

ENERGETSKO ISKORIŠTAVANJE OPORABE OTPADA

Analiza termičke obrade otpada

Odgovarajuće je odlaganje otpada i njegovo iskorištavanje radi dobivanja energije nužno u suvremenome razvijenom svijetu. Porastom životnog standarda raste i proizvodnja komunalnog otpada, a za odlaganje već davno nisu dovoljna odlagališta bez prethodnog sortiranja, mehaničke obrade i djelomične oporabe. Ujedno velike količine otpada u blizini većih naselja i gradova nepovoljno utječu na zdravlje ljudi i kvalitetu življenja.

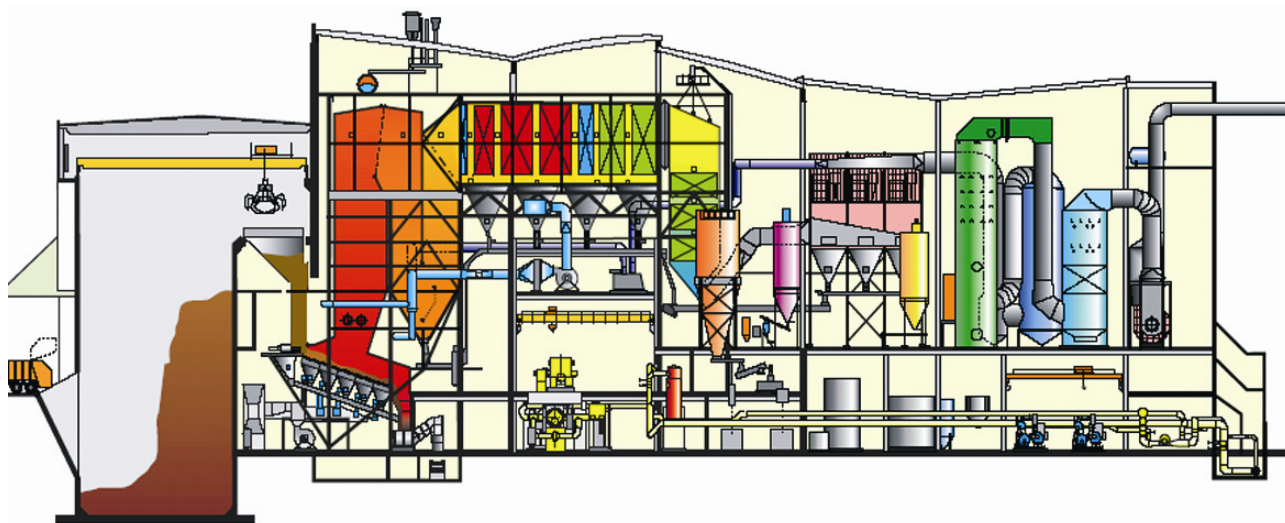
Prema direktivi Europske unije, određeni biorazgradivi komunalni otpad u 1997. mora se do 2012. težinski smanjiti na 75 posto ukupnoga biorazgradivog otpada. Namjeravaju se spriječiti i smanjiti loši utjecaji odlagališta komunalnog otpada na okoliš s pomoću stupnjevanog sustava gospodarenja otpadom i smanjivanja količine otpada te povećavanja ponovno uporabljena i recikliranog otpada te odlagališnog plina.

PRESENTATION OF A WASTE RECOVERY PLANT

One of methods widely used to manage waste is the incineration of organic parts of waste in order to obtain thermal and electric energy, but also to reduce the space occupied by the existing waste disposal sites. As no plants of this type have so far been built in Croatia, a thorough technical and economic analysis of existing plants has been made so as to determine technical conditions that would guarantee good economic performance of such plants. The most widely spread technology, with best waste gas purification solutions, has been selected. A special account is given of other by-products generated by waste incineration plants, such as harmful compounds including dioxine and furan. Disposal of solid residues such as ash is also described. Revenues to be generated through production of energy were also analyzed, but it was concluded that waste recovery plants can not be profitable at the current waste disposal prices.

