

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

MEHANSKO-BIOLOŠKA OBDELAVA KOMUNALNIH ODPADKOV

LEA OKORN

VELENJE, 2013

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

MEHANSKO-BIOLOŠKA OBDELAVA KOMUNALNIH ODPADKOV

LEA OKORN

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: viš. pred. dr. Anton Gantar

VELENJE, 2013

Priloga 2: Sklep o diplomskem delu



Številka: 726-5/2011-2

Datum in kraj: 1. 4. 2011, Velenje

Na osnovi pravilnika o diplomskem redu

izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentu-ki VŠVO

Lei Okorn

se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu: Ravnanje z odpadki

Mentor-ica: viš. pred. dr. Anton Gantar

Somentor-ica: _____ / _____

Naslov diplomskega dela v slovenskem jeziku: Mehansko – biološka obdelava komunalnih odpadkov

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku: Mechanical and biological treatment of municipal waste

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z Navodili za izdelavo diplomskega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat v roku 3 delovnih dni.

Obvestiti:
- kandidata-ko,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv.



Dekanica
doc. dr. Natalija Špeh

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju viš. pred. dr. Antonu Gantarju za dragocene nasvete ter pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Za pomoč se zahvaljujem tudi ga. Darji Turk, g. Juretu Svetičiču ter ga. Meti Širca iz podjetja Simbio, d.o.o.

Zahvala gre predvsem mojim najdražjim, ker so mi ves čas stali ob strani.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Lea Okorn, rojena 20.4.1989 v Celju, študentka Visoke šole za varstvo okolja v Velenju, izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom Mehansko-biološka obdelava komunalnih odpadkov, rezultat mojega lastnega dela ob uporabi navedenih virov, ki so citirani v skladu z navodili iz diplomskega reda.

Velenje, marec 2013

Lea Okorn

POVZETEK

Iz slovenske zakonodaje in strateških dokumentov, ki obravnavajo ravnanje s komunalnimi odpadki, izhajata ključni obvezi, ki sta njihovo učinkovito ločeno zbiranje in obdelava preostanka mešanih komunalnih odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov. Obseg ločenega zbiranja se v zadnjih letih postopoma povečuje, za obdelavo preostanka, ki mora zagotoviti predpisano zmanjšanje skupnega organskega ogljika v odloženih odpadkih, pa je primeren sežig ali alternativni načini, ki običajno vključujejo mehansko-biološko obdelavo. Mehansko-biološka obdelava lahko obsega različne biološke postopke (aerobne, anaerobne) in mehanske separacijske postopke, katerih obseg in vrstni red je prilagojen značilnostim odpadkov in želenim produktom. Izkušnje pa kažejo, da predpisanih vrednosti organskega ogljika v odpadkih, ki so namenjeni odlaganju, ni mogoče doseči brez izločanja energetske bogate frakcije.

Sistem ravnanja z odpadki v Regionalnem centru za ravnanje z odpadki Celje predstavlja vzorčen primer celovitega ravnanja s komunalnimi odpadki v Sloveniji, ki obsega ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami in ločeno ravnanje s preostankom mešanih komunalnih odpadkov. Začetna aerobna biološka obdelava omogoča pridobitev stabilnega in suhega produkta, ki je primeren za nadaljnjo mehansko separacijo. Izločena težka frakcija, ki vsebuje predvsem mineralne ostanke z nizko vsebnostjo organskega ogljika, je primerna za odlaganje, lahka frakcija z ostanki papirja, plastike in tekstila pa je organsko bogata in ima visoko energetske vrednost. Uporablja se kot gorivo v Toplarni Celje, pri tem pridobljena elektrika in toplota pa pokrivata energetske potrebe dela mesta Celje. Opisani način ravnanja omogoča doseganje nacionalnih ciljev in obvez pri ravnanju s komunalnimi odpadki.

Ključne besede: komunalni odpadki, mehansko-biološka obdelava, odlaganje, energetska izraba odpadkov

ABSTRACT

Originating from the Slovene legislation and other strategic documents, which deal with handling of municipal wastes, arise two fundamental obligations which are the separate collection of wastes and handling of the remainder of mixed municipal wastes with the purpose of reducing the amount of disposed biodegradable wastes. The extent of waste separation has been gradually increasing in the recent years, whereas dealing with mixed municipal wastes, which has to meet the prescribed decrease in organic carbon in landfilled wastes, requires combustion or some alternative ways, which usually include MBT (mechanical biological treatment). MBT can include different biological (aerobic, anaerobic) and mechanical separation procedures, the extent and order of which is adjusted to characteristics of the wastes and the desired end products. Practice has shown though, that meeting the prescribed level of organic carbon in solid municipal wastes is unfeasible without firstly eliminating the energy rich fraction.

The waste management system in Regional Waste Treatment Centre Celje presents an exemplar model of holistic treatment of municipal wastes in Slovenia, which includes treatment of individual fractions and separate treatment of mixed municipal wastes. The initial aerobic biological treatment renders possible a stable and dry product which is suitable for further mechanical separation. The separated heavy fraction, which consists mostly of mineral wastes with low levels of organic carbon, is suitable for landfill, whereas the light fraction with residues of paper, plastic and textile is organically rich and has high energetic value. It is used as fuel in Celje District Heating Plant, the result of which are electricity and heat which cover the energy demands of a small part of Celje. The described way of handling wastes makes it possible to fulfil the national goals and obligations regarding dealing with municipal wastes.

Key words: municipal wastes, MBT (mechanical biological treatment), waste landfill, waste-to-energy

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Opredeleitev področja in opis problema	1
1.2	Cilji oziroma namen diplomskega dela	1
1.3	Metode dela	1
2	ODPADKI	2
2.1	Pojmi in definicije na področju ravnanja z odpadki.....	2
2.2	Komunalni odpadki.....	4
2.2.1	Sestava komunalnih odpadkov	7
2.2.2	Količine komunalnih odpadkov	7
2.2.3	Zbiranje komunalnih odpadkov	9
3	DOKUMENTI IN CILJI PRI RAVNANJU Z ODPADKI.....	11
3.1	Nacionalni program varstva okolja.....	12
3.2	Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjševanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov	13
3.3	Evropska zakonodaja na področju komunalnih odpadkov.....	16
4	MEHANSKO – BIOLOŠKA OBDELAVA ODPADKOV.....	17
4.1	Mehanska obdelava	17
4.1.1	Drobljenje odpadkov	17
4.1.2	Ločevanje zdrobljenih odpadkov.....	20
4.2	Biološka obdelava	23
4.2.1	Aerobna obdelava	23
4.2.2	Anaerobna obdelava	26
4.3	Postopki mehansko – biološke obdelave.....	27
5	PRAKTIČNI DEL.....	29
5.1	Projekt RCERO Celje	29
5.1.1	Namen in obseg projekta.....	29
5.1.2	Izvedba projekta	31
5.1.3	Vplivi na okolje	32

5.2 RCERO I. faza	32
5.2.1. Obseg projekta	32
5.2.2. Financiranje projekta	36
5.3 RCERO II. faza	37
5.3.1 Izbor variant	37
5.3.2 RCERO II. Faza – MBO	40
Tehnično-tehnološki del.....	40
5.5 RCERO II. faza – Toplarna	43
6 DISKUSIJA	49
7 ZAKLJUČEK	50
8 LITERATURA	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Okvirna shema ravnanja s komunalnimi odpadki v letu 2013	15
Slika 2: Kladivasti drobilnik z enim rotorjem	18
Slika 3: Krogelni mlin	19
Slika 4: Bobnasto sito	21
Slika 5: Horizontalno valovito sito	21
Slika 6: Magnetni ločevalnik – magnet, nastavljen v smeri toka materiala	22
Slika 7: Magnetni ločevalnik - prečno nastavljen magnet.....	22
Slika 8: Sistem kompostiranja v kopah	24
Slika 9: Prezračevalni statični postopek kompostiranja.....	24
Slika 10: Horizontalni reaktor.....	24
Slika 11: Mehansko - biološka obdelava s kompostiranjem	25
Slika 12: Mehansko - biološki proces z anaerobno obdelavo.....	27
Slika 13: Občine Savinjske regije, vključene v RCERO Celje	30
Slika 21: Lokacija stavbe MBO	40

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Komunalni odpadki	5
Preglednica 2: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločenimi frakcijami ter ločeno zbrano odpadno embalažo, Slovenija, 2011	9
Preglednica 3: Odložene količine odpadkov v Sloveniji v letu 2011	9
Preglednica 4: Savinjska statistična regija v številkah, 2010.....	31
Preglednica 5: Viri financiranja RCERO Celje, I. faza	36
Preglednica 6: Zbirni pregled primerjave variant.....	39
Preglednica 7: Viri financiranja RCERO Celje, II. faza - MBO.....	42
Preglednica 8: Predvidena poraba materialov za predviden čas obratovanja 8.000 ur letno	47
Preglednica 9: Viri financiranja projekta RCERO Celje, II. faza - Toplarna Celje	48

KRATICE

ARSO	Agencija RS za okolje
BIOO	biološko razgradljivi odpadki
ČN	čistilna naprava
EUR	kratica za denarno enoto »Evro«
IRSOP	Inšpektorat RS za okolje in prostor
LF	lahka frakcija
MBO	mehansko – biološka obdelava
MKO	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
NPVO	Nacionalni program varstva okolja
PMKO	preostanek mešanih komunalnih odpadkov
PO	preostanek odpadkov
ReNPVO	Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja
RCERO	Regionalni center za ravnanje z odpadki
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
TOC	skupni organski ogljik
TOO	termična obdelava odpadkov
ZVO	Zakon o varstvu okolja

1 UVOD

1.1 Opredelitev področja in opis problema

Komunalni odpadki so tako okoljska kot gospodarska prvina. So eden pomembnih virov obremenjevanja okolja, ker jih v velikem deležu še vedno odlagamo, hkrati pa je mogoče posamezne frakcije predelati in koristno uporabiti. Učinkovito ravnanje s komunalnimi odpadki je pogojeno z dobro ozaveščenostjo prebivalstva, ki upošteva načela in namen ločenega zbiranja odpadkov, in ustreznimi zmogljivostmi za obdelavo in odstranjevanje preostanka mešanih komunalnih odpadkov.

Z namenom zmanjšanja obremenjevanja okolja zaradi odlaganja odpadkov, povezano tudi z zmanjševanjem emisije toplogrednih plinov, smo si v Sloveniji zastavili zahtevne cilje v pogledu zmanjševanja odlaganja biorazgradljivih odpadkov. Za doseganje teh ciljev je poleg ločenega zbiranja biorazgradljivih sestavin komunalnih odpadkov potrebna tudi mehansko-biološka obdelava (MBO) preostalih mešanih komunalnih odpadkov pred odlaganjem. Obstajajo različne tehnološke izvedbe mehansko-biološke obdelave, ki imajo svoje specifičnosti (Černota, 2010).

1.2 Cilji oziroma namen diplomskega dela

Cilj mojega diplomskega dela je opisati namen MBO, ki ima svojo podlago tudi v zahtevah evropske in slovenske zakonodaje ter oceniti stanje na tem področju v Sloveniji. Opisati in oceniti nameravam različne tehnološke izvedbe MBO ter jih primerjati s ta čas najustreznejšim obratom v Sloveniji, ki je del Regionalnega centra za ravnanje z odpadki (RCERO) Celje.

1.3 Metode dela

V teoretičnem delu diplomskega dela so na podlagi dostopne literature in drugih virov prikazane različne izvedbe MBO ter opisane njihove tehnološke značilnosti. V praktičnem delu so opisane aktivnosti pri gradnji ter zbrani in obdelani rezultati, ki jih dosegajo v obratu za MBO RCERO Celje ter ocenjeni glede na ugotovitve iz teoretičnega dela in glede na zahteve iz nacionalnih dokumentov s področja ravnanja s komunalnimi odpadki.

2 ODPADKI

2.1 Pojmi in definicije na področju ravnanja z odpadki

Pomembnejši pojmi in njihove definicije, ki so povezane z ravnanjem z odpadki, so opredeljene v Uredbi o odpadkih (Uradni list RS, št. 103/2011).

Odpadek je določena snov ali predmet, ki ga imetnik zavrže, namerava zavržeti ali mora zavržeti.

Nevarni odpadki so odpadki, ki kažejo eno ali več nevarnih lastnosti iz Priloge 1, uredbe o odpadkih.

Nenevarni odpadki so odpadki, ki se ne uvrščajo med nevarne odpadke.

Biološki odpadki so biorazgradljivi odpadki z vrtov in iz parkov, živilski in kuhinjski odpadki iz gospodinjstev, restavracij, gostinskih dejavnosti in trgovin na drobno ter primerljivi odpadki iz obratov za predelavo hrane.

Povzročitelj odpadkov je oseba, katere delovanje ali dejavnost povzroča nastajanje odpadkov (izvirni povzročitelj odpadkov), ali oseba, ki izvaja predobdelavo, mešanje ali druge postopke, s katerimi se spremenijo lastnosti ali sestava teh odpadkov.

Imetnik odpadkov je povzročitelj odpadkov ali pravna ali fizična oseba, ki ima odpadke v posesti.

Trgovec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja nakup in naknadno prodajo odpadkov, četudi odpadkov fizično nima v posesti.

Posrednik je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki ureja predelavo ali odstranjevanje odpadkov v imenu tretjih oseb, četudi odpadkov fizično nima v posesti.

Ravnanje z odpadki je zbiranje, prevoz, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom nad takimi postopki in dejavnostmi po prenehanju obratovanja naprav za odstranjevanje odpadkov, ter delovanje trgovca ali posrednik.

Zbiranje odpadkov je prevzemanje odpadkov, vključno z njihovim predhodnim razvrščanjem in predhodnim skladiščenjem, za namene prevoza do naprave za obdelavo odpadkov.

Ločeno zbiranje je zbiranje, pri katerem so tokovi odpadkov ločeni glede na vrsto in naravo odpadkov, tako da se olajša posamezno vrsto obdelave odpadkov.

