživanja o sastavu i količini određenih vrsta komunalnog otpada na području Unsko-sanskog kantona koje bi bili podvrgnuti različitim metodama tretiranja, dok u tabeli 2. prikazani su osnovni parametri referentnog postrojenja koji će se koristiti za proračun ove analize.

Tabela 1. Rezultati istraživanja o sastavu i količini određenih vrsta komunalnog otpada na području istraživanja [4]

VRSTA OTPADA ZA TRETIRANJE	PROCENTUALNI UDIO %	MASENI UDIO t/godinu
Ukupna količina otpada	100	33.100
Organski otpad (vrtni, kućni organski)	40,2	13.306
Izdvojeni gorivi reciklabilni materijali 70%	8,13	2.692,4
Negorive komponente (metal, Al ambalaža, staklo)	6,21	2.037,4
Ukupna količina otpada za termičku obradu	45,46	15.064,2

Tabela 2. Karakteristike referentnog postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada[5]

(RDF)		GASFIKATOR		SINTETSKI GAS	
Dimenzije	mm 50 - 150	Temperatura procesa	°C 850	Temperatura	°C 800 - 900
Gustoća	kg/m ³ 500 - 700	Kapacitet RDF(m _{RDF})	kg/h 13.320	Donja topl.vr Hd	MJ/m ³ 4,5 – 5,5
Donja topl.vr.Hd _{RDF}	MJ/kg 15 – 21	Proizv.sint. gasa(m _g)	m ³ /h 31.111	-	-

Ako postrojenje radi 8000 sati godišnje, dnevna količina komunalnog otpada potrebna za rad postrojenja se može dobiti na osnovu izraza (1):

$$Q_d = \frac{Q_{Tgod}}{\tau} = \frac{15.064,2 [t/god]}{8.000 \left[\frac{h}{god} \right]} \cdot 24 h = 45,20 \quad \left[\frac{t}{dan} \right] \quad \dots (1)$$

Godišnja količina sintetskog gasa koja se može proizvesti u postrojenju računa se na osnovu izraza (2):

$$Q_{SG} = Q_{Tgod} \cdot q_{SG} = 15.064,2 \left[\frac{t}{god} \right] \cdot 2335,7 \left[\frac{m^3}{t} \right] = 35.185.451,94 \left[\frac{m^3}{god} \right] \dots (2)$$

$$q_{SG} = 2335,7 \left[\frac{m^3}{t} \right] - \text{specifična količina sintetskog gasa}$$

Specifična količina sintetskog gasa izračunata na osnovu podataka referentnog postrojenja iz tabele 2. i to na osnovu izraza (3):

$$q_{SG} = \frac{Q_{SGh} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{Q_{Th} \left[\frac{t}{h} \right]} \quad \left[\frac{m^3}{t} \right] \quad \dots (3)$$

Hemijska energija sadržana u sintetskom gasu računa se prema izrazu (4):

$$E_{SG} = Q_{SGgod} \left[\frac{m^3}{god} \right] \cdot Hd \left[\frac{MWh}{m^3} \right] = 35.185.451,94 \cdot \frac{5,0}{3.600} = 48.868,68 \left[\frac{MWh}{god} \right] \dots (4)$$

Ukoliko postrojenje za termičku obradu otpada radi 8000 h sati godišnje punim kapacitetom, prosječna snaga energije sintetskog gasa na ulazu u kogeneracijsku jedinicu računa se na osnovu izraza (5):

$$P_{SG} = \frac{E_{SG} \left[\frac{MWh}{god} \right]}{\tau \left[\frac{h}{god} \right]} = \frac{48.868,68 \left[\frac{MWh}{god} \right]}{8.000 \left[\frac{h}{god} \right]} = 6,1 \quad [MW] \dots (5)$$

