

Študija organskih odpadkov

Studie Biogene Abfälle

2013 Maribor

KONTAKT / KONTAKT

Miran Lakota

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede,
Katedra za Biosistemsko inženirstvo

Pivola 10, 2311 Hoče, Slovenija

+ 386 51 271 299

miran.lakota@um.si

AVTORJI / AUTOREN

Miran Lakota	miran.lakota@um.si	
Rok Sunko	rok@skupina-fabrika.com	
Manfred Hotwagner	m.hotwagner@eee-info.net	
Lilijana Grnjak	lilijana.grnjak@ljutomer.si	
Denis Stajnko	denis.stajnko@um.si	
Peter Vindiš	peter.vindis@um.si	
Jurij Rakun	jurij.rakun@um.si	
Peter Berk	peter.berk@um.si	

Povzetek

Biogeni odpadki so ostanki hrane, kuhinjski odpadki, odpadki z vrtov in parkov, gnojevka, živalski gnoj ali drugi odpadki, kot so papir, karton in odpadni les. Ti imajo določeno energetske vrednost, ki predstavlja neki energetski potencial. Lahko se razgradijo (ostanki hrane, odpadno jedilno olje, gnojevka), če so izpostavljeni anaerobnim ali aerobnim procesom razgrajevanja ali jih uporabimo za kurjenje (papir, karton, les).

V nalogi so z uporabo geografskega informacijskega sistema obdelani podatki o zbranih količinah biogenih odpadkov v letu 2011 v občinah Pomurja. Iz zbranih količin so izračunani energetski potenciali za odpadke, primerni za kompostiranje in zbrano odpadno jedilno olje. Izračun energetskega potenciala zbranih količin odpadnega jedilnega olja je narejen za predelavo v biodizel in predelavo v bioplinarni. Nadalje so izračunani tudi energetski potenciali zbranega odpadnega lesa, ki se lahko uporabijo za kurjavo. Izračunani potencial Pomurja za leto 2011 znaša, glede na energetske vrednost biogenih odpadkov, lesa ter jedilnega olja, 4.099 MWh. Ob predpostavki, da je bilo zbranih le 27 % odpadnega materiala, lahko izračunamo, da teoretični energetski potencial Pomurja znaša 15.225 MWh (pri 100 % izkoristku).

Nadalje so v študiji opisani tehnološki postopki skladiščenja in priprave biogenih gospodinjskih odpadkov in zelenega obreza. Opisane so tudi tehnologije za fermentacijo biogenih gospodinjskih odpadkov in zelenega obreza. V študiji so zajete tudi tehnologije uporabe bioplina in presnovljenega substrata, ki ga lahko uporabimo kot gnojilo na kmetijskih površinah s čemer zaključimo tokokrog hranil. Podrobno je obdelana analiza sproščanja toplogrednih plinov, ki vsebuje primerjavo med kompostiranjem in uporabo v bioplinarni. V študiji je opisana tudi evropska in slovenska zakonodaja, ki ureja ta področja in jo je pri ravnanju z biogenimi odpadki potrebno upoštevati. Študija opisuje tudi druge potencialne substrate, ki jih lahko izrabimo za pridobivanje energije, kot so zeleni odrez ob cestah, odpadki živilsko-predelovalne industrije, odpadki trgovskih verig, živila s pretečenim rokom uporabe in požetveni ostanki v obsegu, ki se lahko odstranijo s kmetijskih površin v takem obsegu, da ni ogroženo trajnostno kmetijstvo. Na koncu študije so predstavljeni podatki o občini Ljutomer, ki je bila izbrana in obravnavana kot modelna občina.

Zusammenfassung

Biogene Abfälle sind Lebensmittelabfälle, Küchenabfälle, Abfälle aus dem Garten und aus Parks, Gülle, Mist und andere Abfälle wie Papier, Karton und Holzabfälle. Diese haben einen bestimmten Energiewert, der ein Energiepotenzial darstellt. Sie können abgebaut werden (Lebensmittelabfälle, Altspeiseöl, Gülle), wenn sie anaeroben oder aeroben Abbauprozessen ausgesetzt werden oder zum Verbrennen genutzt werden (Papier, Karton, Holz).

Die Studie bearbeitet mit Hilfe des geographischen Informationssystems Daten über die gesammelten Mengen von biogenen Abfällen im Jahr 2011 in den Gemeinden der Region Pomurje. Von den gesammelten Mengen wurden die Energiepotenziale der Abfälle, die angemessen für Kompostierung sind und das gesammelte Altspeiseöl berechnet. Die Berechnung des Energiepotenzials der

gesammelten Mengen des Altspeiseöls wurde für die Verarbeitung in Biodiesel und für die Verarbeitung in einer Biogasanlage ausgeführt. Es wurden außerdem die Energiepotenziale des gesammelten Abfallholzes, welches zum Heizen verwendet werden kann ausgeführt. Das berechnete Potenzial der Region Pomurje beträgt für das Jahr 2011, hinsichtlich des Energiewerts für biogene Abfälle, Holz und Speiseöl 4.099 MWh. Unter der Voraussetzung, dass nur 27 % des Abfallmaterials gesammelt wurde, ergibt sich das theoretische Energiepotenzial der Region Pomurje mit 15.225 MWh (bei 100 % Ausbeute).

In der Studie sind außerdem die technologischen Prozesse der Lagerung und der Vorbereitung von biogenen Haushaltsabfällen und des Grünschnitts beschrieben. Es ist auch die Technologie für die Gärung von biogenen Haushaltsabfällen und des Grünschnitts beschrieben. Die Studie beinhaltet auch die Technologien zur Nutzung von Biogas und des restlichen Substrates, welches als Düngemittel auf landwirtschaftlich genutzten Böden ausgebracht werden kann. Die Analyse der Treibhausgas-Emissionen wurde ebenfalls in der Studie behandelt. Sie zeigt den Vergleich zwischen Kompostierung und der Verwendung in einer Biogasanlage. Die Studie beschreibt auch die europäische und die slowenische Gesetzgebung auf diesem Gebiet und welche beim Handeln mit biogenem Abfall berücksichtigt werden müssen.

Die Studie beschreibt auch andere potenzielle Substrate, die für die Schaffung von Energie genutzt werden können, wie z. B. Grünschnitt neben der Straße, Abfall von der Lebensmittelverarbeitungsindustrie, Abfall von Handelsketten, Nahrung mit abgelaufenem Haltbarkeitsdatum und Überreste der Ernte, welche von landwirtschaftlich genutzten Böden entfernt werden können, ohne das damit die langfristige Landwirtschaft beeinflusst wird. Am Ende der Studie sind die Daten der Gemeinde Ljutomer dargestellt, die als eine Modellgemeinde ausgewählt und betrachtet wurde.

Stvarno kazalo:

1. POTENCIAL BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENI OBREZ ZA FERMENTACIJO V BIOPLINSKI NAPRAVI	1
2. SKLADIŠČENJE IN PREDELAVA BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENEGA ODREZA.....	9
2.1 Uvod	9
Odpadkovni substrati	10
Obnovljive surovine (nem. NAWARO) ali surovinam NAWARO podobni substrati	10
2.2 Dostava	10
2.3 Skladiščenje.....	11
2.4 Predelava biogenih odpadkov za fermentacijo (splošno).....	13
2.4.1 Predhodno sortiranje.....	14
2.4.2 Nadaljnja separacija motečih materialov.....	15
2.4.3 Drobljenje.....	16
2.4.4 Drozganje (raztopitev).....	17
2.4.5 Separacija motečih materialov.....	18
2.4.6 Higienizacija	19
2.5 Siliranje.....	20
2.5.1 Pogoji za siliranje.....	21
2.5.2 Postopek siliranja.....	23
2.5.3 Trajnost silaže.....	23
2.5.4 Siliranje komunalnega zelenega odreza	24
2.6 Rezano vejevje – moteč material v obratu za proizvodnjo bioplina?	25
3. TEHNOLOGIJE ZA FERMENTACIJO BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENEGA ODREZA.....	26
3.1 Običajni postopki fermentacije – pregled tehnologij.....	26
3.2 Izključna presnova kuhinjskih odpadkov.....	27
3.3 Izključna presnova zelenega odreza.....	28
3.3.1 Zeleni odrez / mokra presnova.....	28
3.3.2 Zeleni odrez / suha presnova	30
3.4 Skupna presnova kuhinjskih odpadkov in trave/zelenega odreza	31
3.4.1 Scenarij 1: 20 % kuhinjskih odpadkov/80 % zelenega odreza.....	32
3.4.2 Scenarij 2: 80 % kuhinjskih odpadkov/20 % zelenega odreza.....	32
3.5 Ključna beseda „razmerje C:N“	34
3.6 Bioplinke naprave in okoljevarstveno soglasje (IPPC dovoljenje).....	35
3.6.1 Stališče glede zahtev za bioplinarne v zvezi s pridobitvijo okoljevarstvenih dovoljenj	36
3.6.3 Pregled stanja bioplinarn v Sloveniji	48
3.6.4 Okoljevarstvena dovoljenja bioplinarn.....	49
4. UPORABA BIOPLINA.....	50
4.1 Kmetijske bioplinke naprave	51
4.2 Lastnosti bioplina	53
4.3 Neposredno izgorevanje in uporaba toplote	54
4.4 Soproizvodnja toplote in električne energije (SPTE)	54
5. UPORABA PRESNOVLJENEGA SUBSTRATA	64
5.1 Uporaba anaerobne digestije pri intenzivni živinoreji	64
5.2 Biološko razkrajanje organskih snovi.....	65

6 ANALIZA SPROŠČANJA TOPLOGREDNIH PLINOV (primerjava kompostiranje – bioplinarna)	72
6.1 Vprašanja in problematika.....	73
6.2 Metode	75
6.3 Opis referenčnega obrata	75
6.4 Izračun emisij toplogrednih plinov v proizvodnji bioplina.....	76
6.4.1 Emisije CO ₂ , povezane z zbiranje in prevozom biogenih odpadkov....	76
6.4.2 Emisije toplogrednih plinov v referenčnem obratu.....	77
6.5 Recikliranje izdelkov iz bioplinarne.....	78
6.5.1 Proizvodnja električne energije v procesu kogeneracije	78
6.5.2 Bioplin kot gorivo za vozila	80
6.5.3 Gnojila iz pregnitega blata	81
7 ZAKONODAJA.....	87
7.1 Evropska zakonodaja o odpadkih	87
7.2 Slovenska zakonodaja o odpadkih	88
TERMINOLOŠKI SLOVAR.....	90
LITERATURA	92