Preprečevanje so ukrepi, ki se sprejmejo, preden snov, material ali proizvod postane odpadek, in s katerimi se zmanjša:

- količina odpadkov, vključno s ponovno uporabo proizvodov ali podaljšanjem življenjske dobe proizvodov;
- škodljivi vplivi nastalih odpadkov na okolje in človekovo zdravje ali
- vsebnost nevarnih snovi v materialih in proizvodih.

Ponovna uporaba je postopek, pri katerem se proizvodi ali sestavni deli, ki niso odpadki, ponovno uporabijo za enak namen, za katerega so bili prvotno izdelani.

Obdelava so postopki predelave ali odstranjevanja, vključno s pripravo za predelavo ali odstranjevanje.

Predelava je postopek, katerega glavni rezultat je, da se odpadki koristno uporabijo v obratu, v katerem so bili predelani, ali v drugih gospodarskih dejavnostih, tako da nadomestijo druge materiale, ki bi se sicer uporabili za izpolnitev določene funkcije, ali so pripravljene za izpolnitev te funkcije. Seznam postopkov predelave je določen v Prilogi 2, uredbe o odpadkih.

Recikliranje je postopek predelave, v katerem se odpadne snovi ponovno predelajo v proizvode, materiale ali snovi za prvotni ali drug namen. Recikliranje vključuje tudi ponovno predelavo organskih snovi. Energetska predelava ali ponovna predelava v materiale, ki se bodo uporabili kot gorivo ali za zasipanje, se ne šteje za recikliranje.

Odstranjevanje je postopek, ki ni predelava, tudi če je sekundarna posledica postopka pridobivanja snovi ali energije. Seznam postopkov odstranjevanja je določen v Prilogi 3, uredbe o odpadkih.

Zbiralec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja zbiranje odpadkov v skladu s to uredbo.

Prevoznik je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja prevažanje odpadkov drugih imetnikov odpadkov v skladu s to uredbo.

Predelovalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja predelavo odpadkov v skladu s to uredbo.

Odstranjevalec je pravna oseba ali samostojni podjetnik posameznik, ki kot dejavnost opravlja odstranjevanje odpadkov v skladu s to uredbo.

Zbirni center je objekt za prevzemanje odpadkov, vključno z njihovim predhodnim razvrščanjem in predhodnim skladiščenjem za namene prevoza do naprave za obdelavo odpadkov.

2.2 Komunalni odpadki

Komunalni odpadki nastanejo zaradi različnih človeških aktivnosti, kot posledica našega bivanja, fizioloških potreb, produkcije ter sanitarnih potreb. Komunalne odpadke sestavljajo:

- steklo in keramika;
- tekstil;
- oblačila;
- les;
- papir in karton;
- organski odpadki (iz gospodinjestev, restavracij, menz....).

Komunalni odpadki nastanejo predvsem zaradi našega načina priprave hrane, prehranjevanja, življenjskega standarda, okolja v katerem živimo ter življenjskih navad (Škafar, 2005).

Skupino odpadkov, ki jim pravimo komunalni odpadki, lahko podrobneje razdelimo na:

- kosovne odpadke;
- gospodinjske odpadke;
- ulične odpadke.

Komunalni odpadek je odpadek iz gospodinjstva ali njemu po naravi ali sestavi podoben odpadek iz proizvodnje, trgovine, storitvene ali druge dejavnosti (Zakon o varstvu okolja, Ur. l. RS, št. 39/2006 z dopolnili).

Komunalni odpadki sodijo v skupino 20 Klasifikacijskega seznama odpadkov. Razdeljeni so v tri podskupine (Uredba o odpadkih, Ur. l. RS, št. 103/2011).

Preglednica 1: Komunalni odpadki

20	KOMUNALNI ODPADKI (Gospodinjski in njim podobni odpadki iz trgovine, proizvodnih, poslovnih, storitvenih in drugih dejavnosti ter javnega sektorja), VKLJUČNO Z LOČENIMI FRAKCIJAMI
20 01	Ločene frakcije (razen 15 01)
20 01 01	Papir in karton
20 01 02	Steklo
20 01 08	Biorazgradljivi kuhinjski odpadki in odpadki iz restavracij
20 01 10	Oblačila
20 01 11	Tekstil
20 01 13*	Topila
20 01 14*	Kislina
20 01 15*	Alkalije
20 01 17*	Fotokemikalije
20 01 19*	Pesticidi
20 01 21*	Fluorescenčne cevi in drugi odpadki, ki vsebujejo živo srebro
20 01 23*	Zavržena oprema, ki vsebuje klorofluorogljikovodike
20 01 25	Jedilno olje in maščobe
20 01 26*	Olja in maščobe, ki niso navedeni pod 20 01 25
20 01 27*	Barve, tiskarske barve, lepila in smole, ki vsebujejo nevarne snovi
20 01 28	Barve, tiskarske barve, lepila in smole, ki niso navedeni pod 20 01 27
20 01 29*	Čistila (detergenti), ki vsebujejo nevarne snovi
20 01 30	Čistila, ki niso navedena pod 20 01 29
20 01 31*	Citotoksična in citostatična zdravila
20 01 32	Zdravila, ki niso navedena pod 20 01 31
20 01 33*	Baterije in akumulatorji, ki so navedeni pod 16 06 01, 16 06 02 ali 16 06 03, ter nesortirane baterije in akumulatorji, ki vsebujejo te baterije in akumulatorje
20 01 34	Baterije in akumulatorji, ki niso navedeni pod 20 01 33

20 01 35*	Zavržena električna in elektronska oprema, ki vsebuje nevarne snovi in ni navedena pod 20 01 21 in 20 01 236
20 01 36	Zavržena električna in elektronska oprema, ki ni navedena pod 20 01 21, 20 01 23 in 20 01 35
20 01 37*	Les, ki vsebuje nevarne snovi
20 01 38	Les, ki ni naveden pod 20 01 37
20 01 39	Plastika
20 01 40	Kovine
20 01 41	Odpadki iz čiščenja dimnikov
20 01 99	Drugi tovrstni odpadki
20 02	Odpadki z vrtov in iz parkov (vključno z odpadki s pokopališč)
20 02 01	Biorazgradljivi odpadki
20 02 02	Zemlja in kamenje
20 02 03	Drugi odpadki, ki niso biorazgradljivi
20 03	Drugi komunalni odpadki
20 03 01	Mešani komunalni odpadki
20 03 02	Odpadki z živilskih trgov
20 03 03	Odpadki iz čiščenja cest
20 03 04	Blato iz greznic
20 03 06	Odpadki iz čiščenja kanalizacije
20 03 07	Kosovni odpadki
20 03 99	Drugi tovrstni komunalni odpadki

2.2.1 Sestava komunalnih odpadkov

Sestava komunalnih odpadkov zaradi različnih sredin, sezonskega značaja nastanka, poselitvenih tipov, življenjskih okolij, ekonomske moči družbe, življenjskega standarda prebivalcev, organiziranosti družbe od državnih institucij pa vse do družine, tudi časovno močna variira.

Sestava komunalnih odpadkov je torej odraz več spremenljivk. Če bi želeli definirati matematični model, bi lahko vzpostavili naslednjo simbolno zvezo:

Sestava = f (standarda, gospodarske moči družbe, življenjskih navad, razvad ...)

Primer takšne simbolne zveze je zelo kompleksen in se ga z enostavnimi matematičnimi pristopi ne da enostavno razrešiti. Dokazano dejstvo je, da večji kot je razpoložljiv volumen posode, v katerega odlagamo odpadke, več teh odpadkov bo v njej. Ugotovitev se da rahlo korigirati s ceno oziroma čisto ekonomskimi prijemi (Škafar, 2005).

Sestava komunalnih odpadkov je odvisna od naslednjih pogojev:

- stopnje razvitosti družbe;
- življenjskih navad;
- geografske sredine in pogojev;
- klimatskih razmer;
- kulturnih navad;
- ekonomskih možnosti;
- splošnih okoliščin.

V razvitem svetu človek proizvede dnevno od 1 do 3 kilograme komunalnih odpadkov. Slovenija se po tem kriteriju uvršča med srednje razvite države s približno 1 kilogramom komunalnih odpadkov dnevno na prebivalca. Količine tovrstnih odpadkov se kljub prizadevanjem za zmanjševanje še vedno povečujejo (Saubermacher, 2012).

2.2.2 Količine komunalnih odpadkov

Količine odpadkov v današnjem svetu so ogromne. Trendu naraščanja količin odpadkov ni videti konca. Se pa količine odpadkov spreminjajo glede na okoliščine. Na količine komunalnih odpadkov pa imajo največji vpliv naslednji kriteriji:

- velikost naselja;
- vrsta poselitve;
- geografska strukturiranost odjemnega terena;
- stopnja zajatosti v redni odjem, zavest občanov za redno oddajanje odpadkov v ustrezne odjemne posode;
- jasna cenovna politika ter garantirana stopnja izvrševanja uslug;

- ustrezno seznanjanje uporabnikov o nujenih uslugah;
- cena storitve in višina individualnih vlaganj (Škafar, 2005).

Količina komunalnih odpadkov narašča z rastočim standardom prebivalcev ter s samo razvitostjo države. Prav tako je količina in sestava komunalnih odpadkov odvisna in se spreminja s klimatskimi razmerami, geografskimi parametri krajev, kulturnimi navadami, časom, socialnimi pogoji ter izobrazbo (Zore, 2001).

V letu 2011 je v Sloveniji nastalo skoraj 722 tisoč ton komunalnih odpadkov, od tega 4 tisoč ton nevarnih komunalnih odpadkov. Glede na leto 2010 se je količina nastalih komunalnih odpadkov zmanjšala za 16 %, medtem ko se je količina nastalih nevarnih komunalnih odpadkov povečala za 17 %.

Z javnim odvozom je bilo v letu 2011 zbranih za 9,4 % manj odpadkov kakor leto prej. Prav tako se je, na račun ločenega zbiranja, za 19 % zmanjšala količina zbranih mešanih komunalnih odpadkov, ob tem pa je bilo tako zbranih največ t.i. drugih komunalnih odpadkov, 67,5 %, odpadne embalaže je bilo 12,1 %, ločeno zbranih frakcij 11,3 % ter odpadkov z vrtov in s parkov 9,1 %.

V letu 2011 je bilo v Sloveniji na odlagališčih, namenjenih izvajanju obvezne občinske gospodarske javne službe varstva okolja (komunalnih odlagališčih), odloženih več kot 419 tisoč ton komunalnih odpadkov oziroma več kot 504 tisoč ton vseh odpadkov. To predstavlja 204 kg komunalnih odpadkov na prebivalca oziroma 246 kg vseh odpadkov na prebivalca. Glede na leto 2010 se je količina vseh odloženih odpadkov na teh odlagališčih zmanjšala za 19 %, medtem ko se je količina odloženih komunalnih odpadkov zmanjšala za skoraj 25 %.

V letu 2011 je bilo največ odpadkov odloženih na odlagališčih za nenevarne odpadke, in sicer 78,1 %, na industrijskih odlagališčih za inertne in nenevarne odpadke je bilo odloženih 21,1 % odpadkov, na industrijskih odlagališčih za nevarne odpadke pa le 0,8 %.

Kljub povečanemu trendu ločenega zbiranja komunalnih odpadkov se je v Sloveniji tudi v letu 2011 povprečno odložilo 58 % zbranih komunalnih odpadkov. Največ zbranih komunalnih odpadkov so odložili v koroški (kar 87 %), zasavski in goriški (v vsaki po 73 %) statistični regiji, najmanj pa v savinjski (41 %), podravski (45 %) in spodnje posavski (48 %) statistični regiji (SURS, 2012).

V preglednici 2 so tabelarno prikazane količine komunalnih odpadkov, ki so bile v Sloveniji v letu 2011 zbrane z javnim odvozom.

Preglednica 2: Količine z javnim odvozom zbranih komunalnih in njim podobnih odpadkov, vključno z ločenimi frakcijami ter ločeno zbrano odpadno embalažo, Slovenija, 2011

	Skupna letna količina odpadkov, zbranih z javnim odvozom (t)
Ločeno zbrane frakcije	81.346
Odpadki z vrtov in parkov	65.760
Drugi komunalni odpadki	487.441
Odpadna embalaža	87.173
Skupaj	721.720

Vir: SURS, 2012

V preglednici 3 so prikazane odložene količine odpadkov v Sloveniji v letu 2011.

Preglednica 3: Odložene količine odpadkov v Sloveniji v letu 2011

	Odložene količine odpadkov (t)
Odloženo na odlagališčih, ki so infrastruktura, namenjena izvajanju javne službe (komunalna odlagališča)	504.997
Odloženo na industrijskih odlagališčih (inertni in nenevarni odpadki)	126.140
Odloženo na industrijskih odlagališčih (nevarni odpadki)	5.181
Skupaj	646.318

Vir: SURS, 2012

2.2.3 Zbiranje komunalnih odpadkov

Zbiranje komunalnih odpadkov je prva faza pri ravnanju s komunalnimi odpadki. Ozaveščanje pri uvajanju ločenega zbiranja komunalnih odpadkov po posameznih frakcijah je nujni spremljevalni ukrep pri vzpostavitvi sistema zbiranja ločenih frakcij komunalnih odpadkov. Zbiralnice, zbirni centri in zbiranje ločenih frakcij z dopolnilnim sistemom premičnih zbiralnic je osnovno ogrodje zbiranja. Zbiranje komunalnih odpadkov ureja Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki (Ur. l. RS, št. 21/2001).

»Ločeno zbrane frakcije« so opredeljene kot odpadki iz podskupine 20 01 komunalnih odpadkov (preglednica 1), navedena odredba pa določa najmanjši obseg in vsebino ravnanja, ki morata biti zagotovljena v okviru opravljanja lokalne javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki. V okviru opravljanja javne službe je treba zagotoviti, da se iz celotnega snovnega toka komunalnih odpadkov izločajo ločene in nevarne frakcije, kar vključuje:

- ločeno zbiranje in prevzemanje v zbiralnicah ločenih frakcij;
- ločeno zbiranje in prevzemanje v zbirnih centrih;
- prevzemanje kosovnih odpadkov v zbirnih centrih in na prevzemnih mestih kosovnih odpadkov;
- razvrščanje zbranih komunalnih odpadkov v sortirnici.

