Metode obrade i recikliranja komunalnog otpada u Hrvatskoj

Jakeljić, Mateo

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:426171

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

MATEO JAKELJIĆ

METODE OBRADE I RECIKLIRANJA KOMUNALNOG OTPADA U HRVATSKOJ

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2016.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

ŠUMARSKI ODSJEK

METODE OBRADE I RECIKLIRANJA KOMUNALNOG OTPADA U HRVATSKOJ

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Urbano šumarstvo, zaštita prirode i okoliša

Predmet: Gospodarenje otpadom

Ispitno povjerenstvo: 1. Izv. prof. dr. sc. Damir Barčić

2. Prof. dr. sc. Željko Španjol

3. Doc. dr. sc. Roman Rosavec

Student: Mateo Jakeljić

JMBAG: 0068210430

Broj indeksa: 506/14

Datum odobrenja teme: 21.4.2016.

Datum predaje rada: 1.9.2016.

Datum obrane rada: 9.9.2016.

Zagreb, rujan, 2016.

Dokumentacijska kartica

Naslov	**Metode obrade i recikliranja komunalnog otpada u Hrvatskoj**
Title	Treatment methods and recycling of municipal waste in Croatia
Autor	Mateo Jakeljić
Adresa autora	Gospe od Karmela 40, 21000 Split
Rad izrađen	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	izv.prof.dr.sc. Damir Barčić
Izradu rada pomogao	-
Godina objave	2016.
Obujam	35 stranica, 20 slika, 3 tablice i 12 navoda literature
Ključne riječi	Komunalni otpad, metode obrade, recikliranje i ponovna uporaba
Key words	Municipal waste, treatment methods, recycling and reuse
Sažetak	Komunalni otpad predstavlja otpad iz kućanstava, otpad koji se stvara čišćenjem javnih površina te otpad koji nastaje u nekim drugim djelatnostima koji je po svojem sastavu i svojstvima sličan otpadu iz kućanstava. Ono čime svaki pojedinac može pripomoći sustavnom gospodarenju otpadom svakako je odvojeno prikupljanje otpada kako bi se koristan otpad mogao iskoristiti te promijeniti potrošačke navike. U ovom se radu prikazuju sadašnje tehnologije koje se koriste pri obradi i recikliranju komunalnog otpada. Hrvatska kao članica EU ima za cilj da do 2020.godine ponovno upotrijebi i reciklira 50% komunalnog otpada, koji je postavila Direktiva Europske unije o otpadu. U Hrvatskoj se prema posljednim podacima Eurostata iz ožujka 2014.godine reciklira samo 16% komunalnog otpada. U preostalom vremenu RH će morati intezivirati organizacijske, tehnološke i pripremne mjere da bi se dobili očekivani rezultati te izbjeglo plaćanje visokih penala Europskoj uniji.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. OPĆENITO O OTPADU 1
1.2. KOMUNALNI OTPAD 2
1.3. ZAKON O ODRŽIVOM GOSPODARENJU OTPADOM 8
2. CILJ RADA 8
3. REZULTATI I DISKUSIJA 10
3.1. MEHANIČKO - BIOLOŠKA OBRADA (MBO) KOMUNALNOG OTPADA 13
3.2. TERMIČKA OBRADA KOMUNALNOG OTPADA 18
3.2.1. Spaljivanje 19
3.2.2. Piroliza 20
3.2.3. Rasplinjavanje 21
3.2.4. Termička/katalitička depolimerizacija 23
3.2.5. Kombinacija postupaka – Baliranje-Spaljivanje-Utiskivanje 24
3.2.5.1. Baliranje 24
3.2.5.2. Spaljivanje – Termoelektrane na otpad 25
3.2.5.3. Utiskivanje 26
3.3. RECIKLIRANJE KOMUNALNOG OTPADA 26
3.3.1. Koristi odvojenog prikupljanja i recikliranja komunalnog otpada 26
3.3.2. Recikliranje stakla 31
3.3.3. Recikliranje metala 33
3.3.4. Recikliranje papira 34
4. ZAKLJUČAK 35
5. LITERATURA I

POPIS SLIKA:

Slika 1. Otpad (Izvor: https://www.google.hr/search?q=otpad)

Slika 2. Procijenjene količine komunalnog otpada u RH za razdoblje 1995-2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)
Slika 3. Gospodarenje komunalnim otpadom u 2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)
Slika 4. Prosječni sastav komunalnog otpada u gradu Zagrebu (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema ZGOS)
Slika 5. EU hijerarhija gospodarenja otpadom (Izvor: http://www.mariscina.com/knjiznica/zero-waste-koncept-koncept-bez-otpada/zero-waste-primjeri-u-svijetu/)
Slika 6. Integralni sustav gospodarenja otpadom (Izvor: http://projekt.diva-istra.eu/)
Slika 7. Blok dijagram sustava gospodarenja komunalnim i neopasnim otpadom (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)
Slika 8. Shematski prikaz sastavnica centra za gospodarenje otpadom (Izvor: Plan gospodarenja otpadom u RH za razdoblje 2007. – 2015.)
Slika 9. Potencijalne opcije mehaničko-biološke obrade otpada (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema DERFA, 2007.)
Slika 10. Bioreaktorsko odlagalište s proizvodnjom plina (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Research & Development, No.2, 2005.)
Slika 11. Generator pare s ložištem za izgaranje u fluidiziranome sloju (Izvor: Prelec, 2010.)
Slika 12. Usporedba MBO-a, spaljivanja i rasplinjavanja u struji plazme (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)
Slika 13. Proces baliranja otpada (Izvor: http://www.bsu.hr/hr/baliranje.html)
Slika 14. Kontejner za odvojeno prikupljanje papira
(Izvor: http://www.swebart.net/backup_kastelirlabinci07/13novosti_vise.asp?otvori1=301)
Slika 15. Kontejner za odvojeno prikupljanje staklene ambalaže
(Izvor: http://www.swebart.net/backup_kastelirlabinci07/13novosti_vise.asp?otvori1=301)
Slika 16. Kontejner za PET ambalažu (Izvor: http://www.kova.hr/)
Slika 17. Kontejner za metalnu ambalažu (Izvor: http://www.kova.hr/)

Slika 18. Prikupljanje PET ambalaže, recikliranje i korištenje sekundarne sirovine (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)
Slika 19. Kontejner za odvojeno prikupljanje biootpada (Izvor: http://www.webgradnja.hr/clanci/bio-otpad-i-njegovo-pravilno-prikupljanje-jesu-li-sve-smede-kante-iste/586/)
Slika 20. Kružni tok staklene ambalaže (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema Vetropak Straža)

POPIS TABLICA:

Tablica 1. Procjena specifične količine odloženog otpada, obuhvatnosti stanovništva organiziranim sakupljanjem te količine otpada odloženog na odlagališta za 2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)
Tablica 2: Procjene površine za MBO postrojenje (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Review of Residual Waste Treatment Options, 2003.)

Tablica 3: Tipične cijene MBO za aerobni i anaerobni proces (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Waste Technology Data Centre, 2007. and Juniper Consultancy Services, 2005., Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers Processes, Policies and Markets)

1. UVOD

1.1. OPĆENITO O OTPADU

Prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) definicija otpada glasi: „Otpad je svaka tvar ili predmet koji posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti.” (slika 1.). Otpadom se smatra i svaki predmet i tvar čije su sakupljanje, prijevoz i obrada nužni u svrhu zaštite javnog interesa.

Svatko od nas svakodnevno proizvodi otpad (stare novine, ambalažni otpad, ostaci hrane itd.), što znači da je svaki pojedinac ujedno i posjednik otpada te snosi dio odgovornosti u procesu stvaranja i zbrinjavanja otpada (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

Po Pravilniku o vrstama otpada NN 27/96, otpad se dijeli po mjestu nastanka i po svojstvima otpada. Po mjestu nastanka razvrstava se u dvije glavne kategorije: komunalni i industrijski otpad, a tu još spadaju ambalažni otpad, građevinski otpad, električki i elektronički otpad kao i otpadna vozila i otpadne gume. Otpad se prema svojstvima otpada dijeli na: opasni, neopasni i inertni otpad.

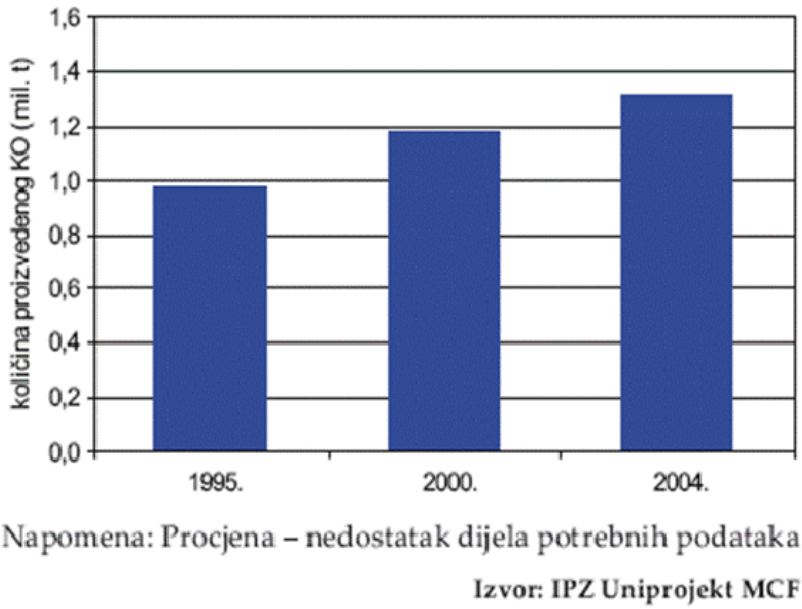
Slika 1. Otpad (Izvor: https://www.google.hr/search?q=otpad)

1.2. KOMUNALNI OTPAD

S obzirom da se tema ovog diplomskog rada odnosi na metode obrade i recikliranja komunalnog otpada u Hrvatskoj, treba najprije nešto reći o samom komunalnom otpadu.

Komunalni otpad predstavlja otpad iz kućanstava, otpad koji se stvara čišćenjem javnih površina te otpad koji nastaje u nekim drugim djelatnostima koji je po svojem sastavu i svojstvima sličan otpadu iz kućanstava. Brigu o komunalnom otpadu vode komunalne službe u čijoj je nadležnosti redovito prikupljanje i zbrinjavanje komunalnog otpada. Za ispravno postupanje s otpadom odgovorni su sami proizvođači otpada, stoga je jako bitna svjesnost građana, edukacija i sustav gospodarenja u smislu smanjenja nastajanja komunalnog otpada. Dva bitna dokumenta koja su donesena su Strategija gospodarenja otpadom(2005.) te Plan gospodarenja otpadom za razdoblje 2007. – 2015. (2007) koji daju okvir djelovanja na ovom području.

Količina komunalnog otpada kontinuirano raste, što se može vidjeti na Slici 2.
Procijenjena količina ukupno proizvedenog komunalnog otpada u RH za 2004. godinu iznosi 1,31 milijun tona. To znači da svaki stanovnik Hrvatske u prosjeku proizvede 295 kg otpada u godinu dana odnosno oko 0,8 kg dnevno. Prema posljednjim podacima Agencije za zaštitu okoliša iz 2010, do 2008. godine se može vidjeti porast količine komunalnog otpada, dok se nakon toga bilježi pad. Taj trend smanjenja se može pripisati globalnoj gospodarskoj krizi (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).