Jedan je od načina smanjivanja količina otpada na odlagalištima i energetska oporaba, a u Hrvatskoj je najzastupljenija predodžba o središtima za mehaničko-biološku obradu otpada i odlaganje ostataka na primjerenim i posebno uređenim odlagalištima. Ipak spaljivanje i ostvarivanja dobiti od preostalog dijela otpada nisu odviše popularni. Kako su poslovi vezani za odlaganje otpada veliki i skupi, pitanje je ima li dovoljno vremena za isprobavanje svih inačica da bi se potom izabralo najbolje? A uvijek je upitno što učiniti s onim

što nije dobro ispalo i tko će srediti moguće štete? S tim su se problemom, na temelju iskustava u dijelu europskih zemlja, pozabavili doc. dr. sc. Daniel Rolph Schneider, prof. dr. sc. Željko Bogdan i Mislav Kirac s Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i izradili tehnološko-ekonomsku analizu postrojenja za energetska oporabu komunalnog otpada. Svoj su rad predstavili na međunarodnom simpoziju o odlaganju otpada koji je u Zagrebu održan krajem 2008. godine, a nedavno smo s njima razgovarali o tim problemima.



Schema postrojenja za energetska iskorištavanje oporabe otpada

Energetskim se iskorištavanjem znatno smanjuju masa i obujam otpada na odlagalištima, a ujedno se iskorištava dobivena energija i time smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima. Najčešća je tehnologija za termičku obradu otpada, već gotovo stotinu godina, izgaranje ukupnoga nerazvrstanog otpada na rešetki (tzv. *mass-burn*). Takvom je otpadu ponekad potrebno dodati gorivo za poboljšavanje izgaranja. Najčešće se rabi prirodni plin, ali i ugljen i drvena biomasa, osobito ako se otpad prethodno ne suši.



Postrojenje u Nürnbergu u Njemačkoj

Spaljivanjem se smanjuje masa otpada (do 75 posto) i volumen (do 90 posto), a na taj se način štedi inače ograničeni prostor na odlagalištima. Izgaranjem se uništavaju opasne nemetalne organske tvari te bakterije i virusi, pa je posebno pogodno za obradu medicinskog otpada. U Europi se veliko iskustvo temelji na dugoj tradiciji spaljivanja, što uvelike olakšava i ubrzava gradnju i puštanje u rad postrojenja. Valja reći da se među članicama Europske unije opseg spaljivanja otpada znatno razlikuje i da se kreće od 0 do 62 posto. Spaljivanje otpada na rešetkama normirano je propisima na regionalnoj, nacionalnoj i europskoj razini.

U tehnološko-ekonomskoj analizi postrojenja za energetske oporabu otpada razmatrana je proizvodnja toplinske i električne energije, što je i danas najzastupljenija tehnologija izgaranja otpada na rešetki. Njezin

izbor podrazumijeva primjenu najstrožih standarda zaštite okoliša. Stoga su analizirane dvije varijante čišćenja dimnih plinova te zahtjevi za odlaganje krutog otpada i otpadnih voda iz procesa. Zbog tih su zahtjeva visoki troškovi pogona i održavanja postrojenja, što uz nisku kaloričnu vrijednost spaljenoga komunalnog otpada (približno 10 MJ/kg – megadžula po kilogramu) čini spalionicu otpada granično isplativom, posebno za kapacitet od 100.000 tona otpada na godinu i vrijednost nakna-

de za gospodarenje otpadom od 105 eura po toni. Isplativost kogeneracijskog postrojenja za otpad ovisi stoga o tehničkim karakteristikama spalionice i ogrjevnoj vrijednosti otpada (uključujući i udio vlage odnosno biorazgradive tvari), ali i ekonomskim uvjetima poput kreditiranja, troškova čišćenja dimnih plinova, naknade za odlaganje opasnog otpada te cijeni što se postiže prodajom električne i toplinske energije. Ipak najvažnija je okolnost cijena prihvaćanja otpada, odnosno naknada za odlaganje otpada.

Prema podacima iz 2003., u 405 spalionica Europske unije obradi se gotovo 52 megatona (10^9 kg) na godinu ili 20 posto ukupne količine komunalnog otpada, najviše u Njemačkoj, Danskoj, Nizozemskoj, Švicarskoj i Francuskoj. Pritom se na godinu proizvede približno 25 teravat sati (10^{12} kilovat sati) električne



Dio razvrstanog elektroničkog otpada energije i odgovarajuća količina toplinske energije. Time se potrošnja fosilnih goriva na godinu smanjuje približno 10 milijuna tona ekvivalentne nafte, a smanjuje se i odgovarajuća emisija stakleničkih plinova što nastaju pri izgaranju.

Posljednjih su desetljeća velik razvoj doživjele metode za pročišćavanje dimnih plinova, što je omogućilo opstanak te tehnologije unatoč sve strožim zahtjevima plinova prema emisijama plinova i njihovom utjecaju na okoliš – potvrdili su nam naši sugovornici.