Z razvrščanjem komunalnih odpadkov v sortirnici je treba zagotoviti vsaj izločanje papirja in lepenke ter ločenih frakcij, ki so odpadna embalaža, razen če se zbrani komunalni odpadki odstranjujejo s sežiganjem tako, da so izpolnjene zahteve o energetski predelavi odpadne embalaže, določene v predpisu ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki, Ur. l. RS, št. 21/2001).

Poleg drugih ločenih frakcij se v sistemu zbiranja komunalnih odpadkov zbira tudi drobna prodajna embalaža, ki je komunalni odpadek. Organski kuhinjski odpadki in drugi biorazgradljivi odpadki so frakcija komunalnih odpadkov. Ti imajo lastnosti, ki zahtevajo posebnosti pri ravnanju in predelavi. Ob neustreznem ravnanju pa so vir emisij v obliki izcednih voda in toplogrednih plinov.

Predelava te frakcije v kompost je pri manjših količinah dobro izločene frakcije dokaj preprosta. Ravno zaradi tega je uvajanje kompostiranja v lastnih (vrtnih) kompostnikih, kjer je to mogoče, skupaj s promocijo vključeno v program ločenega zbiranja. Če posamezniki nimajo možnosti lastnega kompostiranja, je zbiranje biološko razgradljivih odpadkov sestavni del ločenega zbiranja preostalih frakcij. Predelava poteka v malih kompostarnah ali komunalnih kompostarnah (Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja, Ur. l. RS, št. 2/2006).

3 DOKUMENTI IN CILJI PRI RAVNANJU Z ODPADKI

Z odpadki se srečujemo vsakodnevno. Najdemo jih skoraj na čisto vsakem koraku. Ugotovitev izpred nekaj let je, da je področje odpadkov eno slabše rešenih vprašanj varstva okolja. Z vzpostavitvijo prepoznavnega pravnega reda se je področje sistemsko uredilo. Človek je imel predolgo mačehovski in neodgovoren odnos do okolja. Šele v drugi polovici dvajsetega stoletja je s priznanjem temeljnih človekovih pravic in svoboščin postala priznana in aktualna tudi zaščita okolja. Posledično se pojavljajo pozitivni trendi pri ravnanju z vsemi vrstami odpadkov (Simbio d.o.o., 2005).

Slovenska zakonodaja s področja ravnanja z odpadki je sistemsko urejena in usklajena z evropskim pravnim redom. Okvirni predpis s področja ravnanja z odpadki je Uredba o ravnanju z odpadki (Ur. l. RS, št. 103/2011). Uredba določno opredeljuje vrste odpadkov s seznamom in jih razporeja po viru nastanka v dvajset skupin, hkrati pa jih deli na nevarne in nenevarne. Jasno so definirane osebe, ki ravnaajo z odpadki. To so:

- povzročitelj odpadkov;
- imetnik odpadkov;
- predelovalec odpadkov;
- odstranjevalec odpadkov;
- zbiralec odpadkov;
- prevoznik odpadkov;
- trgovec in
- posrednik.

Vsaka od naštetih oseb ima določene obveznosti, ki so opredeljene v ustreznih dovoljenjih za zbiranje, prevoz ter trgovanje z odpadki, predelavo, odstranjevanje odpadkov ter posredništvo in obvezno poročanje. Dovoljenja izdaja Agencija RS za okolje (ARSO), izvajanje zakonodaje pa nadzira Inšpektorat RS za okolje in prostor (IRSOP). Pomembnejši predpisi s področja ravnanja s komunalnimi odpadki v Sloveniji so:

- Uredba o odpadkih (Ur. l. RS, št. 103/2011);
- Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih (Ur. l. RS, št. 61/2011);
- Uredba o sežiganju odpadkov (Ur. l. RS, št. 68/2008);
- Uredba o načinu opravljanja obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov (Ur. l. RS, št. 12320/04 in 106/2005);
- Uredba o načinu, predmetu in pogojih opravljanja obvezne državne gospodarske javne službe sežiganja komunalnih odpadkov na območju občin Savinjske regije (Ur. l. RS, št. 109/2005 in 62/2008);
- Uredba o odpadkih (Ur. l. RS, št. 34/2008);
- Uredba o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur. l. RS, št. 62/2008)
- Uredba o predelavi nenevarnih odpadkov v trdno gorivo (Ur. l. RS, št. 57/2008);
- Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki (Ur. l. RS, št. 21/2001);

- Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo (Ur.l. RS, št. 84/2006, 106/2006, 110/2007, 67/2011 in 68/2011);
- Odlok o operativnem programu ravnanja z embalažo in odpadno embalažo za obdobje od 2002 do 2007 (Ur.l. RS, št. 29/2002);
- Uredba o ravnanju z odpadno električno in elektronsko opremo (Ur. l. RS, št. 107/2006 in 100/2010);
- Uredba o načinu, predmetu in pogojih izvajanja gospodarske javne službe ravnanja z odpadno električno in elektronsko opremo (Ur. l. RS, št. 118/2004);
- Uredba o ravnanju z biološko razgradljivimi kuhinjskimi odpadki in zelenim vrtnim odpadom (Ur. l. RS, št. 39/2010);
- Uredba o ravnanju z odpadnimi jedilnimi olji in mastmi (Ur. l. RS, št. 70/2008).

3.1 Nacionalni program varstva okolja

Nacionalni program varstva okolja je osnovni strateški dokument na področju varstva okolja. Cilj programa je splošno izboljšanje okolja in kakovosti življenja. Program določa cilje na posameznih področjih za določena časovna obdobja in prednostne naloge ter ukrepe za doseg te ciljev.

Nacionalni program varstva okolja je pripravljen na podlagi Zakona o varstvu okolja. Skladen je z okoljskim programom Evropske skupnosti. Le-ta obravnava ključne okoljske cilje in prednostne naloge, ki zahtevajo vodenje s strani skupnosti. Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 39/2006, 70/2008, 108/2009, 48/2012 in 57/2012).

Ključni cilji pri zbiranju komunalnih odpadkov so:

- postavitve zbiralnic za ločene frakcije komunalnih odpadkov na vsakih 500 prebivalcev v strnjenih območjih poselitve;
- postavitve zbirnih centrov za zbiranje ločenih frakcij komunalnih odpadkov po prenašalnem sistemu praviloma v vsaki občini, na vsakem območju strnjene poselitve z več kot 8.000 prebivalci in v večjih poselitvenih aglomeracijah na vsakih 80.000 prebivalcev;
- vzpostavitev zbiralnic nevarnih frakcij komunalnih odpadkov na vsakem območju strnjene poselitve z več kot 25.000 prebivalci in v večjih poselitvenih aglomeracijah na vsakih 60.000 prebivalcev;
- vzpostavitev dopolnilnega sistema zbiranja ločenih frakcij komunalnih odpadkov s premičnimi zbiralnicami;
- vzpostavitev sistema zbiranja organskih kuhinjskih odpadkov iz gostinstva in gospodinjstev ter njihovo biološko predelavo;
- zagotavljanje biološke predelave bioloških kuhinjskih odpadkov iz gospodinjstev v hišnih kompostnikih, v malih komunalnih kompostarnah na območjih poselitve z več kot 10 prebivalci/ha in več kot 500 prebivalci ter prevzemanje in zagotavljanje biološke predelave na gosteje poseljenih in večjih območjih (Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja, Ur. l. RS, št. 2/2006).

3.2 Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjševanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov

Osnovni cilj na področju ravnanja z odpadki je čim večji delež ponovne uporabe in predelave odpadkov. Ta usmeritev ima svoje realne omejitve. Prve izhajajo iz možnosti ločenega zbiranja na izvoru, ki ni nikoli popolna, saj izločitveni potencial vedno zaostaja za količinami odpadkov, kar je najbolj značilno za komunalne odpadke. Tudi dolgoročno ni realno pričakovati odprave nastajanja odpadkov.

Celo sodobne tehnologije predelave in recikliranja odpadkov imajo svoje stranske produkte v obliki odpadkov. Temu se tudi dolgoročno ne bo mogoče izogniti. Posamezni reciklirani materiali so bolj ali manj primerni za proizvodnjo enakih ali novih izdelkov. Nekateri imajo omejeno število ciklov predelave. Te objektivne zakonitosti in danosti je nujno upoštevati pri ravnanju z odpadki na vseh nivojih in časovnih horizontih. Odstranjevanje odpadkov bo tudi dolgoročno sestavni del celotnega sistema ravnanja z odpadki.

Operativni program odstranjevanja odpadkov s strategijo zmanjševanja odloženih količin biološko razgradljivih odpadkov (BIOO) je sektorski program. Ta izhaja iz nekaterih podzakonskih aktov, deloma pa je vezan na druge podobne programe na področju ravnanja z odpadki kakor tudi na druga področja okolja in z njim povezanih aktivnosti, kot so zaščita tal in podtalnice ter emisije toplogrednih plinov. Na izvajalskem nivoju je učinkovitost sistema ravnanja z odpadki med drugim značilno odvisna od naprav za ravnanje z odpadki in njihovih omrežij ter objektov.

Operativni program je projektno naravnani z opredelitvijo usmeritev in prioritet v izgradnjo sodobne in učinkovite infrastrukture. Tehnično-tehnološke in ekonomske značilnosti objektov in naprav za ravnanje z odpadki, še posebej za predelavo in odstranjevanje odpadkov, narekujejo za komunalne odpadke izgradnjo infrastrukture v obliki regijskih oziroma medobčinskih centrov za ravnanje z odpadki.

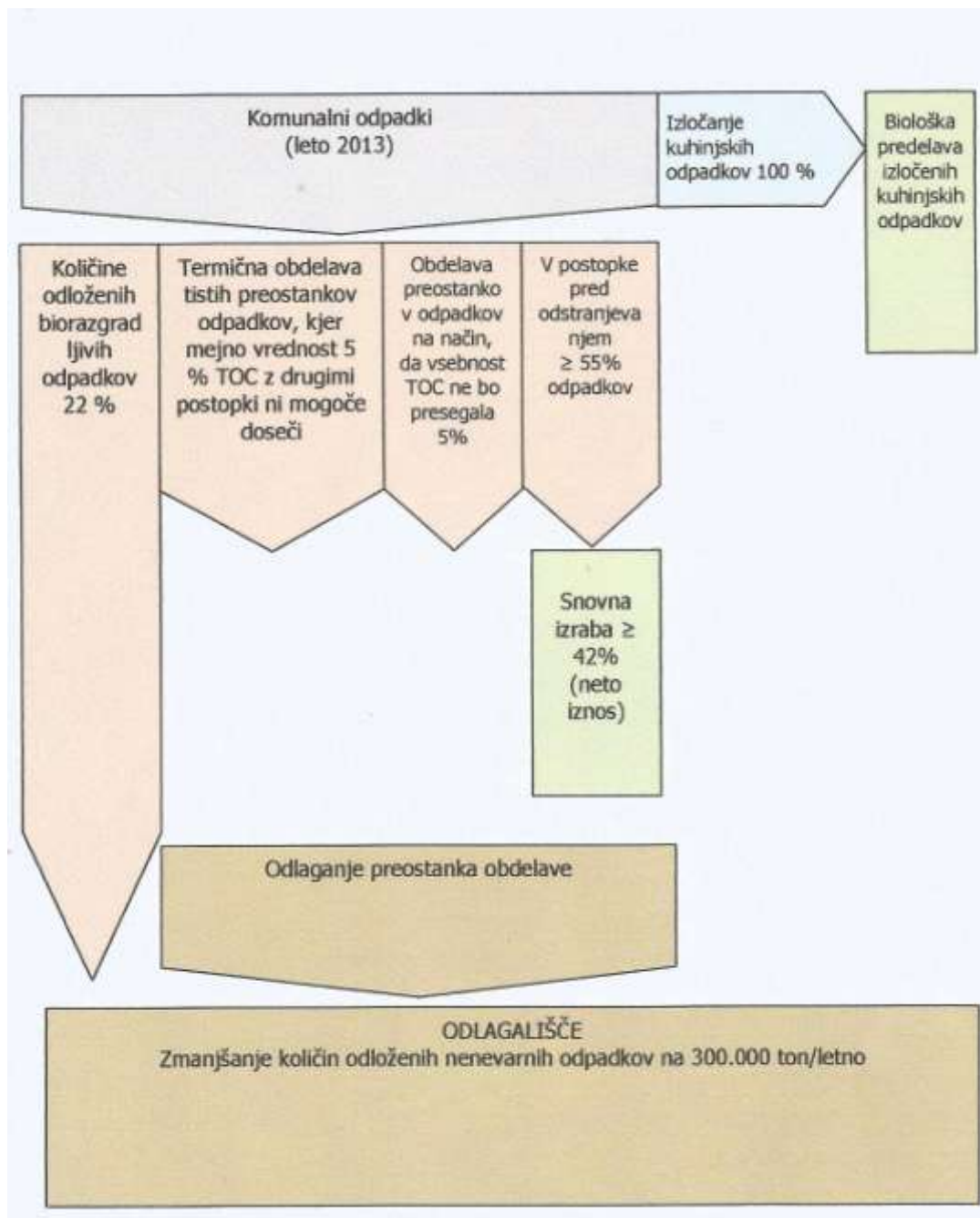
Cilji programa so:

- v postopke pred odstranjevanjem odpadkov usmeriti vsaj 65% ali več od nastalih količin komunalnih odpadkov in jih snovno izrabiti vsaj 42% ali več;
- izločiti vse kuhinjske odpadke in jih biološko predelati;
- obdelati preostanke odpadkov tako, da vsebnost skupnega organskega ogljika (TOC) ne bo presegla 5%;
- termično obdelati preostanke odpadkov, kjer mejne vrednosti 5% TOC z drugimi postopki ni mogoče doseči in tiste organske odpadke pri katerih je taka obdelava nujna;
- zmanjšati količine odloženih biorazgradljivih odpadkov od 47% v strukturi odloženih odpadkov na 16% do leta 2013 ali 2015, oz. v povprečju 5% letno;
- zmanjšati potencial nastajanja in emisij toplogrednih plinov za 1162 kt CO₂ ekvivalentov do leta 2012.