Kazalo slik

Slika 1: Nastali in odloženi odpadki v Republiki Sloveniji	1
Slika 2: Vrste odpadkov zbranih v Republiki Sloveniji po letih	2
Slika 3: Količine komunalnih odpadkov zbranih po regijah (v tonah).....	2
Slika 4: Količine komunalnih odpadkov po regijah glede na prebivalca (v kg)	2
Slika 5: Obravnavane pomurske občine (GIS)	4
Slika 6: Število prebivalcev po občinah v letu 2011 (GIS).....	5
Slika 7: Zbiratelji odpadkov po občinah.....	6
Slika 8: Delež hišnih kompostnikov in zabojsnikov v občini Ljutomer.....	7
Slika 9: Biološki odpadki kot substrat v obratu za proizvodnjo bioplina	9
Slika 10: Navozna tehtnica	11
Slika 11: Zbirni in transportni zabojsniki za kuhinjske odpadke.....	11
Slika 12 : Zabojsniki za ločeno zbiranje odpadkov	12
Slika 13 : Skladiščni rezervoarji za tekoče materiale zapakiranih odpadnih živil s pretečenim rokom uporabe in industrijskih odpadkov.....	12
Slika 14 : Odprti prevozní silosi z izcedno vodo in deževnico.....	13
Slika 15: Shema predelave odpadkov na primeru mokre presnove	14
Slika 16: Vizualna kontrola in ročno odstranjevanje motečih materialov iz kuhinjskih odpadkov	15
Slika 17: Koraki izločanja motečih materialov pri suhi presnovi, mokri presnovi in postopkih izpiranja	16
Slika 18: Drobljenje bioloških odpadkov	17
Slika 19: Biološki odpadki (ostanki hrane, živila s pretečenim rokom trajanja in tržni odpadki) pred drobljenjem	17
Slika 20: Razkrojen organski delež	18
Slika 21: Fermentacijska suspenzija.....	18
Slika 22: Izločeni moteči materiali	19
Slika 23: Dolžina delcev pri koruzni silaži in travnati silaži.....	21
Slika 24: Košnja in rezanje košene trave	22
Slika 25: Stroj za rezanje košene trave	22
Slika 26: Zeleni odrez	24
Slika 27: Zeleni odrez, pomešan z rezanim vejevjem in grmičevjem	25
Slika 28: Dostava ostankov hrane	27
Slika 29: Kmetijski obrat za proizvodnjo bioplina z mokro presnovo	29
Slika 30: Konceptni diagram postopka Kompogas ⁸	30
Slika 31: Konceptni diagram postopka podjetja Bekon Energy Technologies GmbH & Co ⁹	31
Slika 32: Kmetijski obrat za proizvodnjo bioplina, prilagojen za presnovo odpadkov.....	33
Slika 33: Lokacija obstoječih bioplinarn leta 2012	49
Slika 34: Sestavni deli mikro bioplinke naprave.	52
Slika 35: Možnosti izrabe bioplina	53
Slika 36: Delovanje SPTE enote.....	55
Slika 37: Sistemske meje za upoštevanju emisij toplogrednih plinov pri proizvodnji bioplina.....	74
Slika 38: Sistem za proizvodnjo električne energije, ki ustvari 4GWh pri gorenju bioplina v plinski elektrarni (posnetek zgorevanja zemeljskega plina).	79

Kazalo tabel

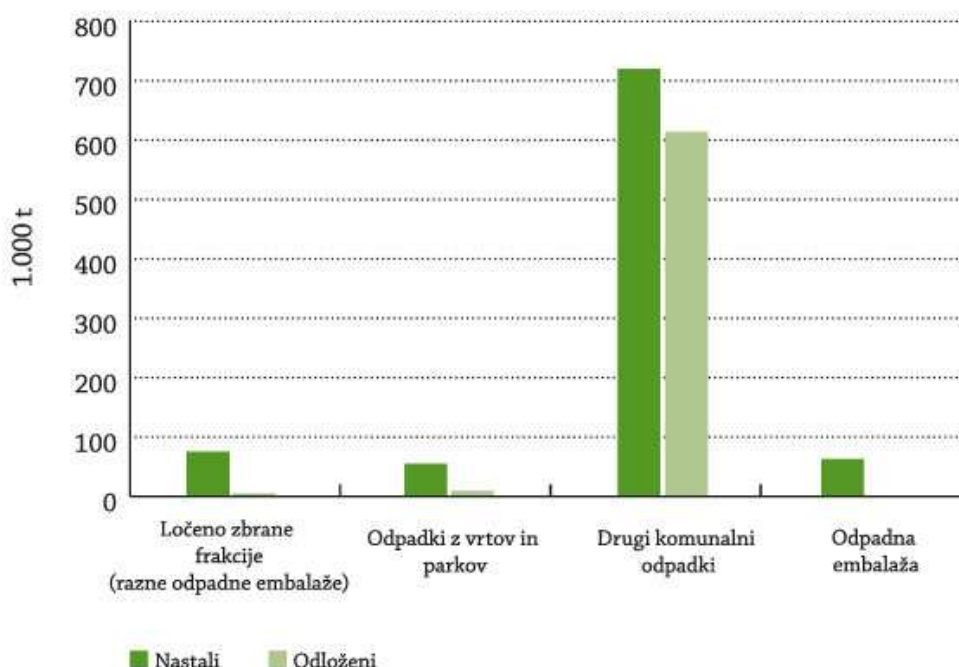
Tabela 1. Sestava bioplina.....	53
Tabela 2: Teoretični donosi plina Vir: H. Prašl, 2004.	54
Tabela 3: Donos metana iz različnih surovin oziroma substratov za proizvodnjo bioplina	54
Tabela 4: Bioplinarne z vhodnim substratom, ki ni živalskega izvora.....	38
Tabela 5: Bioplinarne z vhodnim substratom, ki je mešanica živalskega, rastlinskega in drugega izvora.....	38
Tabela 6: Biološko razgradljivi odpadki	38
Tabela 7: Seznam predelovalcev odpadkov.....	49
Tabela 8: Seznam bioplinarn z okoljevarstvenim dovoljenjem.....	50

1. POTENCIAL BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENEGA OBREZA ZA FERMENTACIJO V BIOPLINSKI NAPRAVI

1.1 Uvod – stanje v Sloveniji

Povzeto po podatkih SURSa (mag. Mojca Žitnik, Oddelek za statistiko okolja in energetike, Statistični urad RS, <http://www.zelenaslovenija.si/revija-eol-aktualna-stevilka/okolje/759-komunalni-odpadki-v-slovenijiproblem-ali-izziv-eol-55>)

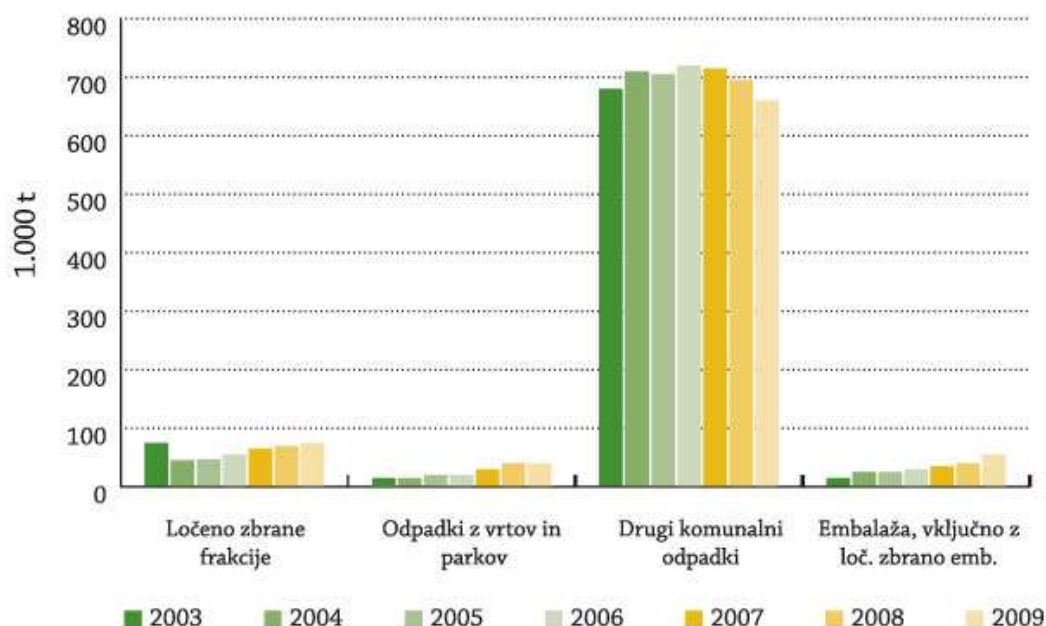
Vsak prebivalec Slovenije vsako leto proizvede okoli 450 kg komunalnih odpadkov oziroma okoli 1,7 kg komunalnih odpadkov na dan. Ta količina nastalih komunalnih odpadkov uvršča Slovenijo pozitivno pod povprečje držav Evropske unije. Iz spodnje slike je razvidno, da se ločeno zbrane frakcije komunalnih odpadkov in odpadna embalaža v večini primerov predelata oziroma reciklirata, saj je bilo v letu 2009 odloženih le slabih 9 odstotkov teh komunalnih odpadkov. Nekoliko več, dobrih 16 odstotkov, se je odložilo odpadkov z vrtov in iz parkov. Med odloženimi komunalnimi odpadki seveda prevladujejo drugi komunalni odpadki, ki se jih je v letu 2009 odložilo za dobrih 85 odstotkov. Med temi je bilo največ mešanih komunalnih odpadkov, pri katerih pa še vedno ostaja med 30 in 40 odstotkov biološko razgradljivih odpadkov.



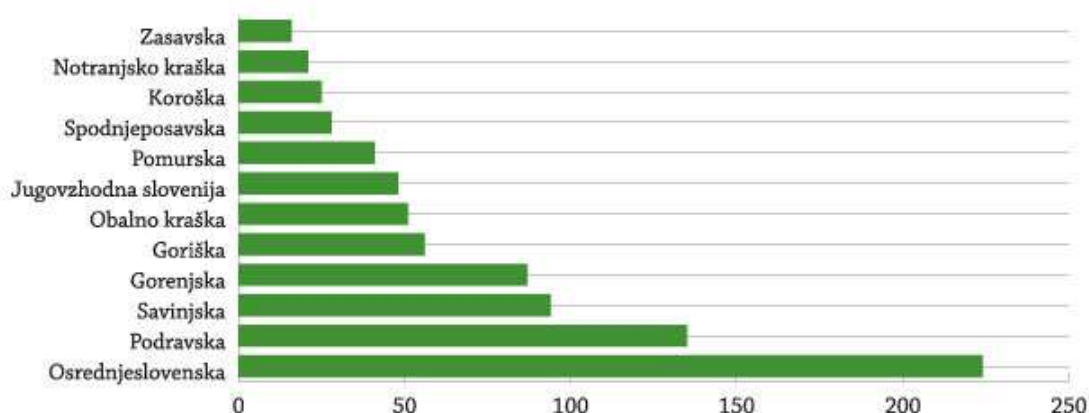
Slika 1: Nastali in odloženi odpadki v Republiki Sloveniji

Iz serije podatkov preteklih sedmih let lahko vidimo, da se količine ločeno zbranih frakcij, količine odpadne embalaže, vključno z ločeno zbrano embalažo, ter količine odpadkov z vrtov in iz parkov počasi, a vztrajno zvišujejo, medtem ko

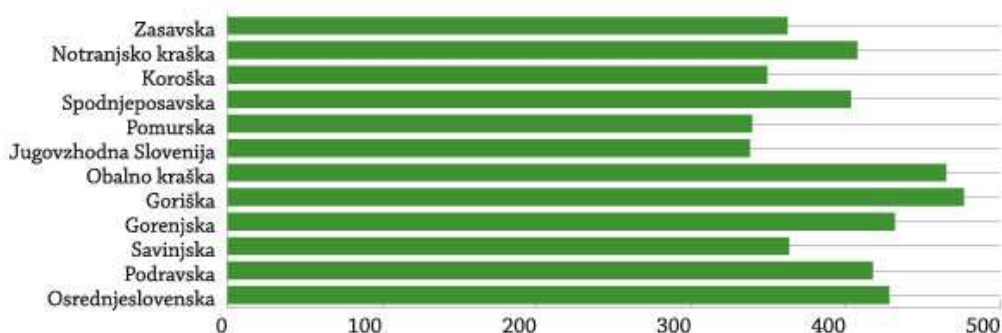
se količine drugih komunalnih odpadkov v zadnjih štirih letih že počasi zmanjšujejo. Dejansko stanje na področju zbiranja komunalnih odpadkov torej kaže, da se ločeno zbiranje in posledično ostali načini ravnanja z odpadki (razen odlaganja) med prebivalstvom počasi uveljavljajo.