Količine se otpada povećavaju svake godine i u svijetu i u Hrvatskoj. Unatoč sve većem odvojenom prikupljanju otpada, dio ipak izravno odlazi na odlagališta. Kako se prema direktivi Europske unije otpad s biorazgradivim tvarima iznad određenih vrijednosti više neće moći odlagati na odlagališta, potrebna mu je prethodna obrada, a jedan je od načina energetska uporaba koja znatno smanjuje njegovu masu i obujam.

Rad u našim uvjetima i pročišćavanje plinova

Budući da u Republici Hrvatskoj još ne postoji niti jedno postrojenje za energetske oporabu otpada, tehnološko-ekonomska analiza je rađena za pretpostavljenu spalionicu otpada koja uključuje i kogeneracijsku proizvodnju toplinske i električne ener-

gije. Pritom su uzeti u obzir i zahtjevi Pravilnika o načinima i uvjetima termičke obrade otpada, što ga je propisalo Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, u kojem su određeni glavni uvjeti što ga trebaju zadovoljavati pogoni za spaljivanje. Tamo je propisano da sadržaj ukupnoga organski vezanog ugljika (TOC – *Total Organic Carbon*) u šljaci i pepelu mora u masi biti manji od 3 posto. Propisana je i najmanja temperatura plinova uz unutrašnju stijenku komore za izgaranje (od 850 °C) koja se pod najnepovoljnijim uvjetima treba održati najmanje 2 sekunde nakon posljednjeg ubacivanja zraka da bi se osiguralo potpuno izgaranje.

Odabrana je najzastupljenija tehnologija izgaranja otpada na rešetki, uz primjenu najstrožih standarda zaštite okoliša. U radu su analizirane dvije varijante čišćenja dimnih plinova te zahtjevi za odlaganjem krutog otpada i otpadnih voda iz procesa.

Tehnologija izgaranja na rešetki prikladna je za obradu većih količina otpada jer se povećanjem kapaciteta pogona snižava cijena spaljivanja po toni otpada, a povećava se i energetska učinkovitost uporabe. Za analizu isplativosti potencijalnog postrojenja u hrvatskim uvjetima odabran je kapacitet od 100.000 tona na godinu. Karakteristike otpada inače određuju prikladnu tehnologiju i stupanj energetske učinkovitosti, a pri odabiru odgovarajuće tehnologije uzimaju se u obzir kemijske i fizikalne karakteristike na koje utječu mnogi lokalni



Herpa razvrstanoga otpada plastične ambalaže

čimbenici. To su ponajprije ugovori s dobavljačima otpada (poput proizvodnog otpada i sl.), postupci odvajanja (predobrada otpada izvan ili unutar postrojenja) i tržišni uvjeti što utječu na izbor tehnologije. Na smanjivanje ogrjevne moći mogu utjecati i nacionalni sustavi selektivnog (odvojenog) prikupljanja otpada, čime se udio pojedinih gorivih tvari u ukupnome komunalnom otpadu može smanjiti (primjerice, prethodno izdvojena plastika), a time se smanjuje i kalorijska vrijednost. Iako

nog ložišta do učinkovitoga sustava povrata topline. Otpad se ubacuje u lijevak za ložište, a potom se kontrolirano dodaje na rešetku koja se sastoji od odijeljenih modula, zapravo pomičnih i nepomičnih redova nagnutih pod kutom od 18 stupnjeva.

Moduli prenose otpad kroz ložište, a rešetka je podijeljena na četiri zone koje predstavljaju zasebne faze izgaranja: sušenje, zapaljenje, gorenje i potpuno izgaranje. Procesom izgaranja upravlja se svakom zonom rešet-



Postrojenje u Lausanni u Švicarskoj

se kalorijska vrijednost mijenja ovisno o sezoni i lokaciji, odnosno području prikupljanja otpada, za analizu odabrana je prosječna ogrjevna vrijednost od 10 MJ/kg.