Ukrepi, ki bodo omogočili doseganje ciljev, so:

- zapiranje obstoječih odlagališč, za katera je prilagajanje veljavnim predpisom ekonomsko neupravičeno ali tehnično težko izvedljivo;
- rekonstrukcija in širitev obstoječih odlagališč, ki bodo obratovala do konca leta 2008;
- izgradnja nove infrastrukture za obdelavo, predelavo in odstranjevanje odpadkov prioriteto kot regijski centrov za ravnanje z odpadki in državnih naprav za termično obdelavo (MOP, 2008).

Ocena učinkov, ki bi ga izvedba z operativnim programom predvidenih ukrepov omogočila do leta 2103, je prikazana v shemi na sliki 1.



Slika 1: Okvirna shema ravnanja s komunalnimi odpadki v letu 2013

Vir: Operativni program odstranjevanja odpadkov, 2008

3.3 Evropska zakonodaja na področju komunalnih odpadkov

Evropska unija je v zadnjih desetletjih sprejela vrsto direktiv glede ravnanja z odpadki. Za njihovo izvajanje in uveljavljanje so v celoti odgovorne države članice. Na podlagi strategije ravnanja z odpadki (1989) ter petega okoljskega akcijskega programa (1993) je Unija problematiko odpadkov najprej uredila na ravni sistemske (okvirne) direktive o odpadkih. V njej so določeni načini predelave in odstranjevanja odpadkov, obveznosti akreditacije, upravnih dovoljenj ter poročanje o vrstah in količinah odpadkov. Unija je v posebni direktivi uredila problematiko nevarnih odpadkov.

Konec 80. in v 90. letih je Evropska unija sprejela direktive, s katerimi je uredila ravnanje s posebnimi vrstami odpadkov, kot so akumulatorji, baterije, mineralna olja, PCB in načine odstranjevanja odpadkov, predvsem sežiganje in odlaganje. Še najbolj se je zavleklo sprejemanje direktive o ravnanju z biološko razgradljivimi odpadki in odpadno električno opremo (računalniki, belo tehniko, itd.) Ob tem je treba poudariti, da se direktive sprejemajo s soglasjem vseh članic Unije - vse direktive s področja odpadkov so tako dejansko minimalen standard. Vsaka članica ima možnost, da glede na lastna pričakovanja, ocene in odločitve sprejme podrobnejše predpise ali standarde.

V letu 2008 je bila sprejeta nova okvirna direktiva o odpadkih (2008/98/EC), ki na področju ravnanja s odpadki prinaša nekaj novih izhodišč in usmeritev, med katerimi so:

- splošni cilji recikliranja do 2020:
 - ✓ 50 % komunalni odpadkov;
 - ✓ 70 % nenevarnih gradbenih odpadkov;
- vključitev hierarhije ravnanja z odpadki v EU zakonodajo;
- vključitev pristopa življenjskega cikla pri obravnavi možnih načinov ravnanja z odpadki;
- uveljavitev definicije stranskega proizvoda (by-product), ki omogoča izključitev nekaterih snovi iz predpisov, ki obravnavajo odpadke; podobno velja za kriterije, ko odpadek postane sekundarna surovina in mu preneha status odpadka;
- razjasnitev definicije recikliranja, ki ne vključuje energetske izrabe in predelave odpadkov v sekundarna goriva;
- zahteve za ločeno zbiranje snovi, ki jih je mogoče reciklirati;
- zahteva za vključitev ciljev za zmanjševanje odpadkov v nacionalne programe;
- prekvalifikacija sežigalnic z izrabo energije med naprave za predelavo odpadkov, če izpolnjujejo predpisane standarde;
- možnost, da države članice uvedejo strožje zahteve razširjene odgovornosti proizvajalcev, ob upoštevanju specifičnih razmer.

4 MEHANSKO – BIOLOŠKA OBDELAVA ODPADKOV

Mehansko - biološka obdelava (MBO) odpadkov je namenjena zmanjšanju količin zbranih odpadkov za deponiranje na deponiji, na čim bolj ekonomičen in ekološko najbolj spremenljiv način. V primerjavi s sežiganjem je mlajši postopek, ki se v svetu šele uveljavlja. Namenjena je biološki stabilizaciji odpadkov.

Osnovni cilj procesa MBO pa je maksimalna dezinfekcija in biološka razgradnja odpadkov. MBO pomeni tudi ločevanje trdnih odpadkov iz naselij, kar vključuje sejanje, kjer se ločijo kovine in kosi biološko slabo razgradljivih materialov. Finejši del se nato ločuje na biološko razgradljivo frakcijo, ki je primerna za fermentacijo oz. kompostiranje. Biološko aktivna frakcija se delno razgradi z mikroorganizmi. Lahko se uporablja kot kompost, če je le možno zagotoviti, da ima ustrezno kvaliteto.

Običajno je v praksi tak kompost onesnažen s težkimi kovinami, kovinskimi delci in plastiko. Poleg biološko razgradljivih se pojavljajo tudi vse vrste plastičnih materialov, ki so popolnoma odporni na mikrobiološko razgradnjo, vendar pa neprimerni za uporabo v kmetijstvu.

Po drugi plati pa je kompost še vedno preveč aktiven, da bi ga lahko odlagali na odlagališča. Potrebna je njegova termična obdelava skupaj z biološko neaktivnim delom, ki je bil izločen v prvi stopnji procesa obdelave. Poleg procesa MBO obstaja tudi proces mehansko biološke stabilizacije odpadkov. Namen tega procesa je doseči optimalno stabilizacijo odpadkov (homogenizacijo in sušenje), da bi dobili gorivo za proizvodnjo energije. Preden se mehansko izločijo inertni materiali, kot so steklo, pesek in kovinski odpadki, odpadke sušijo in delno kompostirajo.

Prednost te obdelave je, da je posušen material lažje sejati kot vlažnega. Tudi preostalega, v večji meri organskega materiala, ni možno uporabiti kot kompost v kmetijstvu. Potrebno ga je termično obdelati v objektu termične obdelave odpadkov. Uporabi pa se lahko tudi kot gorivo v termoenergetskih objektih, proizvodnji cementa ali livarnah (Zupančič, 2007).

Pri dimenzioniranju naprav za ravnanje z odpadki je potrebno upoštevati sestavo komunalnih odpadkov in masni tok ter zakonske pogoje. Posebej pa je potrebno upoštevati zahteve za zmanjševanje količine biorazgradljivih komunalnih odpadkov in zahteve o ločenem zbiranju odpadkov (Kortnik, 2009).

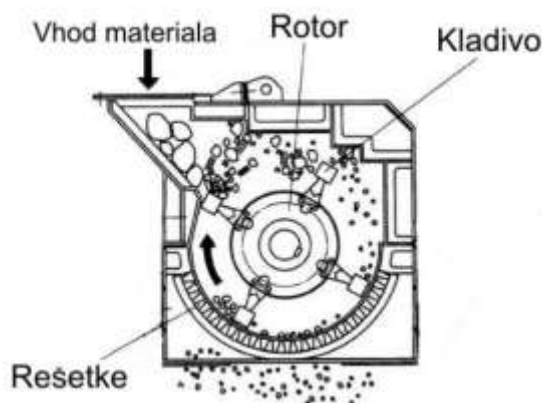
4.1 Mehanska obdelava

Mehanska obdelava komunalnih odpadkov vključuje drobljenje odpadkov, izločanje kovin in nekovin ter sejanje na različne frakcije.

4.1.1 Drobljenje odpadkov

Za drobljenje lahko uporabimo različne vrste drobilnikov, kar je odvisno od vstopnih lastnosti odpadkov.

Kladivasti drobilniki so primerni za grobo drobljenje kosovnih komunalnih odpadkov (obrtne odpadke, kosovne odpadke, avtomobilska oprema ...). Ločimo drobilnike z enim ali z dvema rotorjema.



Slika 2: Kladivasti drobilnik z enim rotorjem

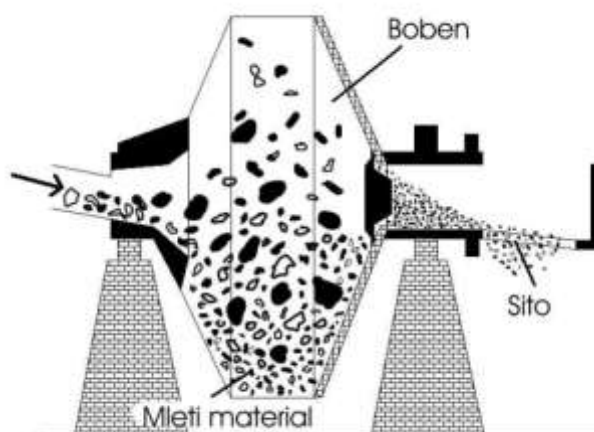
Vir: Zupančič, 2007

Valjčni drobilniki so primerni za mehansko obdelavo kosovnih odpadkov, gospodinjskih odpadkov, obrtnih odpadkov, gozdnih odpadkov in bioloških odpadkov.

Drobniki z noži delujejo podobno kot valjčni drobilniki. Delovni elementi so noži, ki so nameščeni na bobnih. Ko se vrtijo, cefrajo elastične in trde materiale (pločevino in plastiko). Noži material režejo in obenem strižejo. Tovrstni drobilniki omogočajo drobljenje vseh vrst plastike, kavčuka, električnih kablov, železnih cevi ...

Krogelni mlinci so počasno vrteči se mlinci, ki vsebujejo vrteči se bobnen z noži, premera 4-7m. Boben se vrti s hitrostjo 14 do 20 vrt/min, s pomočjo krogel material stiska in melje. Pri izhodu iz mlina se nahaja sito. Trdni deli odpadkov, kot so steklo, kamenje, železo, so samo v pomoč pri mletju. Prav tako je možno dodati k ostalim odpadkom, ki se meljejo, blato iz čistilnih naprav in učinkovitost mletja se ne zmanjša.

Pnevmatski mlini na zračni tok lahko vsebujejo enega ali več rotorjev. Ti so lahko postavljeni vertikalno ali horizontalno. Vanje so usmerjeni curki zraka pod pritiskom. Mlini so primerni za mletje industrijskih odpadkov, komunalnih odpadkov, termoplastov, folij, kablov, papirnatih lepenk, umetnih mas (Ojsteršek idr., 2006).



Slika 3: Krogelni mlin

Vir: Zupančič, 2007

4.1.2 Ločevanje zdrobljenih odpadkov

Ločujemo jih po velikosti delcev odpadkov (na sitih) in po vrsti materiala (s separatorji). Vrste sit, primerne za ločevanje delcev zdrobljenih odpadkov, so:

Bobnasto sito

Rotirajoči boben, ki vsebuje luknjice različnih premerov ter se vrti s hitrostjo 15-40 vrt/min. Uporablja se za sejanje zmletih kosovnih odpadkov, zelenega odreza, kompostnih produktov, gospodinjskih odpadkov ...

Horizontalno valovito sito

To sito ima dno iz gume ali plastike in je povezano z odvajalnim sistemom. Površina sita niha v obliki valovanja. Sito je primerno za sejanje kompostnih produktov.

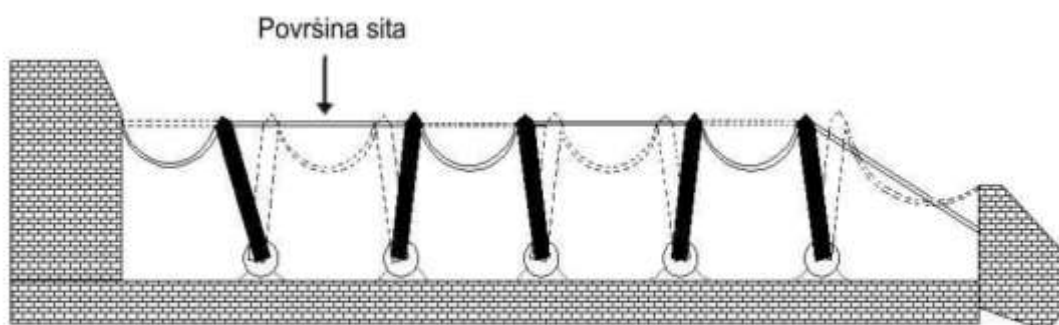
Ločevanje delcev po vrsti materiala lahko poteka po:

- elektromagnetnih lastnostih;
- optičnih lastnostih;
- specifični teži.



Slika 4: Bobnasto sito

Vir: Zupančič, 2007

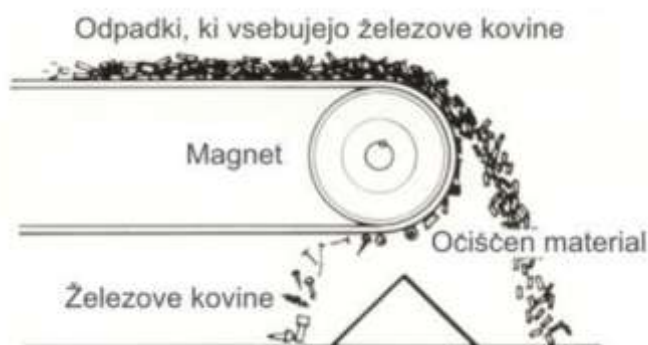


Slika 5: Horizontalno valovito sito

Vir: Zupančič, 2007

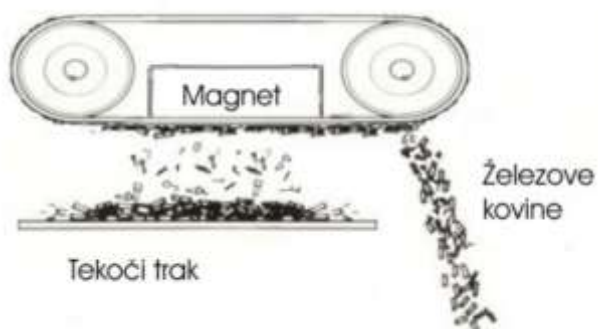
Ločevalnik železa - magnetni seperator

Postavitev magneta je lahko vzdolžno ali prečno na tok materiala, s pomočjo katerega izločimo železo, ter tako dobimo surovine, ki jih lahko prodamo.