Slika 2. Procijenjene količine komunalnog otpada u RH za razdoblje 1995-2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)

Načini i mogućnosti doprinosa pojedinca sustavnom gospodarenju otpadom, prvenstveno u gospodarenju komunalnog otpada:

1. odvojeno prikupljanje otpada – koristan otpad

• Komunalne tvrtke moraju stvoriti uvjete koji će svim stanovnicima omogućiti primjereno postupanje s komunalnim otpadom.

2. promjene potrošačkih navika

• edukacija – sustav obrazovanja, radionice, marketing, kampanje, projekti…

• korištenje proizvoda s manje ambalaže

• korištenje proizvoda u većim pakiranjima

• korištenje proizvoda od materijala koji se mogu reciklirati

• korištenje proizvoda od recikliranog materijala

• korištenje proizvoda za višekratnu upotrebu

• korištenje proizvoda koji su "prijateljski za okoliš"

• ono što se može popraviti, popravimo i dalje koristimo (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

Ono čime svaki pojedinac može pripomoći sustavnom gospodarenju otpadom svakako je odvojeno prikupljanje otpada kako bi se koristan otpad mogao iskoristiti te promijeniti potrošačke navike. Osnovni preduvjet je da komunalne službe osiguravaju uvjete za primjereno postupanje s komunalnim otpadom (kontejneri za odvojeno prikupljanje, redoviti odvoz, reciklažna dvorišta, …). Npr. ako svaki pojedinac razdvajanjem otpada smanji količinu koja ide na odlagalište za samo 10%, ukupno smanjenje na godišnjoj i državnoj razini vrlo je značajno (milioni tona).

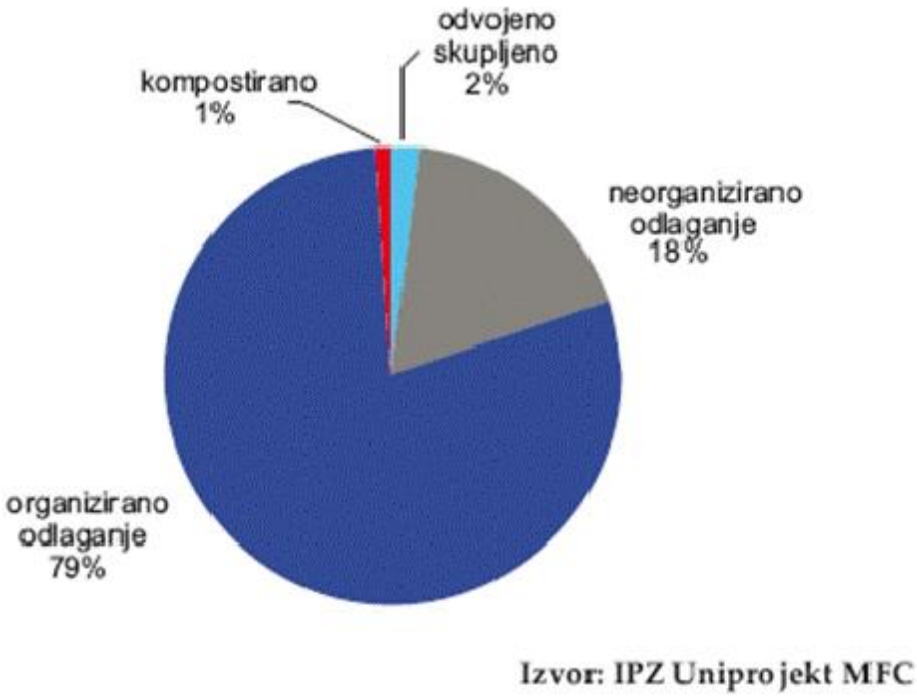
Provedeno istraživanje 2004.godine (tablica 1.) pokazuje da je komunalnim sustavom obuhvaćeno 100 % stanovništva jedino u gradu Zagrebu, Istarska županija je zastupljena sa 96 % zatim, Primorsko goranska, Dubrovačka i Zadarska sa 95 %, a najlošije stanje je u Koprivničko-križevačkoj županiji gdje je ovim sustavom obuhvaćeno samo 65% stanovništva. U gradu Zagrebu je takodjer najveća količina otpada po stanovniku što se dovodi u vezu sa standardom građana i potrošačkim navikama.

Tablica 1. Procjena specifične količine odloženog otpada, obuhvatnosti stanovništva organiziranim sakupljanjem te količine otpada odloženog na odlagališta za 2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)

Županija	Broj stanovnika	% stanovništva obuhvaćenog skupljanjem	Broj općina koje nisu obuhvaćene skupljanjem	Specifična količina odloženoga otpada (kg/stan/dan)	Količina odloženoga otpada (tis. t)	Udio u RH (%)
Zagrebačka	309.696	80	1	0,65	58,7	6
Krapinsko-zagorska	142.432	85	0	0,57	25,4	2
Sisačko-moslavačka	185.387	80	0	0,55	28,9	3
Karlovačka	141.787	75	1	0,65	26,8	3
Varaždinska	184.769	70	1	0,60	32,9	3
Koprivničko-križevačka	124.467	65	9	0,60	18,6	2
Bjelovarsko-bilogorska	133.084	70	4	0,66	22,5	2
Primorsko-goranska	305.505	95	0	0,87	92,2	9
Ličko-senjska	53.677	75	0	0,55	7,9	1
Virovitičko-podravska	93.389	70	3	0,60	14,4	1
Požeško-slavonska	85.831	80	0	0,62	15,4	1
Brodsko-posavska	176.765	80	0	0,53	27,5	3
Zadarska	162.045	95	0	0,68	38,2	4
Osječko-baranjska	330.506	83	5	0,65	64,9	6
Šibensko-kninska	112.891	90	3	0,67	25,2	2
Vukovarsko-srijemska	204.768	75	1	0,56	30,0	3
Splitsko-dalmatinska	463.676	93	2	0,65	101,4	10
Istarska	206.344	96	0	0,90	64,9	6
Dubrovačko-neretvanska	122.870	95	1	0,78	33,2	3
Međimurska	118.426	75	4	0,60	19,8	2
Grad Zagreb	779.145	100	-	1,02	288,7	28
Ukupno	**4.437.460**	**Cca 86**	**35**	**0,74**	**1.037,5**	**100**

Napomena: Procjena - nedostatak dijela potrebnih podataka
Izvor: IPZ Uniprojekt MCF

Na slici 3. može se vidjeti gospodarenje komunalnim otpadom u Hrvatskoj za 2004. godinu i ono što je jako loše je to da je samo 2% odvojeno sakupljeno i da je samo 1% komunalnog otpada kompostirano. Jedan od načina kako se može smanjiti komunalni otpad i potaknuti odgovornije ponašanje građana je sustav naplate komunalnih usluga, tj. organiziranog sakupljanja, odvoza i odlaganja otpada.

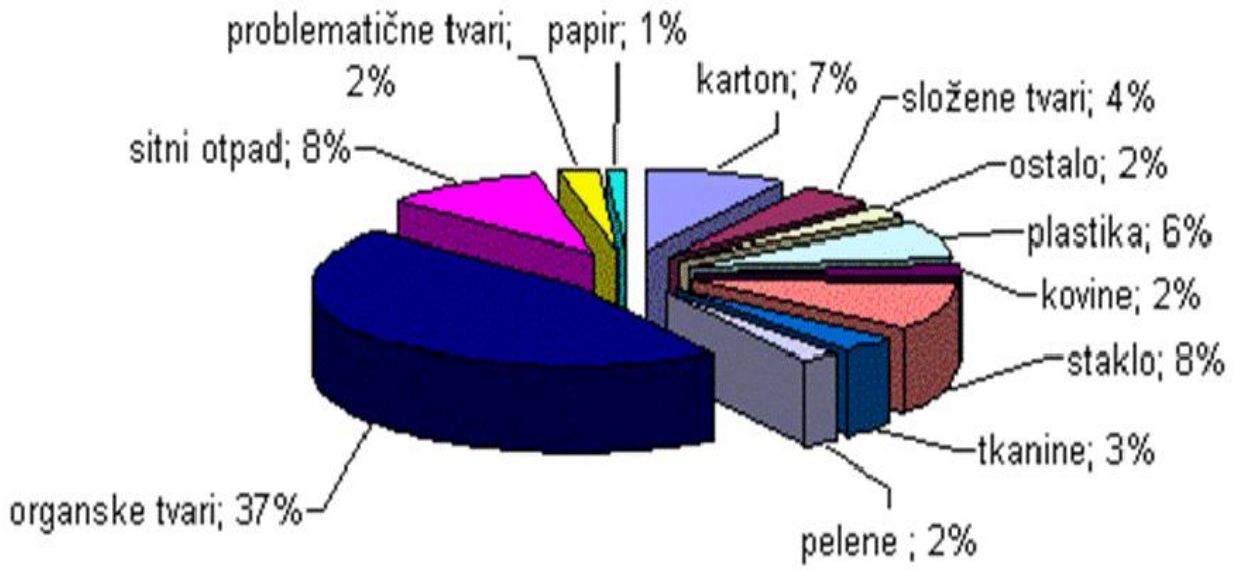


Slika 3. Gospodarenje komunalnim otpadom u 2004. (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema IPZ Uniprojekt MCF)

Cilj je povećati odgovornost pojedinca i provesti princip „proizvođač plaća" koji bi rezultirali smanjenjem nastajanja otpada te također urediti sustav naplate komunalnih usluga. Postoje neki primjeri gdje prilagođen sustav naplate funkcionira i daje pozitivne rezultate u smislu

smanjenja ukupnih količina otpada. Jedan od načina je korištenje tipiziranih („čip“) posuda koje funkcioniraju na način da se odvoz komunalnog otpada naplaćuje prema proizvedenoj količini (masa ili volumen), odnosno prodaja tipiziranih vreća u čiju je cijenu unaprijed uračunat trošak njihova odvoza i zbrinjavanja.

Na slici 4. može se vidjeti prosječni sastav komunalnog otpada u gradu Zagrebu.
Uočavamo da komunalni otpad sadrži brojne korisne komponente kao i da postoji veliki potencijal njegova iskorištavanja.



Slika 4. Prosječni sastav komunalnog otpada u gradu Zagrebu (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema ZGOS)

1.3. ZAKON O ODRŽIVOM GOSPODARENJU OTPADOM

Zakon o održivom gopodarenju otpadom određuje mjere za sprječavanje ili smanjenje štetnog djelovanja otpada na ljudsko zdravlje i okoliš tako da se smanji količina otpada u nastanku i/ili proizvodnji te također definira način gospodarenja otpadom koji ne narušava ljudsko zdravlje i okoliš, uz korištenje vrijednih svojstava otpada.

Ulaskom RH u EU ovaj Zakon je usvojio brojne direktive Europske unije o otpadu.

U okviru ovoga Zakona nalazi se Zakon o komunalnom gospodarstvu, koji određuje načela,način obavljanja i financiranja komunalnog gospodarstva.