Tehnologije izgaranja na rešetki koje nude tri najzastupljenija proizvođača (*Von Roll, Martin, Keppel-Seghers*) vrlo su slične, ali *Von Roll* sustav hlađenja *Aquarol* omogućuje da se toplina odvedena s rešetke rabi za predgrijavanje dimnih plinova prije izabrane katalitičke redukcije (ili služi za grijanje primarnoga i sekundarnog zraka), pa je stoga detaljnije opisan taj tip rešetke. Tu izgaranje otpada započinje kontroliranim i neprekidanim dovođenjem otpada na rešetku, nastavlja preko povratne rešetke i strujnoga sekundar-

ke, a može se kontrolirati njezina brzina pomicanja i svaka ima vlastito napajanje zrakom. Sustav za hlađenje *Aquaroll* sastoji se od primarnog kruga u kojemu cirkulira voda pod tlakom i prima toplinu hlađenjem rešetke. U izmjenjivaču se toplina prenosi na sekundarni krug kojim se može prethodno grijati zrak za izgaranje ili se rabiti za grijanje okolnih građevina ili postrojenja. Tim se sustavom postiže veća toplinska iskoristivost otpada i produljuje vijek trajanja rešetke. Sekundarno je ložište smješteno iznad primarne zone za izgaranje, pa se dimni plinovi izravno uzdižu prema sekundarnoj komori. Sapnice postavljene na stijenka sekundarnog ložišta stvaraju vrtložno strujanje dimnih plinova, a to izjednačuje sastav i temperaturu

mješavine, pospješuje izgaranje čestica u plinovima te smanjuje potrošnju amonijaka. Generator pare proizvodi paru koja se može rabiti za dobivanje električne energije ili topline. Vrlo je važna kontrola procesa s pomoću senzora i mjernih uređaja koji mjere veličine poput temperature, protoka pare i udjela kisika.

Dimni plinovi prolaze kroz nekoliko faza pročišćavanja. Sustav čišćenja dimnih plinova nije jedinstven i postoji nekoliko mogućnosti, ovisno o sastavu i kapacitetu spaljivanog otpada. Tako se uz *Von Roll* tehnologiju mogu rabiti sustavi mokroga, polusuhoga i suhog čišćenja te sustav za selektivnu katalitičku redukciju (*Selective Catalytic Reduction – SCR*) ili selektivnu nekatalitičku redukciju (*Selective Noncatalytic Reduction – SNCR*).

Kapaciteti sustava za izgaranje variraju od 4 do 35 m³ otpada na sat, odnosno 7500 radnih sati na godinu ili od 30.000 do 262.000 tona na godinu. Dosad je u svijetu instalirano ili se gradi više od 400 postrojenja s ukupnim kapacitetom od približno 45 milijuna tona na godinu.

Postrojenje za pročišćavanje dimnih plinova čini po dimenzijama najveći dio energane na otpad. Dimni plinovi nastali izgaranjem otpada moraju biti pročišćeni prije ispuštanja u atmosferu, a te kriterije određuju nacionalni pravilnici koji su u skladu s europskim direktivama. Mokrim, polusuhim i suhim postupcima uklanjaju se klorovodik (HCl), fluorovodik (HF) i dušikovi oksidi (NO_x). Dušikovi se oksidi nastali tijekom izgaranja smanjuju injektiranjem amonijaka (NH₃) i u selektivnoj nekatalitičkoj ili katalitičkoj redukcije. Proizvođači ističu smanjenje NO_x od 30 do 50 posto za postupak SNCR i 80 do 90 posto za SCR postupak. Čestice i lebdeći pepeo (PM₁₀, PM_{2,5} – pikometar = 10⁻¹² m) u dimnim se plinovima djelomično sliježu, a ostalo se odvaja u elektrostatičkom otprašivaču i vrećastom filtru.

Opasni i kruti otpad te otpadne vode

Stvaranje se opasnih spojeva poput dioksina i furana može spriječiti preventivnim postupcima. Odgovarajuće upravljanje izgaranjem otpada i dobro poznavanje njegovih svojstava može smanjiti stvaranje tih spojeva, ali oni se mogu ukloniti i u procesu čišćenja dimnih plinova. Dioksini i furani najvećim se dijelom nalaze u krutim ostacima izgaranja (letećoj prašini), pa se najčešće uklanjaju u otprašivačima.

Vrećasti otprašivači postižu učinkovitost uklanjanja i veću od 99 posto.



Postrojenje u Newhavenu u Velikoj Britaniji

Filtri mogu biti impregnirani i katalizatorom koji također učinkovito uklanjaju dioksine i furane iz plinovite faze. Ti se spojevi mogu uklanjati i ubacivanjem ugljikova emulgata u toranj za ispiranje pri mokrom postupku čišćenja, a i SCR postupak može uvođenjem višeslojnih katalizatora dobro uklanjati dioksine i furane iz plinovite faze. Osim toga dioksini i furani mogu se ukloniti ponovnim spaljivanjem ostataka iz pročišćavanja.