Slika 6: Magnetni ločevalnik – magnet, nastavljen v smeri toka materiala

Vir: Zupančič, 2007



Slika 7: Magnetni ločevalnik - prečno nastavljen magnet

Vir: Zupančič, 2007

Optični ločevalniki

Ti ločujejo trdne materiale s pomočjo naslednjih učinkov:

- svetlobnih učinkov (spektrometrične analize);
- barvnih učinkov;
- učinkov sevanja (absorpcije žarkov) (Ojsteršek idr., 2006).

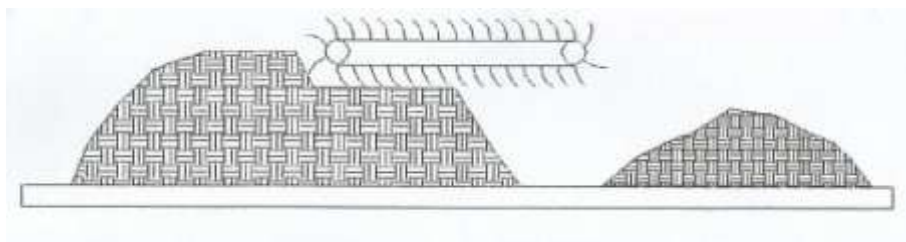
Ločevalniki po specifični teži

Najpogostejši so t.i. zračni separatorji, v katerih tok zraka, ki ga povzroča močan ventilator, specifično lažje delce odpihne, na težje pa ne vpliva. Tako ločimo specifično lažjo frakcijo, ki vsebuje delce papirja, plastike in tekstila, od težje, v kateri so steklo, mineralne snovi (pesek) in kovine.

4.2 Biološka obdelava

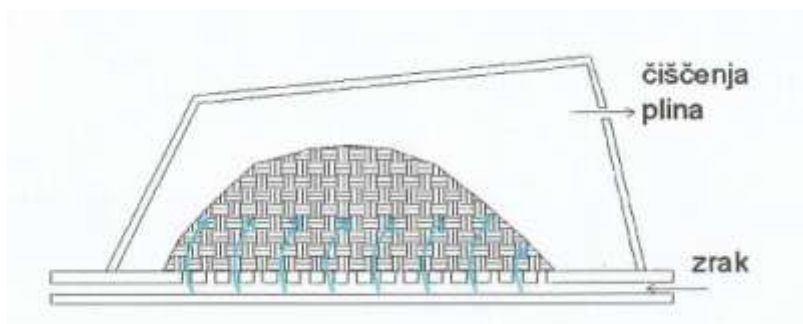
4.2.1 Aerobna obdelava

Aerobna obdelava ali kompostiranje je najbolj običajen način biokemijske razgradnje organskih snovi, ki so prisotne v odpadkih. Za obdelovanje se uporablja bolj ali manj suh in homogen material. Da so odpadki primerni za biološko obdelavo, morajo vsebovati zadostne količine biološko razgradljive organske suhe snovi in primerno vlažnost. Če sta npr. blato od čiščenja komunalnih odpadnih vod ali zelenjava preveč mokra, sta posledično manj primerna za kompostiranje in ju je treba mešati s t.i. strukturnimi materiali. Običajno biološko obdelujemo kuhinjske odpadke, les, odpadke iz vrtov, tekstilni material (bombaž), embalažo iz kartona in papirja ipd. Za uspešno aerobno obdelavo je pomembna predobdelava odpadkov. Da je zagotovljena sprejemljiva funkcionalnost procesa morajo biti odpadki mehansko predobdelani. Komunalni odpadki so zelo nehomogen material, zato je običajna njihova nepopolna razgradnja. Osnovni problem teh odpadkov je, da vsebujejo nevarne kovine in onesnaževala, ki ostanejo v kompostu. V njem se lahko nahajajo tudi pesticidi, herbicidi, organski kloridi, fenoli, patogeni organizmi in nepoznani toksini. V okviru MBO se uporabljata dva tipa procesov, in sicer reaktorski ter nereaktorski. Reaktorski so običajno v komorah in jih običajno izvajamo v objektih. Nereaktorski sistemi pa se delijo na tiste, pri katerih se obrača plast odpadkov (npr. odpadki so v plasteh-kopah in se občasno obračajo) in tiste, kjer so odpadki v statični plasti (npr. prezračevan statični proces v kopah). Potreben čas za celoten proces kompostiranja v kopah je lahko 6-12 mesecev. Pri prezračevani statični kopi znaša ta čas približno 2-3 mesece, v reaktorju z visoko tehnologijo pa 1-2 meseca. Pomembna za uspešno kompostiranje je dobra organizacija zbiranja odpadkov (Zupancič, 2007).



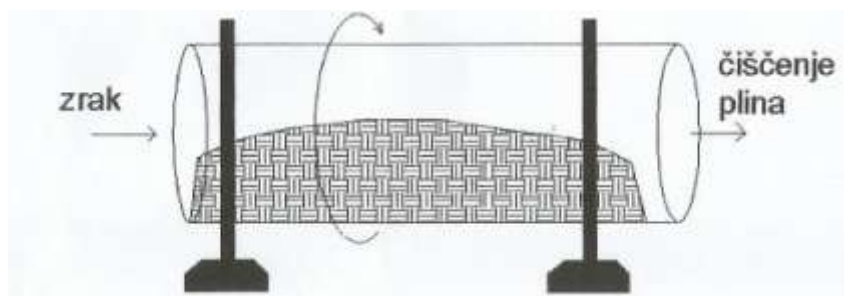
Slika 8: Sistem kompostiranja v kopah

Vir: Zupančič, 2007



Slika 9: Prezračevalni statični postopek kompostiranja

Vir: Zupančič, 2007

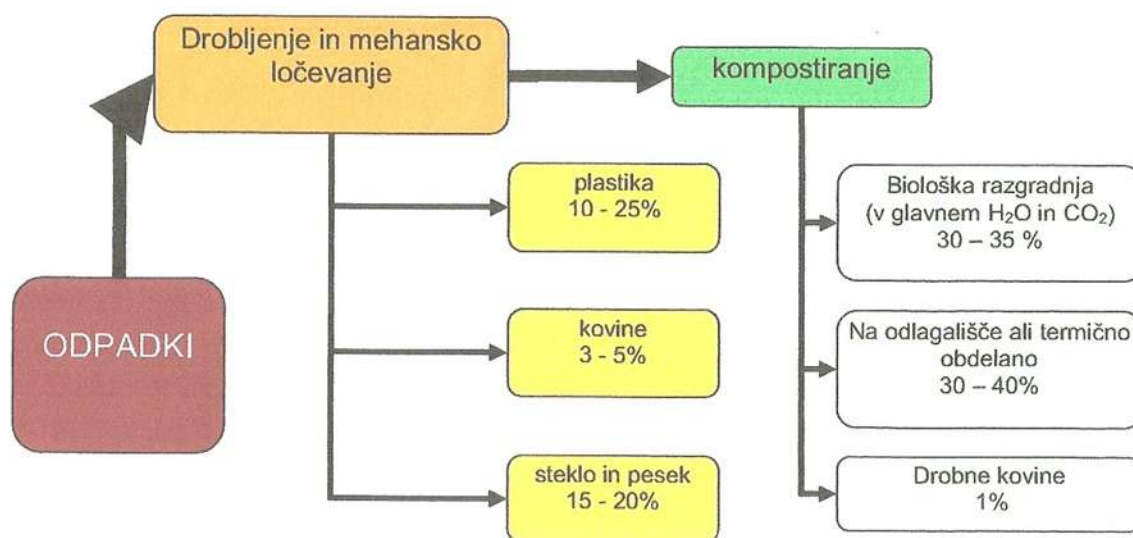


Slika 10: Horizontalni reaktor

Vir: Zupančič, 2007

Najbolj množično uporabljen v svetu je sistem kompostiranja v kopah. Omogoča dobro mešanje in dodatno drobljenje materiala, prav tako pa je investicijsko najmanj zahteven. Aerobno razgradnjo moramo v prvih tednih omejiti v zaprte prostore zaradi intenzivne razgradnje in posledično visokih emisij. Pri kasnejših fazah procesa pa so možne tudi izvedbe kompostiranja na odprtem prostoru. V štirih do šestih tednih je možno doseči 80% razgradnje organskih snovi, za kar je potrebno zagotoviti:

- primerno mehansko preobdelavo odpadkov;
- intenzivni postopek aerobne razgradnje s prezračevanjem;
- ohranjanje optimalne temperature za razgradnjo;
- ohranjanje optimalne količine vode in kisika v odpadkih.



Slika 11: Mehansko - biološka obdelava s kompostiranjem

Vir: Zupančič, 2007

4.2.2 Anaerobna obdelava

Anaerobna obdelava komunalnih odpadkov poteka brez prisotnosti zraka in omogoča pridobivanje metana. Uporabimo ga lahko za pridobivanje energije, ki jo običajno uporabljamo v procesu (npr. za sušenje) ali pa jo prodajamo. Anaerobna obdelava zahteva intenzivno mešanje v reaktorju. S tem se izognemo lokalnim pregretjem in lokalnemu pomanjkanju hranil za bakterije. Z mehanskimi postopki obdelamo vhodni material, da pridobi takšne lastnosti, ki omogočajo njegovo mešanje in premeščanje. Prav tako pa je za uspešno anaerobno razgradnjo organsko bogatih odpadkov potrebna visoka vlažnost. Pogosto se pred anaerobno razgradnjo vgradi enota za močenje odpadkov s precejanjem. Tako zagotovimo boljšo anaerobno razgradnjo in operativno stabilnost. Pri postopku se odpadke v reaktorju stalno meša, obenem pa se odpadke odplinjuje ter se jim dodaja predhodno ogreto vodo. Voda pomaga izpirati organske snovi iz odpadkov in je tako anaerobna razgradnja organskih snovi boljša.

Odpadki, ki jih anaerobno obdelujemo, ne smejo vsebovati snovi, ki ne fermentirajo. To so snovi, ki vsebujejo lignin (npr. les).

Glede na temperaturo procesa razlikujemo dva tipa razgradnih reakcij:

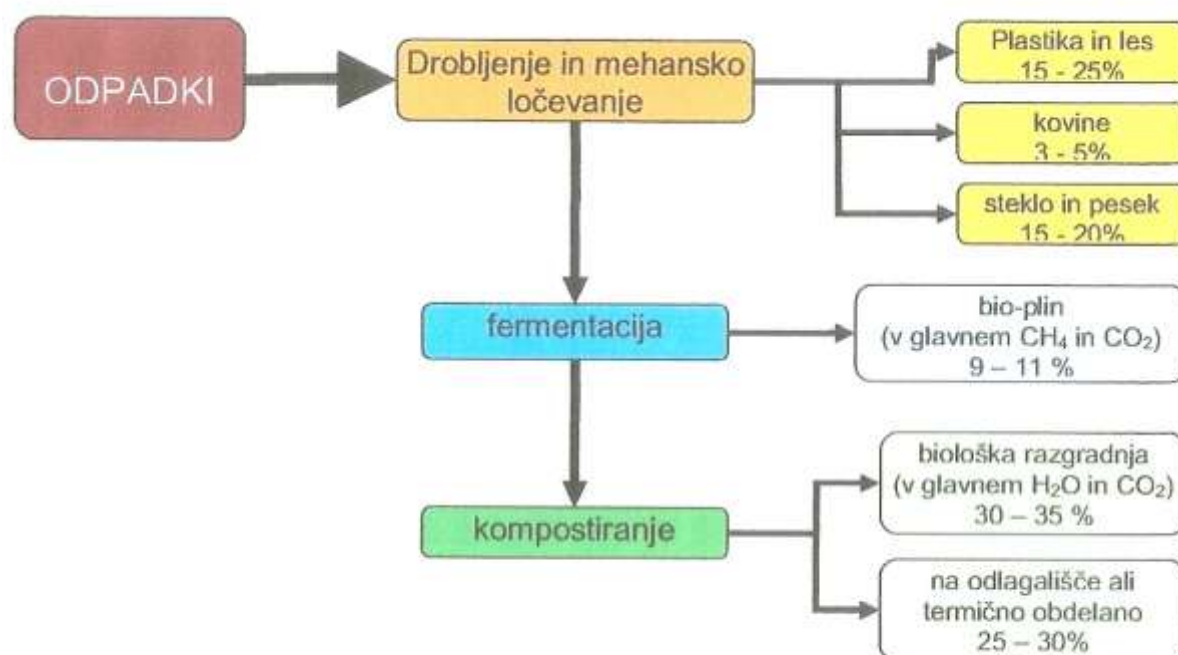
- mezofilne, ki potekajo pri temperaturah med 32 in 37 °C;
- termofilne, ki potekajo pri temperaturah med 50 in 58 °C.

Potek anaerobne razgradnje je v treh procesnih stopnjah:

- hidroliza - pretvorba visokomolekularnih biopolimerov (škroba, celuloze) v vodotopne snovi, ki služijo kot vir energije za nadaljnji proces fermentacije;
- acidogeneza - bakterijska pretvorba delno razgrajene biomase ter rastlinskih in živalskih maščob v krajše verige maščobnih kislin;
- metanogeneza - končna bakterijska pretvorba produktov, ki so nastali v procesih hidrolize in acidogeneze, v metan in ogljikov dioksid.

Procesi zahtevajo specifične reakcijske pogoje in specifične kulture bakterij.

Količine proizvedenega bioplina pri običajnih postopkih anaerobne obdelave znašajo med 200 in 250 Nm³/t odpadkov. Večje vrednosti pa se lahko kažejo pri anaerobnih obdelavah, ki imajo vgrajeno napravo za močenje odpadkov.



Slika 12: Mehansko - biološki proces z anaerobno obdelavo

Vir: Zupančič, 2007

4.3 Postopki mehansko – biološke obdelave

Mehanski in biološki postopki si lahko sledijo v različnem vrstnem redu, kar nekateri avtorji označujejo kot MBO in BMO. Pri MBO gre najprej za mehansko ločevanje in naknadno biološko razgradnjo organske frakcije, pri BMO pa je vrstni red operacij obraten.

Stopnje MBO postopka so:

- mehansko ločevanje (mletje, izločevanje kovin, sejanje);
- biološka razgradnja organske frakcije;
- mehanska obdelava (sejanje).

Postopek BMO pa poteka po naslednjih stopnjah:

- biološka razgradnja organske frakcije;
- mehansko ločevanje mletje, izločevanje kovin, sejanje, (Ojsteršek idr., 2006).

