

JEDINI NAČIN ODRŽIVOG ŽIVOTA: GRADOVI BEZ SMEĆA, INDUSTRIJA BEZ OTPADA

Igor B. Matveev¹, Petar M. Rakin², Dejan P. Rakin³

SAŽETAK:

Ovaj rad se bavi jednom od oblasti sa spiska kritičnih nacionalnih potreba – otpadu-energiju. Ovo dotiče svakog stanovnika, obuhvata preko milion zaposlenih⁴, zauzima milione jutara zemlje, odnosi se na mnoge probleme životne sredine i postaje jedno od glavnih izazova XXI veka. Problem će čekati naše rešenje. A naše rešenje znači predstavljanje nove generacije tehnologija za preradu otpada sa mogućnošću da se sagradi milion plazma tehnoloških termoelektrana snage 10 MW, koje će godišnje ispostavlјati energetske mreži 251.000.000 MWh električne energije.

Ovaj rad pokušava da da pregled problema, predloži izvodljiva i tehnički osnovana rešenja, i da prikaže moguće strategije za nacionalno i internacionalno učešće i saradnju.

Ključne reči: *tretman smeća, plazma, gasifikacija, energija, životna sredina*

UVOD

Kroz celu istoriju naše civilizacije ljudi su za sobom ostavljali brda otpada. Sa 2,02 milijardi tona komunalnog čvrstog otpada (KČO), koji je stvoren 2006. godine u svetu, ukupna količina koja je akumulirana u deponijama je preko bilion tona.

SAD prednjači u svetu u stvaranju KČO, gde svaki stanovnik proizvodi u proseku 2,1 kg otpada dnevno sa ukupnom količinom od 251 miliona tona KČO u 2006. godini (www.epa.gov/msw). Sa stopom recikliranja od oko 35%, ostalih 65%, ili oko 163 miliona tona, bacaju se u deponije ili se spaljuju u 89 termoelek-

¹ Igor B. Matveev, Applied Plasma Technologies, McLean, USA

² Petar M. Rakin, IHIS Naučno Tehnološki Park Zemun, Beograd, Srbija, ihis@eunet.rs, Tel + 381112195700, Fax: + 38111194991

³ Dejan P. Rakin, IHIS Razvojno Proizvodni Centar, Beograd, Srbija

⁴ Podaci se odnose na SAD kada nije drugačije rečeno

trana koje koriste KČO kao gorivo, i proizvode oko 2.500 MW, ili oko 0,3% ukupne nacionalno proizvedene energije.

Postoji 1.754 aktivnih i preko 10.000 starih komunalnih deponija u SAD (www.epa.gov/msw/facts). Ove deponije su glavni izvor metana, koji ima 21 puta veću uticaj na globalno zagrevanje od CO₂. Takođe truju podzemne vode. Kao što osnovni tekstovi o zemnim vodama navode, deponije stare preko 2.000 godina iz rimskog carstva još uvek generišu materije koje odlaze u zemne vode.

Servis za Komunalni Čvrst Otpad i Industrija za recikliranje u SAD ima preko 56.000 ustanova za recikliranje i ponovnu upotrebu, zaposlenih preko 1,1 milion ljudi, izdvaja za plate 37 milijardi US\$ godišnje i prihoduje 263 milijardi US\$ godišnje.

Očigledno je da je otpad planetarni problem, koji utiče na klimu i prirodu u svakoj zemlji, i dotiče svakog čoveka kroz vazduh, vodu i/ili hranu. Da bi se rešio ovaj problem, moraju se preduzeti nacionalne i međunarodne mere. Glavni pokretač koji stoji iza poboljšanog upravljanja otpadom je zakon. Zakoni i propisi o životnoj sredini i otpadu treba da budu osavremenjeni, i nacionalni program za otpad da se razvije i usvoji. Vlada mora takođe da razvije mehanizme za podršku novim generacijama tehnologija za preradu otpada, sa potvrđivanjem, kvalifikovanjem i primenom u celom svetu.