Među krutim je ostacima izgaranja pepeo koji se sastoji od krupnoga negorivog materijala i neizgorelih organskih tvari, a skuplja se u posebnom spremniku ispod ložišta. Filtrat je relativno fin materijal koji prolazi

kroz rešetku i skuplja se na dnu ložišta, a često je pomiješan s pepelom pa ih se ne može razdvojiti. Zajedno s pepelom, filtrat rešetke obično predstavlja 20-30 posto početne mase otpada na mokroj bazi. Pepeo iz kotla sačinjava krupnije čestice koje dimni plinovi sa sobom odnose iz peći. Taj se pepeo skuplja u kotlu i može predstavljati i do 10 posto početne mase otpada.

Ostaci nakon čišćenja dimnih plinova uključuju kruti, tekući ili muljeviti dio, ovisno o tome upotrebljava li se suhi, polusuh ili mokri postupak. Ostaci su obično 2-5 posto početne mase otpada na mokroj bazi.

Kruti su ostaci termičke obrade pepeo s dna, leteći pepeo i ostaci čišćenja dimnih plinova, a obrađuju se radi daljnje uporabe ili mogućih ekoloških zahtjeva. Suvremena postrojenja proizvode 200 do 350 kg pepela po toni spaljenoga otpada. Osim pepela s dna, u krute se ostatke ubraja i leteći pepeo koji je odnesen iz ložišta s dimnim plinovima te ostaci nakon čišćenja dimnih plinova. Pepeo s dna (šljaka) produkt je spaljenog otpada koji je rešetka iz ložišta prenijela u odgovarajući spremnik. To je najveći dio krutih ostataka, a uvjetno se može uporabiti u građevnoj industriji, a može se odložiti bez dodatne obrade. Pepeo se skuplja u kotlu i odnesen je strujom dimnih plinova, pa se poslije obrađuje zajed-

no s letećim pepelom koji se odvaja u elektrostatičkim otprašivačima ili vrećastim filtrima. Ako zadovoljava ekološke propise, poslije se može rabiti kao punilo za bitumen. Ostaci od čišćenja dimnih plinova mokrim postupkom sadrže čestice letećega pepela i produkte reakcije (natrijev sulfat) i nepretvorene lužnate reagense.

Sastav pepela s dna najviše ovisi o sastavu otpada i hlapljivosti elemenata, ali i o tehnologiji izgaranja, vrsti rešetke i uvjetima izgaranja. U pepelu su i teški metali, poput arsena (As), kadmija (Cd) ili žive (Hg), koncentracija kojih može biti i povećana u pepelu u odnosu na neispaljeni otpad radi isparivanja iz drugih spojeva u otpadu. Ostatak se pepela može prosijavati na različite granulacije, ovisno o kasnijoj uporabi. Pepeo koji ne služi za proizvodnju građevnog materijala morao bi se posebno odlagati, za što treba osigurati primjereno odlagalište spremno za prihvata većih količina pepela tijekom rada postrojenja.

Pepeo koji se skuplja u vrećastom filtru ili elektrostatičkom otprašivaču smatra se opasnim otpadom pa ga valja prikladno odložiti. Mogu se odvajati i magnetični i nemagnetični metali. Magnetični se metali odvajaju magnetom, i poslije recikliraju u postrojenjima za preradu sekundarnih sirovina, a nemagnetični uređajem s brzo rotirajućim zavojnicama koje u nemagnetičnim česticama induciraju magnetsko polje i izbacuju ih iz ostatka materijala. Odvajanje metala je nužno da bi se pepeo mogao poslije rabiti u građevnoj industriji. Magnetični se metali nakon odvajanja nečistoća (prašine) iskorištavaju u proizvodnji čelika, a nemagnetični tale nakon pažljivog razvrstavanja. Pretpostavlja se da bi postrojenje moglo prodavati odvojeni metal prerađivaču sekundarnih sirovina, primjerice željezo i aluminij. Željeza bi se moglo prikupiti 2400 tona na godinu, a aluminija 400 tona. Pepeo s dna moguće je uporabiti kao

agregat pri proizvodnji betona, ali se mora analizirati i ispitati topivost u vodi. Ako dolazi do prekomjernog zagađenja vode otapanjem štetnih tvari, pepeo bi se morao posebno obraditi. Ako u pepelu ima tvari koje oštećuju beton, poput klorida, sulfata, organskih spojeva i stakla, potrebna je prethodna obrada prije upotrebe u proizvodnji betona. Sastojci su aluminija posebno štetni, a to se izbjegava odgovarajućim odvajanjem. Obrada natrijevim hidroksidom smanjuje udjele aluminija i opasnih tvari poput klorida i sulfata. Neobrađeni se pepeo može prodavati postrojenju za proizvodnju građevnog materijala. Najprije ipak treba analizirati kvalitetu pepela da bi se odredilo treba li ga dodatno obraditi, a to utječe i na prodajnu cijenu.