2. CILJ RADA

Cilj ovoga rada je prikazati sadašnje tehnologije koje se koriste pri obradi i recikliranju komunalnog otpada. Hrvatska kao članica EU ima za cilj da do 2020.godine ponovno upotrijebi i reciklira 50% komunalnog otpada, koji je postavila Direktiva Europske unije o otpadu. U Hrvatskoj se prema posljednim podacima Eurostata iz ožujka 2014.godine reciklira samo 16% komunalnog otpada. U preostalom vremenu RH će morati intezivirati organizacijske, tehnološke i pripremne mjere da bi se dobili očekivani rezultati te izbjeglo plaćanje visokih penala Europskoj uniji. Jedan od svijetlih primjera uspješnog razvrstavanja otpada i recikliranja u Hrvatskoj je otok Krk. Na otoku Krku se nalazi reciklažni centar sa sortirnicom i komposištem. Razvijen je sustav kružnog gospodarstva koji omogućuje građanima razdvajanje otpada te kao takav može biti ogledni primjer za bilo koju sredinu u Hrvatskoj. Sustav kružnog gospodarstva je omogućio da se na otoku Krku odvojeno prikuplja gotovo 50% otpada, što je iznad europskog prosjeka i normi koje Hrvatska mora ostvariti do 2020.godine. Zadaća je svih lokalnih jedinica da postignu visoko odvajanje, a ne sav otpad prebacivati na centre.

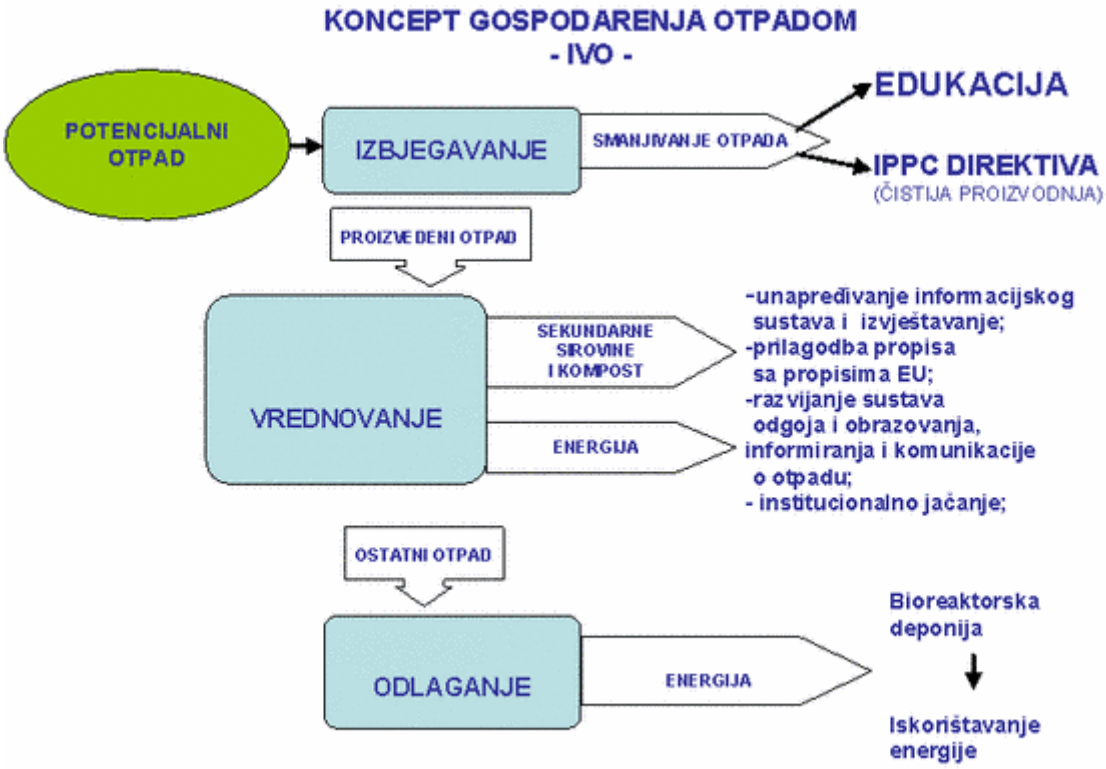
I u svijetu postoje brojni primjeri uspješnog odvajanja i recikliranja otpada. Jedan od takvih je grad Canberra u Australiji koji reciklira 70% otpada, grad San Jose u SAD-u 65%, itd. Zajedničko tim gradovima je „zero waste“ strategija gospodarenja otpadom, koja isključuje

spaljivanje otpada kao način zbrinjavanja otpada. Također, više od 1500 općina u Italiji reciklira preko 50% otpada. Na slici 5. prikazan je način gospodarenja otpadom u Europskoj uniji.

Slika 5. EU hijerarhija gospodarenja otpadom (Izvor: http://www.mariscina.com/knjiznica/zero-waste-koncept-koncept-bez-otpada/zero-waste-primjeri-u-svijetu/)

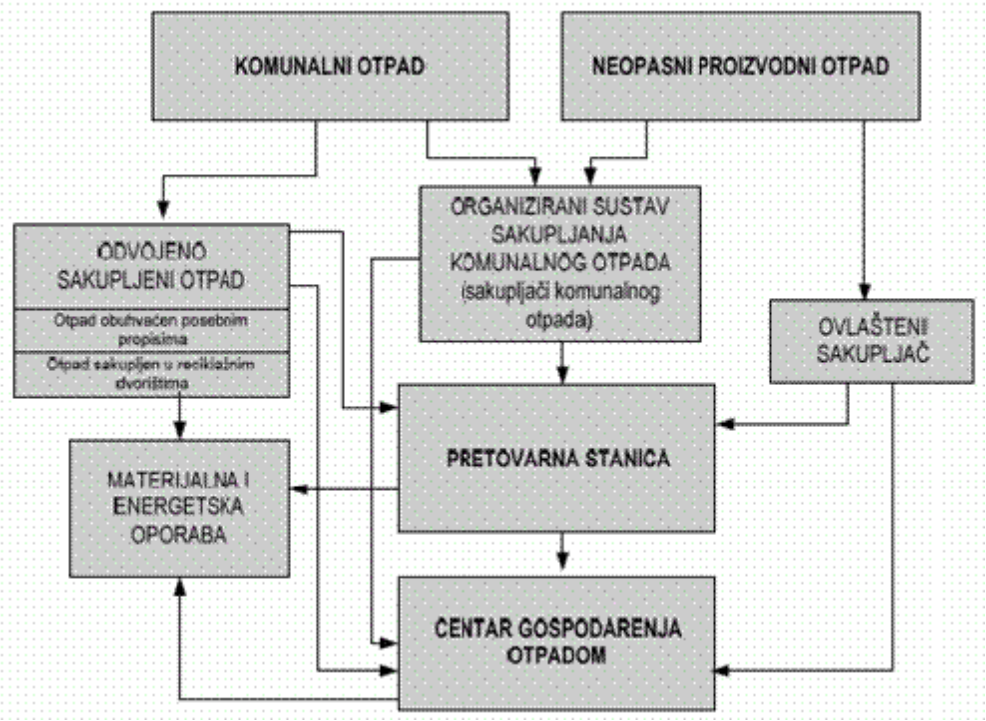
3. REZULTATI I DISKUSIJA

Iako je problem otpada kod nas stalno prisutan, ideja i svijest o potrebi cjelovitog i sustavnog gospodarenja otpadom još nije u punom smislu saživjela. Mnogi od nas smatraju da su riješili problem otpada tako što su ga negdje odvezli. Međutim, takvo postupanje s otpadom je u stvari guranje otpada „pod tepih“, što može izazvati štete po ljudsko zdravlje te dugotrajna i velika zagađenja i teret okolišu, što će netko morati riješiti. Zbrinjavanje otpada uključuje postupak obrade ili trajnog odlaganja, tako da ne narušava ljudsko zdravlje i okoliš te predstavlja posljednju kariku u lancu IVO koncepta (slika 6.). Integralni sustav gospodarenja otpadom (IVO koncept) zasnovan je na ideji da se količina proizvedenog otpada smanji na mjestu njegova nastanka te na iskorištavanju vrijednih sastojaka u materijalne i/ili energetske svrhe kao i na trajnom odlaganju uz strogu primjenu važećih propisa u Republici Hrvatskoj i Europskoj uniji.



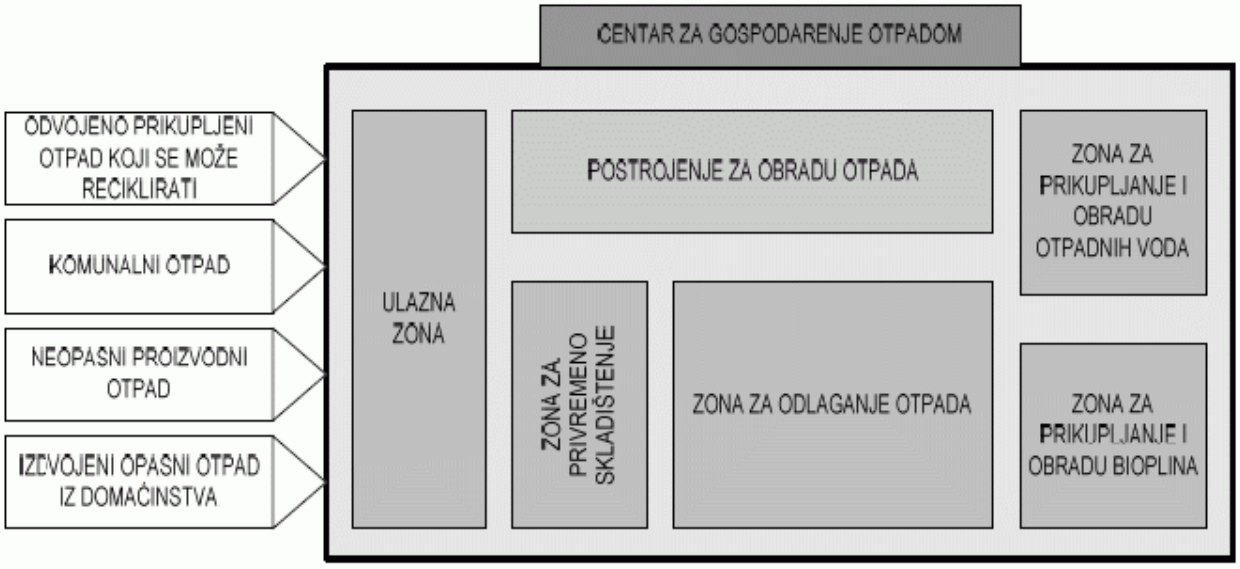
Slika 6. Integralni sustav gospodarenja otpadom (Izvor: http://projekt.diva-istra.eu/)

Zbrinjavanje otpada dio je cjelovitog sustava gospodarenja otpadom čiji su ciljevi: smanjivanje količina otpada koji nastaje, smanjivanje količina otpada koji se odlaže na odlagališta tijekom primarnog odvajanja korisnog otpada, smanjivanje udjela biorazgradivog otpada u odloženom komunalnom otpadu, smanjivanje negativnog utjecaja odloženog otpada na okoliš, klimu i ljudsko zdravlje, gospodarenje proizvedenim otpadom na principima održivog razvoja, energetsko iskorištavanje otpada za proizvodnju energije. Strategijom i Planom gospodarenja otpadom predviđena je gradnja i uspostava CGO centara za gospodarenje komunalnim i neopasnim proizvodnim otpadom, odnosno čvrstim otpadom, te pretovarnih stanica. Preduvjet za funkcioniranje CGO je organizirano sakupljanje čvrstog otpada (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).