Slika 2: Vrste odpadkov zbranih v Republiki Sloveniji po letih



Slika 3: Količine komunalnih odpadkov zbranih po regijah (v tonah)



Slika 4: Količine komunalnih odpadkov po regijah glede na prebivalca (v kg)

Glede na prikaz po regijah je bilo največ komunalnih odpadkov zbranih v Goriški regiji, kar 476 kg na prebivalca, najmanj pa v Jugovzhodni Sloveniji, 338 kg na prebivalca.

Glede na navedene statistične podatke za Slovenijo izražajo biogeni odpadki določen energetski potencial, ki bi ga kazalo izkoristiti. Pri tem smo se omejili predvsem na odpadke primerne za kompostiranje (20 02 01)

Za izdelavo študije so bili uporabljeni naslednji literaturni viri:

- Studie Über die Erschließung des Potenzials biogener Haushaltsabfälle und Grünschnitt zum zwecke der Verwertung in einer Biogasanlage zur optimierten energetischen und stofflichen Verwertung - Anwendungsbeispiel Modellregion Mödling
- Letno poročilo javnega podjetja Center za ravnanje z odpadki Puconci d.o.o. (CEROP) za leto 2011
- Primerjalna analiza sprejetih odpadkov v CEROP za obdobje januar-marec med letoma 2011 in 2012
- Poročilo o izvajanju gospodarskih javnih služb zbiranja komunalnih odpadkov na območju občine Ljutomer za leto 2012

Količine biogenih odpadkov v primerjavi z Avstrijo

Po podatkih avstrijskih študij se v Avstriji ustvarijo na prebivalca naslednje količine podatkov:

Podatki za Avstrijo prebivalec na leto

Ostali odpadki	Odpadki z vrtov	Kuhinjski odpadki	Ostalo
165 kg	8,8 kg	57,7 kg	98,7 kg

Preračunano glede na prebivalce Pomurja (cca. 120.000) bi po avstrijskih podatkih potencial znašal:

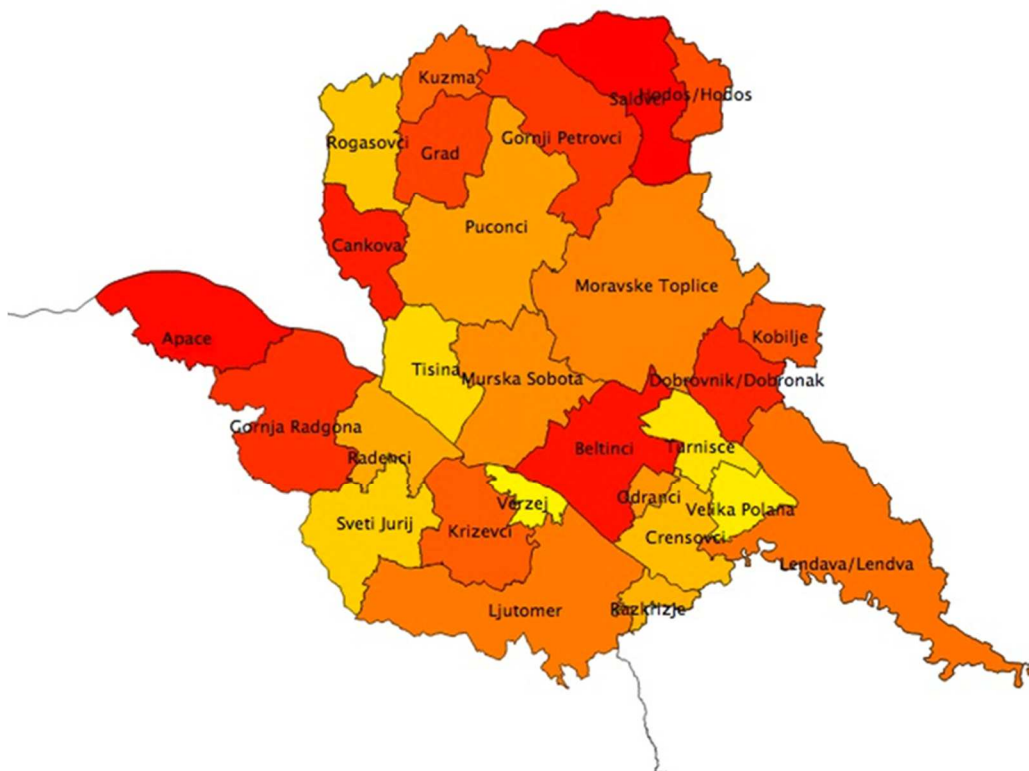
Ostali odpadki	Odpadki z vrtov	Kuhinjski odpadki	Ostalo
19800 ton	1056 ton	6924 ton	11844 ton

Vsota potencialov po avstrijskih podatkih znaša 39.624 ton!

Tako izračunana količina nam lahko služi samo za prvo grobo oceno tega potenciala. Za natančnejši izračun se moramo opreti na podatke SURSa in podjetij, ki se ukvarjajo z zbiranjem podatkov.

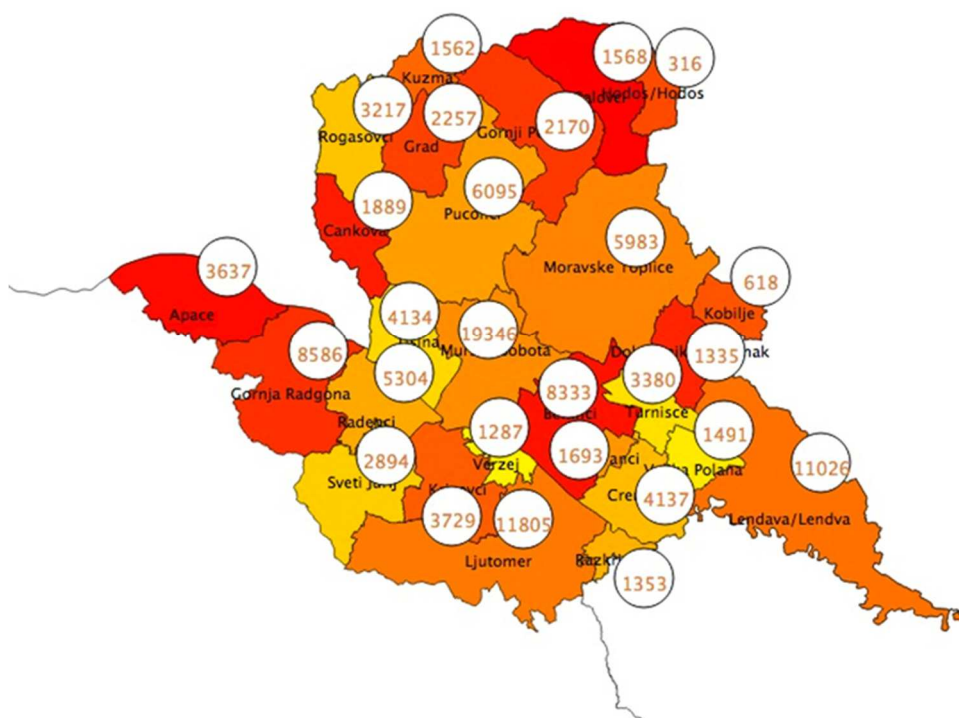
1.2 Stanje v Pomurju

Pomurska regija je ena od dvanajstih statističnih regij Slovenije. To je najbolj severovzhodna, ravninska in kmetijska regija Slovenije.



Slika 5: Obravnavane pomurske občine (GIS)

Rodovitna prst, celinsko podnebje in raven svet ustvarjajo ugodne razmere predvsem za poljedelstvo in mešano rastlinsko pridelavo, zato je to prevladujoča dejavnost tukajšnjih kmetijskih gospodarstev. Po podatkih Statističnega urada RS njivske površine v tem delu Slovenije obsegajo več kot tri četrtine vseh kmetijskih zemljišč v uporabi oziroma so dvakrat večje od slovenskega povprečja. Odročna lega in slabe prometne povezave neugodno vplivajo na gospodarski položaj regije; ta se med drugim odraža v nizkem BDP na prebivalca (12.000 EUR leta 2008) in v najvišji stopnji registrirane brezposelnosti v državi (ta je bila leta 2009 dvakrat večja kot v regiji z najnižjo brezposelnostjo). Slabše gospodarske razmere spremlja tudi neugodno gibanje prebivalstva. V letu 2009 je bil v tej regiji zabeležen največji negativni (skupni) prirast oz. največji upad prebivalstva. Upadanje števila prebivalcev je v veliki meri posledica nizke rodnosti in visoke umrljivosti, pa tudi odseljevanja v druge slovenske regije. V letu 2009 je bil v tej regiji največji tudi delež t. i. prezgodnjih smrti, in sicer je bil med umrlimi v tem letu vsak četrti star manj kot 65 let. Pomurska regija velja za turistično zelo privlačno slovensko regijo, saj tu letno prenoči 10 % vseh turistov, ki obiščejo Slovenijo. Turistično prepoznavna je ta regija v veliki meri po reki Muri, naravne danosti pa so primerne zlasti za zdraviliški in lovni turizem ter za kmečki turizem ob vinskih cestah.