Sve otpadne vode, uključujući i oborinske, moraju se pročistiti do potrebnog stupnja čistoće prema zakonskoj regulativi. Otpadne se vode iz tehn-

gima obrađuje i potom ispušta. Količina otpadne vode u mokrom iznosi 20.000 m³ na godišnjicu. Suhi i polusuhi postupak ne povećavaju količinu otpadnih voda, a mokri se postupak može izvesti s povratom ostataka čišćenja dimnih plinova u proces čišćenja ili uz instalaciju isparivača, što povećava investiciju za 2 milijuna eura.

Proizvodnja energije i troškovi

Toplina proizvedena izgaranjem otpada služi za proizvodnju pare i vodi se na kondenzacijsku turbinu koja se sastoji od visokotlačnog i niskotlačnog stupnja s reguliranim oduzimanjem pare. Svježa para na ulazu u visokotlačni dio ima 400 °C i 50 bara, a para za regulirano oduzimanje 198 °C i 15 bara. Ukupni je stupanj iskoristivosti postrojenja na razini od 60,1 posto. Određena se količina pare i električne energije potroši u energani.



Postrojenje u Breisgau u Njemačkoj

loških procesa skupljaju i obrađuju lokalno (taloženje i odvajanje masnoća) i pročišćene odvode u sustav odvodnje otpadnih voda. Te vode moraju zadovoljiti kriterije radi ishođenja vodopravne dozvole. Potrebno je pratiti kvalitetu i sastav podzemnih voda da bi se spriječilo onečišćenje. Inače mokri postupak čišćenja dimnih plinova povećava količinu otpadnih voda. U nekim se postrojenjima ta voda isparava, a u dru-

Specifična je potrošnja električne energije 0,1 MWh/t otpada, a toplinske 0,05 MWh/t otpada. Međutim, konačna je bilanca ipak pozitivna. Tako je neto proizvedena električna snaga 6,23 MW, a toplinska snaga 10 MW. Proizvedena se električna energija isporučuje u nacionalnu mrežu, za što bi se možda moglo dobiti posebne poticaje kada se, kao što je ovdje slučaj, električna energija dijelom proizvodi iz organskih

tvori (obnovljivi izvor) i u kogeneracijskom režimu. Izgaranjem se otpada u odnosu prema odlaganju neobrađenog otpada smanjuju emisije stakleničkih plinova, posebno ugljičnog dioksida (CO₂). Za analizirano postrojenje smanjenje emisije iznosi 35.400 t CO₂ na godinu za proizvodnju električne energije i 16.500 t CO₂ za proizvodnju toplinske energije, što je ukupno 51.900 t CO₂ na godinu.



Detalj plastičnoga razvrstanog otpada

Investicijski troškovi znatno variraju, s obzirom na izvedbu i veličinu (kapacitet) postrojenja te postojanje lokalne infrastrukture i mogućnosti prodaje proizvedene energije. Potrebno je izgraditi cestovnu infrastrukturu, prostor za vaganje i spremnik otpada. Ti troškovi ponajprije uključuju gradnju prilaznih cesta i temelja za spremnik otpada, a procijenjeni su na 4,6 milijuna eura. Najveći trošak čine investicijski troškovi sustava izgaranja na rešetki s kotlom koji, bez troškova gradnje i električne i regulacijske opreme, iznose približno 19,5 milijuna eura. Troškovi sustava vode i pare u postrojenju znatno variraju s obzirom na omjer proizvodnje vrele vode za grijanje i električne energije. Za kogeneracijsko postrojenje predviđen je trošak u iznosu od 8 milijuna eura za sustav vode i pare. Ostali su troškovi: projektiranje 2 milijuna eura, gradnja 7 milijuna eura, elektro-mehaničke instalacije 5 milijuna eura i

drugi investicijski troškovi 6 milijuna eura.