Slika 7. Blok dijagram sustava gospodarenja komunalnim i neopasnim otpadom (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)

Sustavom odvojenog sakupljanja, sakupljat će se dio čvrstog komunalnog otpada kroz reciklažna dvorišta. Otpad koji je odvojeno sakupljen može se odvesti direktno na materijalnu i energetsku oporabu, do pretovarne stanice ili centra za gospodarenje otpadom. Preostali miješani komunalni otpad organizirano se sakuplja, a taj posao obavljaju ovlaštene tvrtke za sakupljanje otpada. Isto tako, neopasni čvrsti proizvodni otpad organizirano se sakuplja te prevozi do pretovarne stanice ili centra za gospodarenje otpadom. U centru za gospodarenje otpadom sekundarno se odvajaju korisne sirovine, dok se preostali otpad obrađuje te se nakon toga odlaže na odlagalište (slika 7.). Otpad koji se skupi u pretovarnim stanicama se odvozi do centra za gospodarenjem otpadom gdje se obrađuje, prije nego se konačno odloži na odlagalištu neopasnog otpada koji je sastavni dio centra za gospodarenjem otpadom (slika 8.).



Slika 8. Shematski prikaz sastavnica centra za gospodarenje otpadom (Izvor: Plan gospodarenja otpadom u RH za razdoblje 2007. – 2015.)

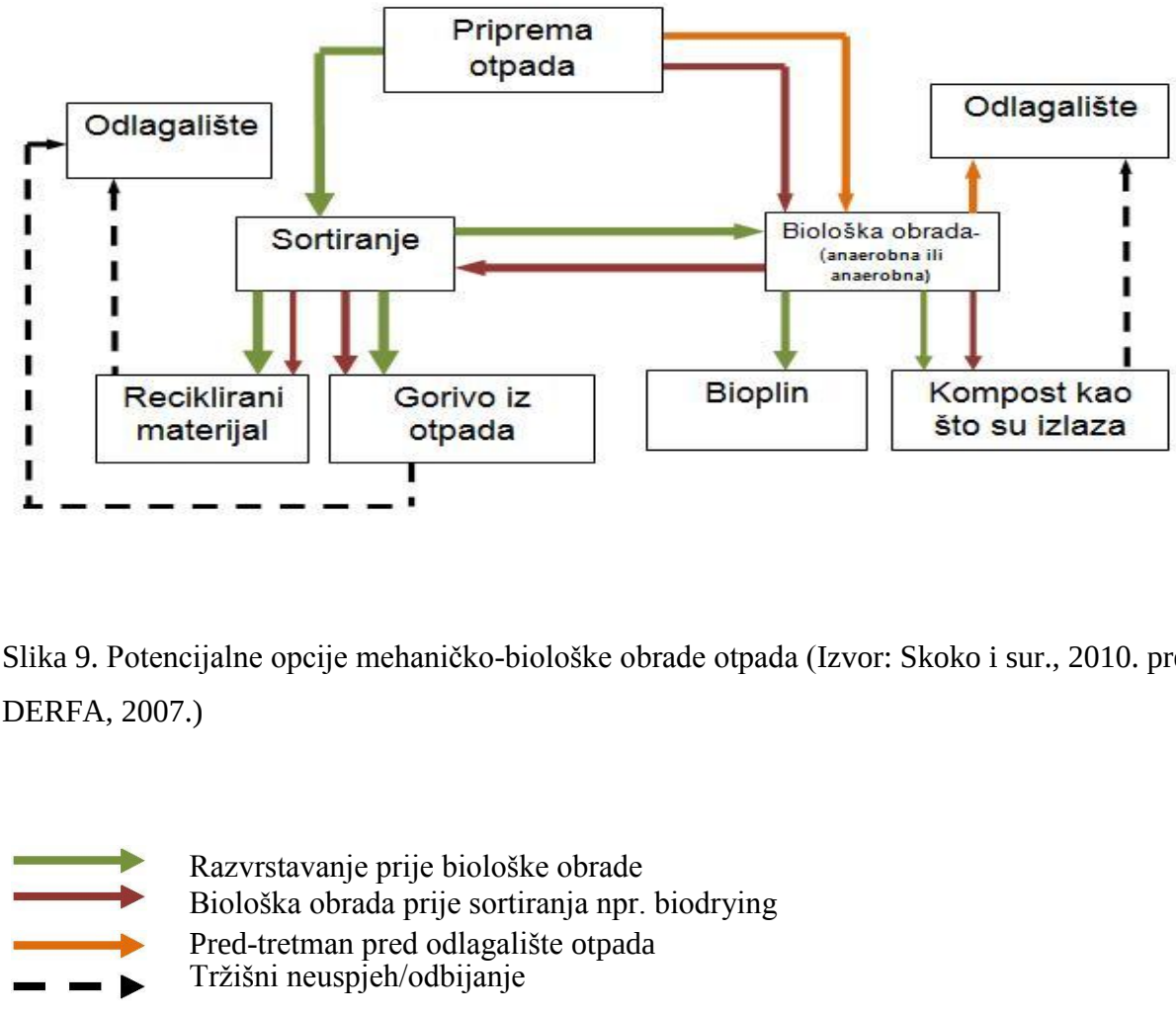
Da bi se smanjile količine otpada koje se odlažu te da bi se uklonio ili smanjio štetan utjecaj otpada na okoliš (emisije plinova koje nastaju razgradnjom otpada, procjedne vode i sl.), razvijene su različite tehnologije obrade i iskorištavanja otpada. Prije odabira tehnološkog postupka za obradu otpada mora se provesti analiza isplativosti, uz poštivanje mjera gospodarenja otpadom prema najboljoj tehnologiji koja ne iziskuje visoke troškove. U nastavku će biti riječi o suvremenim tehnologijama obrade komunalnog otpada.

3.1. MEHANIČKO - BIOLOŠKA OBRADA (MBO) KOMUNALNOG OTPADA

Mehaničko-biološka obrada komunalnog otpada predstavlja skup različitih postupaka obrade otpada s mogućnošću proizvodnje produkata za daljnje iskorištavanje vrijednih svojstava otpada uz različite načine odlaganja ostatka (Skoko i sur., 2010.).

Mehaničko-biološka obrada otpada obuhvaća mehaničku pripremu ulazne količine otpada i biološku obradu dijela komunalnog otpada koji je biorazgradiv. Najveći problem predstavlja biorazgradiva komponenta komunalnog otpada koja je vrlo reaktivna. Taj se problem rješava u kontroliranim uvjetima i u kratkom vremenu, kada se smanjuje masa otpada koju je potrebno zbrinuti. MBO metoda se zasniva na sustavu automatske separacije kojim se omogućuje povrat korisnih sirovina iz otpada. Mehanički procesi obrade obuhvaćaju: usitnjavanje i paletizaciju, drobljenje i mljevenje, prosijavanje i druge mehaničke metode te separaciju. Biološki procesi obrade podrazumijevaju: bio-sušenje, biostabilizaciju, kompostiranje i anaerobnu digestiju. Ciljevi mehaničko-biološke obrade otpada su: što veća količina obnovljivih sirovina (papir, plastika i dr.), proizvodnja komposta i visoko kvalitetnog krutog goriva iz otpada (GIO) određenih svojstava, zatim proizvodnja biostabiliziranog materijala za odlaganje te bioplina za dobivanje topline i/ili električne energije. Svi ovi izlazni produkti iz MBO procesa se mogu primjeniti u različite svrhe. Kompost se može koristiti za poboljšanje kvalitete zemljišta, u vrtovima, itd. GIO se može koristiti kao gorivo za energane na otpad, bioplin za proizvodnju plina za promet i industriju, itd. Prvi postupak kod mehaničko-biološke metode je priprema otpada, da bi se ukonile opasne tvari (baterije, boje i dr.) te glomazni otpad, kako ne bi

predstavljale problem u daljnjem procesu. Otpad koji je ovako tretiran je usitnjen i homogeniziran te pogodan za daljnji proces dobivanja goriva iz otpada (GIO), odvajanje materijala za recikliranje ili biološku obradu, ovisno o izabranoj MBO tehnologiji. Sljedeći postupak je odvajanje otpada, gdje se koristi mehanička separacija da bi se dobile različite frakcije iz miješanog komunalnog otpada. Mehanička separacija se može odvijati prije ili poslije biološke obrade (slika 9.) ovisno o tome koji je krajnji cilj obrade: proizvodnja bioplina, komposta, goriva iz otpada (GIO) ili odlaganje. Mehaničko odvajanje omogućuje iskorištavanje fizikalnih svojstava komponenata otpada: gustoća, magnetizam, električna vodljivost i sl. Razni materijali pogodni za recikliranje nastaju odvajanjem otpada (papir, plastika, staklo, metal).



Slika 9. Potencijalne opcije mehaničko-biološke obrade otpada (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema DERFA, 2007.)

Biološka obrada se može odvijati prije ili poslije mehaničke obrade, ovisno o krajnjem cilju. Komunalni otpad se može biološki tretirati da bi se dobio stabiliziran i homogeniziran ostatak, koji ide na odlagalište (slika 9.). Svrha biološke obrade je što veća razgradnja organske komponente otpada. Odlaganjem organske komponente unutar odlagališta se stvara metan (CH4), koji je staklenički plin i izaziva opterećenje okoliša. Biološka razgradnja organske komponente otpada podijeljena je na aerobne (uz prisustvo kisika) i anaerobne (bez kisika) procese. Anaerobna digestija je proces biološke obrade kojim nastaje bioplin. Bioplin nastaje u digestatorima gdje se pročišćava te se zatim koristi u energetske svrhe. Najčešći proces kod proizvodnje goriva iz otpada (GIO) je proces bio-sušenja, kojim nastaje gorivo pod nazivom SRF (solid recovered fuel). Ostale tehnologije se koriste kod proizvodnje goriva niže kvalitete iz krupnijeg otpada, koji se uklanja iz materijala prije biološke obrade a poznat je pod nazivom RDF (refuse derived fuel). Mehaničko-biološka obrada otpada se razvila u Njemačkoj a zatim se proširila na ostale europske zemlje. U Europi je trenutno 70 MBO postrojenja a od toga čak 40 u Njemačkoj. Postoji nekoliko tipova biopostrojenja: MBO proces s proizvodnjom komposta, koji se zasniva na mehaničkoj predobradi otpada te separaciji otpada s ciljem proizvodnje tržišno zanimljivih proizvoda uz biološku obradu kompostiranjem. Tunelsko kompostiranje se odvija u osnovnoj fazi biološke obrade. Ovaj MBO proces ima visoku zastupljenost na tržištu ali postrojenja mogu imati vrlo visoke inicijalne troškove. MBO proces s bio-sušenjem (aerobni) za proizvodnju SRF-a, kod kojeg se odvija aerobno bio-sušenje otpada, odvodi vodu iz otpada na temelju biološke aktivnosti (bio-stabilizacija). Zatim se odvijaju separacijski procesi kroz koje se suhi materijal provodi nakon čega nastaje SRF koji se upotrebljava kao sekundarno gorivo u cementnim pećima. MBO proces s anaerobnom digestijom je podijeljen s obzirom na: način odvijanja procesa – šaržni i kontinuirani, broj reaktora – jednostupanjski i višestupanjski, udio tvari u reakcijskoj smjesi – suhi i mokri AD procesi te s obzirom na temperaturu – mezofilni i termofilni.

Prilikom planiranja i izgradnje MBO postrojenja treba voditi računa o nizu faktora, a važni su: izbor tehnologije, količine i sastav otpada, prateća infrastruktura, površine potrebne za izgradnju MBO postrojenja. Kapaciteti MBO postrojenja koji se koriste u Europi kreću se u rasponu od 10,000 t/god. pa preko 200,000 t/god. Tablica 2. pokazuje površine za pojedina MBO postrojenja

ovisno o količini otpada koji se obrađuje (Skoko i sur., 2010.).