Ukupna električna snaga na izlazu koju će koristiti kogeneracijsko postrojenje računa se:

$$Pel = P_{SG} \cdot \eta = 6,1 \cdot 0,35 = 7696,8 [kWel] = 2,13 [MWel] \quad \dots (6)$$

$\eta = 0,35$ – električni stepen iskorištenja postrojenja

Pel – električna snaga kogeneracijskog postrojenja

Električna energija koju proizvede ovo kogeneracijsko postrojenje na godišnjem nivou računa se na osnovu izraza (7):

$$E_{el} = \tau \left[\frac{h}{god} \right] \cdot Pel [MWel] = 8.000 \left[\frac{h}{god} \right] \cdot 2,13 [MWel] = 17.104 \left[\frac{MWh}{god} \right] \dots (7)$$

13 % električne snage se troši za vlastitu potrošnju [2], te na osnovu snage od 1,86 [MWel], električna energija namjenjena za prodaju iznosi:

$$E_{el} = 8.000 \left[\frac{h}{god} \right] \cdot 1,86 [MWel] = 14.880 \left[\frac{MWh}{god} \right] \quad \dots (8)$$

Usvajajući odnos toplotne i električne snage $\frac{P_{th}}{P_e} = 1,7$ [6] može se izračunati toplotna snaga gasnog kogenerativnog postrojenja na osnovu izraza (10):

$$P_t = 1,7 \cdot P_{el} = 1,7 \cdot 2,13 = 3,6 \text{ [MW]} \quad \dots (10)$$

Izračunata toplota u prosjeku od oko 20% se koristi za zagrijavanje poslovnih objekata i zgrada, dok preostala toplotna snaga se može iskoristiti za zagrijavanje okolnih stambenih jedinica, tako da se iskorištena toplota računa na osnovu raspoložive toplotne snage (2,88 MW), perioda trajanja sezone grijanja u Bosni i Hercegovini (180 dana) i koeficijenta opterećenja toplotnog kapaciteta postrojenja raspoloživog za grijanje na području Bosne i Hercegovine koji iznosi 42%. [6]

$$Q_i = 2,88 \cdot 180 \cdot 24h \cdot 0,42 \approx 5.225,47 \text{ MWh} \quad \dots (11)$$

Količina proizvedene toplote za korištenje iznosi 5.225,47 MWh. Ako se zna da je prosječna potrošnja finalne toplotne energije u domaćinstvima u Bosni i Hercegovini oko 7900 kWh godišnje (Agencija za statistiku BH, 2015), može se zaključiti da se toplotom iz postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada mogu snabdijevati 661 domaćinstvo.

2.4. Financijska analiza održivosti postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada

Na osnovu usvojenih cijena dobijenih proizvoda za električnu i toplotnu energiju[5] i [6], usvojene cijene propisnog zbrijavanja pepela kao troška, operativnog troška za rad ovog postrojenja koje ima snagu gasnog motora od približno 2.500 KW, te cijene nabavke i instalisanja ove opreme od 27.044.550 KM[9], izračunat je neto godišnji prihod postrojenja (NGP), kao i jednostavni period povrata investicije (JPPI):

$$Pr_{el} = 14.880 \left[\frac{\text{MWh}}{\text{god}} \right] \cdot 278,9 \left[\frac{\text{KM}}{\text{MWh}} \right] = 4.150.032 \left[\frac{\text{KM}}{\text{god}} \right] \quad \dots (12)$$

$$Pr_{th} = 5.225,5 \left[\frac{\text{MWh}}{\text{god}} \right] \cdot 68 \left[\frac{\text{KM}}{\text{MWh}} \right] = 355.335 \left[\frac{\text{KM}}{\text{god}} \right] \quad \dots (13)$$

$$T_p = 2.410,2 \left[\frac{t}{\text{god}} \right] \cdot 10 \left[\frac{\text{KM}}{t} \right] = 24.102 \left[\frac{\text{KM}}{\text{god}} \right] \quad \dots (14)$$