V našem delu za oba načina obdelave uporabljamo oznako MBO, pri tem pa ima vsak od navedenih postopkov določene prednosti in slabosti. Značilnosti klasičnih MBO postopkov so shematično prikazane na slikah 11 in 12.

Odpadke je po anaerobni stopnji potrebno še naknadno aerobno obdelati v zaprtem prostoru. V prvih dveh tednih aerobne obdelave še nastajajo pomembne količine amonija in odpadnih vod, bogatih z organskim ogljikom. Čas naknadne aerobne obdelave je odvisen od kvalitete predhodne anaerobne obdelave. Običajno pustimo odpadke še dodatno zoreti na odprtem 6-8 tednov.

Kombinacija anaerobnega in aerobnega procesa razgradnje omogoča skupaj popolno stabilizacijo organskega materiala ob izrabi energije bioplina. Prednosti pa so tudi kontrola patogenih klic in zmanjšanje volumna. Dodatno osuševanje pa je potrebno pri termični obdelavi biološko obdelanih odpadkov (Zupančič, 2007).

Izbor sklopa mehansko biološke predobdelave preostalih mešanih odpadkov z namenom priprave gorljive frakcije je smiseln le z nadaljevanjem snovnega toka odpadkov v termično obdelavo. Gorljivo frakcijo z okrog 11 - 14 % vlage, ko praktično vsi mikrobiološki procesi stojijo, se lahko tudi balira in odvaža v dislociran objekt za termično obdelavo, ki je tehnično prilagojen gorljivi frakciji z energetsko vrednostjo več kot 18 MJ/kg.

Vsebnosti organskih snovi in skupnega organskega ogljika (TOC) v produktu MBO obdelanih odpadkov niso ugodne za odlaganje. Vsebnost TOC je 16 - 21 % vsebnost TOC v izlužku pa po 12 mesecih intenzivne razgradnje 80 - 100 mg/l. To pomeni, da tovrstnih produktov obdelave po predpisih o odlaganju odpadkov ni dovoljeno odlagati na odlagališčih za nenevarne odpadke kot nenevarne odpadke, temveč le kot nenevarne odpadke z visoko vrednostjo BIOO. Podaljšanje časa intenzivnega procesa obdelave (običajno do 16 tednov, kjer je vrednost TOC v izlužku preko 300 mg/l) močno poveča stroške obdelave preko vseh razumnih meja. Tudi z ekstremno dolgimi časi intenzivne razgradnje (preko 24 mesecev) je praktično nemogoče doseči pogoje za odlaganje nenevarnih odpadkov na odlagališčih nenevarnih odpadkov. Hkrati s tem se meja 6 MJ/kg odpadkov, ki je predpisana zgornja meja za odlaganje odpadkov, v MBO postopkih doseže le z dodatnim izločanjem gorljivih frakcij.

Smiselnost MBO postopkov je predvsem v:

- prihrankih volumna odloženih odpadkov (zmanjšanje za 70 % z izločanjem gorljivih frakcij ali pa 30 - 50 % brez izločanja gorljivih frakcij);
- zmanjšanju obremenjenosti izcednih voda (zmanjšanju biološke porabe kisika in kemijske porabe kisika preko 90 %) in manjših količinah odlagališčnega plina;
- z izločanjem gorljivih snovi iz preostankov odpadkov v postopkih MBO je celoten proces MBO možno in smiselno zmanjšati le na mehanski del, doseči pogoje za odlaganje produkta na odlagališčih nenevarnih odpadkov, izločene gorljive frakcije pa energetsko uporabiti. (Operativni program odstranjevanja odpadkov, 2008).

5 PRAKTIČNI DEL

Z dejavnostjo RCERO Celje sem se seznanila že med opravljanjem svojega praktičnega usposabljanja. Zanimivo in pomembno področje mehansko-biološke obdelave preostanka mešanih komunalnih odpadkov sem želela podrobneje obdelati v diplomskem delu, pri tem pa postopke ravnanja z odpadki v RCERO Celje in rezultate, ki jih dosegajo, oceniti glede na sedanje zahteve in cilje iz strateških dokumentov. V nadaljevanju podajam podrobnejši pregled aktivnosti, ki so bile podlaga za izgradnjo tega regionalnega centra ter rezultate, ki jih z izbrano tehnologijo dosegajo.

5.1 Projekt RCERO Celje

5.1.1 Namen in obseg projekta

Na področju ravnanja z odpadki smo si v Sloveniji za uspešno izvajanje in uresničevanje programov s tega področja, zadali konkretne cilje:

- zmanjševanje količin odpadkov na izvoru oziroma viru nastanka;
- povečanje uporabe odpadkov za potrebe pridobivanja energije in gospodarsko uporabnih surovin;
- obdelava in predelava odpadkov v sestavine, ki niso več nevarne za okolje;
- termična obdelava odpadkov;
- odlaganje preostankov odpadkov na odlagališčih v čim manjšem obsegu.

RCERO Celje je bil zasnovan kot regionalni center za ravnanje z odpadki, z namenom uvajanja takšnih tehnologij ravnanja z odpadki, s katerimi je omogočeno:

- procesiranje pripeljanih odpadkov na odlagališče;
- usklajeno obravnavanje in obvladovanje odpadkov od njihovega nastajanja, zajemanja, predelave in odlaganja;
- zmanjševanje odlaganja preostanka odpadkov;
- izraba pare, ki nastaja v procesu termične obdelave odpadkov za proizvodnjo električne energije in vroče vode za ogrevanje;
- zmanjševanje deleža biorazgradljivih odpadkov v celotni količini odloženih komunalnih odpadkov na predpisani nivo.

Ker so se tako v Celju kot v celotni Savinjski regiji zavedali problematike pri ravnanju z odpadki in odgovornosti pri varovanju okolja, so pristopili k projektu izgradnje Regionalnega centra za ravnanje z odpadki Celje. V centru omogočajo odgovorno in celostno ravnanje z odpadki. Za izgradnjo sodobnega regionalnega projekta se je odločilo 24 občin Savinjske regije

- Občina Bistrica ob Sotli;
- Občina Braslovče;
- Mestna občina Celje;
- Občina Dobje;
- Občina Dobrna;
- Občina Kozje;
- Občina Laško;
- Občina Mozirje;
- Občina Podčetrtek;
- Občina Polzela;
- Občina Prebold;
- Občina Rečica ob Savinji;
- Občina Rogaška Slatina;
- Občina Rogatec;
- Občina Šentjur;
- Občina Šmarje pri Jelšah;
- Občina Šmartno ob Paki;
- Občina Šoštanj;
- Občina Štore;
- Občina Tabor;
- Mestna občina Velenje;
- Občina Vojnik;
- Občina Vransko;
- Občina Žalec (Širca, Svetičič, 2008).



Slika 13: Občine Savinjske regije, vključene v RCERO Celje

Vir: Černota, U. idr. 2010

Osnovni podatki o Savinjski statistični regiji so prikazani v preglednici 4.

Preglednica 4: Savinjska statistična regija v številkah, 2010

Statistični parameter	količine
Površina	2.384 km²
Število prebivalcev	260.039
Gostota prebivalstva	109,1 preb/km²
Zbrani komunalni odpadki	96.352 t

Vir: SURS, 2012

5.1.2 Izvedba projekta

Regionalni center za ravnanje z odpadki Celje je sodoben in zahteven projekt, za izvedbo katerega pa je bila ključna pripravljenost in sodelovanje širše javnosti. V Sloveniji je poznan kot vzorčni projekt celostnega ravnanja z odpadki.

Časovni potek aktivnosti pri izvedbi projekta od leta 1993 do 2008 je bil naslednji:

- 1993 – sprejeta strategija za ravnanje z odpadki na območju občine Celje;
- 1995 – začnejo se pripravljala dela za izgradnjo RCERO Celje;
- 1997 – izdelana je bila študija programske zasnove za izgradnjo Centra za ravnanje z odpadki. Izbrana je bila makro in mikro lokacija centra ter izdelana idejna zasnova objektov;
- 2001 – sprejet je bil dolgoročni plan, ki je predstavljal osnovo za začetek gradnje objektov. Izvedene so bile številne javne obravnave s predstavitvami projekta;
- 2003 – Mestna občina Celje je podpisala pogodbo o sofinanciranju Regionalnega centra za ravnanje z odpadki Celje in s tem pristopila k skupnemu projektu za ravnanje z odpadki v celjski regiji, s čimer bo rešeno vprašanje regijske infrastrukture ravnanja z odpadki;
- 2004 – v juniju je bila pripravljena dokumentacija za pridobitev nepovratnih sredstev iz kohezijskega sklada za I. fazo. Decembra je komisija sprejela odločitev o sofinanciranju projekta;
- 2005 – oktobra je bila pripravljena prijavna dokumentacija za pridobitev nepovratnih sredstev iz kohezijskega sklada za II. fazo. Decembra je komisija sprejela odločitev o sofinanciranju faze projekta;
- 2006 – pričela se je izgradnja I. faze RCERO;
- 2007 – pričela se je izgradnja II. faze RCERO;
- 2008 – začeli so s poskusnim obratovanjem objektov RCERO. 19. junija je sledilo odprtje objektov prve faze RCERO, 18. septembra istega leta pa še odprtje Toplarne Celje.

5.1.3. Vplivi na okolje

Projekt RCERO Celje je hkrati zavezan k ciljem, ki jih opredeljuje 174. člen Pogodbe Evropske skupnosti in ciljem Okoljskega programa, nanašajo pa se na naslednja področja:

- ohranjanje, varovanje in izboljšanje kakovosti okolja;
- zaščito zdravja ljudi;
- preudarno in racionalno izkoriščanje naravnih virov;
- povečanje deleža na mednarodni ravni, ki se ukvarja z regionalnimi in globalnimi okoljevarstvenimi problemi;
- gospodarjenje z naravnimi viri;
- zmanjšanje porabe neobnovljivih virov energije;
- izboljšanje kakovosti okolja v mestih;
- izboljšanje na področju zdravja in varstva ljudi;
- spremembe podnebja;
- mestno okolje;
- ravnanje z odpadki;
- ravnanje z vodnimi viri (Širca, Svetičič, 2008).

5.2 RCERO I. faza

Kot najboljša možna lokacija za izvedbo I. faze RCERO je bila predlagana lokacija Bukovžlak, ker je že obstoječe odlagališče, izbrali pa so jo na podlagi različnih okoljskih, ekonomskih, socialnih ter tehničnih parametrov (Symbio d.o.o., 2005).

5.2.1. Obseg projekta

V okviru I. faze projekta so zgradili štiri objekte, ki so v nadaljevanju podrobneje predstavljeni. To so:

- kompostarna;
- sortirnica in demontaža kosovnih odpadkov;
- odlagališče preostanka odpadkov;
- upravna stavba in infrastruktura.

KOMPOSTARNA

Kompostarno predstavlja armirano betonski objekt, sestavljen iz treh delov. V sprejemni del hale, ki je namenjen pripravi kompostne mešanice, se dovažajo ločeno zbrani biološko razgradljivi odpadki in strukturni materiali. Iz odpadkov se najprej odstranijo moteče snovi, nato se odpadki zmeljejo in shomogenizirajo v mešalcu. Od tod se kompostna mešanica transportira v drugi del, ki je namenjen intenzivni razgradnji. Tukaj se kompostni mešanici neprekinjeno dovaja zrak, ki ji zagotovi optimalne pogoje za razgradnjo. Hala je zaprta. Onesnažen zrak iz hale se zbira in vodi na čiščenje v biofilter. Predelana kompostna mešanica se prepelje v tretji del hale, kjer poteka končna razgradnja in zorenje komposta. Na koncu se kompost preseje na situ. Kapaciteta kompostarne je okoli 5.000 ton na leto.

Zbiranje biološko razgradljivih odpadkov se bo izvajalo samo v večjih in strnjениh naseljih. V redkeje naseljenih območjih se bo spodbujalo kompostiranje na domačem vrtu, kar se ponekod izvaja že sedaj.

Med biološko razgradljive odpadke sodijo:

- odpadki iz vrtov in parkov - zelena biomasa in naravni les, ter odpadki iz predelave rastlin, ki niso namenjeni prehrani;
- biološki odpadki iz kuhinj - odpadna hrana in odpadki, ki nastane pri proizvodnji hrane gre predvsem za odpadke iz gospodinjstev in restavracij;
- odpadki, ki nastanejo pri predelavi in obdelavi lesa, lubja, plute in slame;
- odpadki, ki nastanejo pri predelavi ločeno zbranih kosovnih odpadkov - frakcije odpadnega lesa, papirja, kartona, tekstila.



Slika 14: Kompostarna, I. faza RCERO Celje

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)

SORTIRNICA IN DEMONTAŽA KOSOVNIH ODPADKOV

Sortirnica je načrtovana tako, da bo mogoče ločeno zbrane surovine, kot so plastika, papir, karton, steklo in kovine še dodatno presortirati. V zbiralnicah namreč pričakujemo različne vrste plastike, različne vrste in kvalitete odpadnega papirja in kartona ter raznovrstne frakcije odpadnih kovin.

Sortirnico sestavljata dve armirano betonski hali, pokriti s pločevino:

- hala z opremo za sortiranje in
- skladišče sekundarnih surovin.

Sortirna hala je zaprta z vseh strani. V njej je naslednja oprema:

- trgalec vreč;
- transportni trakovi;
- sito;
- izločevalec magnetnih kovin;
- izločevalec nemagnetnih kovin;
- stiskalnica sekundarnih surovin in
- sortirna kabina, kjer se posamezne vrste odpadkov ročno odbirajo.

Skladišče je namenjeno začasnemu skladiščenju sekundarnih surovin. Demontaža kosovnih odpadkov je iz vseh strani odprta hala - nadstrešnica kovinske konstrukcije. V demontaži je mogoče ločeno zbrane frakcije kosovnih odpadkov dodatno razstaviti, zdrobiti in izločiti uporabne sekundarne surovine. Objekt omogoča tudi začasno skladiščenje teh prebranih odpadkov oziroma tudi ločeno zbranih frakcij. Kapaciteta demontaže znaša 5.000 ton na leto.