RAZMATRANJE

PREGLED TEHNOLOGIJA

Pregled globalne industrije otpad-u-energiju pokazuje da je samo 130 miliona tona KČO u svetu spaljeno godišnje u preko 600 objekata za procese otpad-u-energiju (OUE) koji proizvode struju i paru za lokalno zagrevanje i za izdvajanje metala za reciklažu. Locirani u 35 zemalja, uglavnom u Evropi, oni koriste prilično stare i neefikasne tehnologije koje obezbeđuju procenjenih 650 kWh struje po toni spaljenog KČO. Najčešća tehnologija spaljivanja, koju je razvio Martin GmbH (Minhen, Nemačka), ima godišnji instalirani kapacitet od oko 59 miliona metričkih tona. Martin-pogon u Breši u Italiji je jedno od najnovijih OUE objekata u Evropi. Von Roll (Ciri, Švajcarska) proces masovnog spaljivanja prati ga sa 32 miliona tona širom sveta. Svi drugi procesi dobijanja goriva od masovnog spaljivanja i goriva poreklom od otpada (GPO) zajedno imaju ukupno procenjeni kapacitet od preko 40 miliona tona [1].

Treba da bude jasno da postojeći objekti koji koriste KČO kao gorivo ne eliminišu otpad, već mu samo promene formu u opasne emisije u vazduh i toksičan pepeo, koje treba dalje tretirati. Leteći pepeo iz peći, kao u manjoj meri i pepeo sa dna, imaju takve količine teških metala koje mogu da se izlučuju i to olovo, hrom,

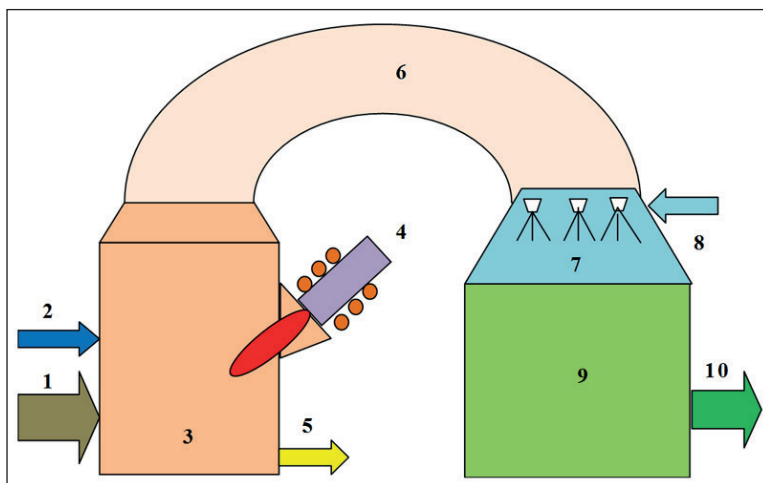
arsen, kadmijum i cink. Takođe, ovaj pepeo može da sadrži i stabilne organske zagađivače (SOZ) kao što su dioksini i furani.

Tokom poslednje dekade naučni i inženjerski naponi uglavnom u SAD, Kanadi i UK, doveli su do razvoja i testiranja prototipova malih razmera tehnologije gasifikacije otpada pomoću plazme. Ključni element je plazma gasifikator, koji obezbeđuje mnogo višu procesnu temperaturu od oko 2.500°C u poređenju sa 1.200-1.400°C u slučaju sagorevanja. Takav nivo temperature omogućava da se otpad pretvori u sintetski gas i inertnu šljaku sa daljom proizvodnjom energije sagorevanjem sin-gasa u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, kotlovima i gasnim turbinama. Glavni igrači u ovom poslu su Advanced Plasma Power, Ltd. (UK), Plasco Group (Kanada), GeorgiaTech (SAD), PyroGenesis (Kanada) [5-7]. Trenutni status njihovih napora bi se mogao opisati kao faza uzdizanja od postignutog kapaciteta od 2-3 tone dnevno do industrijskog nivoa od 250-500 t/d, kao što su kapaciteti većine postojećih inceneratora.