Tablica 2: Procjene površine za MBO postrojenje (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Review of Residual Waste Treatment Options, 2003.)

	Veličina	Površina objekta	Ukupna površina
MBO postrojenje A[b]	50, 000 t/god	3,000 m^2	
MBO postrojenje B[c]	75,000 t/god.	5,500 m^2	15,000 m^2
MBO postrojenje C[c]			0,36 m^2/t
MBO postrojenje D[a]	140,000 t/god.	9,000 m^2	
MBO postrojenje E[a]	180,000 t/god.		35,500 m^2

Kako postoji veliki broj varijanti MBO postrojenja s velikim razlikama u izvedbi tako su i troškovi izgradnje i održavanja različiti, a ovise o složenosti tehnologije, stupnju mehanizacije i upotrebi automatizacije. Troškovi prikazani u tablici 3. temelje se na europskim primjerima (Skoko i sur., 2010.).

Tablica 3: Tipične cijene MBO za aerobni i anaerobni proces (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Waste Technology Data Centre, 2007. and Juniper Consultancy Services, 2005., Mechanical Biological Treatment: A Guide for Decision Makers Processes, Policies and Markets)

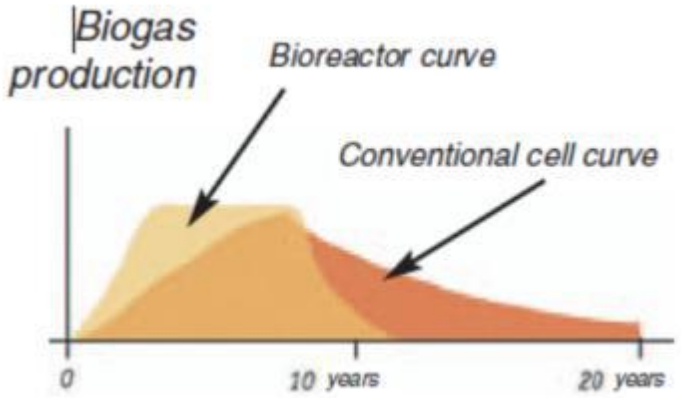
	Aerobni proces		AD proces	
Kapacitet	Kapitalni troškovi kn/t/god.	Operativni troškovi kn/t	Kapitalni troškovi kn/t/god.	Operativni troškovi kn/t
<50,000	600-1280	Iznad 1200	1360-3570	195
>50,000	240-1910	170-590	910-2360	136-590

Da bi se odložio ostatak nakon obrade u MBO potrebno je izgraditi odlagalište otpada. Kod bioreaktorskog odlagališta(slika 10.) odvija se ubrzana razgradnja biorazgradljivog otpada. Ovakva odlagališta odlikuje učinkovita kontrola nastalih plinova dodavanjem tekućine u otpad.

Glavne prednosti ove tehnologije su: kontrola i upravljanje biološkom razgradnjom otpada (umjesto 30-50 godina raspada može se isti dogoditi za 5-10 godina), porast količine plina i proizvodnje energije (brži i efikasniji zahvat plina), smanjenje stakleničkih plinova, ubrzanje stabiliziranja otpada, smanjenje perioda obveza nakon zatvaranja, ušteda u prostoru – oslobađa se 15-30% prostora za novi otpad. Razvijeni su različiti pristupi bioreaktorskim odlagalištima u USA i u Europi (koji se međusobno razlikuju u kvaliteti odloženog otpada). Na mnogim takvim odlagalištima širom svijeta još uvijek se provode mjerenja u svrhu istraživanja uvjeta projektiranja, izvedbe i efikasnosti tih građevina, pa zbog nesistematiziranih i neistraženih aspekata danas ne postoje općevažeće upute za izgradnju ovakvih odlagališta.
Ova tehnologija zahtijeva rješavanje tehnike unosa tekućine u tijelo odlagališta (odloženi otpad), što se može izvesti horizontalnim ili vertikalnim drenovima (cijevima). Unos tekućine u tijelo odlagališta kroz cjevovode ograničen je na uski prostor oko cijevi (otpad nije propustan), pa se zahtijeva relativno veliki broj cijevi i kontrola rada sustava. Bioreaktorska odlagališta (BRO) mogu funkcionirati u aerobnoj i anaerobnoj atmosferi. U oba slučaja mora se voditi računa da se kontroliraju ulazni i izlazni parametri. Ulazni parametri su: dodatak vode, tj. stupanj povećanja vlažnosti (sa uobičajenih 20% na 45-60%), dodatak zraka (o ovim elementima ovisi dimenzioniranje sustava i tehnička rješenja). Izlazni (kontrolni) parametri: proizvodnja procjednih voda i njen sastav i karakter, proizvodnja plina i njegov sastav i karakter, podaci o vlažnosti, temperaturi, tlaku vode nad nepropusnim temeljnim sustavom, pornim tlakovima u odlagalištu, totalnim tlakovima, podaci o slijeganju (Skoko i sur., 2010.).

Kriterij kojim se treba voditi pri odabiru određene MBO tehnologije su višestruke prednosti, a osnovno je smanjenje volumena otpada koji dospijeva na odlagalište. Primjeri iz razvijenih europskih zemalja pokazuju da se MBO-om može smanjiti potreba za volumenom odlagališta od 40% do 60% a emisije plinova 80% do 90%. Također, smanjuje se slijeganje odlagališta i unutarnja temperatura odlagališta. Najveća mana MBO-a je ta da veliki pogoni sakupljaju otpad

s velikog područja te se tako neracionalno koriste resursi, budući da se prekomjerno habaju prometnice zbog cestovnog prijevoza te zagađuje zrak zbog kamionskog transporta. Najveći problem kod bioreaktorskog odlagališta stvara vlažnost, koja otpad pretvara u materijal koji se ponaša bitno drugačije od neovlaženog otpada, odnosno uzrokuje njegovu deformabilnost. Kada se otpad nađe u uvjetima povećane vlažnosti, povećava mu se i temperatura a time se zagrijava procjedna voda. Znanstvena istraživanja su pokazala da se može očekivati povećanje temperature poslije izvedbe odlagališta i da će temperature prelaziti 30 ^{o}C nakon 7,5-10 godina.



Slika 10. Bioreaktorsko odlagalište s proizvodnjom plina (Izvor: Skoko i sur., 2010. prema Research & Development, No.2, 2005.)

3.2. TERMIČKA OBRADA KOMUNALNOG OTPADA

Termička obrada otpada obuhvaća skup postupaka kojima je cilj smanjiti volumen otpada, a da se pri tome izdvajaju i/ili uništavaju potencijalno opasne tvari iz otpada. Termička obrada omogućuje iskorištavanje energetske vrijednosti otpada, koja služi za proizvodnju električne i/ili toplinske energije. Postupci koji spadaju u termičku obradu otpada su slijedeći: spaljivanje, piroliza, rasplinjavanje (sa i bez plazme), termička depolimerizacija, sušenje, dezinfekcija,

hidriranje, te drugi postupci i njihove kombinacije. Prilikom zbrinjavanja komunalnog otpada potrebno je primjeniti energetsko iskorištavanje otpada. Zbog toga, prije termičke obrade valja izdvojiti tvari anorganskog podrijetla (metali, staklo,..) koje teže gore, dok u organskom ostatku treba smanjiti udio vlage.

3.2.1. Spaljivanje

Tehnologija spaljivanje otpada, je najraširenija tehnologija. To je zapravo oksidacija zapaljivih tvari koje se nalaze u otpadu, te se tako organska komponenta prevodi u pepeo (kruta komponenta), dimne plinove (plinovitu komponentu) i energiju. Pepeo sadrži anorganske sastojke otpada te može biti u obliku grudica ili lebdećih čestica. Prije ispuštanja u atmosferu, dimne plinove je potrebno pročistiti od plinovitih onečišćivala. Tehnološki postupci spaljivanja imaju razne preinake, pa tako postoji spaljivanje na rešetki, u rotacijskoj peći i fluidiziranom sloju. Prilikom korištenja takvih postrojenja, uz prilagodbu temperature spaljivanja te drugih uvjeta dobije se toplina koja se može pretvoriti u energiju, pa se takvo postrojenje može nazvati energana na otpad.

Prednosti spaljivanja:
- velika redukcija obujma ostatka obrade (preko 90 %),
- manji utjacaj na okoliš u odnosu na odlaganje neobranena
  otpada i u odnosu na biološku obradu,
- djelomična kompenzacija troškova proizvodnjom energije (Prelec, 2010.).

Nedostaci spaljivanja:
- relativno visoki troškovi investicija,
- emisija štetnih tvari putem dimnih plinova u atmosferu (Prelec, 2010.).

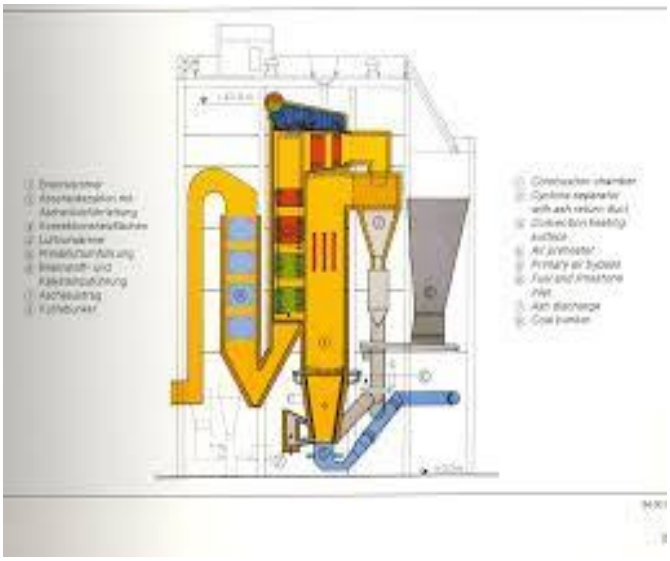
Potencijalni problemi spaljivanja otpada:
- porast udjela plastičnoga otpada, a zbog toga i opasnost od

emisije vrlo opasnih spojeva (dioksina, furana);

- sve stroži propisi o graničnim vrijednostima emisija u dimnim plinovima, a zbog toga sve složenija i skuplja postrojenja (Prelec, 2010.).

3.2.2. Piroliza

Piroliza je termičko-kemijski proces tijekom kojeg se razgrađuje organski sadržaj na povišenim temperaturama i bez prisustva kisika. Sam proces pirolize je ireverzibilan te ga karakterizira simultana promjena kemijskog sastava i fizičkog stanja. Produkti procesa pirolize su plinska (pirolitički plin), kapljevita (pirolitičko ulje) te kruta (kruti ostatak koji obiluje ugljikom, tzv. gar) komponenta. Piroliza se može odvijati na različitim temperaturama, pa tako razlikujemo tri varijante: niskotemperaturnu do 500 ^{o}C, srednjetemperaturnu od 500 ^{o}C do 800 ^{o}C te visokotemperaturnu iznad 800 ^{o}C. Kako se povećava temperatura reakcije tako se povećava i udio pirolitičkog plina u produktima reakcije, dok se smanjuje udio krute i tekuće faze. Pirolitički plin se spaljuje, dok se kruta faza može spaliti ili prvo rasplinuti, a potom slijedi spaljivanje nastalih plinova. Moguće je uvesti dimne plinove u generator para (slika 11.) čime se dobivena para koristi za grijanje ili pokretanje turbine spojene s električnim generatorom.