Slika 15: Sortirnica in demontaža kosovnih odpadkov, I. faza RCERO Celje

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)

ODLAGALIŠČE PREOSTANKA ODPADKOV

Odlagališče preostanka odpadkov leži južno od obstoječe deponije komunalnih odpadkov v Bukovžlaku na površini 9,86 ha. Odlagališče je zasnovano tako, da je možna izgradnja v fazah, in sicer v povezavi s proizvodnjo in prevzemom odpadkov iz ostalih tehnoloških procesov (kompostarne, sortirnice, demontaže kosovnih odpadkov in MBO).

Razpoložljivi prostor odlagališča je 1.878.000 m³ in bo zadostoval za približno 30 let.



Slika 16: Odlagališče preostanka odpadkov, I. faza RCERO Celje

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)

UPRAVNA STAVBA IN INFRASTRUKTURA

Upravna stavba je zgrajena ob vhodu v RCERO Celje. V upravni stavbi se nahajajo pisarne za zaposlene, arhiv, kotlovnica, sanitarije in predavalnica. Avtopralnica je namenjena pranju komunalnih vozil in zabojnikov. V projekt je vključena tudi izvedba celotne zunanje ureditve, izvedba dostopnih cest ter notranje komunikacije.



Slika 17: Upravna stavba, I. faza RCERO Celje

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)

5.2.2 Financiranje projekta

Investitor projekta je bila Mestna občina Celje, skupaj pa je v projekt vključenih 24 občin Savinjske regije. Izvedbo sta sofinancirali še Evropska Unija iz kohezijskega sklada in Republika Slovenija (Preglednica 5).

Preglednica 5: Viri financiranja RCERO Celje, I. faza

RCERO Celje, I. faza	Delež v %
Kohezijski sklad	50
Republika Slovenija	14
Lokalne skupnosti	36
SKUPAJ	100

Vir: RCERO Celje, 2012

5.3 RCERO II. faza

5.3.1. Izbor variant

Osnovni cilj izvedbe te faze projekta je zmanjšanje količin biorazgradljivih odpadkov, ki se odlagajo na odlagališču v skladu s predpisi. Ta cilj je možno realizirati v treh variantah:

- Varianta 1 - masovni sežig teh odpadkov v veliki sežigalnici, v kateri je možno sežgati tudi blato iz čistilne naprave (ČN);
- Varianta 2 - mehansko biološka obdelava (MBO) preostanka komunalnih odpadkov ter zagotovitev nadaljnje obravnave lahkih frakcij ter blata iz čistilne naprave;
- Varianta 3 - mehansko biološka obdelava preostanka komunalnih odpadkov ter sežig lahkih frakcij iz MBO in blata iz čistilne naprave v okviru lokalne termične obdelave odpadkov (TOO) manjše zmogljivosti.

Varianta 1

Ta varianta temelji na pripravi preostanka odpadkov (61.500 ton/leto) v prekladalnem centru (v okviru RCERO) ter odvoz odpadkov na sežig v tujino.

Varianta 2

Ta varianta temelji na obdelavi preostanka odpadkov po izbranem postopku MBO (biološko mehanska obdelava v zaprti hali s podtlakom). S to varianto se zmanjša količina preostanka odpadkov, ki se odlaga na odlagališču, na približno 20.600 ton/leto. Lahke frakcije, dobljene po MBO postopku (približno 20.000 ton/leto), bi se vozile na sežig v tujino.

Varianta 3

Ta varianta temelji na obdelavi preostanka odpadkov (PO) po izbranem postopku MBO. Lahke frakcije (LF), dobljene po MBO postopku, bi služile kot gorivo v obratu termične obdelave odpadkov. Poleg lahke frakcije bi se kot gorivo uporabilo tudi blato iz čistilne naprave Celje (5.000 ton/leto). Parni kotel za termično obdelavo odpadkov bo zmogljivosti 15 MW. Za termično obdelavo je predvidena tehnologija modularnega sežiga na premični rešetki. Pri tej varianti je predvidena izraba pare za proizvodnjo električne energije (z uporabo procesa batnega stroja z zmogljivostjo 1,9 MW in predgretjem pare) in toplote (3 do 5 MW) (Simbio, d.o.o. 2005).

Učinki te variante bi bili:

- proizvodnja električne energije (12.160 MWh/leto);
- zmanjšanje količine preostanka odpadkov, ki se odlaga na odlagališču na 22.800 ton/leto;
- zagotovitev 9.108 MWh/leto vroče vode za potrebe ogrevanja vzhodnega dela Celja (Symbio d.o.o., 2005).

Predhodno obravnavane variante so medsebojno primerjali na podlagi:

- kvantitativnih podatkov;
- kvalitativnih ocen.

Vidiki, po katerih so primerjali variante, so:

- vidik količin odloženih odpadkov na odlagališču;
- okoljski vidik;
- socialni vidik;
- vidik izvedljivosti;
- ekonomski vidik;
- vidik posrednih učinkov.

Za proučitve lokacijskih variant so upoštevali naslednje kriterije:

- razpoložljivost zemljišč ter njihova namembnost po prostorskih aktih občine;
- transportni stroški;
- komunalna opremljenost.

Ob upoštevanju navedenih kriterijev so dobili naslednjo oceno variant:

Preglednica 6: Zbirni pregled primerjave variant

Kriterij	Ponder	Število točk			Ponderirane točke		
		V 1	V 2	V 3	V 1	V 2	V 3
A) Vpliv na količine odpadkov, ki se odlagajo	20,0%	3,00	2,00	1,00	0,60	0,40	0,20
B) Okoljski vidik	26,0%	2,00	2,56	1,22	0,52	0,66	0,32
C) Ekonomski vidik	18,0%	1,67	2,00	2,33	0,30	0,36	0,42
D) Socialni vidik	17,0%	2,00	1,00	3,00	0,34	0,17	0,51
E) Posredni vplivi	14,0%	1,00	1,50	3,00	0,14	0,21	0,42
F) Izvedljivost	5,0%	1,00	2,00	2,00	0,05	0,10	0,10
SKUPAJ	100,0%	10,67	11,06	12,56	1,950	1,904	1,968

Vir: Simbio, d.o.o., 2005

Najvišje število točk je dobila varianta 3 »Mehansko biološka in termična obdelava komunalnih odpadkov«. Varianta je bila potrjena tudi s strani investitorja.

Druga faza projekta RCERO Celje tako vključuje dva podprojekta. Prvi podprojekt je faza mehansko-biološko obdelave odpadkov, drugi pa zajema termično obdelavo odpadkov. Izvajata se v dveh objektih:

- Objektu mehansko-biološke obdelave odpadkov;
- Toplarni Celje.

Na ta način se obdelujejo komunalni odpadki, ki niso zbrani ločeno. Pravimo jim preostanek mešanih komunalnih odpadkov. Odpadke je možno, preden se jih odloži na odlagališču, še dodatno obdelati, pri tem pa izločiti del, ki je primeren za sežig. S takšnim načinom dosežemo, da se na odlagališče odloži le biološko neaktiven del odpadkov (Širca, Svetičič, 2008).

5.3. 2 RCERO II. Faza – MBO

Namen projekta

MBO preostanka mešanih komunalnih odpadkov je namenjena zmanjšanju potenciala zbranih odpadkov za deponiranje na deponiji na ekonomičen in ekološko sprejemljiv način. V procesu skrbijo, da se volumen odpadkov, ki so namenjeni za odlaganje na deponiji zmanjša na tretjino prvotne mase. Ena tretjina se izloči v procesu biološke obdelave, druga tretjina pa iz preostanka in se odpelje na sežig v Toplarno.

Tehnično-tehnološki del

Objekt MBO se nahaja ob objektu kompostarne in sortirnice in demontaže kosovnih odpadkov na lokaciji RCERO v Bukovžlaku. Mehansko-biološka obdelava preostanka mešanih komunalnih odpadkov je namenjena biološki stabilizaciji odpadkov. Po nadaljnji mehanski obdelavi jih ločijo na lahko frakcijo, ta predstavlja gorivo za sežig v toplarni, ter težko frakcijo, ki se odloži na odlagališču (Simbio d.o.o., 2005).



Slika18: Lokacija stavbe MBO

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)



Slika 19: MBO tehnologija, nadzorna soba in kompostarna, glavna hala MBO in biofilter

Vir: (Širca, Svetičič, 2008)

FAZA BIOLOŠKE OBDELAVE

Odvija se v prostoru za biostabilizacijo. Proces biooksidacije traja 14 dni, v katerih se izločajo organske snovi predvsem v obliki CO_2 , prihaja pa tudi do izgube vlage. Rezultati tega procesa so:

- teža odpadkov se zmanjša za tretjino;
- glavni biološki procesi potečejo že v postopku biooksidacije;
- produkt obdelave je stabilat.

Ob minimalni porabi energije dobijo stabilen, suh in higieniziran proizvod brez neugodnega vonja. Celoten proces se odvija v zaprti hali. Da preprečijo onesnaževanje okolja pri procesu biostabilizacije, izhajajo plini skozi učinkovit biofilter. Z namenom, da se zmanjša količina odpadnih vod, ki se spustijo v kanalizacijo, je postopek zasnovan tako, da se izcedne vode delno vračajo nazaj v proces.

FAZA MEHANSKE OBDELAVE

Avtomatski žerjav prenese biostabilizirani material po končanem procesu biostabilizacije do transporterja, po katerem material potuje iz prostora biostabilizacije v prostor mehanske obdelave. Mehanska obdelava vključuje:

- mletje;
- demetalizacijo;
- sejanje;
- separacijo.

Pri tem ločijo lahko frakcijo, kovine, biostabilat ter inertne frakcije, težka frakcija pa se izloči na situ. Za sitom se z zračnim separatorjem oddvoji gorljivi del, s pomočjo močnih magnetov in vrtnčnega magnetnega polja pa izločijo kovine. Težka frakcija se odloži na odlagališču, kovine pa prevzame prevzemnik sekundarnih surovin, na drugi strani pa gre lahka frakcija v toplarno (Širca, Svetičič, 2008).

Financiranje projekta

Podobno kot pri projektu v prvi fazi, je bil tudi tokrat investitor projekta Mestna občina Celje. Skupaj je vključenih 24 občin Savinjske regije, prav tako pa so izvedbo projekta sofinancirali Evropska Unija iz kohezijskega sklada ter Republika Slovenija. Edina razlika je bila v deležu posameznega investitorja (Preglednica 7).

Preglednica 7: Viri financiranja RCERO Celje, II. faza - MBO

RCERO Celje, II. Faza - MBO	Delež v %
Kohezijski sklad	59
Republika Slovenija	14
Lokalne skupnosti	27
SKUPAJ	100

Vir: RCERO Celje, 2012

5.5 RCERO II. faza – Toplarna

Namen projekta

Termična obdelava komunalnih odpadkov v Toplarni Celje predstavlja zaključno fazo obdelave odpadkov, ki so predhodno obdelani in pripravljeni v Regionalnem centru za ravnanje z odpadki Celje.

Tehnološki postopek omogoča energijsko izrabo lahke frakcije preostanka komunalnih odpadkov za proizvodnjo toplotne in električne energije.

Lahka frakcija, ki jo predstavljajo papir, karton, plastika, folije, tekstil in les, se predhodno izloči v sistemu mehansko biološko obdelave in predstavlja, skupaj z blatom iz Centralne čistilne naprave, energent za kurilno napravo v Toplarni Celje.

Osnovni razlogi za izgradnjo Toplarne Celje so bili:

- energijska izraba odpadkov za pokrivanje dela energetskega potreb v mestu Celje;
- izpolnjevanje zahtev glede vsebnosti biorazgradljivega ogljika v odloženih odpadkih na odlagališču nenevarnih odpadkov po letu 2008 in
- odstranjevanje blata iz Centralne čistilne naprave Celje.

Cilj investicije je bil zmanjšati negativne vplive na okolje - poleg izkoriščanja energije predhodno obdelanih odpadkov se s sežigom blata bistveno zmanjša njegov volumen, izkoriščena energija, ki je vezana v blatu in izvedena je sterilizacija.



Slika 20: Zgradba Toplarne Celje

Vir: TV Celje, 2012

Tehnologija projekta

V proces termične obdelave vstopa letno okoli 20.000 ton predhodno obdelanih odpadkov in 5.000 ton blata iz čistilne naprave skupne povprečne kurilne vrednosti do 16 MJ/kg. Termična moč kurilne naprave znaša 15 MW, moč proizvedene električne energije pa 2 MW. Električna energija se dovaja v distribucijsko omrežje, toplotna energija pa se uporablja v sistemu daljinskega ogrevanja mesta Celje.

Postopek termične obdelave poteka v naslednjih stopnjah:

- transport in doziranje odpadkov in blata v kurilno napravo v razmerju 4:1;
- dvostopenjsko zgorevanje lahke frakcije in odvajanje pepela;
- ohlajevanje dimnih plinov in s tem izkoriščanje med procesom sproščene toplote v smislu proizvodnje toplotne in električne energije;
- čiščenje dimnih plinov glede na vsebnost škodljivih snovi v dimnih plinih.

STOPENJSKO ZGOREVANJE ODPADKOV IN ODVAJANJE PEPELA

Na osnovi primerjave okoljskih, tehnoloških in ekonomskih kriterijev je bil kot najbolj primeren postopek termične obdelave izbran modularni sežig na rešetki.

Ta tehnologija je ena izmed alternativ klasične tehnologije sežiga na rešetki in je primerna za sežig manjših letnih količin do 50 tisoč ton odpadkov v obliki lahke frakcije kakor tudi za sosežig predhodno obdelanih odpadkov in blata iz čistilne naprave. Zgorevanje poteka v dveh stopnjah - v primarni in sekundarni komori.

V primarni komori poteka proces zgorevanja s primanjkljajem zraka - okoli 70 % teoretično potrebne, zato prevladujejo pirolitično-uplinjevalni procesi. Pri tem se razvijejo velike količine dimnih plinov, ki potujejo v sekundarno komoro, kjer popolnoma zgorijo ob dovajanju ustreznih količin sekundarnega in po potrebi terciarnega zraka. Temperatura plinov, ki zapuščajo primarno komoro, običajno znaša med 650 in 850 °C, saj se velik del generirane toplote porabi za endotermne pirolitične procese. Heterogeno dogorevanje trdnih ostankov odpadkov mora biti zagotovljeno proti koncu gibljive rešetke, kjer dovedena količina zraka zadostuje za popolno oksidacijo trdnega ogljika.