Najavljeno, od strane Advanced Plasma Power u novembru 2007. godine i od strane Plasco Group 24 januara 2008. godine, osnivanje i početak komercijalnog rada njihovih modula od 100 tona dnevno nisu bili praćeni objavljenim, praktično postignutim rezultatima rada. Ovo vodi do razumevanja značajnih problema i prepreka koje se javljaju prilikom uvećavanja njihovih jedinica malih razmera faktorom 10 i preko, uključujući i visoke troškove rada i održavanja, variranje sastava sin-gasa sa niskom kalorijskom vrednošću i zbog toga teškoće sa njegovim sagorevanjem. Povrh toga sve tehnologije plazma gasifikacije su bazirane na tri osnovna principa, i to: (1) primena DC gorionika ili DC luka za generaciju plazme, (2) obavljanje plazma gasifikacije u vazduhu, i (3) hlađenje sin-gasa vodom. Ovo rezultira u relativno niskoj efikasnosti (ukupno generisana struja od 0,8 – 1,1 MW po toni KČO), visoka potrošnja struje (oko 500 kW po toni + dodatni sistemi), i visoki troškovi rada – \$70-80 po toni, koje ih čini tehnički i ekonomski neizvodljivim.

ALTERNATIVNE TEHNOLOGIJE

Detaljne analize postojećih plazma tehnologija za gasifikaciju otpada su dokazale njihovu prednost u odnosu na spaljivanje i pokazale su značajan potencijal za poboljšanje [8-18]. Kao rezultat toga, alternativna šema pogona plazma gasifikacije je razvijena i razmatrana na naučnim forumima [16-18] i brojnim sastancima sa industrijskim stručnjacima, onih koji upravljaju otpadom i kapitalistima koji žele da ulažu novac. Na slici 1 u šemi je prikazan značajna korak napred u tehnčkoj i ekonomskoj efikasnosti prerade otpada, dajući skoro dva puta veću količinu krajnjeg proizvoda uz niže troškove. To je pravi način za tretiranje globalnog otpada. Bazirano je na tri ključne inovacije, i to: (1) hibridni tip plazma generatora



Slika 1. Pilot postrojenje za kiseoničnu plazma gasifikaciju otpada: 1 – dodavanje otpada; 2- dodavanje kiseonika; 3- gasifikator; 4- hibridni tip plazma baklje; 5- izlaz šljake; 6- izlaz gasa (sin-gasa); 7- injektor pare kontaktnog tipa; 8- ulaz vode; 9- katalitički konvertor pare; 10- izlaz sin-gasa obogaćen vodonikom

Figure 1. Pilot plant for oxygen plasma gasification of waste: 1 – adding waste; 2 – adding oxygen; 3 – gasificator; 4 – hybrid type of plasma torch; 5 – output of slag; 6 – output of gas (syn-gas); 7 – contact type steam injector; 8 – water input; 9 – catalytic steam convertor; 10 – hydrogen enriched syn-gas output

koji ima skoro večiti životni vek, (2) gasifikacija u okruženju sa kiseonikom i (3) tretiranje primarnog sin-gasa parnim katalizatorom. Hibridni tip plazma generatora je kombinacija radio-frekventnih (RF) i jednosmernih (DC) modula sa obrnutom vorteks stabilizacijom plazme, skoro patentirano od APT [11-12]. Sa pogonom iz poluprovodničkih izvora napajanja, ovaj plazma sistem projektovan bez elektroda može da radi hiljade sati bez održavanja. Dostignuti nivo energetske elektronike omogućuje dostupnim izvor struje iz plazme i do 1,8 MW po jedinici. Prelazak sa vazduha na kiseonik je omogućen napretkom u razdvajanju vazduha. Sa 0,3\$ po kilogramu, možemo da odstranimo azot, koji je balast, dramatično da smanjimo potrošnju struje i poboljšamo volumetrijske i gravimetrijske parametre celog sistema gasifikacije.

Ukupna proizvodnja struje bi mogla dostići i 1,9 MW po toni KČO. Zamena hlađenja sin-gasa vodom sa konverzijom parnim katalizatorom dramatično poboljšava termalnu efikasnost procesa i povećava proizvodnju vodonika. To dovodi do veće kalorijske vrednosti sin-gasa i njegove jednostavnije upotrebe u postojećim toplotnim mašinama, uključujući i gasne turbine. Visoko kvalitetni sin-gas bi se takođe mogao upotrebiti za proizvodnju sintetičkog goriva, separaciju vodoni-

ka, itd. Jedno od najizvodljivijih rešenja je ubacivanje sin-gasa u postojeće kotlove na uglj da se poprave njihove emisije. Predložena tehnologija može da funkcioniše sa značajno nižim troškovima rada od \$20-30 po toni, u poređenju sa \$70-80 kod već postojećih.