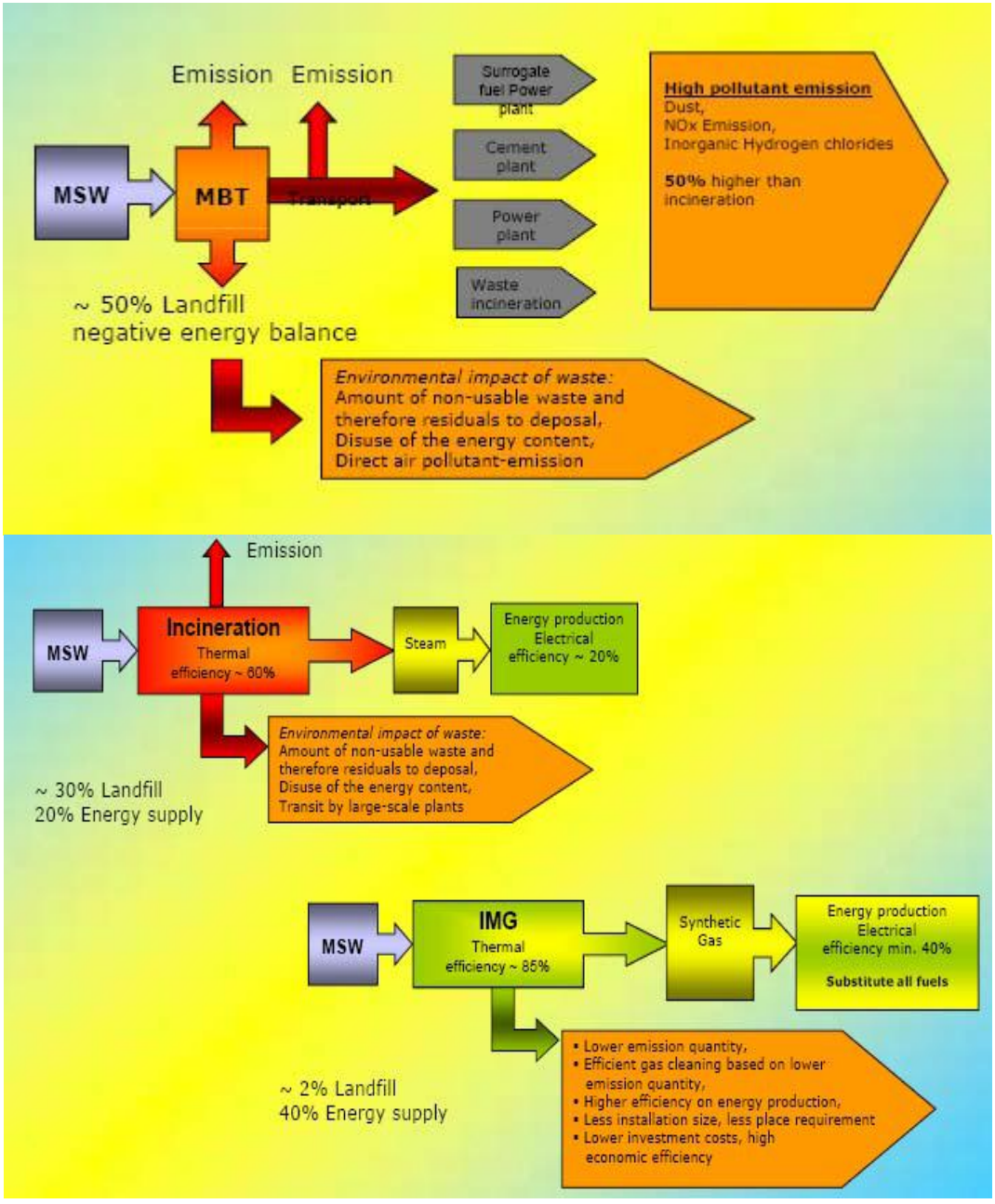


Slika 11. Generator pare s ložištem za izgaranje u fluidiziranome sloju (Izvor: Prelec, 2010.)

3.2.3. Rasplinjavanje

Proces rasplinjavanja se odvija pri povišenoj temperaturi (>700^{o}C) kada se sredstvo za rasplinjavanje (npr. kisik, vodena para, zrak ili ugljični dioksid) dovodi u reaktor s gorivom bogatim ugljikom. Kao krajnji rezultat procesa nastaje mješavina plinova poznata pod nazivom sintetski plin (syngas). Sintetski plin koji nastane rasplinjavanjem pogodan je za spaljivanje, može se iskoristiti u postrojenjima za kogeneraciju ili pak biti upotrijebljen za sintezu različitih tekućih ugljikovodika. U procesu rasplinjavanja nastaje šljaka, koja zbog visoke temperature procesa biva vitrificirana. Rasplinjavanje nije toliko zastupljeno u termičkoj obradi otpada ali je jako siguran način rješavanja problema otpada te dobivanja energije iz njega. Postoji nekoliko načina provedbe procesa rasplinjavanja s obzirom na primjenjeni tip tzv. rasplinjač. S obzirom na princip primjene reaktora razlikujemo: dovođenje sredstva za rasplinjavanje kroz fiksni sloj u istom ili nasuprotnom smjeru od ulaza goriva bogatim ugljikom, pomoću fluidiziranog sloja i strujom plazme. Ovisno o primjenjenoj tehnologiji te tipu i kvaliteti ulazne sirovine, mogu se očekivati različite količine i produkti koji izlaze iz procesa. Određuje se energetska vrijednost sintetskog plina na temelju udjela pojedinih komponenti, postupci koji su potrebni za njegovo pročišćavanje te kvaliteta krutog ostatka. Da bi se sintetski plin upotrijebio kao gorivo za „ko-generaciju“ te tako dobila električna i toplinska energija, ulazna goriva tvar mora biti relativno homogenog sastava, što znači da za komunalni otpad treba predobrada. Rasplinjavanje se može primjeniti nakon pirolize za naknadnu obradu krute faze komunalnog otpada. Uloga plazme u procesu rasplinjavanja može biti dvojaka: može biti upotrijebljena za rasplinjavanje organske komponente ili se koristi za pročišćavanje nastalog plina nakon spaljivanja. Kada se primjenjuje plazma nema nastajanja štetnih plinova dioksina i furana. Temperatura procesa plazme je od 5000 do 15000 ^{o}C pa zbog toga dolazi do razlaganja organskih i taljenja anorganskih komponenti otpada. Razgradnja organskih molekula se događa u plinovitoj fazi čime se u potpunosti eliminiraju štetne emisije što je najvažnija prednost plazma postupka. Poslije taljenja se anorganske tvari vitrificiraju te se mogu odložiti ili koristiti kao građevni materijal.

Na slici 12 je dan slikovit prikaz energetske isplativosti, te utjecaja na okoliš primjene rasplinjavanja na bazi plazme u usporedbi sa klasičnim spaljivanjem te mehaničko-biološkom obradom uz slijednu primjenu spaljivanja odvojene gorive komponente (RDF ili GIO) (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).



Slika 12. Usporedba MBO-a, spaljivanja i rasplinjavanja u struji plazme (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)

3.2.4. Termička/katalitička depolimerizacija

Termička/katalitička depolimerizacija je jedna od novih tehnologija koja omogućava zbrinjavanje otpada uz stvaranje energije iz njega, odnosno „krekiranje“ kojim se dobiva tekuće gorivo. Tijekom procesa termičke depolimerizacije dolazi do cijepanja dugih lanaca organskih spojeva na kraće lance, otprilike oko 10-20 atoma ugljika. Budući da se komunalni otpad sastoji od 80% do 90% od organske komponente, primjenom ove metode može se kao krajnji rezultat dobiti tzv. sintetičko dizel gorivo. Depolimerizacija kompleksnih organskih tvari te stvaranje „sirove“ nafte kao „fosilnog“ goriva može se odvijati termičkim ili katalitičkim procesom, odnosno njihovom kombinacijom. Proces termičke depolimerizacije se odvija na visokoj temperaturi (>400 ^{o}C), koja omogućava „razbijanje“ dugih lanaca ugljikovodičnih molekula u kraće kako bi se stvorilo „fosilno“ gorivo. Nedostatak termičke depolimerizacije je taj da samo „razbija“ duge lance u kraće dok se veće molekule ne mogu stvoriti. Zbog toga se manje molekule poput CO2 ili CH4 ne mogu konvertirati u tekuće gorivo, tj. naftu. Kod katalitičke depolimerizacije proces se odvija na nižim temperaturama te na približno atmosferskom tlaku. Da bi došlo do krekiranja dugih lanaca ugljikovodičnih molekula u kraće lance, potreban je katalizator koji služi kao ionski izmjenjivač te na sebe prikuplja određeni postotak kationa, pretežno teške metale (Hg, Pb, Cd) uz otpuštanje alkalijskih i zemnoalkalijskih metala koji tvore stabilne soli sa prisutnim anionima (kloridi, sulfati,..). Budući da prisustvo katalizatora omogućava vođenje procesa ispod 400 ^{o}C, ne nastaju ugljični dioksid, furan i dioksin. Katalitička depolimerizacija je u usporedbi s termičkom depolimerizacijom dominantan proces obrade otpada sa ciljem proizvodnje tekućeg „fosilnog“ goriva, pogotovo s ekonomskog i ekološkog aspekta. Krajnji rezultat katalitičke depolimerizacije je kapljevita frakcija, tj. sintetičko dizel gorivo, plinovita frakcija uključujući sintetski plin i metan, te kruti ostatak. Kapljevita frakcija se treba prema potrebi dodatno pročistiti destilacijom, o čemu će ovisiti njen sastav. Plinovita frakcija može biti upotrijebljena u procesu „ko-generacije“ ili se spaliti na baklji, dok kvaliteta ulazne sirovine, tj. otpad koji se obrađuje određuje sastav i primjenu krutog ostatka.

3.2.5. Kombinacija postupaka – Baliranje-Spaljivanje-Utiskivanje

Iako tehnologija zbrinjavanja čvrstog otpada BSU (baliranje-spaljivanje-utiskivanje) nije obuhvaćena Planom gospodarenja otpadom ona se može primjeniti ukoliko ispunjava uvjete i posebne propise. BSU strategija je osmišljena kao integralni sustav koji spaja tri najrazvijenije tehnologije zbrinjavanja otpada. Prema ovoj strategiji, zbrinjavanje čvrstog otpada se odvija bez deponija a da se pritom koriste alternativne sirovine za termičku proizvodnju energije.