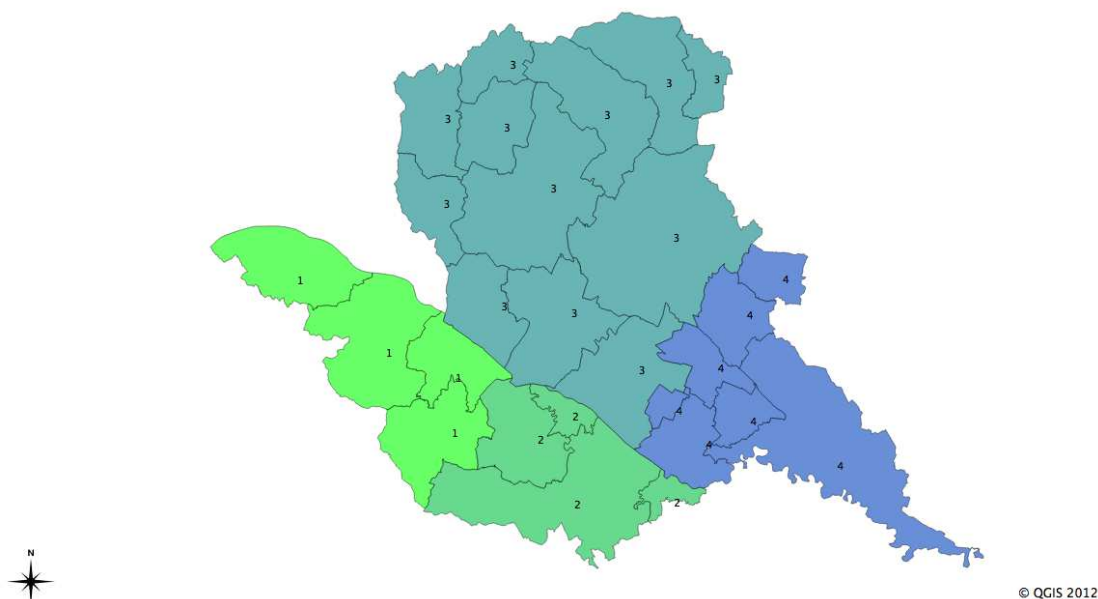


Slika 6: Število prebivalcev po občinah v letu 2011 (GIS)

Iz Letnega poročila javnega podjetja Center za ravnanje z odpadki Puconci d.o.o. (CEROP) za leto 2011 lahko razberemo, da znašajo sprejete količine komunalnih in ne-komunalnih odpadkov v letu 2011 34.483.542 kg od tega bio-razgradljivih odpadkov (20 02 01) 2.590.296 kg ali 7,96 %. Nadalje je iz primerjave prvih treh mesecev leta 2010 in 2011 prikazana rast iz 1.736.361 (5,41%) v 2011 na 2.497.576 kg (8,30%) v letu 2012 kar predstavlja indeks rasti 143,84%. Pri čemer skupna vsota sprejetih količin izkazuje zmanjšanje 2,94%.

V pomurju imamo 4 podjetja, ki zbirajo odpadke in sicer so po občinah razdeljena takole:

- 1 - Saubermacher Slovenija d.o.o.
- 2 - KSP Ljutomer d.o.o.
- 3 - Saubermacher Komunala Murska Sobota d.o.o.
- 4 - Komunala d.o.o., Lendava



Slika 7: Zbiratelji odpadkov po občinah

V mesecu februarju 2010 se je pričelo zbiranje ločenih frakcij. Nadalje lahko iz poročila razberemo, da je bilo v letu 2011 sprejetih količin ločenih frakcij po klasifikacijski številki 20 02 01, kar predstavlja skupaj 2.590.296,00 kg ali 48,11% biorazgradljivih odpadkov.

1.3 Občina Ljutomer

Naselje Ljutomer se prvič omenja leta 1242, občina pa je bila ustanovljena leta 1994. Vodi jo županja mag. Olga Karba. Občino Ljutomer sestavljata dva geografsko in gospodarsko povsem različna predela. Severovzhodni del Slovenskih goric je izrazito ravninski s polji ter z večjimi strnjenimi naselji, medtem ko je jugozahodni del gričevnat z vinogradi in raztresenimi naselji. Površina občine je 107 km². Po površini se med slovenskimi občinami uvršča na 63. mesto. obsega 44 naselij. Nadmorska višina se giblje od 170 m v ravninskem delu do 352 m na gričevnatem predelu. Leta 2009 je imela občina 11 900 prebivalcev. Od tega je bilo 5800 moških in 6100 žensk. Število starejših oseb je bilo večje od števila mlajših. V letu 2009 je bilo v občini zbranih 294 kg komunalnih odpadkov na prebivalca. Registriranih je več kot 350 obrtnikov, samostojnih podjetnikov ter malih podjetij (Statistični urad Republike Slovenije 2009).

1.3.1 Ureditev zbiranja odpadkov v občini Ljutomer

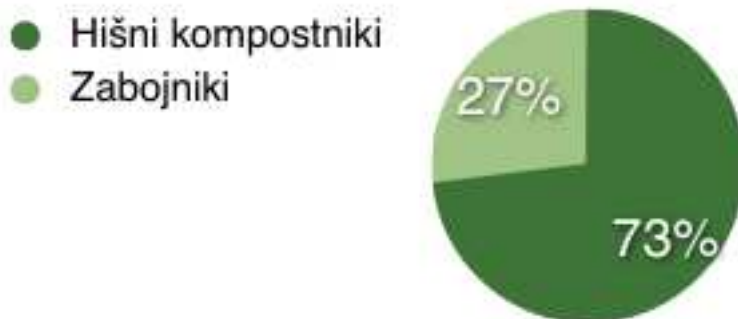
V poročilu o izvajanju gospodarskih javnih služb zbiranja komunalnih odpadkov in prevoza komunalnih odpadkov na območju občine Ljutomer za leto 2011 je zapisana zakonodaja oziroma odloki ter določila o ločenem zbiranju odpadkov. V JP CERO Puconci d. o. o. prevzemajo in zbirajo mešane komunalne odpadke. Te odpadke zbirajo na 14 dni, po naprej določenih datumskih terminih. Teh odpadkov je masno največ, to je tudi razvidno iz količine zbranih odpadkov. Z zbiranjem biološko razgradljivih kuhinjskih odpadkov in zelenega vrtnega

odpada so pričeli z julijem 2011. Javna služba zagotovi čiščenje teh zabojnikov s preparatom AGRANETT, ki je biološki aktivator za čiščenje opreme in transportnih sredstev. Zbiranje odpadne embalaže poteka po sistemu odvažanja smeti od vrat do vrat. Z rumeno vrečko se masna količina zbrane odpadne embalaže povečuje, kar dokazuje pravilnost uredbe ločenega zbiranja odpadkov. Enkrat letno, po navadi spomladi, organizirajo odvoz kosovnih odpadkov. Urejen imajo tudi odvoz nagrobnih sveč po pokopališčih.

Po podatkih Poročila o izvajanju gospodarskih javnih služb zbiranja komunalnih odpadkov na območju občine Ljutomer za leto 2012 je bilo zbranih 248.150 ton bioloških odpadkov (20 02 01). Prevzemniki so bili JP CEROP d.o.o., BIOPLINARNA KOLAR d.o.o. in GORENJE SUROVINA d.o.o. Zbiranje biološko razgradljivih kuhinjskih odpadkov in zelenega vrtnega odpada poteka v zabojnikih ali pa odpadki ostajajo na hišnih kompostnikih. Razmerje med številom hišnih kompostnikov in zabojnikov za predajo "BIO odpadkov" se v letu 2012 (v primerjavi s 2011) praktično ni spremenilo.

Stanje v občini Ljutomer je bilo v letu 2012 naslednje:

- Število gospodinjstev - hiše 2885
- Število gospodinjstev - bloki 712
- Število gospodinjstev z hišnimi kompostniki 2630
- Štev. gospodinjstev z zabojnikom in predajo izvajalcu javne službe 967
- Zabojnik 255



Slika 8: Delež hišnih kompostnikov in zabojnikov v občini Ljutomer

1.4 Izračun energetskega potenciala biogenih odpadkov za občino Ljutomer

Občina Ljutomer ima po podatkih SURSa 11855 prebivalcev.

1.4.1 Odpadki primerni za kompostiranje

Na leto se zbere 248,1 tone biogenih odpadkov primernih za kompostiranje. Energetska vrednost teh odpadkov, če jih pretvorimo v bioplin, znaša **0,99 kWh/kg**. Iz zbranih biogenih odpadkov bi teoretično lahko pridobili **246 MWh na leto**.

Glede na podatek, da se v občini Ljutomer zbere samo 27% biogenih odpadkov primernih za kompostiranje, lahko teoretično izračunamo potencial, če bi 100% brali vse tovrstne odpadke. Celotna pridobljena energija bi znašala teoretično **910 MWh na leto**.

1.4.2 Jedilno olje

V Ljutomeru se zbere na leto 1,3 tone jedilnega olja na leto. Jedilno olje lahko energetsko izrabimo na dva načina. Lahko ga predelamo v biodizel ali pa uporabimo v bioplinarni.

Predelava v biodizel

Energetska vrednost jedilnega olja predelanega v biodizel znaša **9.3 kWh/kg**. Za 1,3 tone letno zbranega jedilnega olja dobimo **12 MWh** energije. Če predpostavimo, da se (enako kot pri biogenih odpadkih v občini Ljutomer) zbere samo 27% jedilnega olja, potem bi za zbranih 100% zbranega odpadnega jedilnega olja dobili pri predelavi v biodizel teoretično vrednost **46 MWh** energije.

Predelava v bioplin

Energetska vrednost jedilnega olja predelanega v bioplin znaša **5.9 kWh/kg**. Za 1,3 tone letno zbranega jedilnega olja dobimo **8 MWh** energije. Če predpostavimo, da se (enako kot pri biogenih odpadkih v občini Ljutomer) zbere samo 27% jedilnega olja, potem bi za zbranih 100% zbranega odpadnega jedilnega olja dobili iz bioplinarne teoretično vrednost **29 MWh** energije.

1.4.3 Odpadni les

Energetska vrednost odpadnega lesa zbranega na deponijah znaša povprečno **3,8 kWh/kg**. V občini Ljutomer se ga na deponiji zbere letno 26,75 ton (podatek za 2011), kar znesse energijsko **102 MWh** na leto oz., če predpostavimo, da je delež zbranega materiala samo 27%, potem znesse celotna energijska vrednost teoretično za 100% **376 MWh**.

1.5 Skupne količine zbranih odpadkov in njihova energetska vrednost

Skupen obseg odpadkov, primernih za kompostiranje, zbranega jedilnega olja in odpadnega lesa, znaša 276 ton/leto in če seštejemo energetske vrednosti posameznih frakcij dobimo skupno vrednost 360 MWh/leto (če zbrano jedilno olje predelamo v biodizel) oz. 355 MWh/leto, če zbrano jedilno olje energetsko izkoristimo v bioplinarni.

2. SKLADIŠČENJE IN PREDELAVA BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENEGA OBREZA

Povzetek

Primernost substratov za skladiščenje je močno odvisna od vrste substrata, mikrobiološke stabilnosti, vsebnosti vode in temperature skladiščenja.

Kakovost predelave substratov je bistvenega pomena za optimalen izkoristek energije, ki jo vsebujejo biogeni gospodinjski odpadki, pri čemer sta vrsta in intenzivnost predelave zelo odvisni od stopnje nečistoč v uporabljenem substratu. Uporabljajo se postopki odstranjevanja motečega materiala, drobljenje, drozganje (raztopitev) in načrtna separacija embalažnega materiala. Kuhinjski odpadki, ostanki hrane in živila s pretečenim rokom trajanja, ki vsebujejo tudi stranske živalske proizvode, morajo dodatno tudi skozi postopek higienizacije.

Siliranje (torej predelava in konzerviranje s pomočjo mlečnokislinske fermentacije) omogoča energetsko učinkovito skladiščenje sezonskega zelenega odreza.

Rezano vejevje pri fermentaciji v proizvodnji bioplina velja kot moteč material. Vejevje se zato ne sme zbirati v zabojnikih za biološke odpadke in se mora zbirati ločeno ali pa izločiti. Izločeno rezano vejevje se lahko po drobljenju uporabi kot strukturni material za kompostiranje ali pa se mora sežgati.