Potanko su analizirane dvije varijante čišćenja dimnih plinova koje se na kraju razlikuju i u troškovima. U prvoj je obuhvaćen sustav polusuho-ga postupka (1,2 milijuna eura), vrećasti filter (2,2 milijuna eura) i SNCR postupak (0,8 milijuna eura), a sve to ukupno 4,2 milijuna eura. Troškovi su za drugu varijantu: SCR postupak 1,5 milijuna eura, elektrostatički otprašivač 1,2 milijuna eura i sustav mokrog postupka 5 milijuna eura, što ukupno iznosi 7,7 milijuna eura. Ukupan je iznos investicijskog troška za prvu varijantu sustava za čišćenje dimnih plinova 56,3 milijuna eura, a za drugu 59,8 milijuna eura.

Izrađena je i detaljna analiza troškova pogona i održavanja koji su procijenjeni na 3 posto ukupnoga investicijskog ulaganja. U troškove su uključene i naknade za emisije koji za emisiju CO₂ (samo iz dijela otpada fosilnoga podrijetla) iznose 10.082 eura na godinu, a za sumporni dioksid (SO₂), ovisno o varijanti, od 684 do 273 eura na godinu. Emisija se NO_x izračunava preko emisijskih faktora koji se za odlaganje otpada određuje prema vrsti otpada i metodom obrade. Za količinu emitiranog NO_x odgovarajuća je naknada 2794 ili 1016 eura na godinu, ovisno o prvoj ili drugoj varijanti.

Razmatrani su i drugi detalji gradnje postrojenja za energetsku uporabu, od troškova radne snage, zajmova i kamata te vrijednosti proizvedene električne energije i pare, a uspoređeni su i prednosti i nedostaci dviju varijanti čišćenja dimnih plinova. Uz zadane je parametre, koji određuju prihode i troškove, uočeno kako je postrojenje za izgaranje otpada na rešetki granično isplativo (uz kapa-

citet od 100.000 t otpada na godinu) za vrijednost naknade odlaganja otpada od nešto više od 105 eura po toni ako se uzmu u obzir troškovi otplate komercijalnog zajma. Vjerojatno bi isplativost bila veća kad bi se primijenio model javno-privatnog partnerstva, budući da su uvjeti kreditiranja nešto povoljniji kada su uključene županije ili gradovi.

Postrojenja za toplinsku obradu otpada danas nude prihvatljiva rješenja za uporabu otpada uz primjene svih standarda zaštite okoliša. Snažan su razvoj doživjele metode pročišćavanja dimnih plinova, što je omogućilo opstanak tehnologije izgaranja na rešetkama u doba sve strožih zahtjeva prema emisijama u okoliš. Isplativost kogeneracijskog postrojenja za otpad ovisi o tehničkim uvjetima poput kapaciteta spalionice i ogrjevne vrijednosti otpada (i udjelu vlage odnosno biorazgradive tvari) i ekonomskim uvjetima poput kreditiranja, troškova čišćenja dimnih plinova, naknade za odlaganje opasnog otpada, cijene koja se postiže prodajom električne i toplinske energije te najvažnijem uvjetu – ulaznim cijenama prihvaćanja otpada (naknada za odlaganje otpada). Visoki troškovi odlaganja pepela i drugih ostataka mogu utjecati na ukupnu gospodarsku isplativost postrojenja. Zbog visokih zahtjeva zaštite okoliša znatni su i troškovi pogona i održavanja postrojenja, pa su uz relativno nisku kalorijsku vrijednost komunalnog otpada spalionice otpada jedva isplative za kapacitet od 100.000 tona otpada na godinu i sadašnju vrijednost naknade za odlaganje otpada.

Jadranka Samokovlija Dragičević

Snimci:

L. Dragičević i D. R. Schneider

ČIŠĆENJE PRLJAVE VODE

U svakodnevnom se procesima u kamenolomima i separacijama pojavljuje potreba za čišćenjem prljave vode. Razlozi te potrebe su različiti: jednostavnost odstranjivanja otpadnog materijala (prijevoz uobičajenim vozilima), pomanjkanje čiste vode, njezina visoka cijena, ekološki razlozi itd.

Voda se prlja pri pranju zamazanoga materijala u separacijama i kameno-

- kompresora
- uređaja za miješanje flokulanata (flokulanti su sredstva za bistrenje vode) s vodom
- posude za mulj s miješalicom
- crpke za crpenje mulja u pritiskivač
- filterarskoga pritiskivača
- korita za hvatanje vode ispod pritiskivača
- bazena za tehnološki čistu vodu.