Preliminarna studija opravdanosti alternativnog tretmana čvrstog otpada grada Ostina, Teksas, sa 774.114 žitelja, i taksom po domaćinstvu za otpad od 25 US \$ (važi od 01. oktobra 2008) pokazuje da grad može dobiti 594.220.000 KWh „zelene” struje i da povraćaj ulaganja nije duži od 6 godina.

TRŽIŠTE

Pojednostavljena evaluacija SAD- tržišta smeća [18] je zasnovana na podatku da se ukupno godišnje generiše 251 M tona, a da je prosečan pogon za tretman od 250 t/dnevno, da je investicija od 50 M US\$ po pogonu i da je broj dana funkcionisanja pogona 330 dana u godini. To daje ukupnu vrednost tržišta od 155 milijardi US \$.

Treba prihvatiti da bi ukupna izlazna snaga postrojenja za kiseonični plazma tretman otpada bila 326 miliona MW. Ukupno generisanje el. energije u 2006. god u SAD je bilo 790.000 MW. To znači da bi tretmanom otpada zadovoljio 6% od ukupne potrebne energije u SAD. Recikliranje deponija bi dodalo još 1 do 5% godišnje.

Ovo postaje još važnije ako se uzme u obzir predviđanje Ministarstva za energiju SAD da se u naredne dve decenije ugasi najveći broj TE na uglj.

STRATEGIJA

Strategija se zasniva na 7 glavnih principa:

1. postepeno uvođenje pogona (scale-up) od 2 t do 25 t i 250 t/dan,
2. momentalno uvođenje rezultata istraživanja i razvoja kao posebni tržišni proizvodi,
3. međunarodna saradnja sa vodećim naučnicima i inženjerima,
4. formiranje timova sa industrijskim partnerima,
5. finansijska podrška vlade, privatnih i firmi investitora,
6. agresivni marketing širom sveta,
7. fleksibilno i za komitente pogodno finansiranje.

To znači da će prvi pogon za kiseonični plazma tretman smeća od 2-5 t/dan za medicinski, bio i opasni otpad ući na tržište za 6-8 meseci, drugi pogon od 25-30 t/dan za 12-14 meseci i treći pogon za komercijalni tretman otpada od 250 t/dan za 33-36 meseci. Istovremeno, već 3-4 meseca po aktiviranju projekta (njegovo prihvatanje od vlade) prvi rezultat dosadašnjih istraživanja i razvoja u vidu hibridne

plazma baklje od 300 KW će ući na tržište za razne primene plazma tehnologija, kao na primer stapanja Si za proizvodnju solarnih panela, za topljenje metalnog otpada, za gasifikacije uglja, proizvodnju cementa, reformisanje goriva, itd. MW i 1.5 MW hibridna baklja, katalitički konvertor i drugi nusproizvodi u projektu će se pustiti na tržište za razvoj drugih komercijalnih primena plazma tehnologija.

Prošle godine Savetovanje IWEPAC-4 (septembar 2008) rezultovalo je formiranjem Međunarodnog Plazma Tehnološkog Centra (International Plasma Technology Center, Mc Lean, VA 22101, USA). Uspostavljena međunarodna saradnja sa 50 istraživačkih institucija i 500 istraživača u Brazilu, Kanadi, Nemačkoj, Južnoj Koreji, Kazahstanu, Srbiji, Rusiji, Ukrajini i SAD dovela je do kreiranja nekoliko internacionalnih istraživačkih timova koji rade na razvoju hibridnih baklji, katalitičkim konvertorima, generatorima pare kontaktnog tipa, izvorima napajanja, upravljačkim sistemima i drugim kritičnim komponentama sistema. U NT Parku IHIS-a formiran je Plazma Tehnološki Centar kao deo onog formiranog u SAD-u.