2.1 Uvod

Skladiščenje in predelava substratov sta pomembna dejavnika za učinkovito delovanje obrata (proizvodnja bioplina), pri čemer so tako možnosti kot tudi zahteve glede skladiščenja in predelave močno odvisne od posameznih vrst substratov. Zato obstajajo bistvene razlike med običajnimi kmetijskimi obrati za proizvodnjo plina in inovativnimi obrati, ki se uporabljajo pri gospodarjenju z odpadki. To poglavje predstavlja praktične vidike skladiščenja in predelave biogenih gospodinjskih odpadkov, kuhinjskih odpadkov, tržnih odpadkov in zelenega odreza, hkrati pa navaja tudi nasvete in priporočila za skladiščenje in predelavo drugih potencialnih odpadkovnih substratov, slika 1.



Slika 9: Biološki odpadki kot substrat v obratu za proizvodnjo bioplina

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec "občina Rogaška Slatina").

Razen klasičnih kmetijskih substratov lahko obrati za proizvodnjo bioplina z ustrezno opremo predelujejo tudi biogene odpadke. Substrati, omenjeni v tem poglavju, se glede zahtevnosti predelave delijo v dve glavni skupini: kot prvo odpadkovni substrati in kot drugo obnovljive surovine (nem. NAWARO – nachwachsende Rohstoffe) ali takšnim surovinam NAWARO podobni substrati (npr. komunalni zeleni odrez).

Odpadkovni substrati

Za predelavo, skladiščenje in označevanje klasičnih biogenih odpadkovnih substratov (npr. iz zabojnikov za biološke odpadke, kuhinjski odpadki in odpadna hrana, živila s pretečenim rokom trajanja itd.) v obratih za proizvodnjo plina veljajo zakonske zahteve (npr. 1774/2002/ES (<http://www.uradni-list.si/1/content?id=87517>) oziroma 1069/2009/ES (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:SL:PDF>) po 4. marcu 2011 idr.). Ti materiali zaradi nezadostnega ločevanja ali zaradi uporabljene embalaže pogosto vsebujejo tudi moteče materiale, ki niso primerni za fermentacijo, na primer plastične vrečke, kosi umetnih snovi, pločevinke, steklo, raznovrstna embalaža: papir, kosti, kosi jedilnega pribora, kamenje, pesek ipd. Te moteče materiale je pred dodajanjem substrata v fermentor treba izločiti s primernimi postopki. Določene odpadkovne substrate je treba v skladu z evropsko uredbo 1774/2002/ES¹ tudi higienizirati. Higienizacija se opravi v posebnih namenskih higienizacijskih posodah pred fermentacijo ali po zaključenem postopku fermentacije.

Obnovljive surovine (nem. NAWARO) ali surovinam NAWARO podobni substrati

Obnovljive surovine ali surovinam podobni substrati (s kodo iz evropskega kataloga odpadkov kot na primer komunalni zeleni odrez) imajo podobne lastnosti kot kmetijski substrati za bioplin, na primer travna silaža, koruzna silaža ali košena trava. V teh substratih je količina motečih materialov v primerjavi z odpadkovnimi substrati neobstoječa ali zanemarljiva, zato ni potrebe po zahtevni ali zakonsko določeni predelavi. Ti substrati se lahko skladiščijo npr. v odprtem prevoznem silosu ali v greznici (tekoči materiali kot npr. gnojevka).

Posamezne vrste tekočih substratov (kosubstrati) se lahko zmešajo npr. v zbirni jami, trdni substrati pa se lahko s transportnim sistemom za trdne snovi prenesejo neposredno v fermentorje. Pri mešanju različnih substratov te imenujemo kosubstrati. Skupno fermentacijo kosubstratov imenujemo kofermentacija.

2.2 Dostava

Material se dostavlja s tovornimi vozili. Po tehtanju z navozno tehtnico (slika 2) in preverjanju kakovosti, se material preda obratu za proizvodnjo bioplina, če seveda ustreza vsem zakonskim zahtevam. Pri tem je potrebno dokumentacijo skrbno izpolnjevati po ustreznih zakonskih zahtevah.



Slika 10: Navozna tehtnica

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec "občina Rogaška Slatina").

2.3 Skladiščenje

Ostanke hrane in kuhinjske odpadke je v skladu z veljavno zakonodajo treba predelati čim hitreje po prevzemu. Pri teh materialih so zato možnosti skladiščenja bistveno omejene. Kratko vmesno skladiščenje v transportnih zabojnikih (slika 3 in 4), je v skladu z zakonskimi predpisi dovoljeno. Izpraznjeni transportni zabojniki se morajo ustrezno očistiti.

Drugi biološki odpadki, na primer živila s pretečenim rokom trajanja, se lahko v originalni embalaži skladiščijo na primernih skladiščnih površinah, če so pri tem izpolnjene vse zakonske zahteve. Pri skladiščenju odpadkov je treba upoštevati pravilno označevanje in primernost zabojnikov in skladiščnih površin. Temperatura okolice, vrsta materiala in vsebnost vode močno vplivajo na primernost za skladiščenje posameznih substratov. Energetskih izgub v substratih, ki se pojavijo predvsem pri nezapakiranem ali nepokritem materialu in pri oddajanju vonjav, ne smemo podcenjevati (na primer pri tržnih odpadkih ali odpadkih iz zabojnikov za biološke odpadke).



Slika 11: Zbirni in transportni zabojniki za kuhinjske odpadke

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec "občina Rogaška Slatina")



Slika 12 : Zabojniki za ločeno zbiranje odpadkov

(vir: regionalni center za ravnanje z odpadki Celje)

Zaradi naštetih razlogov je lahko skladiščenje določenih materialov problematično ali časovno omejeno. Obstajajo močno sezonsko odvisni substrati, pri katerih se v različnih letnih časih pojavljajo močna sezonska odstopanja glede razpoložljivosti, količine in kakovosti (na primer pri zelenem odrezu). V enem tednu se lahko pojavijo tudi močna nihanja dobave odpadkov, zato mora obrat za proizvodnjo bioplina imeti zadostno izravnalno kapaciteto, da lahko ta nihanja izravna. Takšna kapaciteta se lahko zagotovi z zadostnimi betoniranimi ali asfaltiranimi skladiščnimi površinami oziroma s skladiščnimi rezervoarji za tekoče materiale (Slika 13).



Slika 13 : Skladiščni rezervoarji za tekoče materiale zapakiranih odpadnih živil s pretečenim rokom uporabe in industrijskih odpadkov

(vir: podjetje KAISER+KRAFT).

Izcedna voda in deževnica, ki odtekata s skladiščnih površin in odprtih prevoznih silosov, se lahko uporabita kot procesna voda (slika 6). Ker se lahko predvsem tekoči industrijski odpadki, namenjeni fermentaciji, med seboj močno razlikujejo (npr. ekstremne pH vrednosti, visoka vsebnost dušika itd.), je priporočljivo, da se zbirajo in skladiščijo v ločenih rezervoarjih glede na lastnosti posameznega

odpadka. Tako lahko optimiziramo polnilno recepturo, izravnamo nihanja pri dobavi in v mešalnem rezervoarju (na primer v zbirni jami) zagotovimo skorajda konstantno mešanico vhodnih materialov za fermentorje. Receptura polnilnega materiala naj bo čim bolj konstantna, da se lahko zagotovi stabilen potek proizvodnje bioplina.



Slika 14 : Odprti prevozni silosi z izcedno vodo in deževnico

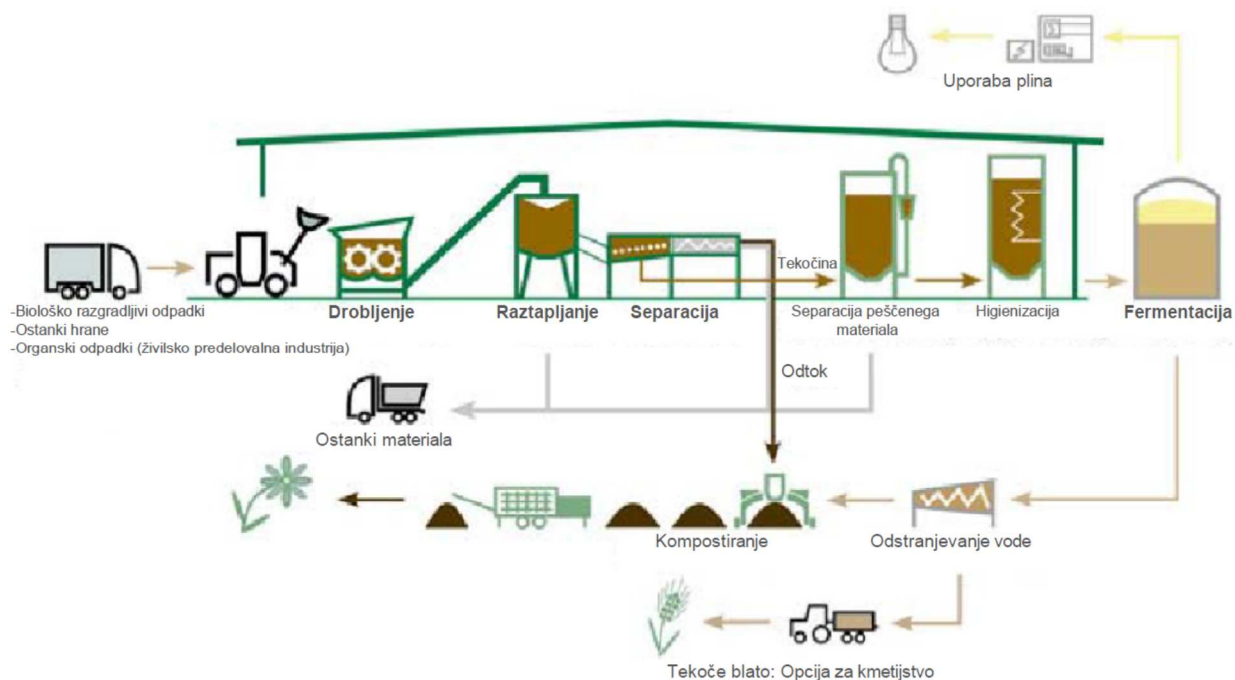
(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec "občina Rogaška Slatina").

Že pri samem skladiščenju v skladiščnih rezervoarjih pogosto nastajajo fermentacijski plini (npr. CO_2 , CH_4 , H_2 in H_2S) ter vonjave. Zagotoviti je treba stalen nadzor in odvajanje nastalih plinov. Ti se lahko skupaj s proizvedenim bioplinom pokurijo v toplotni (če vsebnost metana ni prenizka) ali pa preusmerijo na nameščene biofiltre.

Predelava materiala mora potekati v proizvodni hali, ki jo je mogoče zapreti in ki je opremljena s podtlačnim sistemom ter s sistemom za odvajanje plinov do biofiltra. Ozdračena hala je namenjena odstranjevanju vonjav in se lahko prav tako uporabi za začasno skladiščenje dostavljenih vhodnih materialov za proizvodnjo.

2.4 Predelava biogenih odpadkov za fermentacijo (splošno)

Predelava biogenih odpadkov za fermentacijo obsega predhodno sortiranje, nadaljnje izločanje motečih materialov, drobljenje, raztopitev (drozganje), separacijo (ločevanje motečih materialov in peska) ter higienizacijo (okviren potek postopka prikazuje slika 7).



Slika 15: Shema predelave odpadkov na primeru mokre presnove

(vir: podjetje Komptech).