Postrojenje za čišćenje vode

lomima. Taj se prljavi materijal pere na sitima (ali i u peračima s lopaticama ili bubnjevima) i prosijava se u frakcije. Pijesak od 0 do 4 mm odvaja se od prljave vode u klasifikatoru.

Prljavu vodu brzo i učinkovito čisti postrojenje za čišćenje vode koje ju zatim vraća na pranje materijala.

Prednosti sustava za čišćenje vode jesu: dobivanje čistih frakcija materijala, potpuno automatizirani rad, niska cijena nabave opreme i održavanja, postrojenje zauzima vrlo malen prostor.

Postrojenje je sastavljeno od sljedećih jedinica:

- posude za prljavu vodu
- potopne crpke za prljavu vodu

Prljava voda (u kojoj je rastopljena zemlja, glina, dio pijeska 0 – 63 mikrona) iz separacije dolazi u posudu za prljavu vodu. U posudi je potopna crpka koja vodu kroz cijev vodi na ulaz kompresora. U cijev se s prljavom vodom dozira mješavina flokulanata i vode.

Flokulanti su neotrovan, brzo razgradiv prah koji pospješuje taloženje tvrdih dijelova. Suhi se flokulanti miješaju s vodom u posebnoj uređaju.

Flokulanti se iz vreće od 25 kg isprazne u dozirno korito. Zatim se dovode u lijevak u koji sa strane dolazi čista voda pod pritiskom. Flokulanti se zatim miješaju s vodom i



Uređaj za miješanje flokulanata

izlijevaju u prvi pretinac posude. Mikser u posudi miješa mješavinu. Kada se napuni prvi pretinac, tekućina se prelijeva u drugi pretinac u kojem je dalje miješa drugi mikser. Kada se napuni i drugi pretinac, tekućina se prelijeva u treći i pripremljena je za rad. Mješavinu vijčana crpka dozira u cijev po kojoj prljava voda dolazi u kompresor. Količina mješavine flokulanata regulira se prema potrebi (s obzirom na čistoću tehnološke vode) ručno ili automatski.



Ulaz prljave vode, preliv čiste vode

U kompresoru se voda očisti u nekoliko sekundi. Očišćena voda ide preko preljeva na rubu kompresora u bazen tehnološki čiste vode (prepo-

ručuje se veličina bazena od 100 m³). Tehnološka se voda zatim crpkom potiskuje natrag u postrojenje za pranje materijala. U cijelom procesu pranja materijala i čišćenja prljave vode izgubi se samo 10 posto vode koja se mora dodavati preko posebne cijevi.

U kompresoru tvrdi dijelovi polako klize nadolje u konus. Kada se posuda za mulj isprazni, u nju se dozira mulj po principu spojenih posuda. Doziranje se izvodi otvaranjem pneumatskoga ventila. U posudi za mulj je mikser koji miješanjem čuva jednakomjernost mješavine. U njoj je uobičajeno 30 posto tvrdih dijelova i 70 posto vode. Zbog zahtjeva čišćenja postrojenje radi dulje nego separacija.

Centrifugalna crpka transportira mulj u filtarski pritiskivač.

Pokraj crpke je sustav za dovod čiste vode (posuda sa sondom za vodu).

Čista je voda potrebna za hlađenje ležajeva crpke.



Filtarski pritiskivač (otvoreni)

Filtarski pritiskivač postavljen je na visini s koje se stiješnjeni otpadni materijal lako prazni na odlagalište slobodnim padom. Pritiskivač je sastavljen od ploča veličine 1200x1200 mm. Ploče su obavijene s dva sloja tkanine. Hidraulični cilindar pritiska ploče jednu prema drugoj te se prostor između njih napuni muljem. Pri daljnjem pritiskanju iz mulja se preko tkanine izluči voda. Nakon određenoga vremena pritiskivač se

otvori, a otpadni materijal u obliku pogača pada van. Uređaj za istresa-

nje do kraja isprazni pritiskivač. Pogače su kompaktne i lako se transportiraju. Sadrže dijelove pijeska, gline i zemlje veličine 0 – 63 mikrona i u njima je 20 – 30 posto vode.

Korito ispod pritiskivača hvata vodu i vraća je u posudu za prljavu vodu.

T. Vrančić

Izvor: www.fraccarolibalzan.it/