

# Gospodarenje otpadom

---

**Bekavac, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2010**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:720588>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-16**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Tomislav Bekavac**

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

**Prof. dr. sc. Mladen Šercer**

**Tomislav Bekavac**

Zagreb, 2010.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje
Datum 09-12-2010 rilog
Klasa: 602-04/10-6/8
Ur.broj: 15-1703-10-385

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **TOMISLAV BEKAVAC**

Mat. br.: 0035152795

Naslov: **GOSPODARENJE OTPADOM**

Opis zadatka:

Otpad i potrošnja energije prate svaku proizvodnju. Gospodarenje otpadom uvijek je bio i odraz stupnja civilizacije. Gospodarenju otpadom danas se posvećuje velika pozornost, a cilj je pri tome maksimiranje ekološki prihvatljive ponovne uporabe i oporabe.

U radu je potrebno usporediti podatke o količinama i vrsti otpada u svijetu i kod nas u cilju definiranja potrebnih kapaciteta u Republici Hrvatskoj za oporabu posebno polimernog otpada.

Zadatak zadan:

11. prosinca 2009.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Mladen Šercer

Rok predaje rada:

Prosinac 2010.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Dubravko Majetić

## SAŽETAK

Uloga polimera u svakodnevnom životu od velikog je značaja, a u budućnosti će njihova važnost sve više rasti. Polimeri omogućavaju razvoj društva visoke energijske učinkovitosti, imaju bitnu ulogu u zaštiti okoliša, te društvenim i ekonomskim dimenzijama održivog razvoja.

Porast potražnje proizvoda koji sadrže polimere nužno povlači za sobom sve veću količinu plastičnog otpada. Iz navedenog je vidljiva potreba za mudrim gospodarenjem plastičnim otpadom. U posljednje vrijeme zamijećen je trend porasta svijesti o toj problematici, te se stoga uvode mjere kako taj otpad ne bi završavao na odlagalištima otpada. Kako bi upravljanje otpadom bilo što učinkovitije potrebno je u prvom redu njegovo izbjegavanje, ponovna uporaba, materijalna oporaba (recikliranje), kemijska oporaba i energijska oporaba. Jedino preostalo rješenje koje se nameće, a u Hrvatskoj je najčešće jest odlaganje, koje je ujedno i najnepovoljnije.

Osam država članica EU te Norveška i Švicarska oporabile su više od 80 % korištene plastike. Te zemlje su usvojile integriranu strategiju upravljanja resursima koristeći različite pristupe gospodarenja otpadom s najboljim ekološkim i ekonomskim izborima. U Hrvatskoj se godišnje proizvede oko 143 000 tona plastičnoga otpada, od čega se 15 % oporabi što je daleko ispod europskog prosjeka. [1]

Postavljen je i zadatak izgradnje energana na otpad (najviše dvije, od kojih jedna u Zagrebu) i razvoj županijskih odlagališta na kojima bi se provodila biološko-mehanička oporaba otpada čime bi se količine komunalnog otpada smanjile.

**SADRŽAJ**

<b>1. Uvod</b> .....	8
<b>2. Gospodarenje komunalnim otpadom u EU</b> .....	9
2.1. Legislativa u EU .....	10
2.2. Cjeloviti sustav gospodarenja komunalnim otpadom u EU.....	11
2.2.1. Sustav gospodarenja komunalnim otpadom u Njemačkoj.....	14
2.2.1.1. Energijska uporaba i odlaganje .....	18
2.2.1.2. Kompostiranje .....	19
2.2.1.3. Sustav gospodarenja otpadom grada Münstera .....	19
2.3. Postupci obrade komunalnog otpada .....	22
2.3.1. Mehaničko-biološka obrada.....	23
2.3.2. Toplinska obrada .....	28
2.3.3. Fizikalno-kemijska obrada.....	33
2.4. Polimerni otpad .....	33
2.4.1. Mehaničko recikliranje .....	34
2.4.2. Energijska uporaba .....	36
2.4.3. Kemijsko recikliranje .....	36
<b>3. Gospodarenje komunalnim otpadom u RH</b> .....	38
3.1. Legislativa u RH .....	39
3.2. Plan gospodarenja otpadom.....	41
3.3. Gospodarenje polimernim otpadom .....	44
<b>4. Prijedlog cjelovitog sustava gospodarenja komunalnim otpadom u RH</b> .....	47
<b>5. Zaključak</b> .....	54
<b>6. Literatura</b> .....	55

**POPIS SLIKA:**

Slika 2.1. Zakoni iz područja gospodarenja otpadom u EU

Slika 2.2. Usporedba ukupno proizvedenog komunalnog otpada i komunalnog otpada po stanovniku u EU-27

Slika 2.3. Količine komunalnog otpada po stanovniku u zemljama EU, EFTA te Hrvatskoj i Turskoj, 2008.

Slika 2.4. Usporedba ukupne količine komunalnog otpada odloženog na odlagalištima i komunalnog otpada po stanovniku EU-27 odloženog na odlagalištima u razdoblju od 1995. do 2008.

Slika 2.5. Postrojenje za preradu komunalnog otpada u Njemačkoj

Slika 2.6. Proizvedeni otpad u Njemačkoj u razdoblju od 2000. do 2007.

Slika 2.7. Udio odlaganja komunalnog otpada

Slika 2.8. Broj postrojenja za gospodarenje komunalnim otpadom u Njemačkoj

Slika 2.9. Udio energijske uporabe i odlaganja u ukupnom otpadu

Slika 2.10. Udjeli godišnje količine otpada grada Münstera

Slika 2.11. Razvoj sustava gospodarenja otpadom u gradu Münsteru

Slika 2.12. Mehaničko-biološka obrada otpada

Slika 2.13. Opća shema MBO procesa s obzirom na redoslijed obrade

Slika 2.14. Dio postrojenja za mehaničku obradu otpada

Slika 2.15. Buduća Energana na otpad u Shenzhenu, Kina

Slika 3.1. Primarno recikliranje u gradu Zagrebu

Slika 3.2. Sastav otpada u hrvatskim kućanstvima prema masi

Slika 4.1. Plinsko postrojenje na Jakuševcu

**POPIS TABLICA:**

Tablica 2.1. Udjeli troška gospodarenja otpadom

Tablica 2.2. Brojčana oznaka i kratica za plastiku

Tablica 4.1. Ukupni broj energana na otpad u EU



## 1. UVOD

Danas je zbrinjavanje otpada i stupanj uspostave cjelovitog sustava gospodarenja otpadom jedan od kriterija kojim se prosuđuje ne samo civilizacijska nego i gospodarstvena razvijenost nekog područja. Da bi se uspostavio kvalitetan sustav i nadzor nad otpadom od nastanka do mjesta njegova zbrinjavanja neophodno je ustrojiti odgovorna tijela (kako na državnoj tako i na lokalnoj razini), donijeti odgovarajuću legislativu te izgraditi predviđene centre za prihvata, obradu i trajno zbrinjavanje neiskoristivih dijelova otpada. Kako bi se navedeno implementiralo u praksi potrebno je, na temelju zakonskih i podzakonskih akata, izraditi Plan gospodarenja otpadom, te provoditi u njemu sve predviđene mjere kako bi se navedeni postupci što bolje i efikasnije primijenili uvažavajući specifičnosti područja primjene, dosegnuti stupanj gospodarenja otpadom, ekonomske aspekte kao i gospodarske mogućnosti područja.

U ovom radu usporedit će se podaci o količinama i vrsti otpada u svijetu i Republici Hrvatskoj u cilju definiranja potrebnih kapaciteta za oporabu komunalnog, te posebno polimernog otpada u Republici Hrvatskoj.

## 2. GOSPODARENJE KOMUNALNIM OTPADOM U EU

Ukupna količina komunalnog otpada u EU, koji se zbrinjavao (i još uvijek se zbrinjava) na velikom broju odlagališta, procjenjuje se na više od 250 milijuna tona godišnje. Kako bi se smanjio broj odlagališta, članice EU odlučile su se za jedino moguće rješenje uz spaljivanje otpada, a to je povećanje udjela recikliranja i kompostiranja otpada. Isti koncept primjenjuje se i u SAD-u, što pokazuje da ekonomski razvijene zemlje podupiru nastojanja za smanjenjem nastanka otpada i smanjenjem broja odlagališta kroz uspostavu većeg stupnja primarnog recikliranja, odnosno uzimanja recikliranog materijala i stavljanja natrag u isti proizvod. Koncept primarnog recikliranja ne predstavlja strogo definirano pravilo, postavljen je tako da se racionalizira frekvencija prikupljanja otpada. Članice EU imaju svoje povijesne, kulturološke i geografske specifičnosti kada je u pitanju gospodarenje otpadom. [2]

Integralni sustav gospodarenja otpadom predstavlja današnji uobičajeni sustav kojim se definiraju zbirne radnje u gospodarenju otpadom. U načelu svaki pa i najjednostavniji način gospodarenja otpadom koji ima sljedeće osnovne potcjeline može se smatrati vrstom gospodarenja otpadom: [3]

- prikupljanje otpada,
- transport otpada,
- zbrinjavanje otpada uključivo obradu,
- odlaganje otpada.

Smatra se kako suvremeno cjelovito gospodarenje otpadom prvenstveno znači ostvarivanje pozitivnih prinosa zaštiti okoliša, ali u okvirima cjelovite eko-bilance. Pritom se pod eko-bilancama obično podrazumijeva upotreba korisnih dijelova otpada (sirovinskih i energijskih), zbrinjavanje otpada na način da je ostatak po volumenu što manji, što manje (biološki) reaktivan i da ne zaostaju toksični ostaci za odlaganje. Za smanjenje biološke aktivnosti potrebno je izdvojiti biootpad te isti kompostirati. Kompost se pritom treba smatrati rekuperacijskim proizvodom. Primarno recikliranje predstavlja jedan od oblika odvojenog prikupljanja otpada kako bi se smanjila potreba za njegovim naknadnim odvajanjem. U načelu nije moguće primarnom selekcijom postići visoku razinu razdvajanja otpada što nije vezano samo uz tehničke, već i kulturne i sociološke kriterije. [3]

Koncepcija primarnog recikliranja koja se primjenjuje s jedne je strane posljedica državne strategije gospodarenja otpadom i njenih ciljeva, ali i regionalnih i lokalnih specifičnosti.

Koncepcijski pristup primarnog recikliranja vezan je najčešće uz provođenje sljedećih aktivnosti: [3]

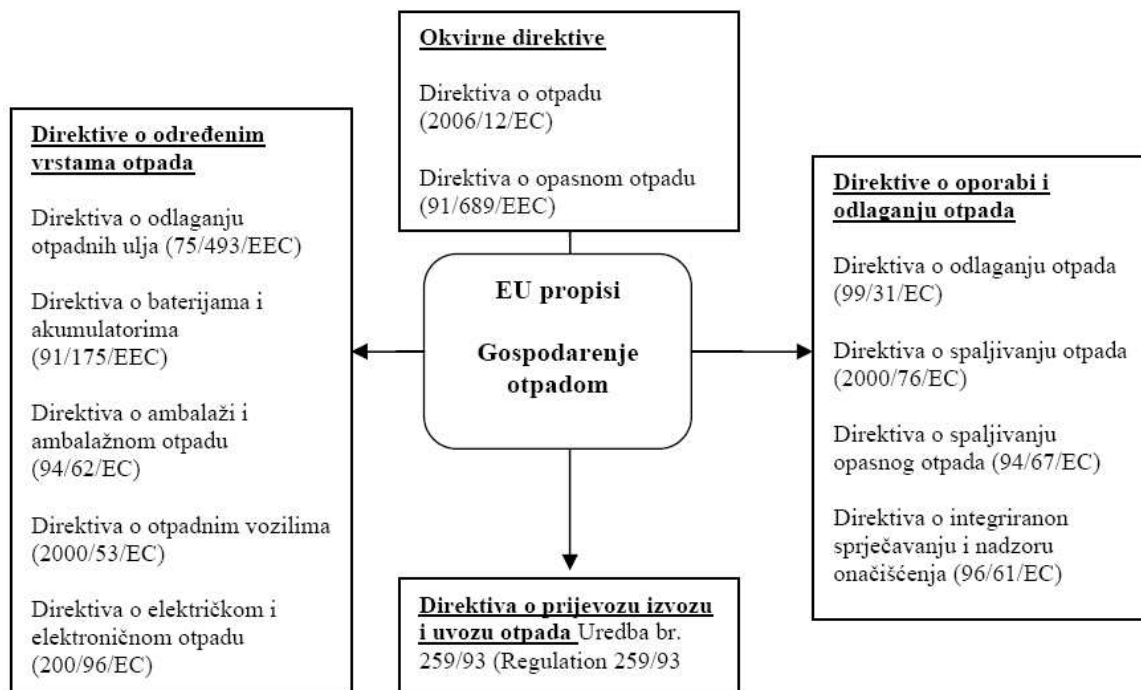
- odvojeno prikupljanje pojedinih tokova otpada na okućnicama
- postavljanje zelenih otoka
- postavljanje reciklažnih dvorišta
- specijalizirano prikupljanje glomaznog otpada.

## 2.1. Legislativa u Europskoj uniji

Europsko zakonodavstvo o otpadu međusobno je povezano i ovisno, a propisi o otpadu međusobno se nadopunjuju s propisima iz ostalih područja, od kojih je najvažnije zaštita okoliša. [3]

Direktiva 2006/12/EEZ donosi općenite odredbe o upravljanju otpadom u EU i njezin osnovni cilj je uspostaviti općenita pravila kojima se ostvaruje upravljanje otpadom u zemljama članicama. Država članica mora zabraniti nekontrolirano odbacivanje, pražnjenje i odlaganje otpada i dužna je promovirati prevenciju i uporabu otpada. Države članice obvezane su surađivati sa ciljem stvaranja integrirane i adekvatne mreže postrojenja za odlaganje uzimajući u obzir najbolje dostupne tehnologije kako bi u budućnosti stvorile uvjete da zajednica sama može odlagati vlastiti otpad. Država članica mora osigurati da posjednici otpada predaju otpad javnim ili privatnim tvrtkama koje se bave zbrinjavanjem ili uporabom otpada ili sami moraju zbrinuti/oporabiti otpad u skladu s odredbama Direktive. Tvrtke koji se bave obradom, skladištenjem ili odlaganjem otpada moraju dobiti ovlaštenje nadležne vlasti o tome da zadovoljavaju tehničke kriterije i poduzimaju mjere opreza ovisno o tipu i količini otpada koji će obraditi. Nadležne vlasti dužne su provjeravati i nadgledati rade li tvrtke prema propisima. Troškovi zbrinjavanja otpada moraju se naplatiti od posjednika otpada u skladu s načelom *onečišćivač plaća*. [3]

Na slici 2.1 prikazani su propisi kojima se regulira gospodarenje otpadom u EU. Riječ je o direktivama koje predstavljaju sekundarni izvor prava Europske zajednice. One obvezuju svaku državu članicu kojoj su upućene u pogledu rezultata koji se moraju ostvariti, dok se nacionalnoj vlasti ostavlja izbor oblika i metode ostvarivanja tog cilja. [4]