- Baliranje - izoliranje prikupljenog otpada od okoliša.
- Spaljivanje - proizvodnja toplinske i električne energije u specijalnim termoelektranama na otpad.
- Utiskivanje - trajno zbrinjavanje ostataka termičke obrade otpada u duboke i izolirane geološke formacije iz koji je iscrpljena nafta (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

3.2.5.1. Baliranje

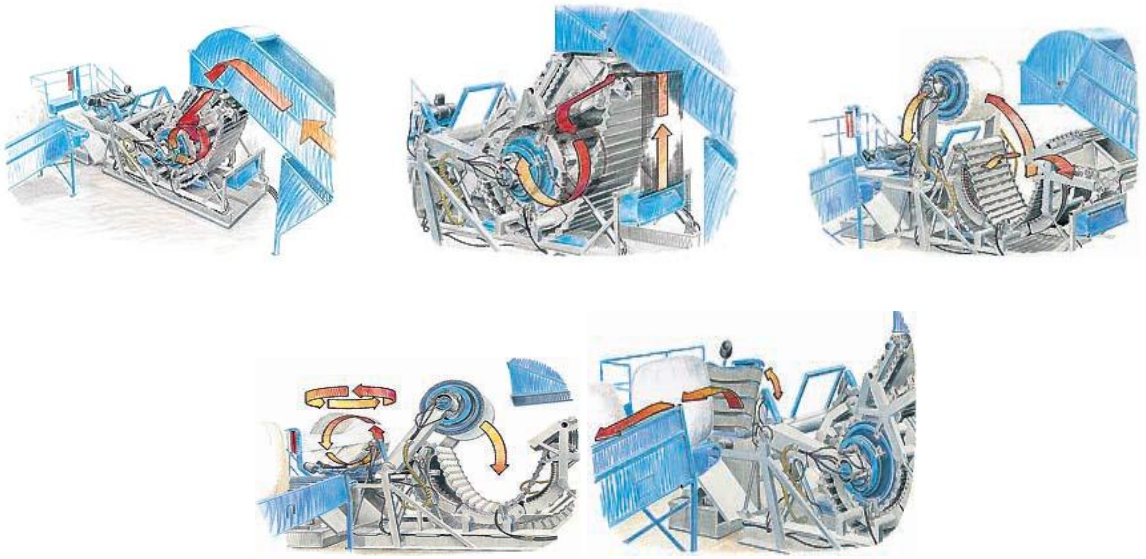
Baliranje spada u novu tehnologiju zbrinjavanja čvrstog otpada koja omogućava privremeno odlaganje otpada te transport toga otpada do mjesta gdje se može obraditi. Postupak baliranja smanjuje volumen otpada za 2 do 3 puta te je ekonomski prihvatljiviji od transporta otpada u rasutom stanju. Baliranjem komunalnog otpada smanjuje se količina procjedne vode i emisija štetnih plinova u okoliš. Otpad koji je usitnjen i baliran je kvalitetan energent. Procesom baliranja ne dolazi do promjene fizičke ili kemijske prirode čvrstog otpada, a produkt baliranja je bala. Sam proces traje nekoliko minuta a dobivene bale su zamotane nepropusnom folijom od polietilena.

Postupak baliranja (slika 13.) se odvija na slijedeći način:

1. Nakon što se otpad dostavi, on se prvo obrađuje drobljenjem, prešanjem i baliranjem a zatim se u komori polagano tlači na 3 do 4 puta manji volumen te se spiralno umata u cilindričnu balu.
2. Sljedeći postupak je omatanje bale politenom. Politenska masa daje čvrstoću te je ekološki prihvatljiva pošto ju je moguće reciklirati ili spaliti, pri čemu nastaje CO_2 i voda.
3. Potom se bala pomoću poluga prebacuje na postolje za zamatanje.

4. Zamatanje baliranog otpada rastezljivom i nepropusnom folijom koja omogućava potpunu izolaciju otpada od okoliša.

5. Transport gotovih bala do skladišta s vodonepropusnim dnom.



Slika 13. Proces baliranja otpada (Izvor: http://www.bsu.hr/hr/baliranje.html)

3.2.5.2. Spaljivanje – Termoelektrane na otpad

Da bi se iskoristila visoka energetska vrijednost otpada, otpad se spaljuje u posebnim termoelektranama. Spaljivanjem 100 000 tona otpada dobije se ista količina električne energije kao i spaljivanjem 10 000 t ugljena. Prednost ovakvih termoelektrana u odnosu na klasične je višestruka: kao energent se upotrebljava otpad a ne neobnovljivi izvori energije (ugljen, plin, naftni derivati), vrijednost proizvedene energije i vrijednost naknade za zbrinjavanje otpada ulazi u ukupne prihode. Sagorijevanjem u filterskom postrojenju nastaju šljaka i pepeo koji mogu sadržavati dioksine ili furane, teške metale te ostalu štetnu prašinu. BSU strategija za zbrinjavanje filterskog pepela predlaže utiskivanje.

3.2.5.3. Utiskivanje

Prema BSU strategiji opasni ostaci termičke obrade otpada se trebaju ukloniti iz okoliša i zbrinuti na trajan način, tako što će se utisnuti u geološke zamke iz kojih je iscrpljena nafta. Na taj se način opasni otpad pohranjuje u pukotinama sedimentnih stijena u Zemljinoj kori na dubini od nekoliko kilometara. Problem otpada je tako riješen jer su pukotine sedimentnih stijena od ostalih geoloških slojeva izolirane nepropusnim naslagama stijena.

3.3. RECIKLIRANJE KOMUNALNOG OTPADA

Recikliranje je postupak izdvajanja materijala iz otpada i njegova ponovna upotreba. Obuhvaća postupke sakupljanja, izdvajanja, prerade i izrade novih proizvoda iz iskorištenih materijala. Najbitnije je odvojeno sakupljati otpad. Proces reciklaže obuhvaća obradu otpadnih materijala da bi se dobile sirovine i energija uz očuvanje okoliša od onečišćenja. Velik dio komunalnog otpada je pogodan za recikliranje. Otprilike 30% do 40% gradskog komunalnog otpada se može reciklirati dok se 25% do 30% može kompostirati.

3.3.1. Koristi odvojenog prikupljanja i recikliranja komunalnog otpada

Odvojenim prikupljanjem i recikliranjem komunalnog otpada imamo višestruke koristi. Npr. odvojenim prikupljanjem i recikliranjem 1 tone otpadnog papira spasili smo 20 mladih stabala. Papir se odvojeno prikuplja u plave kontejnere (slika 14.)

Recikliranjem papira čuvamo šume, štedimo energiju, smanjujemo onečišćenje vode i zraka te štedimo skupi deponijski prostor. Koristi odvojenog sakupljanja papira i njegova recikliranja očituju se kroz uštede u sirovinama, vodi i energiji te smanjenju opterećenja otpadnih voda. Za proizvodnju jedne tone bijelog papira utroši se 2 tone drvne sirovine, a za proizvodnju iste količine recikliranog papira potrebno je 1,2 tone otpadnog papira. Također, troše se znatno manje količine vode: 16 000 L u odnosu na 85 000 L, te dvostruko manje količine energije također

opterećenje otpadnih voda 15 puta je manje kod proizvodnje recikliranog papira. Ovakvi podaci sami po sebi trebali bi biti dovoljan motiv za svakog od nas da se uključi u sustav odvojenog prikupljanja papira, ali i da se odluči na korištenje proizvoda od recikliranog papira u što je moguće većoj mjeri (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

Slika 14. Kontejner za odvojeno prikupljanje papira
(Izvor: http://www.swebart.net/backup_kastelirlabinci07/13novosti_vise.asp?otvori1=301)

Staklo se odvojeno prikuplja u zelene kontejnere (slika 15.). Odvojeno prikupljanje i recikliranje staklenog ambalažnog otpada osigurava uštedu prirodnih bogatstava (vapnenca, prirodnog plina), energije i odlagališnog prostora te je smanjeno onečišćenje zraka, vode i tla.

Slika 15. Kontejner za odvojeno prikupljanje staklene ambalaže
(Izvor: http://www.swebart.net/backup_kastelirlabinci07/13novosti_vise.asp?otvori1=301)

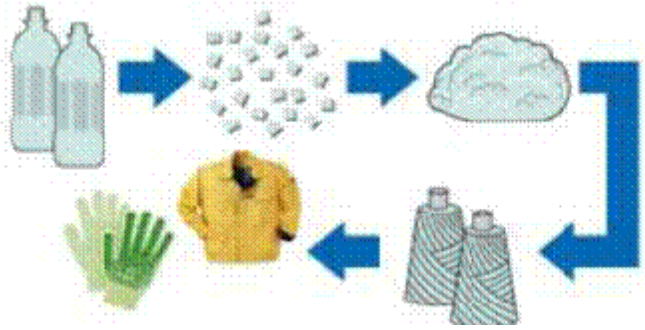
Polietilentereftalat (PET) se svrstava u grupu plastomera. To je materijal koji je iznimno dobar za proizvodnju ambalaže. Recikliranjem PET-a štedi se skupi deponijski prostor, resursi i energija te se manje onečišćuje zrak. Po svojem obujmu plastični otpad zauzima više od 30% otpada iz kućanstava.

Odvojeno prikupljanje otpadne plastične PET ambalaže u Zagrebu povezano je s odvojenim prikupljanjem otpadne metalne ambalaže. Za odvojeno prikupljanje rabe se posude žute (PET),(slika 16.) i sive boje (Al),(slika 17.) koje su postavljene na javnim površinama Grada i u reciklažnim dvorištima (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

Slika 16. Kontejner za PET ambalažu (Izvor: http://www.kova.hr/)

Slika 17. Kontejner za metalnu ambalažu (Izvor: http://www.kova.hr/)

Danas se PET ambalaža prikuplja kroz otkup uz povratnu naknadu, što se pokazalo kao dobar način jer se povećao udjel odvojeno prikupljene ambalaže obzirom na količine stavljene na tržište.



Slika 18. Prikupljanje PET ambalaže, recikliranje i korištenje sekundarne sirovine (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012.)

Biootpad čini približno trećinu kućnog otpada. Tu spadaju ostaci od pripreme hrane i zeleni ili vrtni otpad. Biootpad predstavlja vrijednu sirovinu za proizvodnju kvalitetnog biokomposta, te se odlaže u smeđe kontejnere (slika 19.).