Godišnji operativni troškovi za rad i održavanje ovog postrojenja uključujući u iste i troškove radne snage, održavanja, kao i pogonske i ostale troškove, iznose 6,4% od investicije, odnosno 1.730.851 KM, te su veći za duplo od operativnih troškova rada i održavanja postrojenja za mehaničku obradu komunalnog otpada i biogasnog postrojenja.[9]

$$NGP = 4.150.032 + 355.334 - 24.102 - 1.730.851 = 2.750.413[\text{KM}] \quad \dots (15)$$

$$JPPI = \frac{27.044.550[\text{KM}]}{2.750.413 \left[\frac{\text{KM}}{\text{god}} \right]} = 9,8 \text{ godina} \quad \dots (16)$$

Ovaj period povrata investicije od približno 10 godina je dosta veći period od prihvatljivog perioda od 7 godina i nije uopće atraktivan za investitore, što znači da ovaj vid obrade

komunalnog otpada s ciljem iskorištenja njegovog energijskog potencijala za proizvodnju energije nije nikako prihvatljiv za male količine komunalnog otpada koje se obrađuju.

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu autori su imali za cilj da tehno-ekonomskom analizom prikažu održivost eventualnog postrojenja za termičku obradu komunalnog otpada.

Eventualno moguće postrojenje analizirano je za dosta manju količinu komunalnog otpada (15.064,2 tona/godinu) u odnosu na referentno postrojenje koje je konstruirano za obradu 80.000 tona/godinu. Nakon dnevne potrošnje izračunata je godišnja količina sintetskog gasa u iznosu od 35.185.451 m³/godinu, koja se može proizvesti u analiziranom postrojenju, zatim snaga sintetskog gasa na ulazu u postrojenje od 6,1 MW i snaga električne energije na izlazu iz postrojenja od 2,13 Mwe. Izračunata je količina električne energije namjenjena za prodaju u iznosu od 14.880 MWh/godinu. Iskorištena toplota kao dio prihoda iznosi 5.225,47 MWh. Masa pepela izračunata na osnovu procenta težinskog udjela od 16% [6], iznosi 2.410,2 tona i predstavlja trošak jer ga treba propisno odložiti.

Na osnovu usvojenih cijena izračunat je neto godišnji prihod od rada postrojenja u iznosu od 2.750.413[KM], dok investicijski trošak iznosi 27.044.550[KM] koji je izračunat u skladu sa proračunatom snagom gasnog motora i proporcionalnom odnosu u odnosu na referentno postrojenje.

Jednostavni period povrata investicije iznosi približno 10 godina, što svakako nije atraktivan period za investiti.

4. REFERENCE

- [1] Christensen T. (2011); Solid waste technology & management., Willey & Sons, United.
- [2] Yassin L., Lettieri P., Simons S., Germana A., Techno-economic performance of energy-from-waste fluidized bed combustion and gasification processes in the UK context, Chemical Engineering Journal, 2007.
- [3] Dimnjašević M., Polović V., Kozina M., Rasplinjanje biomase, FSB, Zagreb, 2009.
- [4] Jukić M., Doprinos određivanju energijskog potencijala komunalnog otpada, magistarski rad, Mašinski fakultet Sarajevo, 2015.
- [5] <https://www.wartsila.com>, 2018.
- [6] Barducci G., Santa Catarina, 2008.
- [7] Federalna komisija za energiju u Federaciji Bosne i Hercegovine, 2016
- [8] Husika A., Tehnologije za proizvodnju energije iz biomase, seminar Proengineer, Razvojni program ujedinjenih nacija, Amabasada Kraljevine Švedske, Fond za zaštitu okoliša Federacije Bosne i Hercegovine i Fond za zaštitu životne sredine i energetske efikasnost Republike Srpske, Sarajevo i Banja Luka, 2016.
- [9] Bogdan Ž., Analiza tehnologija za energetske iskorištavanje krutog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj, FSB, Zagreb, 2009.).