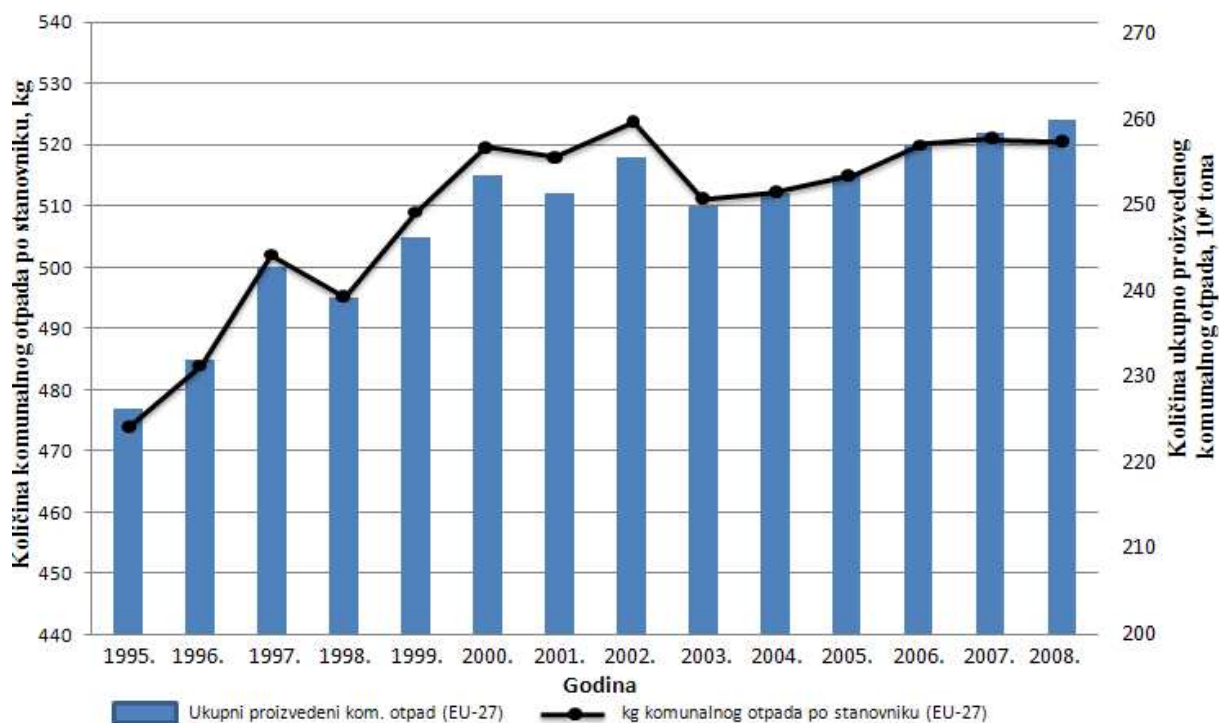


Slika 2.1. Zakoni iz područja gospodarenja otpadom u EU [3]

## 2.2. Cjeloviti sustav gospodarenja komunalnim otpadom

Prema podacima statističkog ureda *Eurostat*, u Europskoj Uniji se svake godine odbaci približno 2,5 milijarde tona otpada, od čega se oko 260 milijuna tona odnosi na komunalni otpad. [4]

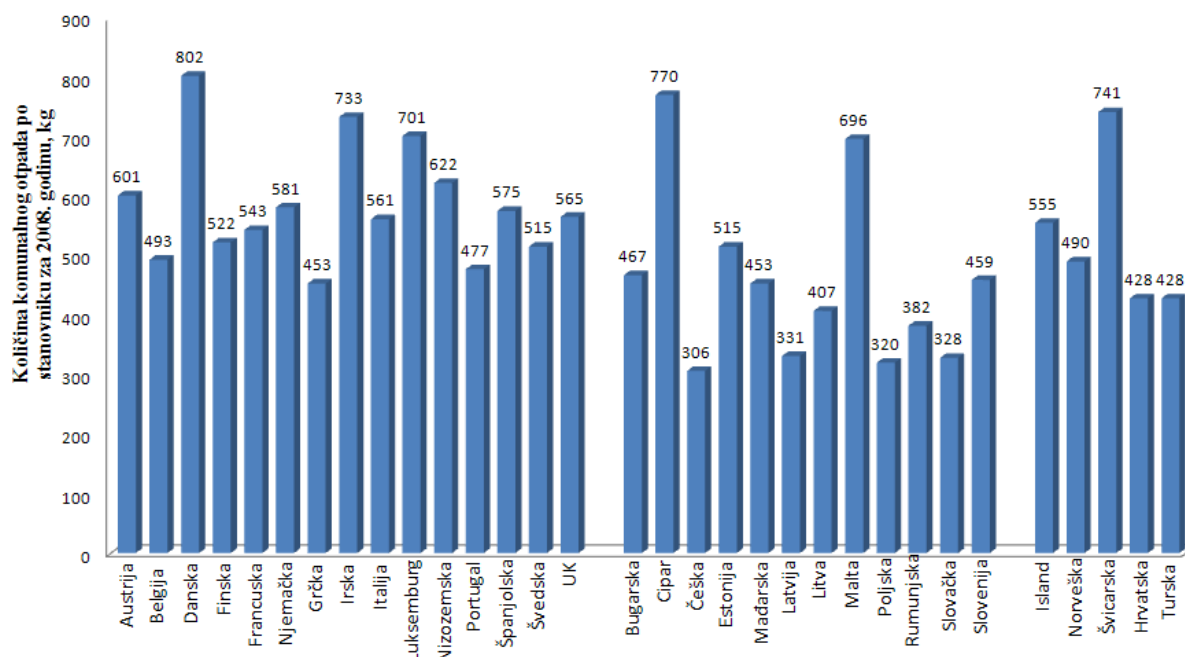
Količina nastalog komunalnog otpada kontinuirano raste iz godine u godinu. U razdoblju do 2000. godine rast novonastale količine komunalnog otpada iznosio je 2 - 3 %, sukladno gospodarskom rastu. U posljednjem desetljeću smanjena je stopa rasta zahvaljujući poduzetim mjerama za suzbijanje nastajanja otpada te globalnoj gospodarskoj krizi. Na slici 2.2 je prikazana usporedba količina ukupno proizvedenog komunalnog otpada u EU-27 i komunalnog otpada po stanovniku. [4]



Slika 2.2. Usporedba ukupno proizvedenog komunalnog otpada i komunalnog otpada po stanovniku u EU-27 [4]

U 2008. godini stanovnik EU-27 prosječno je proizveo 524 kg komunalnog otpada, što je na razini podataka iz 2000. godine. Iz gornjeg dijagrama proizlazi da se količine ukupno proizvedenog komunalnog otpada i komunalnog otpada po stanovniku nisu bitnije mijenjale od 2000. godine. [4]

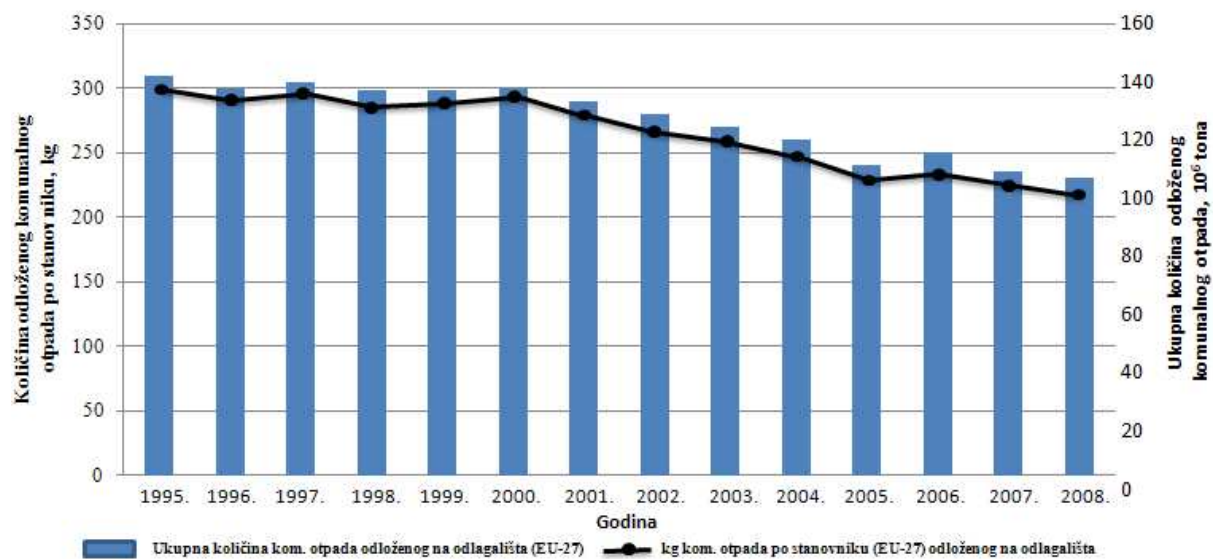
Ako se usporede podaci o komunalnom otpadu po stanovniku, između pojedinih zemalja je uočljivo veliko odstupanje u količinama stvorenog komunalnog otpada. Prema količinama proizvedenog komunalnog otpada po stanovniku u 2008. godini, prednjače Danska (802 kg), Cipar (770 kg), Švicarska (741 kg) i Irska (733 kg). U tim zemljama se velike količine stvorenog komunalnog otpada mogu pripisati većoj potrošnji i sustavu prikupljanja komunalnog otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina (npr. recikliranje, uporaba). Najmanje količine komunalnog otpada po stanovniku izmjerene su u Češkoj (306 kg), Poljskoj (320 kg), Slovačkoj (328 kg) i Latviji (331 kg). Ti podaci ukazuju na nižu potrošnju po stanovniku što se može protumačiti nižim standardom i manjom kupovnom moći u odnosu na razvijenije zapadnoeuropske zemlje. [4]



Slika 2.3. Količine komunalnog otpada po stanovniku u zemljama EU, EFTA te Hrvatskoj i Turskoj, 2008. [4]

Usporedivši vrijednosti sa slike 2.3 dobiva se podatak da su članice EFTA-e u 2008. proizvele najveću količinu komunalnog otpada, prosječno 595 kg po stanovniku. Slijede članice EU-15 (583 kg) i nove članice EU (453 kg). Sa 428 kg stvorenog komunalnog otpada po stanovniku, Hrvatska se nalazi ispod prosjeka novih članica EU te pripada grupi zemalja s malom količinom proizvedenog komunalnog otpada po stanovniku. [4]

Postupak zbrinjavanja komunalnog otpada u EU uvelike se promijenio u zadnjem desetljeću. 1998. godine je oko 60 % komunalnog otpada završilo na odlagalištima, 16 % je energijski oporabljen, 13 % reciklirano, a 8 % je kompostirano. Zaokretom u načinu gospodarenja otpadom, udio komunalnog otpada koji je završio na odlagalištima drastično je pao. Tako je 2008. godine udio komunalnog otpada odloženog na odlagalištima pao na 40 %, dok se udio koji je energijski oporabljen povećao na 20 %, reciklirano je 23 % i kompostirano 17 %. Najveći zaokret u načinu gospodarenja komunalnim otpadom napravila je Njemačka gdje je količina komunalnog otpada koja završava na odlagalištima smanjena s 199 kg na samo 3 kg po stanovniku u vremenskom razdoblju od 10 godina. Veća smanjenja odloženog komunalnog otpada također su evidentirana u Nizozemskoj, Švedskoj, Austriji i Belgiji. [4]



Slika 2.4. Usporedba ukupne količine komunalnog otpada odloženog na odlagalištima i komunalnog otpada po stanovniku EU-27 odloženog na odlagalištima u razdoblju od 1995. do 2008. [4]

### 2.2.1. Sustav gospodarenja komunalnim otpadom u Njemačkoj

Sektor zadužen za zbrinjavanje otpada postao je jedan od najopsežnijih i najutjecajnijih ekonomskih sektora u Njemačkoj tijekom posljednjih nekoliko desetljeća. U prilog navedenom mogu se navesti 160 000 radnih mjesta koje osigurava, kao i 40 milijardi eura prometa godišnje. Sektor zbrinjavanja otpada u Njemačkoj uvelike doprinosi učinkovitosti iskorištavanja resursa zbog učestalog korištenja postupaka oporabe i recikliranja. Udio oporabe iznosi 75 % za komunalni otpad, 80 % za komercijalni otpad, te 90 % konstrukcijski otpad, što je jasna potvrda učinkovitosti suvremenih metoda gospodarenja otpadom. Na slici 2.5 prikazano je postrojenje za preradbu otpada. [5]

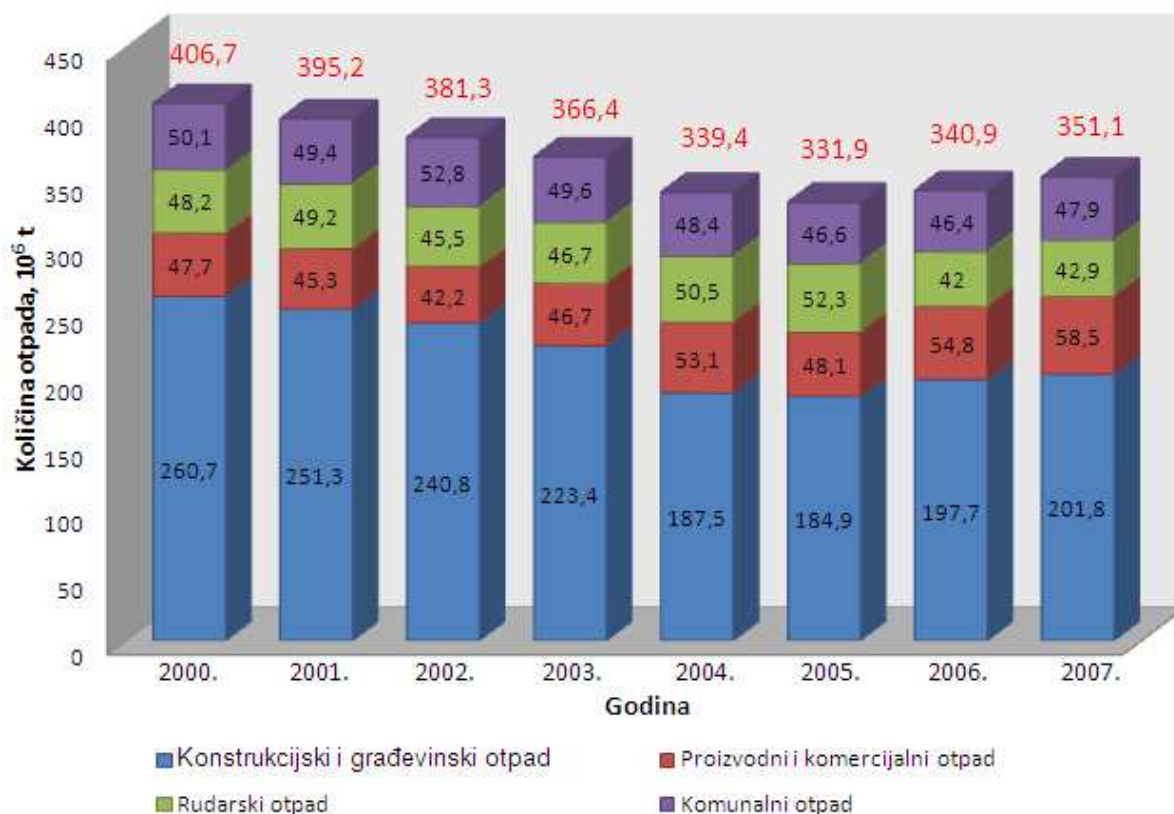


Slika 2.5. Postrojenje za preradbu komunalnog otpada u Njemačkoj [5]

Danas su uštede fosilnih goriva, koja se koriste pri zbrinjavanju otpada, osam puta veće nego početkom 90-ih godina. Razvoj metoda zbrinjavanja otpada postavio je nove standarde pomoću kojih se nastoje zaštititi klimatski uvjeti, bilo uštedom energije, bilo smanjenjem emitiranih plinova na odlagalištima. [5]

Dosadašnja iskustva u Njemačkoj, kao i podaci kojima raspolaže njemački sektor zbrinjavanja otpada govore u prilog uspješnom razvoju novih metoda, kao i njihovih rezultata. Pravi izazov je, međutim, još uvijek pred njima. Manjak resursa i energijskih izvora zahtijeva daljnje napore kako bi se zajamčila globalna zatvorenost kruga recikliranja. Još uvijek se gubi ogromna količina dragocjenih materijala zbog toga što ljudi ne gospodare odgovornije vlastitim otpadom. Čak i u Njemačkoj, koja se smatra svojevrsnim pionirima na tom području, još uvijek ima prostora za poboljšanje učinkovitosti. [5]