Ko so vsi koraki predelave zaključeni, se lahko material prepusti nemoteni fermentaciji v bioplinskem fermentorju.

2.4.1 Predhodno sortiranje

Pri bioloških odpadkih, ki so močno onesnaženi z motečimi materiali ali kosi lesa, se lahko takšni moteči materiali (na primer veliki kosi lesa, avtomobilske gume in drugi materiali, ki bi lahko povzročili zamašitev) odstranijo ročno ali mehansko (na primer z bobnastim sitom), slika 8. Če se vsi koraki v sistemu zbiranja, ločevanja in logistike opravijo pravilno, bi morali takšni moteči materiali v dobavljenih bioloških odpadkih biti komajda še prisotni. Če so odpadki premočno onesnaženi ali če niso primerni za fermentacijo, se lahko odstranijo na drugačen način (na primer kompostiranje, sežig, recikliranje). Vsekakor je najbolje, da se takšnemu onesnaževanju koristnih odpadkov izognemo z informacijskimi kampanjami, disciplino in širjenjem okoljevarstvene zavesti

(http://www.siol.net/novice/znanost_in_okolje/2010/08/cvjetovic_zamujali_sm_o_20 let_a_so_nasi_koraki_hitri.aspx)



Slika 16: Vizualna kontrola in ročno odstranjevanje motečih materialov iz kuhinjskih odpadkov

(vir: www.tietjen-tvt.com/de/energie_recycling_biomassen.php).

V klasičnem zabojniku za biološke odpadke najdemo razen kuhinjskih odpadkov in zelenega odreza tudi rezano vejevje in večje veje. Vejevje zaradi visoke vsebnosti lignina ni primerno za fermentacijo in ga je zato potrebno izločiti. Po drobljenju so ti materiali primerni za uporabo kot strukturni material za kompostiranje.

2.4.2 Nadaljnja separacija motečih materialov

Mnogi odpadkovni substrati pogosto vsebujejo nečistoče v obliki embalaže, motečih materialov ali inertnih deležev. To pogosto preprečuje neposredno dovajanje odpadkov v postopek fermentacije. S primernimi postopki drobljenja in separacije lahko razen ostankov hrane za fermentacijo kot substrat uporabimo tudi biološke odpadke, tržne odpadke in živila s pretečenim rokom trajanja, ki so onesnaženi z motečimi materiali.

Nadaljnja separacija motečih materialov se izvaja glede na posamezen postopek predelave (več o proizvodnih postopkih najdete v 3. poglavju).

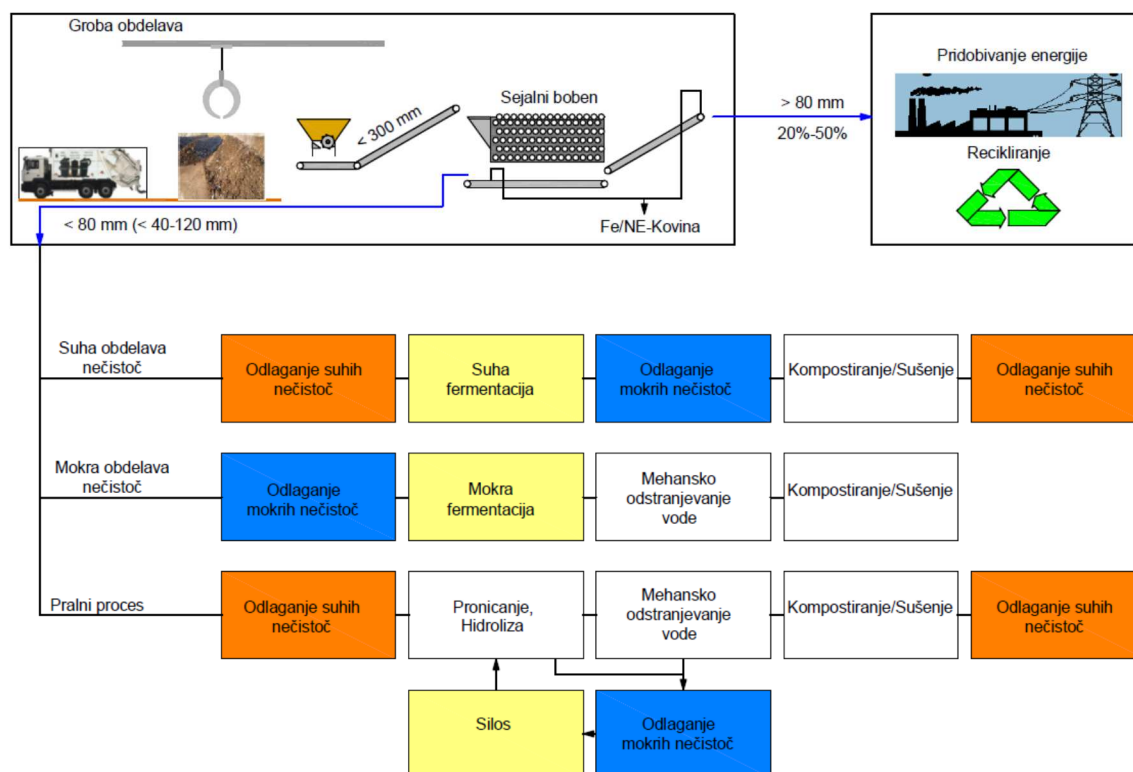
Pri suhi presnovi se občasno na samem začetku proizvodnega postopka opravi izločevanje motečih materialov, da preprečimo vnos motečih materialov v fermentor. Vendar pa se lahko ločevanje motečih materialov opravi tudi v poznejši obdelavi, na primer pri izsuševanju ostankov fermentacije in dodatno v obliki suhega ločevanja motečih materialov po sušenju ostankov fermentacije.

Pri mokri presnovi je potrebno moteče materiale vsekakor izločiti že pred fermentacijo, da se preprečijo sedimentacija, nastajanje plavajoče skorje in prekomerna obraba opreme.

Postopki izpiranja prav tako štejejo med postopke mokre presnove. Pri izpiranju fermentira le tekoča frakcija, in sicer po izločitvi peska.

Tudi ostanke fermentacije je treba po biološkem sušenju oziroma gnitju ponovno očistiti motečih materialov (SCHU, K; EcoEnergy Gesellschaft für Energie und Umwelttechnik mbH, 2007)

Slika 17 prikazuje pregled različnih korakov izločanja motečih materialov.



Slika 17: Koraki izločanja motečih materialov pri suhi presnovi, mokri presnovi in postopkih izpiranja

(vir: podjetje EcoEnergy)

Na tržišču je trenutno na voljo več sistemov za predelavo biogenih odpadkov. Splošno bi lahko dejali, da suhi postopki presnove zahtevajo manj korakov pri predelavi materialov kot mokri postopki. Intenzivnost in kakovost predelave se lahko glede na uporabljen tehnologijo fermentacije močno razlikujeta.

2.4.3 Drobljenje

Fermentacija bioloških odpadkov praviloma poteka po zaključeni mehanski predelavi (slika 10), kjer se material predhodno nadrobi, preseje na delce velikosti približno 80 mm in iz materiala odstranijo kovine.

Zapakirani, nehomogeni ali kosovni odpadki zahtevajo obvezno predhodno drobljenje. Postopek drobljenja zagotovi maksimalno velikost posameznih zrn in varno odpre raznovrstno embalažo. Zadostno drobljenje poveča aktivno površino in fermentacijskim organizmom zagotovi boljši dostop do substrata.



Slika 18: Drobljenje bioloških odpadkov

(fotografija: podjetje Komptech)

Drobljenje je tudi bistven korak za izkoriščanje energije, shranjene v substratih. Pri odpadkih (Slika 19), ki jih je treba higienizirati, se morajo drobci v fermentacijski suspenziji pred higienizacijo zdrobiti na velikost 12 mm.



Slika 19: Biološki odpadki (ostanki hrane, živila s pretečenim rokom trajanja in tržni odpadki) pred drobljenjem

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec).

2.4.4 Drozganje (raztopitev)

Ta korak je potreben le pri mokri presnovi. Osrednji korak pri drozganju (raztopitvi) je prehod organike v tekočo fazo (slika 12). Razpuščevalnik (pulper), ki se pri tem uporablja, opravlja več nalog: Kot prvo se organika dodatno razdrobi in homogenizira s procesno vodo (npr. digestatna tekočina), kot drugo se vsakršna embalaža v razpuščevalniku z visoko hitrostjo pretoka izprazni in očisti, kot tretje pa se težki delci ločijo skozi posebno zapornico. Pri suhi presnovi se drozganje ne opravlja.

Če se uporablja substrat brez vsebnosti embalažnih materialov, se z drozganjem uravnava vsebnost suhe snovi, potrebna za pravilno proizvodnjo bioplina.



Slika 20: Razkrojen organski delež

(vir: http://www.tietjen-tvt.com/de/energie_recycling_biomassen.php).

2.4.5 Separacija motečih materialov

Če substrat vsebuje grobe delce motečih materialov (na primer delce embalaže), se mora opraviti postopek separacije. Separacija se lahko opravi s suhimi ali mokrimi metodami separacije. Suha separacija se ponavadi opravi z bobnastim sitom ali z zvezdastim sitom. Tako se lahko izločijo različni bolj grobi moteči materiali. Pri mokrih metodah separacije izteka surov substrat iz razpuščevalnika na presejalno napravo. Tekočina z raztopljen in suspendirano organiko (slika 13) večinoma izteka skozi zvezdasto sito in se zbira v zbiralniku, od koder se nato po izločitvi peska prečrpa v vmesni rezervoar.



Slika 21: Fermentacijska suspenzija

(fotografija: Vindiš Peter)

Preveliki delci se izločijo po zvezdastem situ in prenesejo v priključeno stiskalnico, kjer se nato iz njih iztisne tekočina (slika 14). Pogosto je iz tekoče faze treba dodatno izločiti pesek z različnimi sedimentacijskimi postopki.



Slika 22: Izločeni moteči materiali

(vir: http://www.tietjen-tvt.com/de/energie_recycling_biomassen.php).

2.4.6 Higienizacija

Pri higienizaciji se material segreva v higienizacijskih posodah. Postopek higienizacije mora zagotoviti, da v higieniziranem materialu ni nobenih delcev, večjih od 12 mm, in da se material vsaj 60 minut segreva na najmanj 70 °C. Postopek higienizacije se mora dokumentirati.

Higienizacija pobije potencialno patogene klice. Dodaten učinek higienizacije je, da se material deloma termično odpre in je nato bolje dostopen fermentacijskim mikroorganizmom. Higieniziran fermentacijski substrat ima tako idealne lastnosti za fermentacijo brez zapletov. Odvisno od uporabljenega tehničnega postopka se lahko substratu primešajo tudi dodatni kosubstrati.

Zakonodajni okvir za fermentacijo odpadkov v uredbi 1774/2002/ES¹ določa, katere biološke odpadke, ki omogočajo fermentacijo, je treba pred predelavo v obratih za proizvodnjo bioplina higienizirati. Sem štejejo predvsem organski odpadki, ki vsebujejo stranske živalske proizvode.

Ker so kuhinjski odpadki in odpadna hrana v skladu z uredbo 1774/2002/ES¹ uvrščeni med snovi kategorije 3, jih je treba pred predelavo v obratu za proizvodnjo bioplina ali pred kompostiranjem higienizirati.