Uspostavlja se konzorcijum sa industrijskim partnerima kao što su Air Products and Chemicals, Inc. (SAD), liderom u separaciji vazduha; Thermotool Corp. (SAD), glavnim proizvođačem RF izvora napajanja; Pyro Genesis (Kanada), proizvođačem plazma sistema za mornaričku i kopnenu primenu za tretman otpada; Ruska Vasijska Agencija, koja razvija katalitične module; i drugim. Dobrodošli su i razni Univerziteti. Preliminarni razgovori su već vođeni sa Maryland Univerzitetom, Purdue Univerzitetom i Državnim Univerzitetom u Mičigenu.

Različiti partneri će uložiti tehnologije, prava na intelektualnu svojinu, usluge kao i doprinose u novcu.

Međutim, vitalna je podrška vlade takvom specifičnom sofisticiranom strateškom projektu. To će pomoći da se privuku privatni investitori, firme za zajedničko ulaganje, međunarodni fondovi i podrške vlada drugih zemalja.

Marketing će biti usmeren na pretvaranje SAD od uvoznika tehnologija za tretman smeća u globalnog izvoznika. Razvijena oprema i tehnologije će biti podvrgnute državnoj proveri i atestiranju da se osvoje državni standardi na podatke o performansama, bezbednosti, emisiji, uključujući dioksine i furane, zapreminske i težinske parametre. Ovi standardi će uspostaviti najviše tehnološke nivoe i za druge zemlje.

Globalni problemi zahtevaju globalne pristupe. Globalna trgovina otpadom, koja je uglavnom ilegalna, može biti eliminisana organizovanjem međunarodne mreže vrlo efikasnih, ekološko prijateljskih pogona za tretman i reciklažu otpada. Ovo će očistiti zemlju i okeane, a isto tako smanjiti zavisnost od fosilnih goriva. Još jedna globalno važna pojava je emisija gasova i efekat „staklene bašte” koji se upravlja Kyoto protokolom. On se završava 2012. god. i razvijene zemlje moraju naći kompromis sa rastućim prljavim tehnologijama zemalja kao što su Kina, In-

dija i Brazil [2, 3, 4]. Ove zemlje ne mogu zadovoljiti naše standarde i prihvatiti zahteve u toku nekoliko dekada. U ovom slučaju kao jedna opcija za međunarodno regulisan transfer može biti tehnologija otpada-u-energiju.

Slično tekstu ovog rada otišao je tzv. „beli papir” od strane Applied Technology Center kojim se kod Vlade SAD konkuriše za podršku ovakvoj strategiji u tretmanu čvrstog komunalnog otpada. Sa druge strane paralelno NT Park IHIS-a sa svojim Plazma Tehnološkim Centrom počinje razgovore sa Ministarstvom za životnu sredinu i prostorno planiranje za nabavku jednog pilot postrojenja za opasni otpad u NT Parku od 2.5 – 3 t/dnevno. Istovremeno se razgovara sa Sekretarijatom za zaštitu životne sredine Beograda i sa Gradskom Čistoćom da se investira u pilot pogon od 25-30 t/dan za tretman čvrstog otpada grada Beograda. Verujemo da će na idućem Savetovanju 2010. godine biti saopšteni uspešni rezultati nastojanja IHIS-a da uvrsti Srbiju u jednu od prvih zemalja Evrope gde će se komunalni čvrsti otpad tretirati na mnogo efikasniji i ekološki prijateljskiji način koji će istovremeno biti značajni doprinos njenim energetske kapacitetima.

ZAKLJUČAK

Efikasna i čista prerada čvrstog komunalnog otpada u bilo koji vid energije je ozbiljan globalni problem koji utiče na celo čovečanstvo. Razvoj i implementacija širom sveta tehnologije budućih generacija, tehnološke prerade otpada-u-energiju je izazov naše generacije.

Postoje rezonski pristupi zasnovani na naučnim osnovama i tehnološkim mogućnostima da se problem reši. Ali s obzirom na sveopštost problema zahteva se vodstvo od strane vlade, nacionalno i internacionalno angažovanje, učešće industrije i nauke i podrška finansijskih institucija.