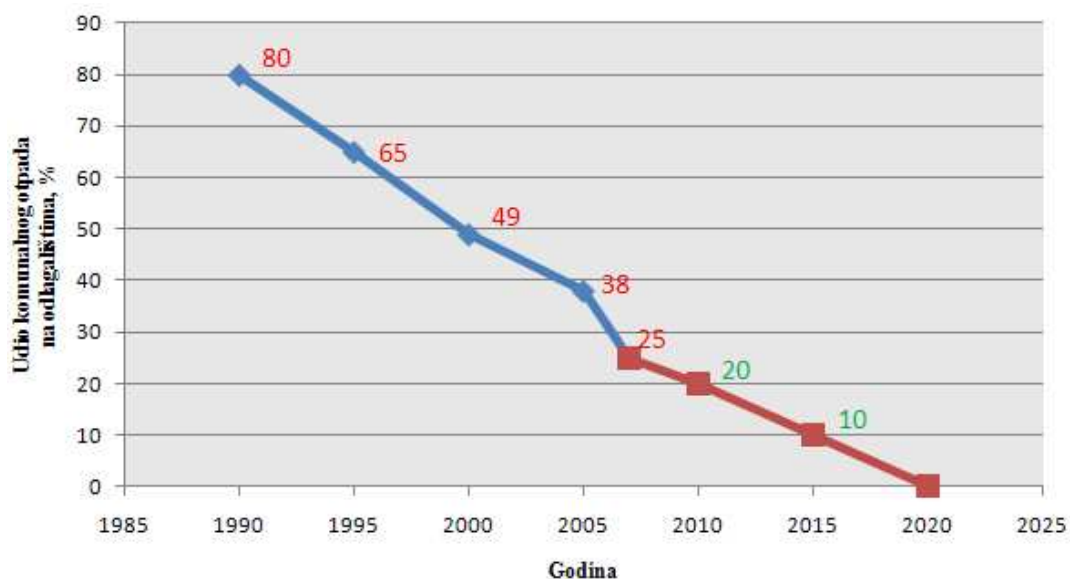




Slika 2.6. Proizvedeni otpad u Njemačkoj u razdoblju od 2000. do 2007. [5]

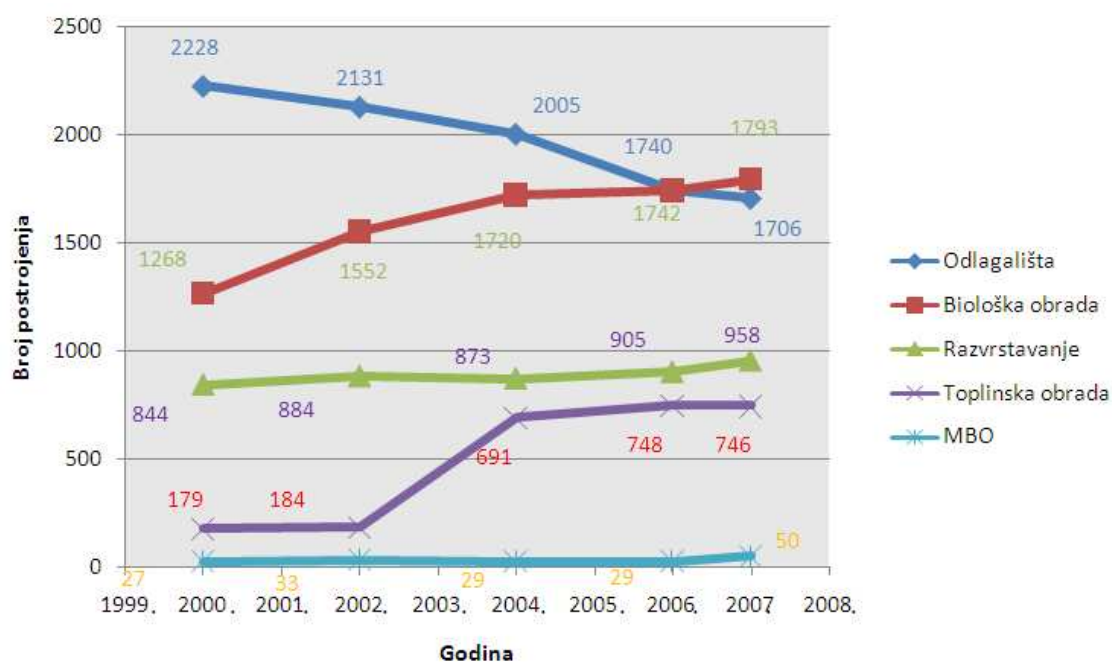
Učinkovitost gospodarenja otpadom u Njemačkoj prvi put se znatnije poboljšala početkom 1999. nakon čega je nastupilo razdoblje stagnacije popraćeno manjom količinom ukupnog otpada. Iduće poboljšanje učinkovitosti gospodarenja otpadom zamijećeno je 2004. kada je porastao bruto nacionalni dohodak, iako je opseg ukupne količine otpada nastavio padati. Ponovno povećanje opsega ukupne količine otpada zabilježeno je 2006., te se uglavnom može opravdati promjenama u podnošenju izvještaja, pri čemu se podaci vezani uz ukupne količine prikupljenog otpada više nisu iskazivali u neto vrijednosti, već bruto. [5]

U Njemačkoj je 1990. godine 80 % komunalnog otpada završavalo na odlagalištima. Tijekom zadnja dva desetljeća napravljen je velik pomak u gospodarenju komunalnim otpadom. Donošenjem EU Direktive i njezinom implementacijom udio odloženog komunalnog otpada je drastično pao, te je 2007. godine iznosio svega 25 % (slika 2.7). Cilj njemačkog sustava gospodarenja otpadom jest nastavak smanjenja odloženog komunalnog otpada, da bi se 2020. godine postigla 100 %-tna uporaba komunalnog otpada. [5]



Slika 2.7. Udio odlaganja komunalnog otpada u Njemačkoj u razdoblju od 1985. do 2007. i procjena do 2020. [5]

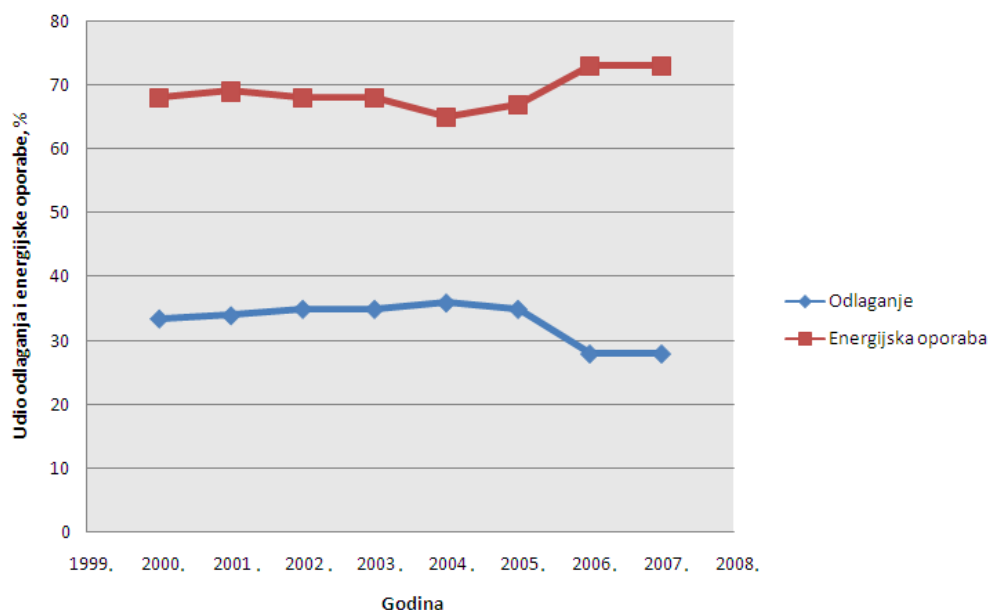
Sustavnim smanjivanjem odloženog komunalnog otpada smanjila se i potreba za velikim brojem odlagališta. Na slici 2.8 dan je prikaz broja odlagališta i postrojenja za obradu komunalnog otpada u razdoblju od 2000. do 2007. godine. Više od 500 odlagališta komunalnog otpada je sanirano, dok se povećao broj postrojenja za razvrstavanje, biološku, mehaničko-biološku i toplinsku obradu. [5]



Slika 2.8. Broj postrojenja za gospodarenje komunalnim otpadom u Njemačkoj [5]

### 2.2.1.1. Energijska uporaba i odlaganje

Kako bi se ostvario održivi rast potrebno je pametno iskorištavanje resursa i stabilan gospodarski razvoj. Navedena strategija bit će dugotrajno uspješna samo ako se poboljšanja učinkovitosti ne ponište povećanjem proizvodnje ili potrošnje, pri čemu su ključne prevencija i energijska uporaba. Krajnji cilj razvoja novih metoda gospodarenja otpadom je razvoj sustava koji će postati izvor za opskrbu sirovinama i proizvodnju dobara. Stope uporabe u Njemačkoj najviše su u svijetu te pokazuju kako otpadna industrija doprinosi održivosti nacionalne ekonomije štedeći pritom sirovine i primarne izvore energije. Kretanje energijske uporabe i odlaganja u zadnjem desetljeću je prikazan na slici 2.9. Vidljiv je pozitivan trend smanjivanja udjela odlaganja i povećanja energijske uporabe. [5]



Slika 2.9. Udio energijske uporabe i odlaganja u ukupnom otpadu u Njemačkoj [5]

Udio otpada koji se ne može energijski uporabiti potrebno je zbrinuti na način koji je neškodljiv za okoliš i ljudsko zdravlje. Organski otpad podvrgava se mehaničko-biološkoj ili toplinskoj obradi kako bi postao inertan, te kako bi se spriječilo ispuštanje štetnih plinova na odlagalištu i smanjila potreba za isušivanjem istjecale vode. Od 2005. godine je zabranjeno odlaganje organskog otpada bez prethodne obrade. Energane na otpad moraju ispunjavati vrlo stroge norme kvalitete zraka. [5]

### **2.2.1.2. Kompostiranje**

Trenutna potražnja za kompostom visoke kvalitete uvelike premašuje njegovu raspoloživu količinu. Razlog tome je njegova proizvodnja od zasebno prikupljenog i obrađenog biorazgradivog otpada koji se može koristiti pri amelioraciji tla (npr. humus). Kada je prikupljeni bio razgradivi otpad uz navedeno i digestiran omogućena je energijska uporaba. Digestija je mikrobiološki proces razgradnje organske tvari bez prisutnosti kisika. Glavni proizvodi ovog procesa su bioplin i digestat. Navedeni koncept, kao i niz njemu sličnih mogu igrati značajnu ulogu pri zaštiti resursa. [5]

Trenutno se u Njemačkoj godišnje prikupi oko 8,8 milijuna tona biorazgradivog otpada (putem biospremnika ili prikupljanjem vrtnog otpada), te se većina kompostira. Ako se ukupni broj prikupljenog biorazgradivog otpada podijeli s ukupnim brojem stanovnika, proizlazi da je ukupna količina prikupljenog biorazgradivog otpada po stanovniku veća od 100 kilograma godišnje. [5]

Očekuje se da će biorazgradivi otpad u budućnosti bitno doprinosti proizvodnji energije. Upravo iz tog razloga Federalni akt o obnovljivim izvorima energije - EEG, podržava nadogradnju postojećih postrojenja za kompost koja provode fazu fermentacije. Takvi procesi rezultiraju iskoristivim bio plinovima kao i dragocjenim i traženim kompostom. [5]

### **2.2.1.3. Primjer sustava gospodarenja komunalnim otpadom grada Münstera [6]**

Odlagalište otpada u Münsteru djeluje od 01.01.1996., te pripada grupi komunalnih postrojenja u privatnom vlasništvu. Broji 320 zaposlenika, a nudi usluge prikupljanja otpada i zimske službe. Pokriva približno 302 km<sup>2</sup>, te 280 000 stanovnika naseljenih u tom području. Centar gospodarenja otpadom sastoji se od: odlagališta i postrojenja za obradu (kompostiranje, mehaničko-biološka obrada, spaljivanje).

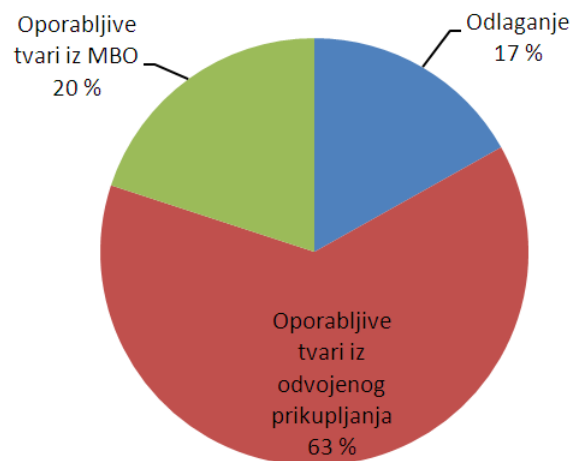
Utjecaj razvoja novih tehnologija i metoda gospodarenja otpadom može se i brojčano iskazati smanjenjem količine odloženog otpada s 300 000 tona na 30 000 tona i povećanjem količine ponovno upotrebljivog otpada s 25 000 tona na više od 100 000 tona godišnje. Metodom

mehaničko-biološke obrade otpada (MBO) obrađeno je 69 020 t u 2009., dok je kompostirano 29 924 t biotpada.

Otpad se zaprima u komunalnom sustavu grada Münstera kroz segmente:

- sustava redovitog prikupljanja i odvoza otpada,
- reciklažnih centara i
- sakupljanja i odvoženja krupnog otpada.

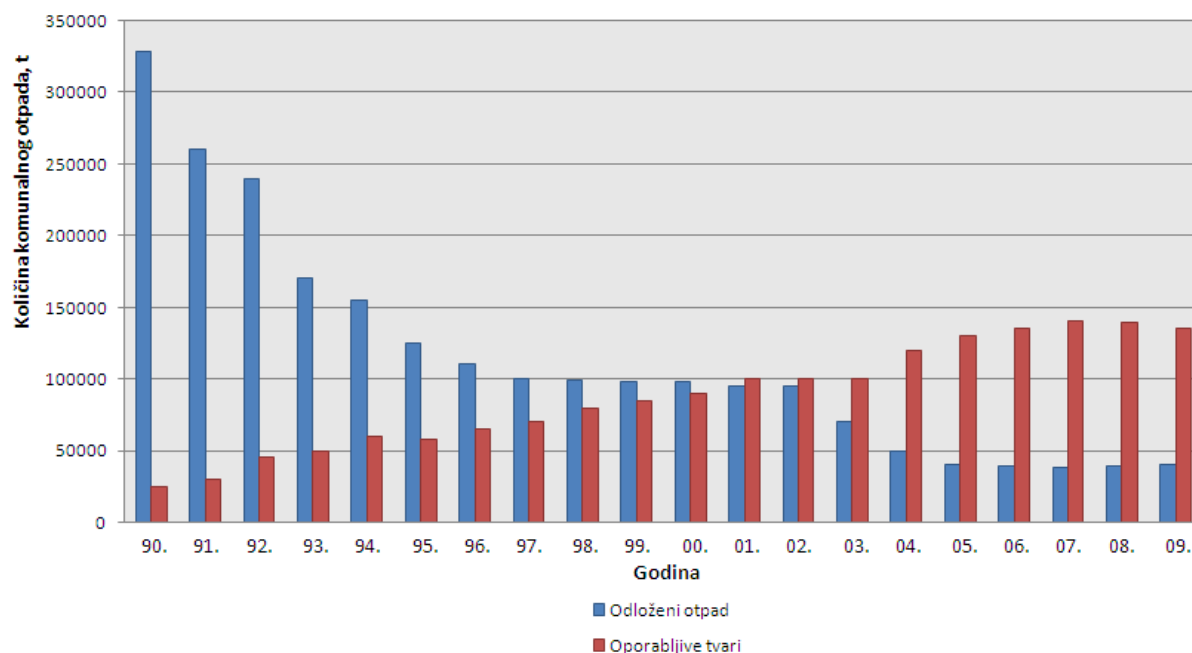
Količina obrađenog otpada u 2009. godini iznosila je oko 195 000 t. Najveći dio tog otpada činile su uporabive tvari iz odvojenog prikupljanja otpada (67 %), uporabive tvari iz MBO (20 %), a ostalih 17 % otpada se odložilo na odlagališta. Ovi podaci su pokazatelj koliko je značajan prikladan sustav odvojenog prikupljanja na koji otpada 2/3 ukupne količine obrađenog otpada.