V sekundarni komori prevladuje temperatura do 1.200 °C, kar ob intenzivnem mešanju s sekundarnim zrakom in zadostnim časom zadrževanja - preko 2 sekundi, zagotavlja popolno zgorevanje vseh organskih snovi, vključno z eventualno v primarni komori nastalimi polikloriranimi bifenili, polikloriranimi dibenzo dioksini, polikloriranimi dibenzo furani in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki.

OHLAJEVANJE DIMNIH PLINOV - proizvodnja toplotne in električne energije

Glavne komponente sistema za proizvodnjo energije so parni kotel s pregrevalnikom pare in parna turbina z generatorjem.

Napajalna voda se v kotlu upari in v pregrevalniku pregreje na zahtevano temperaturo, pregreta para se vodi skozi parno turbino, ki poganja električni generator. Para, ki izstopa iz turbine, kondenzira v kondenzatorju, od koder se vodi v sistem priprave vode in s pomočjo napajalne črpalke ponovno v kotel. Za hlajenje kondenzatorja se za manjše enote navadno uporablja zrak. Del pare se uporabi za proizvodnjo vroče vode za potrebe daljinskega ogrevanja preko toplotnega prenosnika.

Z uporabo najnovejše tehnološke opreme, ki je primerljiva z najboljšimi izvedbami naprav za termično obdelavo komunalnih odpadkov, so izpolnjene vse zahteve in določila Zakona o varstvu okolja, podzakonskih predpisov in direktive 2000/76 EC o sežigu odpadkov.

ČIŠČENJE DIMNIH PLINOV

Izbrano tehnologijo zgorevanja odlikuje zelo kontroliran proces zgorevanja in nizka emisija prahu v dimnih plinih, kar ugodno vpliva na zmanjšanje možnosti katalitičnih procesov nastanka škodljivih snovi med ohlajanjem dimnih plinov ter manjše količine ostankov po čiščenju dimnih plinov.

Čiščenje dimnih plinov zajema izločanje delcev, dušikovih oksidov, kislih plinov in eventualno prisotnih organskih snovi ter težkih kovin. Sistem čiščenja je zasnovan v treh stopnjah:

- suh postopek z vpihovanjem mešanice natrijevega bikarbonata in aktivnega oglja za izločanje kislih plinov in organskih snovi ter težkih kovin;
- vrečasti filter za izločanje trdnih delcev;
- koks adsorber za dodatno izločanje organskih snovi in eventualno še prisotnih težkih kovin.

Za zmanjševanje emisije dušikovih oksidov je izvedena recirkulacija dimnih plinov in selektivna nekatalitska redukcija z razprševanjem raztopine amoniaka v vodi direktno v vroče dimne pline.

S postopkom termične obdelave je zagotovljena vsebnost organskega ogljika v pepelu in žlindri pod mejno vrednost za inertne odpadke - manj kot 3 %. Ostale lastnosti pepela in žlindre so odvisne predvsem od sestave goriva. Pepel in žlindra praviloma predstavljata inerten oziroma nenevaren odpadke, ki ga lahko odložimo na odlagališču za nenevarne odpadke.

Produkti čiščenja dimnih plinov zaradi povišane vsebnosti kovin in soli sodijo med nevarne odpadke, zato jih prevzema pooblaščen zbiralec nevarnih odpadkov, ki jih v skladu z predpisi predela ali odloži na odlagališču nevarnih odpadkov. Delno nasičen koks z vsebnostjo klora, nižjo od 1 % in vrednostjo Hg, nižjo od 0,3 %, se termično obdela v kurilni napravi, vodi se nazaj v kurišče, kjer, pomešan z lahko frakcijo odpadkov, zgori.

Predvidena poraba materialov in energije za predviden čas obratovanja 8.000 ur letno je podana v preglednici 8.

Preglednica 8: Predvidena poraba materialov za predviden čas obratovanja 8.000 ur letno

Opis	Normativ	Letna poraba
Gorivo	3.125 kg/h	25.000 t/leto
*preostanek odpadkov po MBO	2.500 kg/h	20.000 t/leto
*dehidrirano blato iz čistilne naprave	625 kg/h	5.000 t/leto
Dopolnilno gorivo (zemeljski plin)	64,58 m ³ /h	516.000 m ³ /leto
Električna energija	0,86 kWh/h	6.880 kWh/let
Tehnološka voda	2,00 m ³ /h	16.000 m ³ /leto
Komprimiran zrak	15,00 m ³ /h	120.000 m ³ /leto
Aditivi (namenjeni čiščenju dimnih plinov)	125 kg/h	1.000 t/leto
*raztopina amoniaka (25%)	5 kg/h	40 t/leto
*natrijev bikarbonat	60 kg/h	800 t/leto
*aktivni koks	12 kg/h	120 t/leto

Vir: RCERO Celje, 2012

ODPADKI PO TERMIČNI OBDELAVI

Po termični obdelavi nastajajo naslednji odpadki:

- pepel in žindra do 2.200 t/leto;
- filtrski ostanki do 1.200 t/leto;
- nenasičeni koks do 100 t/leto.

Pepel in žindra ne sodita med nevarne odpadke, zato je možno njuno odlaganje na odlagališču ali uporaba v gradbeništvu, če bo za to izkazan interes.

Filtrski ostanki predstavljajo produkt čiščenja dimnih plinov in vsebujejo povišane vrednosti kovin in soli, zato spadajo med nevarne odpadke. Za odstranitev poskrbijo prevzemniki ali predelovalci odpadkov, ki so usposobljeni in pooblaščen za upravljanje storitev v zvezi z nevarnimi odpadki.

V primeru zasičenja koks in koks adsorberja termična obdelava ni dopustna in je ta obravnavana enako kot filtrski prah.

Financiranje projekta

Tako kot obe fazi poprej, je tudi ta del projekta investirala Mestna občina Celje. Sofinancirali sta tudi Evropska Unija iz kohezijskega sklada in Republika Slovenija. Investicijska vrednost podprojekta RCERO Celje, II. Faza, Toplarna Celje, je znašala 18,6 milijonov EUR.

Preglednica 9: Viri financiranja projekta RCERO Celje, II. faza - Toplarna Celje

RCERO Celje, II. Faza - MBO	Delež v %
Kohezijski sklad	70
Republika Slovenija	15
Lokalne skupnosti	15
SKUPAJ	100

Vir: RCERO Celje, 2012

6 DISKUSIJA

Sistem ravnanja z odpadki v RCERO Celje predstavlja vzorčen in celovit primer ravnanja s komunalnimi odpadki, obsega ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami in ločeno ravnanje s preostankom mešanih komunalnih odpadkov. Z opisanim načinom ravnanja so izpolnjeni cilji in obveze iz strateških dokumentov, ki obravnavajo ravnanje s komunalnimi odpadki.

MBO postopke uvajamo zaradi ciljev oz. obvez za zmanjšanje odlaganja biološko razgradljivih odpadkov. Osnovni cilj MBO je maksimalna dezinfekcija in biološka razgradnja odpadkov. Slovenska zakonodaja s področja ravnanja z odpadki je sistemsko urejena in usklajena z evropskim pravnim redom. Obstajajo različne izvedbe MBO (z različnim zaporedjem mehanskih in bioloških procesov), a brez izločanja frakcije, ki je bogata z ogljikom, ni mogoče doseči manj kot 5% TOC v odloženih odpadkih. Ta frakcija je tudi energetska bogata, zato jo je možno uporabiti kot gorivo v ustreznih termoenergetskih objektih.

RCERO Celje obsega celovit sistem ravnanja s komunalnimi odpadki, katerega name je:

- procesiranje pripeljanih odpadkov na odlagališče;
- usklajeno obravnavanje in obvladovanje odpadkov od njihovega nastajanja, zajemanja, predelave in odlaganja;
- zmanjševanje odlaganja preostanka odpadkov;
- izraba pare, ki nastaja v procesu termične obdelave odpadkov za proizvodnjo električne energije in vroče vode za ogrevanje;
- zmanjševanje deleža biorazgradljivih odpadkov v celotni količini odloženih komunalnih odpadkov na predpisani nivo.

Povezava s Toplarno Celje omogoča uporabo lahke frakcije po MBO kot goriva in s tem tudi doseganje zahtev po zmanjšanju TOC v odloženih odpadkih. Lahka frakcija, ki jo predstavlja papir, karton, plastika, folije, tekstil in les, se predhodno izloči v sistemu mehansko biološke obdelave in predstavlja, skupaj z blatom iz Centralne čistilne naprave, energent za kurilno napravo v Toplarni Celje.

Cilj investicije je zmanjšati negativne vplive na okolje – poleg izkoriščanja energije predhodno obdelanih odpadkov se s sežiganjem blata bistveno zmanjša njegov volumen, izkorišča energija, ki je vezana v blatu in izvedena je sterilizacija.

Podobni postopki za MBO preostanka mešanih komunalnih odpadkov se uvajajo tudi v drugih slovenskih regijah, vendar še nikjer sistem ni zgrajen tako celovito kot v Celju, saj večinoma manjkajo zmogljivosti za termično obdelavo energetske bogatih frakcij. Večino že zgrajenih naprav za MBO bo potrebno dopolniti z lastnimi termoenergetskimi objekti ali pa energetska izraba zagotoviti pri pogodbenih izvajalcih doma ali v tujini.

7 ZAKLJUČEK

Ključni obvezi pri ravnanju s komunalnimi odpadki sta njihovo ločeno zbiranje in obdelava preostanka mešanih komunalnih odpadkov pred odlaganjem. Obseg ločenega zbiranja se v zadnjih letih postopoma povečuje, za obdelavo preostanka, kar mora zagotoviti pod 5% skupnega organskega ogljika, pa je primeren sežig ali alternativni načini, ki običajno vključujejo mehansko – biološko obdelavo. Mehansko – biološka obdelava lahko obsega različne biološke postopke (aerobne, anaerobne) in mehanske separacijske postopke, katerih obseg in vrstni red je običajno prilagojen značilnostim odpadkov. Izkušnje pa kažejo da mejne vrednosti TOC v odpadkih, ki so namenjeni odlaganju, ni mogoče doseči brez izločanja energetske bogate frakcije.

Na podlagi arhivskih podatkov o predhodnih aktivnostih in sami izgradnji RCERO Celje ter aktualnih informacij o njegovem delovanju, ki sem jih zbrala pri izdelavi tega diplomskega dela, ocenjujem, da njegova tehnološka zasnova dejansko omogoča izvedbo vseh tistih postopkov, ki vodijo k doseganju ciljev v pogledu zmanjševanja odlaganja komunalnih odpadkov. Sistem ravnanja z odpadki v RCERO Celje predstavlja vzorčen in celovit primer ravnanja s komunalnimi odpadki v Sloveniji, ki obsega ravnanje z ločeno zbranimi frakcijami in ločeno ravnanje s preostankom mešanih komunalnih odpadkov. Predhodna aerobna biološka obdelava omogoča pridobitev stabilnega in suhega produkta, ki je primeren za nadaljnjo mehansko separacijo. Izločena težka frakcija vsebuje predvsem mineralne ostanke z nizko vsebnostjo organskega ogljika in je primerna za odlaganje, lahka frakcija z ostanki papirja, plastike in tekstila pa je organsko bogata in ima visoko energetske vrednost. Uporablja se kot osnovno gorivo v Toplarni Celje, pridobljena elektrika in toplota pa pokrivata energetske potrebe dela mesta Celje. Z opisanim načinom ravnanja so izpolnjeni cilji in obveze iz strateških dokumentov, ki obravnavajo ravnanje s komunalnimi odpadki.

8 LITERATURA

Černota, U. (2010). Odpadki v Sloveniji. Celje. Fit media.

Direktiva 2008/98/ES o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv. Medmrežje: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:01:sl:HTML>

Kortnik, J. (2010). Gospodarjenje z odpadki –Gzo 09. Ljubljana.

Ministrstvo za okolje in prostor (2008). Operativni program odstranjevanja odpadkov s ciljem zmanjšanja količin odloženih biorazgradljivih odpadkov. Medmrežje: http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/okolje/varstvo_okolja/operativni_programi/op_odpadki_biorazgradljivi.pdf (12.12.2012)

Odredba o ravnanju z ločeno zbranimi frakcijami pri opravljanju javne službe ravnanja s komunalnimi odpadki (Ur. I. RS, št. 21/2001).

Ojsteršek, V. idr. (2006). MBO/BMO kot sodobna metoda predelave komunalnih odpadkov – izkušnje v Sloveniji. Gospodarjenje z okoljem.

RCERO Celje, (2012). Medmrežje: <http://www.rcero-celje.si/> (12.12.2012).

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja, (Ur. I. RS, št. 2/2006).

Saubermacher. Ravnanje s komunalnimi odpadki. Medmrežje: <http://www.saubermacher-komunala.si/si/dejavnost/ravnanje-s-komunalnimi-odpadki> (12.12. 2012).

Simbio d.o.o. (2005). Investicijski program RCERO Celje II. Faza, Mehansko biološka in termična obdelava komunalnih odpadkov (Interno gradivo).

SURS, 2012. Medmrežje: <http://www.stat.si/> (5.12.2012)

Širca, M. in Svetičič, J. (2008). RCERO Celje-Regionalni center za ravnanje z odpadki Celje.

Škafar, B. (2005). Odpadki. Pomurski ekološki center Murska Sobota.

TV Celje. Toplarna Celje. Medmrežje: <http://www.tvcelje.si/index.cgi?m=3&id=2481&img=1> (28.12.2012).

Uredba o odpadkih (Ur. I. RS, št. 103/2011).

Zakon o varstvu okolja (Ur. I. RS, št. 39/2006, 70/2008, 108/2009, 48/2012 in 57/2012).

Zore, J. & Marc, D. (2001). Odpadki v Sloveniji: Priročnik za ravnanje s komunalnimi odpadki. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

Zupančič, K. (2007). Mehansko biološka obdelava odpadkov in možnosti njene uporabe v Sloveniji. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. FAGG.