Za boljše razumevanje: snovi kategorije 3 obsegajo naslednje stranske živalske proizvode in vsakršne snovi, ki vsebujejo te proizvode⁵:

- a) deli zaklanih živali, ki so ustrezni za prehrano ljudi v skladu z zakonodajo Skupnosti, vendar iz tržnih razlogov niso namenjeni prehrani ljudi;
- b) deli zaklanih živali, ocenjeni kot neustrezni za prehrano ljudi, vendar ne kažejo nobenih znakov bolezni, nalezljivih za ljudi ali živali, in izvirajo iz trupov, ustreznih za prehrano ljudi v skladu z zakonodajo Skupnosti;
- c) kože, kopita, parklji in rogovi, ščetine prašičev in ptičje perje, pridobljeni od živali, zaklanih v klavnici po opravljenem pregledu pred zakolom, ki so bile po takem pregledu ocenjene kot primerne za zakol za prehrano ljudi v skladu z zakonodajo Skupnosti;

-
- d) kri, pridobljena od živali razen prežvekovalcev, zaklanih v klavnici po opravljenem pregledu pred zakolom, ki so bile po takem pregledu ocenjene kot primerne za zakol za prehrano ljudi v skladu z zakonodajo Skupnosti;
 - e) stranski živalski proizvodi, pridobljeni iz proizvodnje proizvodov, namenjenih prehrani ljudi, vključno z razmaščenimi kostmi in ocvirki;
 - f) nekdanja živila živalskega izvora, ali nekdanja živila, ki vsebujejo proizvode živalskega izvora, razen odpadkov iz gostinskih dejavnosti, ki niso več namenjeni prehrani ljudi iz tržnih razlogov ali zaradi problemov pri proizvodnji ali zaradi napak pri pakiranju, ki ne predstavljajo nobenih tveganj za ljudi ali živali;
 - g) surovo mleko, pridobljeno od živali, ki ne kažejo kliničnih znakov nobenih bolezni, nalezljivih prek navedenega proizvoda na ljudi ali živali;
 - h) ribe ali druge morske živali, razen morskih sesalcev, ulovljene na odprtem morju za namene proizvodnje ribje moke;
 - i) sveži stranski proizvodi iz rib iz obratov za proizvodnjo ribjih proizvodov za prehrano ljudi;
 - j) jajčne lupine, stranski proizvodi valilnic in stranski proizvodi iz strtih jajc, ki izvirajo od živali, ki niso kazale kliničnih znakov nobenih bolezni, nalezljivih prek navedenih proizvodov na ljudi ali živali;
 - k) kri, kože, kopita in parklji, perje, volna, rogovi, dlaka in krzno, pridobljeni od živali, ki niso kazale kliničnih znakov nobenih bolezni, nalezljivih prek navedenih proizvodov na ljudi ali živali; in
 - l) drugi kuhinjski odpadki in odpadna hrana razen odpadkov iz gostinskih dejavnosti s prevoznih sredstev v mednarodnem prevozu (1774/2002/EG⁵, člen 4, odstavek 1, točka e)

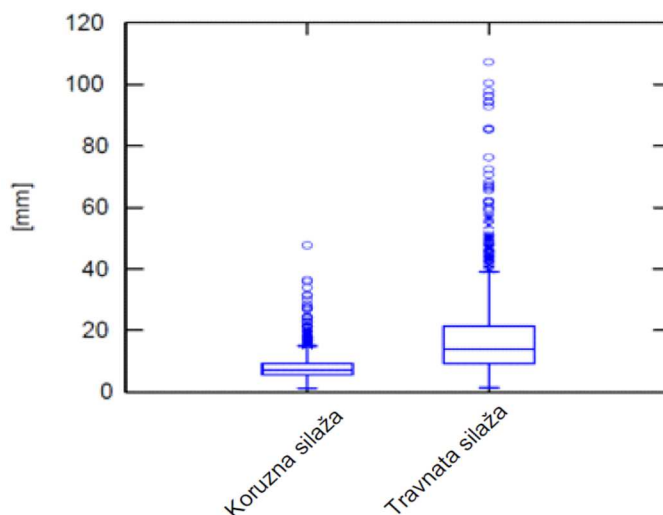
Mleko, kolostrum in mlečni izdelki kategorije 3 se lahko v obratih za proizvodnjo bioplina kot surovina uporabljajo brez pasterizacije ali higienizacije, če pristojni organ meni, da ne predstavljajo tveganja za širjenje težkih prenosljivih bolezni. Higienizacija se lahko opravi ali na vhodnem materialu ali na izhodnem materialu (ostanki fermentacije).

2.5 Siliranje

Siliranje (torej predelava in konzerviranje substrata s pomočjo mlečnokislinske fermentacije) omogoča energetsko učinkovito skladiščenje substratov, kot so na primer zasebni zeleni odrez, trava s travnikov in vmesni dosevky (travni substrati).

Travni substrati se lahko s siliranjem uskladiščijo vse do naslednjega odreza ali še dlje, brez bistvenih energetskih izgub. Material se pokosi, razplasti in naseklja ter transportira na siliranje. Ker ima trava praviloma krajša in tanjša vlakna kot koruza, je tehnično ni mogoče narezati tako na fino kot koruzo. Zato je povprečna dolžina delcev pri travni silaži tudi večja kot pri koruzni silaži (slika 15). To dejstvo lahko pri fermentaciji povzroča tehnične težave, na primer težave pri vnosu trdnih snovi ali pri mešanju. Takšne specifične lastnosti travne silaže je treba upoštevati pri dimenzioniranju in izbiri fermentacijske tehnologije.

⁵ Uredba (ES) št. 1774/2002 Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi zdravstvenih pravil za živalske stranske proizvode, ki niso namenjeni prehrani ljudi [na spletu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/consleg/2002/R/02002R177420060401-de.pdf>]



Slika 23: Dolžina delcev pri koruzni silaži in travnati silaži

(risal: Berk Peter)

2.5.1 Pogoji za siliranje

Izsledki tega podpoglavja so prevzeti iz članka [RESCH, 2010]⁶ in dopolnjeni z lastnimi raziskavami.

Čas spravljania pridelka

Travniška trava (slika 16 in 17), ki se pokosi ob začetku latenja oziroma klasenja vodilnih trav (pasja trava ali rumenkasti ovsenec), je po sestavi hranilnih snovi (vsebnost surovih vlaknin pod 26 odstotki) nadvse primerna za pripravo silaže, ker na tej stopnji rasti vsebuje zadostno količino sladkorja, mineralnih snovi, mikroelementov in vitaminov. Ko trave zacvetijo, delež vodotopnega sladkorja v travi prične hitro padati, s čimer se mlečnokislinskim bakterijam prične zmanjševati razpoložljiva količina hrane in tako ne dosežemo dobre mlečnokislinske fermentacije. Hkrati se energetska gostota trave zniža za 0,5 megadžula (MJ) na kilogram suhe mase, trave pa tudi več ni mogoče zadostno potlačiti.



Slika 24: Košnja in rezanje košene trave

(fotografija: www.agrarfoto.com)



Slika 25: Stroj za rezanje košene trave

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec).

⁶ Resch, R; Beim Silieren von Gras Fehler vermeiden und damit Qualitätsverluste verringern, Österreichische BauernZeitung, 2.4. 2010 [http://www.bauernzeitung.at/index.php?id=2500%2C79349%2C%2C]

Silaže z veliko vsebnostjo surovih vlaknin fermentirajo manj ugodno (maslena kislina), ker se pH vrednost ustali na višjem nivoju kot pri silazah, ki se spravljajo v času latenja oziroma klasenja. Pri neugodnem vremenu v času žetve se z žetvijo pogosto zavlačuje, ker pomanjkljiva sestava travinja nudi premalo koristne mase pridelka v času latenja in klasenja. To težavo lahko odpravimo tako, da časovno in količinsko bolje nadziramo gnojenje v skladu z dejansko potrebo in da poskrbimo za obnavljanje travinja brez preoravanja in z dosejevanjem. Če prekoračimo optimalni čas košnje, je treba pokositi v čim krajšem času, optimalna stopnja ovenelosti pa je približno 35 odstotkov suhe mase. Prav tako moramo travo čim krajše narezati in čim bolje potlačiti.

Material z večjo vsebnostjo zeli, deteljnic ali lucerne je težje silirati, ker vsebuje manj fermentirajočih sladkorjev in ker visoka vsebnost beljakovin otežuje kisanje zaradi puferskega učinka. Pri takšni sestavi z uporabo ne smemo predolgo čakati, ovenelost mora doseči približno 35 odstotkov suhe mase (SM), dolžina delcev pa naj po rezanju ali sekljanju ne presega 8 centimetrov (idealno nekje 4 do 5 cm).

Stopnja onesnaženosti

Stopnja onesnaženosti z zemljo močno vpliva na kakovost silaže, saj zemlja s tal v silažo vnaša neželene klostridije ali različne vrste plesni. Če je zeleni odrez onesnažen, silažni dodatki na osnovi mlečnokislinskih bakterij ne bodo pomagali, vendar pa lahko tveganje napačne fermentacije zmanjšamo s strokovnim dodajanjem kislin (mravljinčna, propionska, sorbinska, benzojska kislina itd.) ali kemičnih solnih spojin. Če material ni onesnažen, se zmanjša tveganje napačne fermentacije in hkrati zviša energetska gostota. Čim nižja je višina odreza, tem več talne onesnaženosti gre pričakovati. Pred košnjo moramo preveriti nastavitev kosilnice in obračalnika, da z njimi ne praskamo po tleh. Kakovost silaže lahko torej izboljšamo s pravočasno košnjo (nizka vsebnost lignina) in s pravilnim košenjem (majhna stopnja onesnaženosti z zemljo).

Stopnja ovenelosti

Pri premajhni stopnji ovenelosti ostane vsebnost suhe mase pod 28 odstotki. Pri tem se pojavi tvorjenje fermentacijskih sokov in visoke izgube suhe mase (maslenokislinska fermentacija, silažni sokovi). Za odprte prevozne silose in stolpne silose je optimalna vsebnost SM med 30 in 35 odstotki, maksimalna vsebnost pa naj bo 40 odstotkov SM, saj se nad to vrednostjo pojavijo težave s stabilnostjo po odprtju silosa. Pri okroglih balah velja naslednje: bolj kot je pridelek suh, tem krajša naj bo dolžina reza, da ne bo težav pri fermentaciji in tlačenju. Za siliranje in skladiščenje lahko uporabimo odprte prevozne silose, silažne cevi, koritaste silose (slaba stran je nižja kakovost potlačenja) ali različne tehnologije silirnih bal (primerno za manjše količine zelenega odreza).