Slika 2.10. Udjeli godišnje količine otpada grada Münstera [6]

Oporabive tvari iz sustava odvojenog prikupljanja imaju visoku kvalitetu, pa je unatoč promjenjivim cijenama na tržištu uvijek moguća isporuka u veće pogone za recikliranje ili u izvoz.

Detaljniji uvid u sustav gospodarenja otpadom u gradu Münsteru prikazan je na slici 2.11. Tijekom zadnja dva desetljeća vidljiv je drastičan pad količine odloženog otpada u odnosu na stalan rast uporabive tvari. Predviđeno je da će se pozitivan trend nastaviti i u budućnosti.



Slika 2.11. Razvoj sustava gospodarenja otpadom u gradu Münsteru [6]

Oporabive tvari iz MBO-a su niže kvalitete i time niže tržišne vrijednosti. Ovisno o stanju na tržištu, ponekad se isporučuju u pogone za materijalno recikliranje. Češća je energijska uporaba ovih tvari.

Sustav prikupljanja otpada obuhvaća:

- 57 000 spremnika za preostali otpad,
- 38 000 spremnika za biotpad,
- 47 000 spremnika za papir,
- 1 700 spremnika za ostale uporabive tvari,
- 8,5 milijuna vreća godišnje, u najvećem dijelu za ostale uporabive tvari.

Tjedno se obavi oko 90 000 pražnjenja spremnika i prikupi oko 80 000 žutih vreća za ostale uporabive tvari. Glomazni otpad odvozi se jedanput mjesečno. Na naznačenom javnom mjestu u definirano vrijeme, dopušteno je odložiti krupne predmete/tvari, zeleni otpad i elektronički otpad. Sustavom glomaznog otpada u 2009. godini ukupno je prikupljeno 12,5 tisuća t.

Reciklažni centri sastoje se od dva glavna centra, osam manjih centara i jednog sabirnog mjesta za oporabive tvari. 2009. godine je u okviru tzv. *sustava donošenja otpada* prikupljeno ukupno 26 237 t. Prema dosadašnjem iskustvu takav se sustav pokazao jeftinim i djelotvornim.

Sustavom komunalnih usluga upravlja poduzeće *AWM*, u vlasništvu grada Münstera.

Naknada za komunalnu uslugu se sastoji od dva dijela:

- paušalni dio po domaćinstvu (36 € godišnje),
- varijabilni dio na temelju veličine spremnika za ostali otpad i biootpad.

Pažljivijim odvajanjem otpada, korisnik usluge može smanjiti volumen spremnika za ostali otpad i/ili biootpad (npr. vrtnim kompostiranjem) i na taj način smanjiti varijabilni dio troška. Prosječan trošak po osobi je oko 80 € godišnje, što donosi oko 22 milijuna €, odnosno nešto više od pola ukupnih prihoda *AWM* tvrtke, koji su u 2010. godini iznosili oko 41 milijun €.

Tablica 2.1. Udjeli troška gospodarenja otpadom [6]

<b>AWN - Trošak gospodarenja otpadom</b>	
27%	prerada preostalog otpada
20%	odvoz preostalog otpada i biootpada
11%	spaljivanje biootpada
8%	sanacija starog odlagališta
7%	odvoz papira
6%	odlaganje ostataka iz MBO-a
5%	odvoz glomaznog otpada
5%	reciklažni centri
3%	kompostiranje zelenog otpada
2%	odvoz zelenog otpada
2%	ured za savjete i komunikaciju s građanstvom
1%	zbrinjavanje problematičnih tvari
3%	ostalo

### 2.3. Postupci obrade komunalnog otpada

Osnovni ciljevi svih tehnologija obrade otpada, prema smjernici EU Direktive o odlaganju otpada (*Landfill of waste Directive 99/31/EC*), neovisno o vrsti i tipu tehnologije su: [7]

- smanjenje količine otpada za konačno odlaganje i
- smanjenje negativnog utjecaja neobrađenog otpada na okoliš.

S obzirom na način obrade otpada, postupci obrade otpada mogu se podijeliti na: [7]

- mehaničku obradu (izdvajanje korisnog dijela otpada),
- biološku obradu (biološka razgradnja organskog dijela otpada),
- toplinsku obradu (obrada ukupnog dijela otpada ili samo jednog dijela, koji prije toga može biti obrađen drugim postupcima, obuhvaća čitav niz različitih tehnologija) i
- fizikalno-kemijsku obradu.

Osnovni ulazni parametri koje je potrebno poznavati za odabir tehnologije obrade komunalnog otpada su: obuhvatnost organiziranog odvoza, raspodjela količine otpada tijekom godina, učinkovitost izdvojenog skupljanja otpada, te sastav otpada. [8]

### ***2.3.1. Mehaničko-biološka obrada***

Mehaničko-biološka obrada - MBO (eng. MBT – mechanical biological treatment) komunalnog otpada predstavlja skup različitih postupaka obrade otpada s mogućnošću proizvodnje proizvoda za daljnje iskorištavanje vrijednih svojstava otpada uz različite načine odlaganja ostatka. [8]

Koncept MBO otpada razvio se u Njemačkoj kao posljedica težnje da se smanji količina biorazgradivog otpada koji se odlaže na odlagalištima, te da se poveća potencijalna uporaba sirovina iz otpada. Zamišljen je kao logički slijed razvoja tehnologija kompostiranja, sa sofisticiranijim sustavima mehaničke obrade. Tehnologija je vrlo rasprostranjena u Zapadnoj Europi te postoji velik broj institucija koje se bave razvojem, daljnjim unaprjeđenjem i proizvodnjom uređaja, koji čine njezin sastavni dio. [7]

MBO otpada temelji se na mehaničkoj pripremi ulazne količine otpada i biološkoj obradi biorazgradivog dijela komunalnog otpada. Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada vrlo je reaktivna i predstavlja najveći problem koji se rješava u kontroliranim uvjetima i u relativno kratkom vremenu, uz smanjenje mase otpada koju je potrebno zbrinuti. Ovisno o

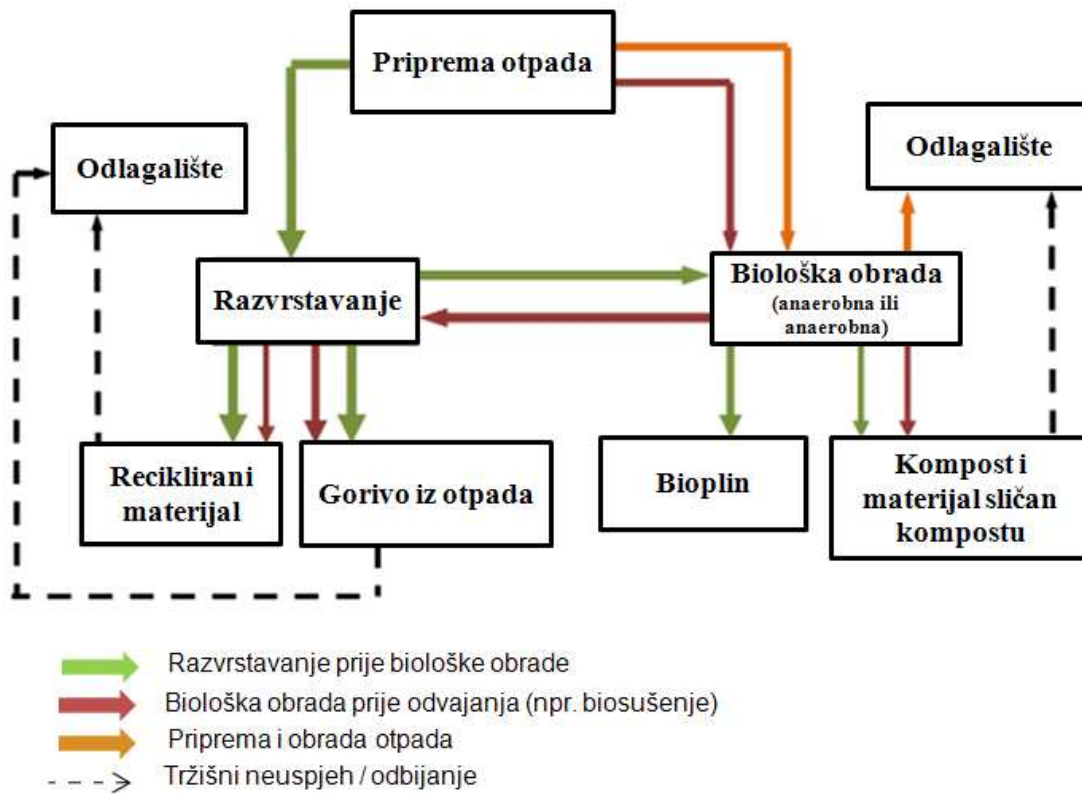


načinu obrade ulaznog otpada, određen je i način odlaganja sa ili bez dodatnog iskorištavanja energije. [8]

MBO je proces obrade komunalnog otpada koji određene frakcije komunalnog otpada odvaja mehaničkim putem, dok druge obrađuje biološkim procesima, tako da smanjuje ostatnu frakciju, stabilizira ju i priređuje za moguće upotrebe. MBO tehnologija obuhvaća dva ključna procesa: mehaničku (M) i biološku (B) obradu otpada. Na tržištu je prisutan veliki broj MBO tehnologija s različitim kombinacijama elemenata za mehaničku i biološku obradu, što omogućava odabir postrojenja za specifičnu namjenu. [7]

Uvođenjem obrade otpada (MBO metode) zadovoljavaju se norme postavljene Direktivom EU-a o otpadu. Razvijen je veliki broj varijanti MBO postrojenja sa znatnim razlikama u tehničkoj opremljenosti i uvjetima rada. Navedeni proces zasniva se na konceptu kombiniranja mehaničke (M) i biološke (B) obrade (O) otpada kako bi se postigli sljedeći ciljevi: [8]

- maksimiranje količine obnovljivih sirovina (staklo, metal, plastika, papir, i dr.),
- proizvodnja komposta i obrađenih materijala sličnih kompostu (e. *CLO - compost-like output*),
- proizvodnja krutog goriva iz otpada (e. *RDF - refuse derived fuel*),
- proizvodnja bio-stabiliziranog materijala za odlaganje,
- proizvodnja bioplina za proizvodnju toplinske i/ili električne energije,
- proizvodnja visoko kvalitetnog krutog goriva definiranih svojstava (e. *SRF - solid recovered fuel*).

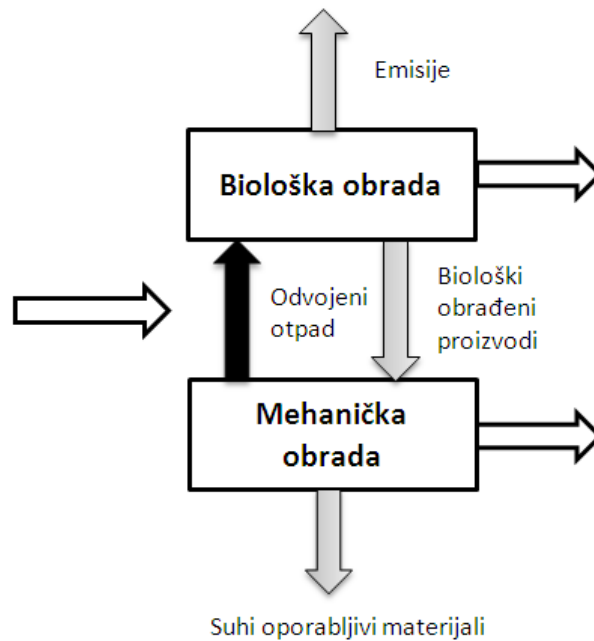


Slika 2.12. Mehaničko-biološka obrada otpada [8]

MBO se s obzirom na redoslijed obrade otpada dijeli na: [7]

- MBO procese - procesi u kojim se otpad najprije obrađuje mehaničkim, pa tek onda u biološkim procesom,
- BMO procese - procesi u kojim se otpad najprije obrađuje biološkim, pa tek onda u mehaničkim procesom.

Na slici 2.13 nalazi se prikaz opće sheme MBO procesa s obzirom na redoslijed obrade otpada.



Slika 2.13. Opća shema MBO procesa s obzirom na redoslijed obrade [7]

Prema općoj shemi MBO procesa prikazanog na slici 2.13, prethodno neobrađeni otpad najprije se šalje na mehaničku obradu gdje se provodi mehaničko odvajanje metala, plastike, stakla i potencijalno opasnih tvari. Ostatak otpada koji je većim dijelom biorazgradiv, odlazi na kompostiranje ili anaerobnu digestiju. Tijekom procesa biološke obrade materijal se komprimira i stabilizira te se nakon toga odlaže. [7]

Za razliku od MBO procesa, kod BMO procesa, cjelokupni ulazni otpad prvotno se odvodi na biološku obradu tijekom koje se organske tvari djelomično razgrađuju u aerobnim uvjetima (pri čemu se smanjuje udio vlage) te otpad postaje suši i podložniji kvalitetnom prosijavanju. Nakon biološke obrade slijedi mehanička separacija otpada, te se takav tip procesa naziva biološko-mehanička obrada (BMO). Za BMO proces je karakteristično da njime nastaju kruti gorivi produkti relativno visokih kalorijskih vrijednosti, koji se mogu koristiti kao gorivo (*GIO* ili e. *SRF*). [7]

Biološki postupci razgradnje koji najčešće dolaze u obzir su: kompostiranje, biosušenje ili anaerobna digestija. Kompostiranje otpada je aerobni postupak biološke obrade (razgradnja uz prisutnost zraka/kisika), pri čemu se kao izlazni proizvod dobiva kompost, dok je anaerobna digestija postupak razgradnje organske tvari bez prisutnosti kisika kod kojeg izlazni proizvod

predstavlja bioplin. Biosušenjem se iz otpada primarno izdvaja voda, te isti dijelom inertizira u smislu da se razgrađuju lakorazgradivi organski spojevi. [7]

Tržište izlaznih proizvoda kod MBO postrojenja ima vrlo važnu ulogu. U mnogim zemljama tržište nije dovoljno razvijeno iz čega proizlaze neželjene posljedice. Primjer je Italija, koja ima dugu tradiciju MBO-a različitih koncepcija, gdje se pojavio višak RDF-a na tržištu (ucjena korisnika alternativnih goriva po načinu ogrjevnosti). [8]

MBO tehnologija, koja se razvila u Njemačkoj, počela se primjenjivati u Austriji, Italiji, Švicarskoj, Francuskoj, te Velikoj Britaniji s tendencijom širenja na preostale europske zemlje. U Europi je instalirano više od 70 MBO postrojenja, od kojih je više od 40 smješteno u Njemačkoj. Dio jednog takvog postrojenja za mehaničku obradu otpada prikazan je na slici 2.14. Važan je i podatak kako se MBO tehnologija primjenjuje i u drugim zemljama izvan Europe. Neki od objekata koji ju primjenjuju nisu komercijalni, dok je kod drugih riječ o pilot i demonstracijskim postrojenjima. [8]