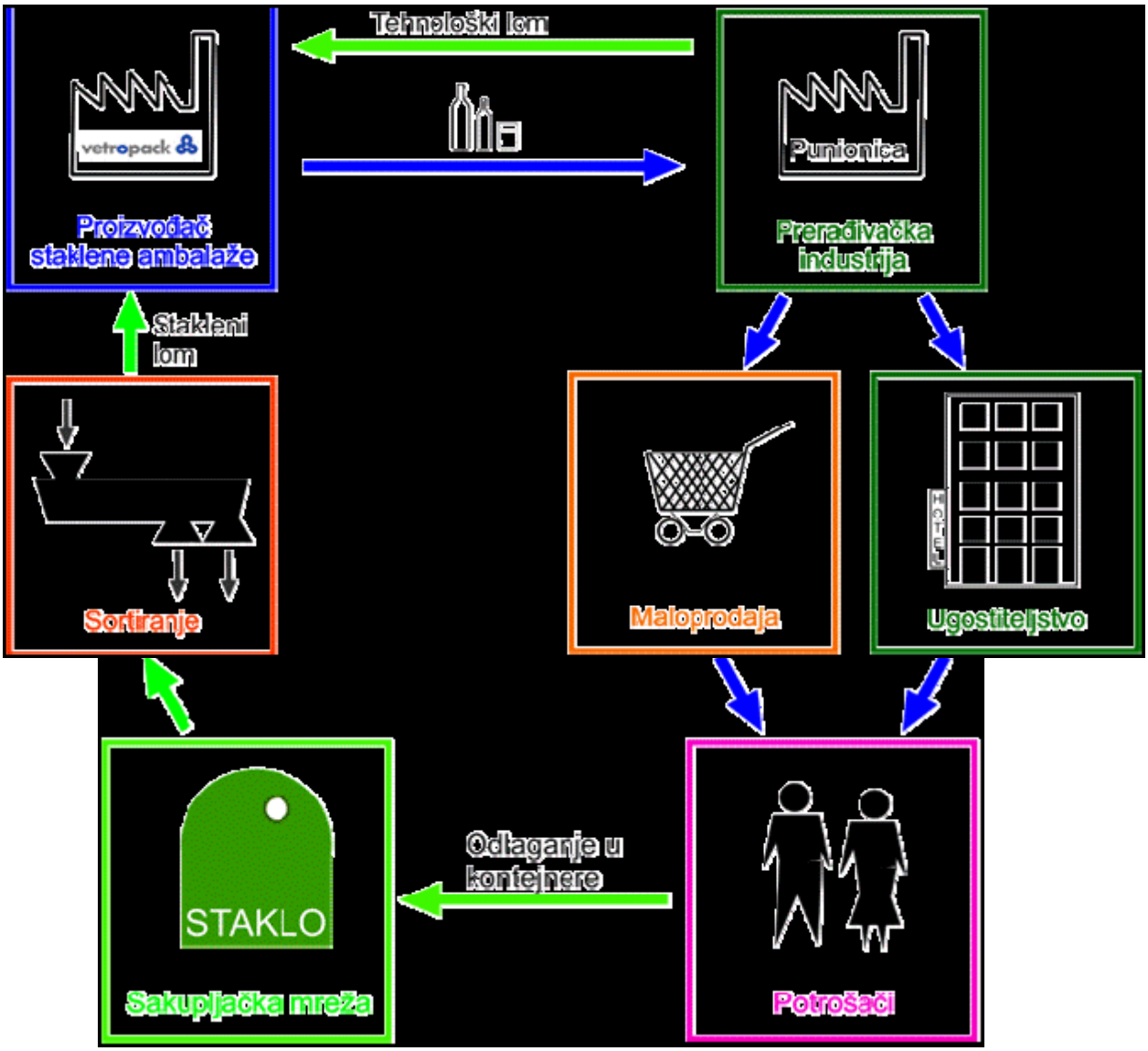
Slika 19. Kontejner za odvojeno prikupljanje biootpada (Izvor: http://www.webgradnja.hr/clanci/bio-otpad-i-njegovo-pravilno-prikupljanje-jesu-li-sve-smede-kante-iste/586/)

U nastavku će biti objašnjeni procesi recikliranja pojedinih sastavnica komunalnog otpada.

3.3.2. Recikliranje stakla

Staklo je materijal koji se može u potpunosti reciklirati. Na slici 20. prikazan je kružni ciklus staklene ambalaže kojeg čine: sakupljači (komunalna poduzeća), proizvođači (koji koriste

stakleni lom), korisnici proizvoda u staklenoj ambalaži (koji odvojeno odlažu korištenu ambalažu).



Slika 20. Kružni tok staklene ambalaže (Izvor: Lončarić Božić i Kušić, 2012. prema Vetropak Straža)

Na slici 20. prikazan je kružni tok staklene ambalaže. Ciklus započinje proizvodnjom staklene ambalaže, a nastavlja se odlaskom u punionicu. Zatim proizvod u staklenoj ambalaži odlazi na

tržište. Potrošači nakon korištenja proizvoda odlažu ambalažu u kontejnere za otpadno staklo koje zatim odlazi na sortiranje, a dobiveno lom staklo koristi se kao sirovina za proizvodnju nove ambalaže. Tamo se miješa sa eventualno novim sirovinama (pijesak voda) i tokom proizvodnog procesa zagrijava u pećima za taljenje na 1600 ^{o}C. Proizvedeno staklo puše se ili istiskuje u kalupe i na kraju procesa nastaje nova staklena boca odnosno ambalaža koja nastavlja svoj ciklus (Lončarić Božić i Kušić, 2012.).

3.3.3. Recikliranje metala

Najvažnija karakteristika limenki je ta da se može mnogo puta reciklirati a da pritom ne gubi na kvaliteti. Postupak reciklaže aluminijskih limenki obuhvaća: rezanje i usitnjavanje, skidanje sloja boja, taljenje, lijevanje te valjanje. Kada su limenke zapakirane u bale one se usitnjavaju na sitne komadiće. Usitnjavanje je pripremni proces koji omogućava odstranjivanje nečistoća. Nakon toga sitni komadići limenki prolaze kroz dvostruki magnetski separator koji odstranjuje metalne dijelove, pogotovo čelične dijelove i trake koje učvršćuju bale. Proces skidanja sloja boje s limenki se odvija na način da se upuhuje vruć zrak temperature oko 500 ^{o}C kroz usitnjene dijelove. Tako pročišćena masa se podvrguje visokim pećima gdje se topi na 700 ^{o}C. Poslije topljenja, nastali tekući aluminij se izlijeva u posebne kalupe koji se trebaju ohladiti vodom te tako nastaju blokovi aluminija – ingoti. Svi otpadni plinovi koji nastaju tijekom ovih procesa se odvode iz tvornice te obrađuju u posebnim objektima. Nastali nusproizvodi (vapno, bikarbonat) se recikliraju i koriste za proizvodnju proizvoda za gradnju. Blokovi aluminija se trebaju predgrijavati na 600 ^{o}C a zatim se obavlja „toplo valjanje“ te „hladno valjanje“. Tako se definiraju dimenzije i debljine lima koje određuje proizvođač limenki. Nakon toga, pripremljeni limovi aluminija trebaju proć kroz vertikalnu prešu koja pravi plitke kalupe. Plitki kalupi (čašice) se horizontalnim prešama provlače kroz seriju malih prstena čime se definiraju stranice i konačan oblik limenke. Nakon što je oblikovano tijelo limenke ona prolazi kroz „trimer“ čime se limenka skraćuje na točno određenu veličinu. Potom se obavlja pranje i sušenje u pećnicama. Kada je završeno pranje, rubovi limenki se trebaju zaštititi UV otpornim lakom, osušiti ispod UV svjetla te podvrgnuti tiskanju. Poslije tiskanja dekoracije na limenkama, one se suše i dalje pripremaju sa ciljem sužavanja tijela limenki kako bi se dobio skladan odnos s poklopcem

limenki. Kada je cijeli proces završen, limenke se odvoze do punionica gdje se čiste pod visokim pritiskom zraka i vode, napune sadržajem te dolaze do krajnjeg odredišta, tj. kupca.

3.3.4. Recikliranje papira

Tijekom svakog recikliranja papira vlakna postaju slabija i kraća, tako da je potrebno novu celulozu miješati s korištenim papirom da bi se dobila čvrstoća. Papir je moguće reciklirati četiri do šest puta. Proces recikliranja papira počinje samim postupkom sakupljanja. Zbog toga je izuzetno bitno odvojeno sakupljanje papira, dok se sam papir može dodatno sortirati obzirom na njegovu kvalitetu. Poslije baliranja sortirani papir se šalje na daljnju preradu. Kako bi se dobila celulozna masa, papir je potrebno dobro namočiti vodom. Potom se pomoću vibracijskog sita razdvajaju vlakna papira i vraćaju u celuloznu masu. Da bi se uklonile nečistoće, potrebno je da celulozna masa prođe kroz niz sita sa rupama. Zatim se celulozna kaša rotira u centrifugalnom filtru što omogućava odbacivanje materijala veće gustoće od celuloznih vlakana. Da bi se dobio papir bijele boje mora se odviti postupak ispiranja tinte. Ispiranje tinte se može omogućiti na dva načina: dodavanjem kemikalija čime se tinta razdvaja od smjese ili upuhivanjem zraka u smjesu, čime se stvara pjena koja sadrži više od 50% tinte. Odvajanjem pjene ostaje čišća masa. Potom se obavljaju postupci raspršivanja i ispiranja kako bi se uklonile preostale sitne čestice. Postupkom izbjeljivanja, koristeći perokside ili hidrosulfate koji odstranjuju boju iz celulozne mase, dobija se čisti bijeli papir. Potrebno je pročistiti vodu iz procesa recikliranja zbog ponovnog korištenja. Neiskorišteni materijali (tinta, plastika,..) se nazivaju mulj. Mulj je potrebno zakopati, odvesti na odlagališta otpada, iz njega se može dobiti energija za postrojenja za preradu papira procesom izgaranja ili se može koristiti kao umjetno gorivo na farmama.

4. ZAKLJUČAK

Otpad predstavlja jedan od najvećih problema današnjice. Kada je riječ o komunalnom otpadu, problem nastaje zbog povećanja količina otpada u domaćinstvima te deponiranja otpada na neprikladan način. Takvo postupanje s otpadom čini nepopravljivu štetu prirodi i čovjeku. Kao što je već spomenuto, ono čime svaki pojedinac može pripomoći sustavnom gospodarenju otpadom svakako je odvojeno prikupljanje otpada kako bi se koristan otpad mogao iskoristiti te promijeniti potrošačke navike. Odvojeno sakupljanje otpada smanjuje količinu otpada koja se odlaže, smanjuje broj i veličinu potrebnih odlagališta, čime se osigurava ljepši okoliš i više životnog prostora našoj djeci i unucima. Republika Hrvatska trenutno ne zadovoljava standarde Europske unije što se tiče ponovne uporabe i recikliranja komunalnog otpada. Kao što je već spomenuto, Hrvatska trenutno reciklira 16% komunalnog otpada, dok do 2020.godine mora ponovno upotrijebiti i reciklirati 50% komunalnog otpada. Europska komisija je pred Hrvatsku i druge Europske zemlje stavila jos ambiciozniji cilj, da do 2030.godine počnu reciklirati čak 70% komunalnog i 80% ambalažnog otpada. Također, cilj je da se od 2025.godine na smetlištima zabrani zakopavanje bilo kakvog reciklažnog otpada poput plastike, stakla, papira, metala i biološki razgradivog otpada. Na taj način Europska komisija želi promijeniti gospodarstvo iz „linearnog“ u „kružno“ što će omogućiti ponovnu uporabu, popravak i recikliranje sirovina. Stav Europske komisije je taj da otpad treba smatrati dijelom prošlosti.

5. LITERATURA

1. Lončarić Božić, A., Kušić H., 2012. : Upravljanje otpadom. Interna skripta, Preddiplomski studij Ekoinženjerstvo. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije. Zagreb.

2. Skoko, D., Mulabdić, M., Fundurulja, D., 2010. : Osvrt na koncepte MBO i biološkog reaktora za odlagalište otpada, HAAS INŽINJERING d.o.o. Đurđevac

3. Prelec, Z., 2010. : Postupci obrade i zbrinjavanja otpada. Inženjerstvo zaštite okoliša, poglavlje 10. Tehnički fakultet Rijeka, Zavod za termodinamiku i energetiku. Rijeka.

4. Peretin, S., 2010. : Unapređenje razvrstavanja kućanskog otpada. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, str. 5., 11-16

5. http://www.zakon.hr/z/657/Zakon-o-održivom-gospodarenju-otpadom

6. http://www.zakon.hr/z/319/Zakon-o-komunalnom-gospodarstvu

7. http://dnevnik.hr/vijesti/hrvatska/ministar-slaven-dobrovic-krk-je-svijetli-primjer-odrzivog-gospodarenja-otpadom---434434.html

8. http://www.vecernji.hr/hrvatska/hrvatska-reciklira-16-otpada-a-do-2030-morat-ce-cak-70-948644

9. http://www.mariscina.com/knjiznica/zero-waste-koncept-koncept-bez-otpada/zero-waste-primjeri-u-svijetu/

10. http://mariscina.eu/articles.php?article=27&page=2

11. http://www.humkom.hr/node/111

12. http://www.pre-kom.hr/postupanje-sa-otpadom.html