LITERATURA

- [1] Nickolas J. Themelis, „An overview of the global waste-to-energy industry”, Waste Management World (www. iswa. org), 2003-2004 Review Issue, July-August 2003, p. 40-47.
- [2] Basel Convention [www. basel. int/text/documents. html](http://www.basel.int/text/documents.html)
- [3] Kyoto Protocol [www. kyotoprotocol. com](http://www.kyotoprotocol.com)
- [4] Waste Business Journal [www. wastebusinessjournal. com/overview. htm](http://www.wastebusinessjournal.com/overview.htm)
- [5] Plasco Energy Group [www. plascoenergygroup. com](http://www.plascoenergygroup.com)
- [6] Advanced Plasma Power [www. advancedplasmapower. com](http://www.advancedplasmapower.com)
- [7] PyroGenesis [www. pyrogenesis. com](http://www.pyrogenesis.com)
- [8] Carabin, P., Gagnon, J-R., „Plasma Gasification and Vitrification of Ash-Conversion of Ash into Glass-like Products and Syngas”, *2007 World of Coal Ash (WOCA)*, Covington, Kentucky, pp. 1-11, 2007.

- [9] E. Leal-Quiros, „Hydrogen Production Using Plasma Torches and Plasmatrons for Plasma Gasification and Plasma Magmavication of Organic and Inorganic Materials”, *3-rd Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion*, Falls Church, Virginia, pp. 14-15, 2007.
- [10] P. Carabin, „Energy from Waste Using the Plasma Resource Recovery System (PRRS)”, *3-rd Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion*, Falls Church, Virginia, pp. 22-23, 2007.
- [11] I. Matveev, Applied Plasma Technologies, U. S. Patent 7,452,513 B 2 „Triple Helical Flow Vortex Reactor”, Nov. 18, 2008.
- [12] I. Matveev, Applied Plasma Technologies, U. S. Patent Application for a „Power Plant and Method Using a Triple Helical Vortex Reactor”, 11/309644, filed 05 April, 2007.
- [13] I. Matveev, S. Serbin, „Preliminary Design and CFD Modeling of a 1 MW Hybrid Plasma Torch for Waste Destruction and Coal Gasification”, *2-nd Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion*, Falls Church, Virginia, pp. 43–44, 2006.
- [14] Matveev, I. B., Serbin, S. I., Lux, S. M., „Efficiency of a Hybrid-Type Plasma-Assisted Fuel Reformation System”, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 36 (6), pp. 2940-2946, 2008.
- [15] S. Zverev, D. Ivanov, V. Frolov, I. Matveev, „Experimental Investigations of the Hybrid Plasma Torch with Reverse Vortex Stabilization”, *4-th Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion*, Falls Church, Virginia, pp. 39-44, 2008.
- [16] I. B. Matveev, S. I. Serbin, „Modeling of the Coal Gasification Processes in a Hybrid Plasma Torch”. *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 35 (6), pp. 1639–1647, Dec. 2007.
- [17] I. B. Matveev, V. E. Messerle, A. B. Ustimenko. „Plasma Gasification of Coal in Different Oxidants.” *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 36 (6), pp. 2947-2954, Dec. 2008.
- [18] I. Matveev, „Alternative Solutions for MSW-To-Energy Processing”, *4-th Int. Workshop and Exhibition on Plasma Assisted Combustion*, Falls Church, Virginia, pp. 84, 2008.

ONLY SUSTAINABLE WAY OF LIFE: CITIES WITHOUT GARBAGE,
INDUSTRY WITHOUT WASTE

ABSTRACT:

This paper discusses one of the areas from the list of critical national needs – waste-into-energy. This affects every resident, involves over one million of employees, occupies millions of acres of land, relates to many environmental problems, and is becoming one of the 21 st century’s major challenges. It is a problem waiting for our solution.

Our solution means introduction of the new generation of waste processing technology with possibility to create of one million 10 MW plasma technology power plants, exporting yearly 251.000.000 MWh electric energy.

This WP tries to give an overview of the problem, suggest feasible and technically sound solutions, and disclose possible strategies for national and international involvement and cooperation.

Key words: *waste treatment, plasma, gasification, energy, environment*