Slika 2.14. Dio postrojenja za mehaničku obradu otpada [7]

Pri izboru određene MBO tehnologije treba obratiti pozornost na višestruke prednosti, od kojih je najznačajnija smanjenje volumena otpada koji dolazi na odlagalište. Upotrebom ove

tehnologije također se smanjuje i potreba za prostorom odlagališta. Iskustva razvijenih europskih država pokazuju da se MBO-om može smanjiti potreba za volumenom odlagališta od 40 % do čak 60 %, a emisija odlagališnog plina 80 - 90 %. Ostale prednosti navedene metode su smanjenje slijeganja odlagališta, kao i sniženje unutarnje temperature odlagališta. Odlaganje otpada usklađeno je sa zakonskom regulativom jer se smanjuje reaktivnost odloženog otpada. Omogućena je modularnost pogona - mogu se proširiti ili smanjiti ovisno o volumenu dotoka otpada. [8]

Osnovne mane MBO-a su: veliki pogoni (preko 100 000 t/god.) koji prikupljaju otpad s velikog područja te su u kontradikciji s načelom blizine i racionalnosti korištenja resursa. Time se pojačava cestovni transport koji izaziva prekomjerno habanje prometnica i onečišćenjem zraka kamionskim transportom (što je mana bilo kojeg centralnog pogona), te je česta pojava nedostatka dovoljne količine vode za vlaženje (koju često nije moguće osigurati bilo zbog lokacije, bilo zbog uvjeta rada). [8]

### ***2.3.2. Toplinska obrada***

Toplinska obrada otpada (TOO) je skupina postupaka kojima se smanjuje volumen otpada, pri čemu se izdvajaju i/ili uništavaju potencijalno opasne tvari iz otpada. Uz to, toplinskom je obradom moguće iskoristiti energijsku vrijednost otpada za proizvodnju električne energije i/ili toplinske energije. Toplinska obrada podrazumijeva obradu otpada toplinom. Na taj način otpad se može sterilizirati ili spaliti. Najučinkovitiji način zbrinjavanja otpada je spaljivanje. Pri spaljivanju dolazi do razlaganja na proste sastojke uz moguće oslobađanje energije. Za spaljivanje otpada potrebno je da otpad ima minimum toplinske vrijednosti (npr. za spalionicu Spittelau u Beču zahtjevani minimum je 8 200 kJ/kg). U slučaju da nije tako, otpad se miješa s odgovarajućim otpadom koji ima višu toplinsku vrijednost. [9]



Slika 2.15. Buduća Energana na otpad u Shenzhenu, Kina [10]

Spaljivanje se odvija u velikoj komori za izgaranje pri oko 850 °C. Na dnu komore se nalazi prostor za otpremu šljake koja se dalje razdjeljuje uz pomoć elektromagnetskog odjeljivala od ostataka feromagnetnih metala na lebdeći pepeo i šljaku. Unutar dijela komore za izgaranje nalaze se cijevi s vodom koja se pretvara u paru i koristi za proizvodnju električne energije. Dimovi i prašina prolaze kroz različita odjeljivala. Tako dim prolazi kroz *ispirala plinova* (e. *scrubber*) koja odvajaju HCl, HF, prašinu, sumporne okside, dušične okside. Sam proces se osmišljava tako da prilikom izgaranja dolazi do razgradnje dioksina. U atmosferu se ispušta ugljični dioksid. No, postoje katalitički procesi koji mogu iskoristiti CO<sub>2</sub> za proizvodnju organskih kemijskih tvari. Na taj način se može spriječiti da ne dolazi do nikakvog ispuštanja onečišćenja u okoliš. Oko jednog takvog postrojenja za spaljivanje otpada može se izgraditi čitava kemijska industrija. Sav otpad koji nastaje je pretežno sastavljen od ugljika, kisika, i vodika uz primjese dušika, sumpora, klora te metala i ostalih elemenata. Toplinskom razgradnjom takvog otpada i odvajanjem pojedinih komponenti proizvoda spaljivanja kao i unošenjem tih komponenti u neki novi kemijski proces doprinosi se novom iskorištenju produkata spaljivanja. [9]

Toplinskom obradom otpada se ostvaruje: [10]

- smanjenje mase i volumena otpada - masa se smanjuje do 75 %, a volumen do 90 %

- eliminacija bioloških onečišćivala - poput virusa, mikroba, bakterija i sl., što je najveća dobrobit toplinske obrade (većina ostalih metoda prerade otpada ne može uništiti ova onečišćivala)
- prerada kemijskih onečišćivala - toplinska obrada otpada je, uz nuklearnu industriju, vjerojatno najkontroliranija industrijska djelatnost u Europi, tako da emisije moraju udovoljavati vrlo niskim graničnim vrijednostima
- smanjenje emisija stakleničkih plinova - znatno se smanjuju emisije stakleničkih plinova u odnosu na emisije s odlagališta, u pravilu 1 - 1,5 t CO<sub>2</sub> ekv/t otpada
- izdvajanje anorganskih tvari - željezo, plemeniti metali i dr.
- iskorištenje energije pohranjene u otpadu - zakonski uvjet bez kojega se ne može realizirati toplinska obrada otpada; jedna tona otpada sadrži energiju kao 220 litara kapljevito goriva.

Toplinska obrada otpada primjenjuje se za obradu širokog spektra kategorija otpada s nižim udjelom vlage, a uključuje postupke: izgaranja, pirolize i rasplinjavanja. Izgaranje je proces potpune toplinske razgradnje tvari s dovoljnom količinom kisika u svrhu potpune oksidacije goriva. [10]

Općenite karakteristike izgaranja otpadnih materijala su sljedeće: [10]

- višak zraka je potreban da bi se osiguralo potpuno izgaranje,
- maksimalne temperature u procesu su obično iznad 1 000 °C,
- gorivo u potpunosti oksidira u ugljički dioksid i vodenu paru, ostavljajući samo mali dio ugljika u pepelu (manje od 3 % masenog udjela pepela),
- čitav proces pretvara gotovo cijelu kemijsku energiju sadržanu u gorivu u toplinsku energiju, ne ostavljajući nikakvu nekonvertiranu kemijsku energiju u dimnim plinovima dok u pepelu ostaje vrlo mali udio nekonvertirane kemijske energije.

Posebnim propisom definirano je da se u sustavu zbrinjavanja, posebice komunalnog otpada, mora uvijek primjenjivati energijsko iskorištavanje otpada. Iz perspektive energijske optimizacije poželjno je, prije toplinske obrade, izdvojiti teže gorive tvari anorganskog porijekla (npr. metali, staklo), a u organskom ostatku smanjiti udio vlage. Čisti postupak spaljivanja, bez posebnog iskorištenja dobivene topline, moguće je primjenjivati samo tijekom zbrinjavanja posebnih vrsta i zbrinjavanja opasnog otpada. [11]

Postupci toplinske obrade otpada mogu se podijeliti na: [10]

- spaljivanje (izgaranje),
- spaljivanje na rešetki,
- spaljivanje u rotacijskoj peći,
- spaljivanje u fluidiziranom sloju,
- pirolizu (otplinjavanje),
- rasplinjavanje,
- sušenje,
- dezinfekciju (sterilizacija),
- hidriranje,
- druge postupke i kombinacije postupaka.

Piroliza i rasplinjavanje predstavljaju naprednije tehnologije toplinske obrade otpada kod kojih iz otpada nastaje gorivi plin - energijski nositelj kojeg je kasnije moguće upotrijebiti kao gorivo u generatorima pare ili plinskim motorima pa čak u novije vrijeme i plinskim turbinama te kao sirovinu za proizvodnju kemikalija i tekućih goriva. [10]

Piroliza (otplinjavanje) je toplinska razgradnja tvari bez prisustva kisika. Općenite karakteristike pirolize otpadnih materijala su sljedeće: [10]

- nije prisutan kisik (ili ga ima vrlo malo), osim kisika prisutnog u gorivu
- temperature u procesu su relativno niske, 300 - 800 °C
- produkti su sintetski plin (glavne gorive tvari su ugljički monoksid, vodik, metan te viši ugljikovodici, uključujući katran, parafine i ulja) i kruti ostatak (koji se sastoji od negorivog materijala i znatne količine ugljika)
- općenito nepostojanje oksidacije, kao i nedostatak dodatnog plina za razrjeđivanje, znači da će neto ogrjevna moć sintetskog plina dobivenog pirolizom biti veća od onog iz procesa rasplinjavanja (tipična neto ogrjevna moć plina iz pirolize je 10 - 20 MJ/m<sup>3</sup>)
- ukupan proces općenito pretvara manje kemijske energije goriva u toplinsku energiju nego što je to slučaj kod rasplinjavanja.

Prema rasponu temperatura pri kojima se odvija mogu se razlikovati tri varijante pirolize: [10]

- niskotemperaturna do 500 °C



- srednjetemperaturna od 500 °C do 800 °C
- visokotemperaturna viša od 800 °C.

S povišenjem temperature reakcije povećava se i udio pirolitičkog plina u proizvodima reakcije, a smanjuje se udio krute i kapljevite faze. Pirolitički plin se obično spaljuje, a kruta se faza ili spaljuje ili prvo rasplinjuje, a zatim se spaljuju nastali plinovi. Dimni se plinovi mogu uvesti u generator para te se dobivena para iskorištava za grijanje ili pokretanje turbine spojene s električnim generatorom. [10]

Rasplinjavanje može biti toplinsko (s djelomičnim izgaranjem) ili plazmom. Rasplinjavanje je postupak parcijalne toplinske razgradnje tvari u prisustvu kisika, ali s nedovoljnom količinom kisika da bi gorivo u potpunosti oksidiralo. Opće karakteristike rasplinjavanja otpada su sljedeće: [10]

- plin poput zraka, kisika, ili vodene pare koristi se kao izvor kisika i/ili služi kao plin-nositelj za uklanjanje proizvoda reakcije s mjesta reakcije
- proces se odvija pri prosječnim temperaturama, obično iznad 750 °C (kod rasplinjavanja plazmom > 1 600 °C)
- proizvodi su sintetski plin (glavne gorive tvari su metan, vodik, i ugljički monoksid) i kruti ostatak (koji se sastoji od negorivog materijala i male količine ugljika)
- tipična neto ogrjevna moć plina dobivenog rasplinjavanjem, s korištenjem zraka kao oksidansa je 4 - 10 MJ/m<sup>3</sup>, dok je uz korištenje kisika 10 - 15 MJ/m<sup>3</sup> (radi usporedbe, neto ogrjevna moć prirodnog plina se kreće oko 34 - 38 MJ/m<sup>3</sup>).

Rasplinjavanje je proces tijekom kojega se pri povišenoj temperaturi u reaktor s gorivom bogatim ugljikom dovodi sredstvo za rasplinjavanje (npr. kisik, vodena para, zrak ili ugljični dioksid). Proizvod reakcije je mješavina plinova poznata pod nazivom sintetski plin. Sintetski plin dobiven rasplinjavanjem može se spaljivati, iskoristiti u postrojenjima za kogeneraciju ili se može upotrijebiti za sintezu različitih kapljevutih ugljikovodika nekom varijantom Fischer-Tropsch procesa. Zbog visoke temperature procesa dolazi do vitifikacije šljake nastale u procesu. [10]

Rasplinjavanje još nije raširen postupak u toplinskoj obradi otpada. Razlog je taj što gorivo mora biti relativno homogenog sastava, što znači da je za komunalni otpad potrebna

predobrada. Postoje manja postrojenja u kojima je rasplinjavanje upotrijebljeno za obradu kapljevito opasnog otpada ili za obradu visokoenergetskih materijala kao što je plastični otpad. Tijekom termičke obrade komunalnog otpada rasplinjavanje se može primijeniti nakon pirolize kao metoda za naknadnu obradu krute faze. [10]

### **2.3.3. Fizikalno-kemijska obrada [10]**

Fizikalno-kemijska obrada podrazumijeva upotrebu fizikalnih i kemijskih metoda u obradi otpada, radi toga da otpad postane bezopasan ili da se može iskoristiti u ine druge svrhe. Primjer fizikalno-kemijske obrade otpada je obrada otpadnih voda, gdje se u postupku obrade otpadnih voda primjenjuje mehaničko pročišćavanje. Najčešće vrste otpada koje se podvrgavaju fizikalno-kemijskoj obradi su industrijskog podrijetla. Takav otpad se može ponovno pretvoriti u odgovarajuću sirovinu i tim načinom spriječiti odlaganje u prirodi.

Različite tehnologije usmjerene su na poboljšanje fizikalnih i kemijskih svojstava krutog otpada. Goriva frakcija otpada se konvertira u visokokalorične gorive pelete koji se mogu iskoristiti u postrojenjima za proizvodnju energije (npr. gorivo iz otpada - GIO). Energija je koncentriranija u peletima nego u rasutom komunalnom otpadu (veća je ogrjevna moć, 15 MJ/kg u odnosu na 7 MJ/kg). Takvi gorivi peleti su oslobođeni negorivih tvari (poput stakla, metala, kamenja i sl.), imaju niži udio pepela i manji sadržaj vlage i jednolike su veličine.

## **2.4. Polimerni otpad**

Plastika ima širok raspon primjena (npr. u prehrambenoj industriji, automobilske industriji, elektrotehničkoj industriji, medicinskim uređajima). Može se rabiti za jednokratnu upotrebu kao što je primjerice pakiranje namirnica, gdje završava kao ambalažni otpad. U novije vrijeme sve je više plastičnih materijala koji imaju mogućnost višekratne primjene. Ponovna uporaba plastičnih proizvoda je poželjna u odnosu na recikliranje istih, zato što se time koristi manje energije i resursa. Dugi životni vijek i mogućnost uporabe plastike su neki od glavnih razloga što je plastika postala široko rasprostranjena u današnje doba, zamijenivši manje izdržljive i jednokratne materijale te time izravno doprinoseći smanjenju otpada. [12]

Najveće prednosti plastike u odnosu s okolišem pripisuju se tome što je lagana, lako se oblikuje te zahtijeva korištenje minimalne količine materijala. To bitno pridonosi smanjenju onečišćenja okoliša prilikom transporta i rukovanja, kao i smanjenju iscrpljivanja sirovina. [2]

Svaki plastični proizvod moguće je više puta iskoristiti, materijal od kojega je načinjen moguće je (u teoriji) nebrojeno puta reciklirati, a ako se želi potpuno ukloniti, može ga se spaliti uz pridobivanje energije. [2]

Kako bi gospodarenje otpadom bilo što učinkovitije potrebno je u prvom redu njegovo izbjegavanje, ponovna uporaba, materijalna oporaba (recikliranje), kemijska oporaba i energijska oporaba. Kao posljednje preostalo rješenje nameće se odlaganje, koje je ujedno i najnepovoljnije rješenje. [13]

Europske direktive o gospodarenju otpadom pokušavaju smanjiti količine odloženog plastičnog otpada potičući zemlje članice da u svoja nacionalna zakonodavstva postupno ugrađuju sve veću obvezu materijalne ili energijske oporabe plastičnoga otpada (ovisno o vrsti otpada i ekonomskoj opravdanosti, ali i stanju gospodarstva i infrastrukturi). Isto tako nastoji se poboljšati sustav gospodarenja otpadom u zemljama istočne i srednje Europe. [13]

#### ***2.4.1. Mehaničko recikliranje***

Sve do nedavno, recikliranje polimera gotovo da i nije postojalo, a većina je plastičnih proizvoda završavala na odlagalištu otpada. To se događalo unatoč činjenici da se materijali načinjeni od plastomera mogu rastaliti i ponovno oblikovati. [2]








Mehaničko recikliranje plastike odnosi se na procese koji uključuju taljenje, sjeckanje ili granuliranje otpadne plastike. Polimerni materijali moraju biti razvrstani prije mehaničkog recikliranja. Uvodi se tehnologija za automatsko razvrstavanje polimernih materijala, koristeći razne tehnike kao što su rentgenska fluorescencija, infracrvena spektroskopija, elektrostatika, itd. Na kraju, plastika se tali u ekstruderu i obrađuje u granulatu. [12]

Tri su glavna razloga zašto recikliranje polimernog otpada nije razgranato kao recikliranje drugih materijala: [2]

1. Ima puno različitih vrsta polimernih materijala koji su međusobno inkompatibilni za recikliranje, te se moraju razdvojiti prije uporabe. Proces odvajanja zahtijeva napredne tehnike kako bi se dobili čisti razdvojeni polimerni materijali i zbog toga je skuplji.
2. Zbog svoje male mase teško je sakupiti isplative količine polimernog otpada.
3. Kao i druge vrste otpada i polimerni je otpad sklon onečišćenju. Mnogi polimeri apsorbiraju onečišćivača i teško ih je dovesti u prijašnje stanje.

Kako bi se olakšalo potrebno sakupljanje i razvrstavanje polimernog otpada, uveden je brojčani sustav za označavanje polimernih materijala (tablica 2.2).

Tablica 2.2. Brojčana oznaka i kratica za plastiku [14]

Materijal	Oznaka
1. PET - poli(etilen-tereftalat)	
2. PE-HD - polietilen visoke gustoće	
3. PVC - poli(vinil-klorid)	
4. PE-LD - polietilen niske gustoće	
5. PP - polipropilen	
6. PS - polistiren	
7. Ostali višeslojni (laminirani) materijali	

Unatoč navedenim ograničenjima, recikliranje polimernog otpada polagano se rasprostranjuje usporedno s razvojem infrastrukture sakupljanja i recikliranja. Većina proizvođača polimera aktivno je uključena u uspostavljanje centara za recikliranje. U isto se vrijeme pojavljuju nove primjene i tržišta za reciklirane materijale. [2]

### **2.4.2. Energijska uporaba**

Iako plastika, kao organski ugljikovodik, nije idealan materijal za recikliranje, ipak posjeduje značajnu prednost pred drugim materijalima - sadrži puno energije. Kada je nepraktično ili ekološki neprihvatljivo reciklirati je, jedan od načina dobivanja energije iz plastičnog otpada je njegovo spaljivanje. Spaljivanje je jedna od mogućnosti dobivanja energije iz otpada koja se danas smatra ekološki prihvatljivom, uz uvjet da se spaljivanje obavlja primjenom tehnologije koja minimizira ispuštanje plinova. [2]

Razlozi za energijsku uporabu otpada: [10]

- nema štetnog utjecaja odlaganja otpada (emisije štetnih tvari u atmosferu, tlo i vode, emisije stakleničkih plinova)
- prema direktivama EU otpad se više ne smije neobrađen odlagati na odlagališta (definiran udio biorazgradive tvari) u otpadu
- iskorištava se energija pohranjena u otpadu (kemijska energija gorivih tvari)
- opravdano je u slučajevima kada su troškovi recikliranja (uključujući skupljanje i transport) previsoki ili je dosegnut praktični optimum materijalne uporabe.

### **2.4.3. Kemijsko recikliranje**

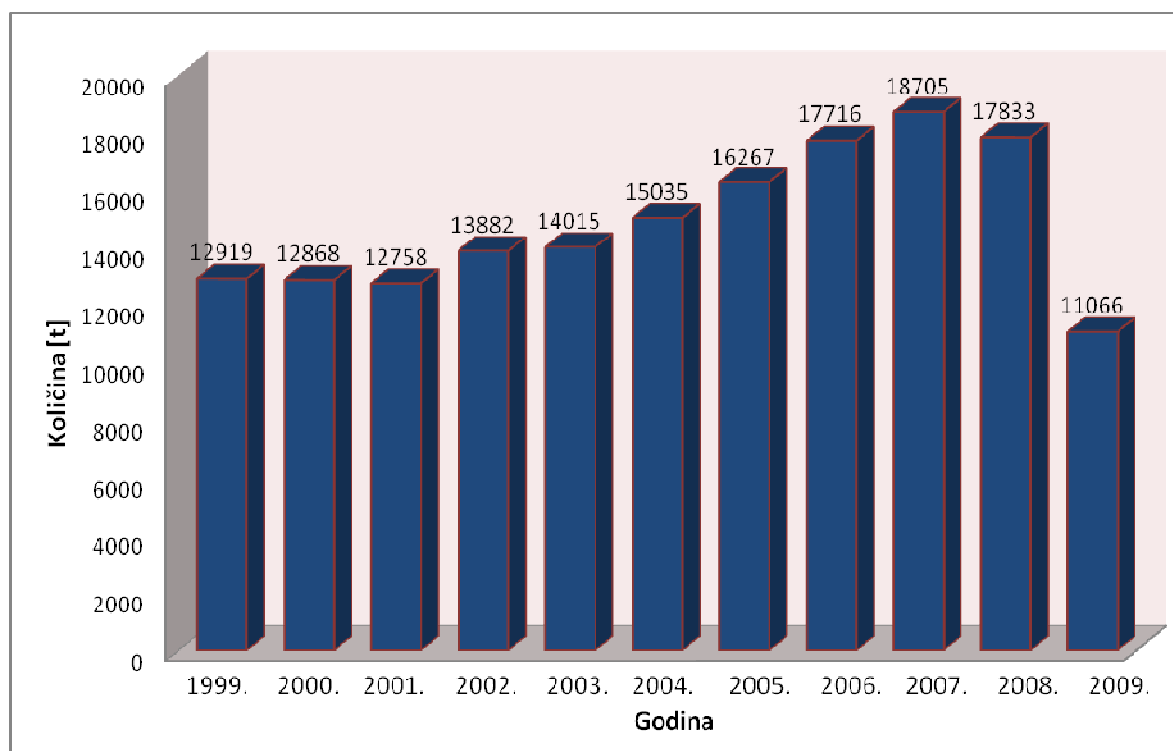
Mogućnost ponovnog dobivanja kemijskih komponenata jedinstvena je za polimerni otpad. Polimeri u otpadu mogu se razgraditi, uz prisutnost katalizatora, u monomere procesima pirolize ili alkalize, koji se zauzvrat mogu ponovno koristiti u rafinerijama, kemijskoj i petrokemijskoj industriji. Međukemikalije koje nastaju na taj način mogu se iskoristiti za proizvodnju potpuno novih polimera. Iskorišteni PET iz boca bezalkoholnih pića, na primjer, može se kemijski razložiti na sastavne monomere i regenerirati kao novi PET, potpuno prihvatljiv za doticaj s hranom pri pakiranju. U stvari, značajan postotak regeneriranog PET-a danas se primjenjuje u SAD-u za izradu boca bezalkoholnog pića. [2]

Raspon tehnologija za kemijsko recikliranje se istražuje, te uključuje između ostalog postupke pirolize, hidrogenacije, uplinjavanja. Kemijsko recikliranje ima veću fleksibilnost oko sastava i veće tolerancije na nečistoće od mehaničkog recikliranja, iako su ulazne investicije visoke i

zahtijevaju vrlo velike količine plastike za preradbu da bi bilo ekonomski održivo (npr. 50 000 tona godišnje). [12]

### 3. GOSPODARENJE KOMUNALNIM OTPADOM U RH

U Hrvatskoj je tek u posljednjem desetljeću značajno uloženo u gospodarenje otpadom, uspostavom primarnog recikliranja. Radi se o odvojeno sakupljanju pojedinih otpadnih materijala koje je organizirano te se provodi u većem ili manjem intenzitetu u gotovo svim županijama. Na slici 3.1 dan je prikaz primarnog recikliranja grada Zagreba u proteklih 10 godina pri čemu je zamjetan trend rasta do 2007. godine (18 705 tona). Prošle godine je reciklirano samo 11 066 tona što se može opravdati sveprisutnom gospodarskom krizom, pa najvjerojatnije niti 2010. neće dati bolje rezultate. [3, 15]



Slika 3.1. Primarno recikliranje u gradu Zagrebu (1999. - 2009.) [15]

Prema podacima za 2005., na području RH sustav odvojenog prikupljanja provodio se preko ukupno 39 030 spremnika za prihvata različitih vrsta otpada (primjerice staklo, papir i PET koji su se prikupili odvojeno). Za prihvata miješanoga komunalnog otpada na području RH evidentiran je 158 191 spremnik.[15]

Zbrinjavanje komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj obavlja oko 200 komunalnih poduzeća i koncesionara registriranih za skupljanje i odvoz komunalnog otpada. Prema

Zakonu o komunalnom gospodarstvu, koncesije za ovu djelatnost dodjeljuju jedinice lokalne samouprave. Odvoz otpada u većini je naselja organiziran jednom tjedno (u većim naseljima dva do tri puta tjedno) po ustaljenom rasporedu. [16]

Ukupna količina novonastalog komunalnog otpada u Hrvatskoj procjenjuje se na više od 1,5 mil t/god. [3]

### **3.1. Legislativa u Republici Hrvatskoj**

Gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj regulirano je nizom pravnih propisa od kojih su temeljni Zakon o otpadu (NN 178/04), Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05), Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2007. - 2015. (NN 85/07), Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07). Navedeni propisi sastavni su dio Strategije zaštite okoliša Republike Hrvatske (NN 46/02). U procesu približavanja Europskoj Uniji usvojeno je još mnogo pravnih propisa koji reguliraju gospodarenje otpadom, a gospodarenje posebnim vrstama otpada regulirano je i posebnim pravilnicima. Usklađivanje zakonodavstva u ovom dijelu je u završnoj fazi. [17]

Hrvatska je u procesu usklađivanja s pravnom stečevinom Europske Unije donijela Zakon o otpadu i Pravilnik o gospodarenju otpadom kojim je u potpunosti prenijela Direktivu o otpadu EU-a 2006/12/EC. Člankom 7. Zakona o otpadu određena je obveza donošenja Strategije gospodarenja otpadom Hrvatske, a člankom 8. određeno je što sve Strategija treba sadržavati. Strategija gospodarenja otpadom, koju je donio Hrvatski sabor, potpuno je u skladu sa Zakonom o otpadu i s direktivama EU-a. [3]

Primarni zakonodavni okvir za gospodarenja otpadom je Zakon o otpadu (NN 178/04, 111/06) i usvojeni međunarodni Ugovori. Isti je usklađen s odredbama Direktive EU o otpadu (*EU Waste Framework Directive*) 75/442/EC i predstavlja veliki korak u pravcu potpunog usklađenja sa zakonodavstvom EU o gospodarenju otpadom. Zakon uređuje način i ciljeve gospodarenja otpadom, planske dokumente, nadležnost i odgovornost u svezi s gospodarenjem, troškove, informacijski sustav, uvjete za građevine u kojima se obavlja gospodarenje otpadom, način obavljanja djelatnosti, prekogranični promet otpadom, koncesije i nadzor nad gospodarenjem otpadom. [3]



Prema obvezama i odgovornostima u gospodarenju otpadom, koje proizlaze iz Zakona o otpadu, država je odgovorna za gospodarenje opasnim otpadom i za spaljivanje otpada; županije i Grad Zagreb odgovorni su za gospodarenje svim vrstama otpada, osim za opasni otpad i spaljivanje, a gradovi i općine odgovorni su za gospodarenje komunalnim otpadom. Prema Planu gospodarenja otpadom RH predviđa se za Grad Zagreb objekt za toplinsku obradu ostatnog, neopasnog otpada. Stupanje na snagu Strategije i Plana gospodarenja otpadom RH te pravilnika o postupanju s posebnim kategorijama otpada, od posebne je važnosti za Hrvatsku, jer se njima pokreću promjene koje će postupno rješavati postojeće probleme, unapređivati sustav i usmjeravati RH prema održivom gospodarenju otpadom te postignuti značajna usklađivanja s propisima EU-a. [17]

Plan gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj osnovni je dokument o gospodarenju otpadom u RH za razdoblje 2007. – 2015. Okvir za pripremu ovog plana su Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05) (u daljnjem tekstu Strategija), postojeći zakonski propisi i smjernice Europske Unije (EU). Strategija, kao sastavni dio Nacionalne strategije zaštite okoliša (NN 46/02), sadrži ocjenu postojećeg stanja u gospodarenju otpadom, strateške i kvantitativne ciljeve i mjere za postizanje tih ciljeva, smjernice, procjenu investicija i izvore financiranja. [17]

Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, Vlada Republike Hrvatske trebala je donijeti do kraja 2006. Međutim, kako je Strategija gospodarenja otpadom za Republiku Hrvatsku, kao dokument koji prethodi Planu, bila usvojena tek u studenom 2005. (NN 130/05), Plan gospodarenja otpadom za Republiku Hrvatsku usvojen je u kolovozu 2007. Plan je donesen za razdoblje 2007 - 2015. [17]

Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske izraz je nastojanja da se rastuća svijest o potrebi zaštite okoliša Republike Hrvatske pretvori u jasan, cjelovit i dugoročan koncept. Dvije teme daju posebno značenje ovoj strategiji i to prilagodba hrvatskog koncepta održivog razvoja te približavanje Hrvatske Europskim integracijama. Također, utvrđeno je da je neodgovarajuće gospodarenje otpadom najveći problem zaštite okoliša u Hrvatskoj. Količina otpada raste, a infrastruktura koja bi taj otpad trebala zbrinuti nije dostatna. Sustav gospodarenja otpadom ne funkcionira u potpunosti, između ostaloga i stoga što se kasnilo

sa donošenjem cjelovite strategije na razini RH, nedostatka znanja i obučeni kadrova, nedorečenih propisa te nepostojanja financijskih poticaja/mehanizama. [17]

Svrha Strategije je uspostaviti okvir unutar kojega će Hrvatska morati smanjiti količinu otpada koji proizvodi, a otpadom koji je proizveden održivo gospodariti. [17]

### **3.2. Plan gospodarenja otpadom**

Gospodarenje otpadom je skup svih aktivnosti, odluka i mjera za: sprječavanje nastanka otpada, smanjivanje količine otpada i/ili njegovoga štetnog utjecaja na okoliš; sakupljanje, prijevoz, uporaba i zbrinjavanje (obrada i zbrinjavanje), uključujući i nadzor nad takvim operacijama i brigu o odlagalištima koja su zatvorena. [18]

Provođenje kvalitetnog i održivog sustava gospodarenja otpadom u cijeloj Republici Hrvatskoj prioritetno je pitanje zaštite svih sastavnica okoliša kao i ljudskog zdravlja. Ovo pitanje je također jedno od najproblematičnijih područja koje treba uskladiti s dosegnutim standardima u razvijenom dijelu Europske unije, te jedan od preduvjeta za ulazak u punopravno članstvo EU. Dosegnuto suvremeno načelo gospodarenja otpadom na svim razinama znači uspostaviti, provoditi i nadzirati cijeli niz aktivnosti, mjera i odluka koje su usmjerene na sprečavanje nastanka otpada, smanjivanje količina otpada, organizirano skupljanje otpada, adekvatan prijevoz otpada, uporabu otpada, kao i skrb za odlagališta otpada koja moraju biti opremljena tako da prihvaćaju otpad na zakonski ispravan i ekološki prihvatljiv način. [18]

Gospodarenje otpadom temelji se na uvažavanju općeprihvaćenih načela zaštite okoliša, uređenih posebnim propisima, poštivanju načela međunarodnog prava zaštite okoliša, uvažavanju znanstvenih spoznaja i najbolje svjetske prakse, a osobito na sljedećim načelima: [4]

- *onečišćivač plaća* - posjednik otpada snosi sve troškove preventivnih mjera i mjera zbrinjavanja otpada, troškove gospodarenja otpadom koji nisu pokriveni prihodom ostvarenim od prerade otpada te je financijski odgovoran za provedbu preventivnih mjera i sanacijskih mjera zbog štete za okoliš koju je prouzročio ili bi je mogao prouzročiti otpad,

- *odgovornost proizvođača* - proizvođač proizvoda od kojega otpad potječe odgovoran je za odabir rješenja najprihvatljivijeg za okoliš prema svojstvima proizvoda i tehnologiji proizvodnje, uključujući vijek trajanja proizvoda i uporabu najbolje dostupne tehnologije,
- *blizina - uporaba i/ili zbrinjavanje* otpada treba se obavljati u najbližoj odgovarajućoj građevini ili uređaju, uzimajući u obzir gospodarsku učinkovitost i prihvatljivost za okoliš.

Ciljevi gospodarenja otpadom su: [4]

- izbjegavanje i smanjivanje nastajanja otpada i smanjivanje opasnih svojstava otpada, i to posebice: razvojem čistih tehnologija koje koriste manje prirodnih izvora, tehničkim razvojem i promoviranjem proizvoda koji ne pridonose ili, u najmanjoj mogućoj mjeri pridonose, povećanju štetnog utjecaja otpada i opasnosti onečišćenja, razvojem odgovarajućih metoda zbrinjavanja opasnih tvari sadržanih u otpadu namijenjenom uporabi,
- uporaba otpada recikliranjem, ponovnom uporabom ili obnovom odnosno drugim postupkom koji omogućava izdvajanje sekundarnih sirovina, ili uporabu otpada u energetske svrhe,
- zbrinjavanje otpada na propisani način,
- sanacija otpadom onečišćenog okoliša.

Gospodarenje otpadom je problem zaštite okoliša koji zahtijeva prioritarno rješavanje, te je jedno od najzahtjevnijih područja u smislu usklađivanja s normama Europske unije (EU). Rješavanje tog problema i orijentacija prema suvremenom gospodarenju otpadom jedan su od preduvjeta za ulazak u EU. [18]

Strategija gospodarenja otpadom RH određuje strateške ciljeve gospodarenja otpadom: [18]

- izbjegavanje nastajanja i smanjivanja količine otpada na izvoru te otpada kojega se mora odložiti, uz materijalnu i energijsku uporabu otpada,
- razvitak infrastrukture za cjeloviti sustav gospodarenja otpadom (stvaranje uvjeta za učinkovito funkcioniranje sustava),
- smanjivanje rizika od otpada,
- doprinos zaposlenosti u RH,

- edukacija upravnih struktura, stručnjaka i javnosti za rješavanje problema gospodarenja otpadom.

Temeljni ciljevi Strategije su: [18]

- smanjenje volumena izdvajanjem korisnog otpada koji odlazi na recikliranje (ambalažni otpad, električki i elektronski otpad, automobilski pneumatici, papir i dr.)
- izgradnja regionalnih/županijskih centara-odlagališta, sanacija i zatvaranje neuređenih gradskih i općinskih odlagališta,
- primjena najnovijih tehnologija obrade otpada (MBO, mehaničko-biološka obrada),
- smanjenje otpada na oko 20 % današnjeg volumena.

Temeljni zadatak Plana u navedenom razdoblju je organiziranje provođenja glavnih ciljeva Strategije postavljene za razdoblje 2005. do 2025. na području gospodarenja otpadom u RH i to: [18]

- uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom,
- sanacija i zatvaranje postojećih odlagališta,
- sanacija *crnih točaka*, lokacija u okolišu visoko opterećenih otpadom,
- razvoj i uspostava regionalnih i županijskih centara za gospodarenje otpadom, s predobradom otpada prije konačnog zbrinjavanja ili odlaganja i
- uspostava potpune informatizacije sustava gospodarenja otpadom.

Provedbom strateškog plana postići će se: [18]

1. uspostava sustava gospodarenja otpadom u svakoj županiji po regionalnom/županijskom konceptu,
2. povećanje udjela odvojeno prikupljanog otpada,
3. recikliranje i ponovna uporaba otpada,
4. prethodna obrada otpada prije konačnog odlaganja,
5. smanjenje udjela biorazgradivog otpada u komunalnom otpadu,
6. izdvajanje goriva iz otpada (GIO),
7. smanjenje količina otpada koje se odlažu na odlagalištima,
8. smanjivanje štetnih utjecaja otpada na okoliš,
9. samoodrživo financiranje sustava gospodarenja komunalnim otpadom.

U ostvarivanju navedenih ciljeva uzimat će se u obzir najučinkovitije raspoložive tehnologije i gospodarska provedivost u skladu s načelima gospodarenja otpadom.

### **3.3. Gospodarenje polimernim otpadom**

U Hrvatskoj se godišnje proizvede oko 143 000 tona plastičnoga otpada, od čega se 15 % oporabi. Doprinos uporabe plastike smanjenju emisije stakleničkih plinova je 1 000 - 1 700 kg po toni materijalno oporabljenoga čistog otpadnog materijala (PET, PS, PVC, itd.), 600 - 800 kg po toni energijski oporabljenoga plastičnoga otpada te 150 kg po toni materijalno oporabljenoga miješanog plastičnog otpada. Tako je u područjima gdje ne postoji alternativa plastici jasno vidljivo kako se uporabom plastike štedi do tri puta više stakleničkih plinova nego što nastaje njezinom proizvodnjom. [13]

Kao jedan od načina uvođenja reda u gospodarenju polimernim otpadom, 1. siječnja 2006. uveden je sustav pologa, kao način razvrstavanja i prikupljanja PET ambalaže. Tako su građani od početka siječnja 2006. mogli u trgovinama i komunalnim poduzećima vraćati nepovratne PET boce volumena od 0,2 do 2,5 L, da bi po jedinici vraćene ambalaže ostvarili naknadu od 50 lipa. Osim povratne naknade građanima, Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost trgovcima za svaku vraćenu bocu isplaćuje još 15 lipa kao naknadu za troškove prikupljanja ambalažnog otpada. Takav način sakupljanja pokazao je izvrsne rezultate, zato što je ustanovljeno da se tim sustavom prikuplja gotovo sva PET ambalaža. Zahvaljujući uspostavljenom sustavu gospodarenja PET bocama, do sada je sakupljeno 57 000 tona, od čega je 90 % oporabljeno u Hrvatskoj, a ostatak je izvezen. [2, 13]

Još jednim uspješnim projektom pokazao se sustav gospodarenja otpadnim automobilskim pneumaticima (70 % materijalna, a 30 % energijska uporaba). Hrvatska ima slobodnih kapaciteta za uporabu otpada, ali zbog birokracije je teško dobiti dozvole za uvoz, ali i izvoz otpada. Taj postupak je nedavno pojednostavnjen te se dozvole za obradu otpada odnedavno ipak mogu dobiti (kamionski pneumatici). Naravno, i uvoznici, ali i tvrtke izvoznici iz EU pri tome moraju dokazati da se otpad ne transportira iz zemlje u zemlju radi odlaganja. [13]

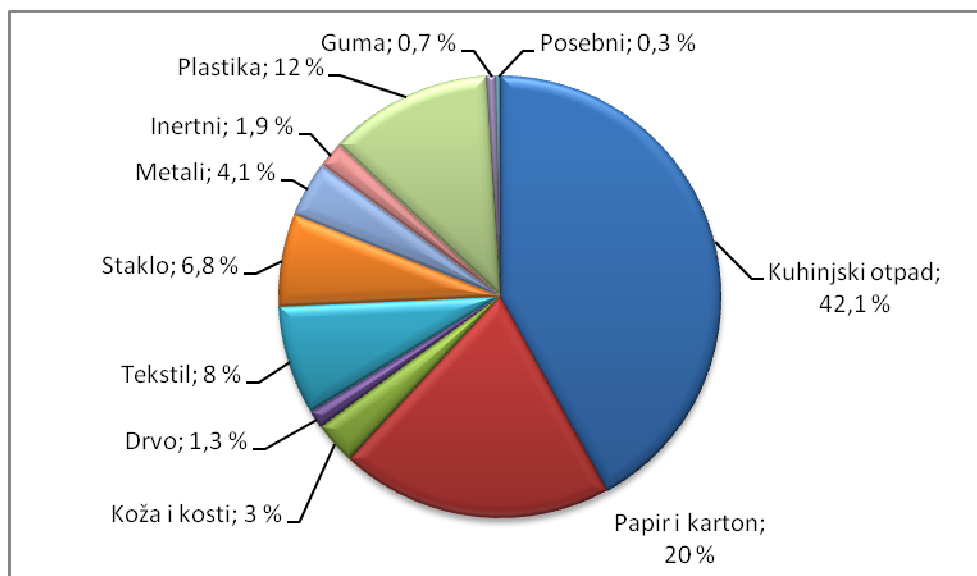
Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost je 1. siječnja 2009. godine započeo akciju odvojenog prikupljanja polimernih materijala izvan sustava povratnih naknada (tzv. ostalih

polimera). Prikupljene količine ostalih polimera su predane na oporabu tvrtki *Eko Velebit* iz Gračaca čiji će kapacitet prerade biti oko 10 000 tona godišnje. Prema pilot projektu do sada im je predano 34,8 tona otpada. Udio ostalih polimera nakon razvrstavanja iznosi 30 % (10,44 t). Tvrtka *Eko Velebit* u suradnji s lokalnom komunalnom tvrtkom *Čistoća* započela je s otkupom ambalaže od polietilena i polipropilena, dok će ambalažu od ostalih vrsta materijala samo preuzimati za zbrinjavanje, pošto se ne može ostvariti dovoljna ekonomska dobit da bi se i za nju izdvajala sredstva za otkup. [2, 19]

Postavljeni ciljevi u daljnjoj budućnosti su: [19]

- smanjenje količine komunalnog otpada za 15 - 20 %, a time i povećanje količine ostalih polimera koji se odvojeno prikupljaju i oporabljaju
- nastavak edukacije stanovništva o potrebi odvojenog skupljanja ostalih polimera iz komunalnog otpada
- obveza komunalnih poduzeća na razvrstavanje ostalih polimera
- povećanje količina ostalih polimera namijenjenih za energijsku oporabu.

Postavljen je i zadatak izgradnje energana na otpad (najviše dvije, od kojih bi se jedna trebala nalaziti u Zagrebu) i razvoj županijskih odlagališta na kojima bi se provodila biološko-mehanička oporaba otpada čime bi se količine otpada smanjile za 20 do 30 %. Polimerni materijali su iznimno energijski učinkoviti. Kod usporedbe količine energije potrebne za njihovu proizvodnju sa energijom potrebnom za zbrinjavanje treba uzeti u obzir i onu energiju koju polimerni proizvodi tijekom svojeg uporabnog vijeka uštede. Npr., za proizvodnju 1 m<sup>3</sup> poliuretanske izolacije potroši se 70 litara nerafinirane nafte, ali se njezinom ugradnjom u sljedećih 50 godina uštedi oko 5 500 litara ulja za loženje. [2]



Slika 3.2. Sastav otpada u hrvatskim kućanstvima prema masi, % [20]

Sastav otpada nastalog u hrvatskim kućanstvima prikazan je slikom 3.2 iz koje je vidljivo da je maseni udio plastičnih materijala u ukupnom otpadu svega 12 %. To prije svega proizlazi iz činjenice što su plastični materijali relativno male gustoće u odnosu na ostale materijale. Navedeni postotak nije nipošto zanemariv, jer je unatoč maloj masi plastičnih materijala njihov volumni udio u kućnom otpadu mnogo veći. [20]

Prema podacima Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost u 2007. je reciklirano 24 761 tona polimera što je povećanje u odnosu na 2006. kada je reciklirano 22 900 tona, te se time nastavlja pozitivan trend rasta količine recikliranih polimernih sirovina. [21]

## 4. PRIJEDLOG CJELOVITOG SUSTAVA GOSPODARENJA KOMUNALNIM OTPADOM U RH

Procijenjena količina ukupno proizvedenog komunalnog otpada na području Republike Hrvatske za 2010. godinu iznosi oko 1 700 000 t. Količina otpada koja će se odložiti na odlagališta procjenjuje se na oko 1 600 000 t, dakle 94 %. Usporedbe radi, Švicarska zadnjih 5 godina ne odlaže komunalni otpad, već ga rješava tehnikama recikliranja, spaljivanja i kompostiranja. Taj podatak govori o nužnosti izgradnje cjelovitog sustava gospodarenja komunalnim otpadom u kojem bi se odloženi komunalni otpad sveo na minimum. Kako bi se osiguralo da takav sustav zaživi u cjelosti potrebno je poduzeti sljedeće korake:

- educirati građane o potrebi i prednostima odvojenog sakupljanja otpada
- postaviti dovoljni broj spremnika za odvojeno sakupljanje otpada (npr. za staklo, papir, biootpad i dr.), te podijeliti vreće za odvojeno sakupljanje aluminija i plastične ambalaže po kućanstvima
- promijeniti dosadašnji sustav naplate odvoza komunalnog otpada po površini kućanstva ( $m^2$ ) na sustav naplate prema masi otpada (kg),
- osigurati prijevoz kojim će se odvojeno sakupljeni otpad transportirati do nadležnog Centra za gospodarenje otpadom gdje će se reciklirati,
- izgraditi energanu na otpad kojom bi se energijski oporabio preostali otpad.

Potrebno je pravodobno educirati građane o pogodnostima koje proizlaze iz odvojenog sakupljanja otpada. Edukacija bi se mogla provoditi putem televizijskih emisija i reklama, radija, novinskih članaka, info plakata, eko-akcija, besplatnog telefona i sl. Provodila bi se i u obrazovnom sustavu kako bi se ljude od malih nogu učilo mudro gospodariti otpadom.

Primjer sustava nalik tome postoji u Čakovcu gdje se uz poticaje provode mjere skupljeg oporezivanja ako se u kućanstvu ne razvrstava otpad. Kako bi se dodatno potaknulo građane na razvrstavanje grad Čakovec je osigurao instrumente poput službe interne kontrole, komunalnog redarstva, inspekcije zaštite okoliša. Primjer cjenika komunalnih usluga u Gradu Čakovcu dan je u tablici 4.1. Iz cjenika se očituje da će građani koji odvojeno sakupljaju komunalni otpad plaćati jeftinije komunalne usluge, ovisno o obujmu sakupljenog otpada.



Tablica 4.1. Cjenik komunalnih usluga odvoza otpada u Gradu Čakovcu [22]

		ODVOZ 1 x TJEDNO ~ cijena u kn/mj.				
INDIVIDUALNO STANOVANJE	Obračun po volumenu posude za otpad Posuda 120 lit	Osnovna uplata	kn/domaćinstvu	1	4,80	
		Skupljanje i odvoz	kn/posudi	2	20,00	
		Zbrinjavanje	kn/posudi	3	10,00	
		Odvojeno skupljanje	kn/domaćinstvu	4	15,00	
		Uklanjanje otpada koji je nepoznata osoba odbacila u okoliš	kn/domaćinstvu	5	1,00	
		Koncesijska naknada	kn/domaćinstvu	6	0,00	
		Ukupno st.1 - st. 6		Σ	7	50,80
		PDV st.7 x 23 %			8	11,68
		Naknada za NUTVN* st. 3 x 5 %	kn/posudi		9	0,50
		Naknada JLS** st. 3 x 30 %	kn/posudi		10	0,00
		Investicije u zaštitu okoliša	kn/domaćinstvu		11	7,00
		<b>SVEUKUPNO</b> domaćinstvo sa 1 posudom 120 lit st.7 - st. 11	kn/dom./mj.		Σ	12
		ODVOZ 2 x TJEDNO ~ cijena u kn/mj.				
VIŠESTAMBENE ZGRADE	Obračun po volumenu posude za otpad Posuda 120 litara	Osnovna uplata	kn/domaćinstvu	1	4,80	
		Skupljanje i odvoz	kn/posudi	2	40,00	
		Zbrinjavanje	kn/posudi	3	20,00	
		Odvojeno skupljanje	kn/domaćinstvu	4	15,00	
		Uklanjanje otpada koji je nepoznata osoba odbacila u okoliš	kn/domaćinstvu	5	1,00	
		Koncesijska naknada	kn/domaćinstvu	6	0,00	
		Ukupno st.1 - st. 6		Σ	7	80,80
		PDV st.7 x 23 %			8	18,58
		Naknada za NUTVN* st. 3 x 5 %	kn/posudi		9	1,00
		Naknada JLS** st. 3 x 30 %	kn/posudi		10	0,00
		Investicije u zaštitu okoliša	kn/domaćinstvu		11	7,00
		<b>SVEUKUPNO</b> domaćinstvo sa 1 posudom 120 lit st.7 - st. 11	kn/dom./mj.		Σ	12
		Domaćinstva u višestambenim zgradama plaćaju stvarne troškove odvoza i zbrinjavanja koji se dijele na suvlasnike prema broju članova domaćinstva. Podatke o broju članova u domaćinstvima dužni su davatelju usluge dostaviti upravitelji zgrada.				
POPUSTI	Korisnici usluga, fizičke osobe, vlasnici nekretnina u M.O. Totovec oslobođeni su plaćanja usluge i svih naknada do razine posude volumena 120 litara.					
	Staračka domaćinstva, starosti ukućana 60 g. i više, sa najviše dva člana - osim u višestambenim zgradama!			30 %		
	Samačka domaćinstva, bez obzira na godine starosti - osim u višestambenim zgradama !			40 %		
	Korisnici novčane pomoći Centra za socijalnu skrb uz predočenje potvrde Centra.			50 %		
* Naknada za Namirenje Umanjene Tržišne Vrijednosti Nekretnina						
** Naknada Jedinici Lokalne Samouprave na čijem se području nalazi građevina namijenjena zbrinjavanju otpada. Naknadu JLS ne plaćaju korisnici – fizičke osobe za nekretnine na području Grada Čakovca.						
Ukoliko se prilikom preuzimanja otpada od korisnika u otpadu nađu auto gume, ambalažni, električni, elektronički, opasni, infektivni otpad ili drugi zabranjeni sadržaj sukladno Zakonu o otpadu, Odluci o komunalnom redu, Odluci o uređenju i održavanju naselja, Općim uvjetima isporuke usluge i ostalim propisima koji reguliraju postupanje s otpadom, naplaćuje se dodatno sortiranje 20,00 kn (PDV uračunat) za svakih započetih 120 lit volumena posude.						
Korisnici imaju pravo na 3 (tri) kupona, svaki za odvoz do 2 m <sup>3</sup> glomaznog i/ili zelenog otpada tijekom kalendarske godine, te na 1 (jedan) kupon za nabavu vreća za odvojeno skupljanje otpada tijekom kalendarske godine.						

Staklo, papir i biootpad bi se odvojeno prikupljali putem spremnika koji bi bili strateški razmješteni ovisno o gustoći naseljenosti. Odvoz bi se vršio jedanput mjesečno u manje

naseljenim mjestima, dok bi se u gušće naseljenim mjestima organizirao prijevoz 2 - 3 puta mjesečno. U kućanstvima bi se koristile vrećice za odvojeno sakupljanje aluminijske i plastične ambalaže koje bi osigurao Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Prijevoz prikupljenog otpada vršile bi tvrtke koje zadovoljavaju unaprijed određene norme. Prikupljeni aluminij organizirano bi se prevozio dva puta mjesečno do najbližeg Centra za gospodarenje otpadom. Prikupljena plastična ambalaža od polipropilena i polietilena odvozila bi se do Eko Velebita gdje već postoji potrebna infrastruktura za preradbu.

Prijelaz s dosadašnjeg sustava naplate odvoza komunalnog otpada po površini kućanstva na sustav naplate prema masi otpada također je jedno od nužnih rješenja. Time bi kućanstva koja odlažu više otpada plaćala veće doprinose od štedljivijih kućanstava. Vrećice za odvojeno sakupljanje otpada označavale bi se naljepnicama koje bi bile jedinstvene za svakog korisnika (kućanstvo) te bi se na temelju njih vodila evidencija razvrstavanja otpada. Kućanstva koja ne bi razvrstavala otpad bila bi financijski kažnjena.

Potrebno je osigurati infrastrukturu mjesta na kojima bi se prikupljeni otpad obrađivao. Na državnoj razini djelovali bi Centri za gospodarenje otpadom (CGO). U centru za gospodarenje otpadom odvijaju se različite aktivnosti vezane uz obradu otpada prije njegovoga konačnog odlaganja na odlagalištu neopasnog otpada, koje je ujedno i sastavni dio CGO-a. Najvažnije aktivnosti CGO-a su:

- prihvata i obrada razvrstanog i nerazvrstanog otpada
- sakupljanje otpada koji se može ponovno uporabiti ili reciklirati, te sakupljanje i daljnja predaja opasnog otpada
- sakupljanje i distribucija otpada koji se može koristiti u druge svrhe
- energijsko iskorištavanje pojedinih frakcija otpada
- odlaganje obrađenog otpada.

Prema sadašnjem Planu, predviđeno je da svaka županija ima svoj CGO, što je neekonomično zbog toga što se u Hrvatskoj godišnje ne proizvede tolika količina otpada kojom bi se opravdao veliki broj CGO-a. Za hrvatske potrebe dovoljno bi bilo sagraditi tri CGO-a, s lokacijama prilagođenim specifičnom geografskom obliku zemlje (i potrebama koje otud proizlaze), te jednu veću energaniju na otpad (ENO) u Zagrebu.

Energana na otpad predstavlja prikladno rješenje za veće gradove, u kojima se proizvodi veća količina otpada, pri čemu se toplina nastala spaljivanjem može iskoristiti za grijanje kućanstava putem toplane. Njihov izgled je moderan, te se lako vizualno uklapaju u infrastrukturu grada zbog čega se vrlo teško može zaključiti kako se radi o postrojenju koje zbrinjava otpad. Prednosti energane na otpad su višestruke. Najbolji je otpad, nakon uporabe, onaj koji uništite i za to dobijete toplinsku i električnu energiju koju ne morate uvoziti.

Komunalni otpad nije 100 % biorazgradiv (u Republici Hrvatskoj se razgrađuje oko 67 %), ali je obnovljiv. Osim izravne energijske koristi korištenjem otpada kao obnovljivog izvora energije mogu se ostvariti i drugi korisni učinci:

- smanjenje mase (do 75 %) i volumena otpada (do 90 %)
- smanjenje organskog udjela u odloženom otpadu
- uništavanje organskih štetnih tvari (termičkom obradom se uništavaju patogeni mikroorganizmi i dr.)
- smanjenje emisija stakleničkih plinova
- smanjenje potrošnje primarnih izvora energije (smanjenje ovisnosti o uvozu energenata, diversifikacija energetske izvora).

Energijska uporaba u Republici Hrvatskoj sastoji se većinom od bioplinskih postrojenja i ne predstavlja značajnu ulogu u ukupnom sustavu gospodarenja otpadom. Primjer je plinsko postrojenje na odlagališni plin na Jakuševcu, snage 2,1 MW, proizvodi 8 - 10 MWh/god električne energije.



Slika 4.1. Plinsko postrojenje na Jakuševcu [10]

Danas se u Europi i šire grade ENO koje iz komunalnog otpada proizvode električnu i toplinsku energiju (kogeneracija), čime doprinose zaštiti okoliša, klime i zdravlja. Redukcija volumena otpada nakon termičke obrade u ENO iznosi oko 90 %, smanjenje mase otpada oko 70 %, a iskorištavanjem šljake iz ENO postižu se smanjenja i do 95 %.

ENO moraju biti usklađene sa svim suvremenim (europskim) normama i zahtjevima, te se moraju uklapati u koncept cjelokupnog gospodarenja komunalnim otpadom temeljenog na načelima održivog razvoja sa svrhom da se maksimalno izbjegne ili smanji nastajanje otpada, kao i njegov utjecaj na ljudsko zdravlje, okoliš i klimu.

O provedbi gospodarenja otpadom putem ENO i njihovom utjecaju svjedoči preko tisuću gradova po cijelom svijetu, koji imaju ENO u pogonu ili u izgradnji. Zagreb odbija spalionicu, odnosno energanu na otpad već skoro 40 godina za razliku od Beča koji ih ima već četiri, Budimpešte koja ima dvije, a u Italiji ih se može pronaći na desetke.

Tablica 4.2. Ukupni broj energana na otpad u EU [10]

Zemlja	Ukupni broj energana na otpad	Obradeni otpad Mt/god.
Austrija	5	0,88
Belgija	17	1,64
Danska	32	3,24
Finska	1	0,05
Francuska	123	11,25
Grčka	0	0,00
Irska	0	0,00
Italija	49	3,47
Luksemburg	1	0,12
Njemačka	58	13,18
Portugal	3	1,00
Španjolska	11	1,86
Švedska	28	3,13
Nizozemska	12	5,18
Velika Britanija	15	3,17
Norveška	21	0,79
Švicarska	29	2,97
<b>Ukupno</b>	<b>405</b>	<b>51,9</b>

Odvojenim sakupljanjem i energijskom oporabom u ENO adekvatno bi se riješio problem zbrinjavanja komunalnog otpada. Smanjio bi se broj odlagališta, povećala svijest građana o gospodarenju komunalnim otpadom te iskoristila energija koja se gubi besciljnim odlaganjem otpada. Takvim sustavom bi se Hrvatska našla u skupini zemalja poput Francuske, Njemačke i Danske koje su prepoznale energijski značaj otpada, te kako ga iskoristiti.

## 5. ZAKLJUČAK

Ako se uzme u obzir stupanj napredovanja gospodarenja otpadom, Hrvatska se nalazi u početnim fazama. Postoje projekti s različitim mogućnostima za gospodarenje otpadom, no nema ni dovoljno volje ni inicijative da se provedu. Zadatak države i lokalnih vlasti je da osiguraju potrebnu infrastrukturu i financijska sredstva kojima bi se omogućio razvoj kvalitetnog sustava gospodarenja otpadom. Savjesnim raspolaganjem i oporabom otpada konačno bi se iskoristio energijski potencijal koji već godinama ostaje neiskorišten.

Takva strategija rezultirala bi smanjenjem broja odlagališta komunalnog otpada i njihovom sanacijom. Isto tako, time bi se dugoročno riješio problem ilegalnih odlagališta koje predstavlja jednu od glavnih boljki hrvatskog eko-turizma kojem se teži.

Provedeni projekti, odvajanja PET ambalaže i sustav gospodarenja otpadom u Čakovcu, ogledni su primjeri kao se učinkovito treba gospodariti otpadom. Državnim subvencioniranjem i sudjelovanjem na lokalnim razinama omogućit će se iskorištavanje energijskog potencijala.

Hrvatska će ulaskom u EU morati zadovoljiti obveze i kriterije koje propisuje Direktiva o otpadu. Naredne godine biti će ključne za ostvarivanje zadanih normi u okviru kojih je naglasak na povećanju udjela oporabljivih materijala kako bi se smanjio udio odlaganja. Potrebno je čim prije uvesti funkcionalan sustav prikupljanja, evidencije i gospodarenja komunalnim otpadom. To bi bio najveći doprinos zaštiti okoliša u Hrvatskoj.

## 6. LITERATURA

- [1] European Association of Plastics Recycling and Recovery Organisations, Epro-statistics 2009., [www.mepex.no/e-pro-statistics-2009-version-271010.doc](http://www.mepex.no/e-pro-statistics-2009-version-271010.doc), 03.12.2010.
- [2] Šipković Miro; Diplomski rad Plastična ambalaža, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [3] Službeni glasnik grada Splita, Plan gospodarenja otpadom grada Splita, <http://www.split.hr/lgs.axd?t=16&id=256>, 05.12.2010.
- [4] Ekološki zasnovano gospodarenje komunalnim otpadom, <http://www.h-alter.org/vijesti/trg-burze/burza-ideja/ekoloski-zasnovano-gospodarenje-komunalnim-otpadom>
- [5] Gospodarenje otpadom u Njemačkoj, 2010., [http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/abfallwirtschaft\\_deutschland\\_2009\\_en.pdf](http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/abfallwirtschaft_deutschland_2009_en.pdf), 06.12.2010.
- [6] Bilanca otpada u Munsteru, 2009., [http://www.muenster.de/stadt/awm/pdf/Abfallbilanz\\_2009.pdf](http://www.muenster.de/stadt/awm/pdf/Abfallbilanz_2009.pdf), 06.12.2010.
- [7] Mehaničko-biološka obrada, [http://mojapuo.zelena-istra.hr/pub/MojaPUO/PrimjedbeSUO\\_Kastijun/Elaborat\\_MBO\\_Kastijun.pdf](http://mojapuo.zelena-istra.hr/pub/MojaPUO/PrimjedbeSUO_Kastijun/Elaborat_MBO_Kastijun.pdf), 02.12.2010.
- [8] Skoko Danijela; Gospodarenje otpadom, <http://gospodarenje-otpadom.yolasite.com/resources/DANIJELA%20SKOKO.pdf>, 03.12.2009.
- [9] Zaštita okoliša, [http://www.hr.wikipedia.org/wiki/Zaštita\\_okoliša](http://www.hr.wikipedia.org/wiki/Zaštita_okoliša), 01.12.2010.
- [10] Schneider, Dobrović; Energija iz otpada 2010., 01.12.2010.
- [11] Elektrane na biomasu i otpad, [http://www.hr.wikipedia.org/wiki/Elektrane\\_na\\_biomasi\\_i\\_otpad](http://www.hr.wikipedia.org/wiki/Elektrane_na_biomasi_i_otpad), 03.12.2010.
- [12] Waste Online; Plastics recycling information sheet, <http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/Plastics.htm>, 25.11.2010.
- [13] Barić Gordana; Održivo upravljanje polimernim otpadom, <http://www.fsb.hr/polimeri>, 01.12.2010.
- [14] Sustav numeriranja i kratica za označavanje ambalažnog materijala, <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/290548.html>, 26.11.2010.
- [15] Primarno recikliranje u gradu Zagrebu (1999. - 2009.), <http://www.cistoca.hr/default.aspx?id=14>, 26.11.2010.
- [16] Nikolić Stjepan: Nacionalna strategija gospodarenja otpadom i zatečeno stanje u sustavu, 2009.

- [17] Plan vlade; Gospodarenje otpadom u razdoblju 2007. - 2009.,  
<http://cadial.hidra.hr/searchdoc.php?query=azbest&searchText=on&searchTitle=on&searchDescriptors=on&validacts=on&resultlimitnum=10&action=search&displayOptions=on&filtereuchapter=35304&resultoffset=0&lang=en&annotate=on&bid=NOT06DE8QNW9UiVdN9zVyw%3d%3d> 17, 25.11.2010.
- [18] Plan gospodarenja otpadom, [http://www.hrpsor.hr/pdf/18\\_pgo\\_ETK\\_D.pdf](http://www.hrpsor.hr/pdf/18_pgo_ETK_D.pdf), 01.12.2010.
- [19] Čolan Teo: Sustav sakupljanja primarne i sekundarne ambalaže od ostalih polimernih materijala, <hgk.biznet.hr/hgk/fileovi/15430.ppt>, 01.12.2010.
- [20] Stav Zelene akcije o gospodarenju komunalnim otpadom, [http://zelena-akcija.hr/uploads/zelena\\_akcija/document\\_translations/000/000/510/ppotpad.pdf?1270310354](http://zelena-akcija.hr/uploads/zelena_akcija/document_translations/000/000/510/ppotpad.pdf?1270310354), 25.11.2010.
- [21] Skupljanje i recikliranje otpada,  
[http://www2.hgk.hr/en/depts/industry/sekundarne\\_sirovine\\_2008.pdf](http://www2.hgk.hr/en/depts/industry/sekundarne_sirovine_2008.pdf), 27.11.2010.
- [22] Cjenik usluga GKP Čakom, <http://www.cakom.hr/usluge/cistoca.html>, 05.12.2010.