2.5.2 Postopek siliranja

Pravočasno pokošen zeleni odrez brez talnega onesnaženja po dobrem tlačenju v silosu razvije dobro hitrost kisanja (padanje pH vrednosti) in s tem tudi dobro kakovost silaže. Po dobrem tlačenju se travna silaža v silosu pokrije s folijo, da vzpodbudimo nastanek anaerobnega okolja. Zaradi samodejno potekajoče mlečnokislinske fermentacije brez inokulacije se pH vrednost v enem mesecu zniža pod 4, kar zagotavlja želeno stabilnost materiala. Prvi mesec je najbolj občutljivo obdobje, ko se lahko pojavi napačna fermentacija s tvorjenjem neželene maslene kisline. Takšno napačno fermentacijo lahko zaznamo po značilnem vonju maslene kisline. Če je silaža namenjena živalski krmu, predstavlja maslenokislinska fermentacija veliko težavo. Pri proizvodnji bioplina je takšna silaža brez težav uporabna za fermentacijo bioplina, čeprav je treba razen nastajanja vonjav računati tudi z energetskimi izgubami. Pri normalnem poteku siliranja se silaža dobro stabilizira s padcem pH vrednosti.

Pogled čez mejo: V skandinavskih deželah se zeleni odrez pogosto konzervira z dodatki organskih kislin. Tu sicer ne gre za pravo siliranje, vendar pa lahko tako konzerviran material postane celo bolj stabilen kot pri klasičnem siliranju.

2.5.3 Trajnost silaže

Pri običajnem siliranju je material po dveh do treh mesecih že pravilno siliran in lahko brez težav vzdrži do enega leta, vendar pa je priporočljivo, da se porabi v roku šestih do desetih mesecev. Nikar ne pozabimo, da lahko zeleni odrez brez težav uporabimo za proizvodnjo bioplina že kratek čas po tlačenju ali celo kar v

svežem stanju. Izkušnje upravljavcev obratov za proizvodnjo plina kažejo, da je pri mokri presnovi uporaba silaže bolj zanesljiva kot pa uporaba še svežega zelenega odreza.

Silaža se mora skladiščiti v anaerobnem okolju, na primer pokrita s folijo. Če v silažo prodre zrak, v njej nastanejo aerobni pogoji, ki vzpodbujajo rast različnih plesni, bakterij, E.Coli, kvasovk in podobnega; te metabolizirajo energijo, ki jo vsebuje silaža, in jo pretvarjajo v CO₂. To lahko povzroči velike energetske izgube in zmanjša kakovost substrata. Zato je nadvse pomembno, da zaščitimo tudi tisto površino v prevoznem silosu, kjer odrezujemo kose silaže.

2.5.4 Siliranje komunalnega zelenega odreza

Komunalni zeleni odrez (slika 18) lahko brez težav uporabimo kot substrat za proizvodnjo bioplina. Posebej primeren je zeleni odrez s kratkimi delci, na primer košena trava iz parkov, igrišč za golf ali nogometnih igrišč. Neonesnažen zeleni odrez se lahko silira prav tako brez težav kot trava s travnikov. Pri siliranju je treba paziti na pravilen čas košnje (minimalna vsebnost lignina) ter dobro koordinacijo in logistiko pri pospravljanju pridelka. Suha trava in trava z dolgimi bilkami za klasičen obrat za proizvodnjo bioplina ni najbolj primerna brez zahtevne predelave (na primer dodatno sekljanje), zato je najbolje, da se takšna trava kompostira. Če uporabimo določene tehnologije za suho presnovo, pa lahko brez težav tudi pri takšnih substratih poskrbimo za primerno digestacijo.



Slika 26: Zeleni odrez

(fotografija: Berk Peter, deponija Tuncovec)

Komunalni zeleni odrez nudi dober potencial za anaerobno fermentacijo. Ker žetev, zbiralni sistemi, infrastruktura in logistika trenutno niso optimizirani, se zeleni odrez trenutno le kompostira, energija v njem pa se ne izkorišča. Z dobro koordinacijo in premišljeno oblikovanimi sistemi predelave bi iz komunalnega zelenega odreza v obratih za proizvodnjo bioplina lahko pridobivali energijo, trdni ostanki fermentacije pa bi se še vedno lahko uporabili kot dragocen material za naknadno kompostiranje.

2.6 Rezano vejevje – moteč material v obratu za proizvodnjo bioplina?

Rezano vejevje (slika 19) zaradi visoke vsebnosti lignina in posledično slabih fermentacijskih lastnosti šteje med moteče materiale v substratih za proizvodnjo bioplina. Vnosu rezanega vejevja v obrat za proizvodnjo bioplina se izogibamo tudi zato, ker lahko ogrozi delovanje črpalnih naprav. Ker pa tako v zabojniku za biološke odpadke kot v ločeno zbranem zelenem odrezu pogosto najdemo tudi vejevje, ostanke grmičevja in druge kose lesa, jih je potrebno izločiti. To lahko opravimo tako z ločenim zbiranjem kot tudi z (ročnim) izločanjem.



Slika 27: Zeleni odrez, pomešan z rezanim vejevjem in grmičevjem

(vir: www.jhl.si/snaga/ciscenje-javnih-povrsin/komercialne-storitve).

Izločeni kosi lesa in veje se lahko po drobljenju uporabijo kot strukturni material za kompostiranje ali pa se sežgejo. Anaerobna fermentacija materiala z vsebnostjo lignina je zaenkrat še v oblakih – in trenutno predvsem še zelo daleč od kakršne koli ekonomičnosti. Lignoceluloza se lahko sicer pod visokim tlakom, ob visokih temperaturah in ob uporabi določenih kemikalij (na primer žveplena kislina) razkroji, vendar pa to zahteva tako velike količine energije in kemikalij, da gospodarska raba vsaj zaenkrat še ni mogoča. Poleg tega lahko na primer zaradi žveplene kisline in toplote nastajajo določene snovi, ki ovirajo postopek fermentacije (na primer furfurali).

Priporočila

1. Podpirajmo dodatne raziskave na področju tehnologij, ki omogočajo učinkovitejšo fermentacijo substratov z vsebnostjo vlaknin – torej zelenega odreza, vmesnih dosevkov, navadnega sirka itd. Trenutno bi v središču pozornosti lahko bila hidroliza za razkroj substratov, pri čemer je vedno treba upoštevati ohranjanje pozitivne energetske bilance.
2. Razčistimo vprašanje, katere frakcije iz kuhinjskih odpadkov se dejansko uvrščajo med snovi kategorije 3 (in kje lahko naredimo „izjeme“ pri higienizaciji) ter v povezavi s tem tudi
3. Posredujemo informacije za širjenje okoljevarstvene in energetske učinkovite zavesti državljanov.

3. TEHNOLOGIJE ZA FERMENTACIJO BIOGENIH GOSPODINJSKIH ODPADKOV IN ZELENEGA ODREZA

Povzetek

Biogene gospodinjske odpadke in zeleni odrez lahko smiselno energetsko izkoristimo tako z mokro presnovo kot tudi s suho presnovo.

Kuhinjski odpadki so zaradi zakonsko predpisane predhodne higienizacije najbolj primerni za mokro presnovo. Vendar pa trenutno ne obratuje nobena tovarna bioplina, ki bi predelovala samo kuhinjske odpadke (brez dodajanja drugih substratov). Razlog je preprost: Povpraševanje po kuhinjskih odpadkih kot substratu je zelo veliko.

Zeleni odrez se pogosto predeluje v kontinuirano obratujočih postopkih mokre presnove. Drobljenje materiala na delce velikosti 4 do 5 centimetrov je pri tem bistvenega pomena, sicer se lahko pojavijo težave pri mešanju in nastajanje plavajoče skorje. Za fermentacijo je posebej primeren zeleni odrez s trat in igrišč za golf ter komunalni zeleni odrez iz parkov.

Zeleni odrez z večjim deležem stebel in strukturnega materiala se lahko (tudi skupaj z rezanim vejevjem) predela s suho presnovo. Čeprav iz tistega deleža takšnega substrata, ki vsebuje lignin, ni mogoče pridobiti bioplina in je "plinski izplen" takšnega substrata glede na začetno maso materiala nižji kot pri mokri presnovi, pa je ta postopek kljub temu cenovno ugoden in hkrati proizvede tudi zajetno količino plina.

Če presnavljamo kuhinjske odpadke skupaj z zelenim odrezom, prav tako prideta v poštev oba postopka.

Vsekakor pa je treba upoštevati, da ima upravljavec obrata pri postopku mokre predelave večjo izbiro dodatnih substratov.

Ekonomičnost upravljanja obrata za proizvodnjo bioplina je močno odvisna od izbrane tehnologije.

Nikakor ne smemo spregledati, da je pri uporabi določenih vrst odpadkov pogosto obvezna higienizacija, ki prinaša tudi visoke stroške.

3.1 Običajni postopki fermentacije – pregled tehnologij

Postopke fermentacije lahko delimo na dve glavni tehnologiji:

Med mokro presnovo (imenovano tudi tekoča digestacija) štejejo tiste tehnologije, ki predelujejo materiale, ki jih lahko prečrpavamo. Vsebnost suhe snovi v fermentorju dosega največ 15 odstotkov.

Pod suho presnovo (imenovano tudi presnova trdnih snovi) sodijo tehnologije, kjer je v fermentorju delež suhe snovi višji kot 15 %.

Obe tehnologiji lahko potekata mezofilno (temperatura v fermentorju 35–45 °C) ali termofilno (temperatura v fermentorju 45–55 °C). Mokra presnova se pogosteje uporablja v mezofilnem temperaturnem območju, suha presnova pa v termofilnem območju. Obe tehnologiji se lahko glede na intenzivnost predelave uporabljata tudi za večino fermentacijskih substratov. Odločitev, katera tehnologija se bo uporabljala v danem primeru, je odvisna od uporabljene mešanice substratov in njihovih lastnosti.

Primerjava mokre in suhe presnove

Na področju suhe presnove kmetijskih proizvodov imamo v primerjavi z mokro presnovo manj izkušenj. Vendar pa strokovnjaki pripisujejo suhi presnovi velik razvojni potencial.

Članek⁷ podrobno prikazuje najpomembnejše prednosti in slabosti mokre in suhe presnove. Primerjali so dva postopka suhe presnove, namreč šaržni postopek (boksni ali garažni sistem) in kontinuirani pretočni cevni postopek, ter kontinuirani postopek mokre presnove.

⁷ Liesch, B. in Müller C.: Feststoffvergärung in der Schweiz, INES Ingenieurbüro für nachhaltige Energiesysteme, Schlussbericht 2007

Poglavja 3.2 do 3.4 v nadaljevanju opisujejo možnosti presnove kuhinjskih odpadkov in zelenega odreza v različnih kombinacijah.

3.2 Izključna presnova kuhinjskih odpadkov

Obrati za proizvodnjo odpadkovnega bioplina, ki imajo kot takšni vsa dovoljenja za obratovanje, lahko razen substratov iz obnovljivih surovin (NAWARO) in bioloških odpadkov presnavljajo tudi materiale, ki so določeni v uredbi 1774/2002/ES¹. Najpogosteje uporabljeni materiali, na primer ostanki hrane, kuhinjski odpadki in odpadki iz klavnic so tukaj določeni kot snovi iz kategorije 3 (slika 20). Pri predelavi teh substratov je obvezna higienizacija (glejte tudi poglavje 2.4.6 – Higienizacija). Pri higienizaciji je treba zagotoviti, da se material najmanj 60 minut higienizira pri temperaturi najmanj 70 °C in da velikost delcev materiala ne presega 12 mm. Presnova snovi kategorije 3, predvsem presnova ostankov hrane in kuhinjskih odpadkov, je predvsem pri obratih za proizvodnjo odpadkovnega bioplina zelo razširjena.



Slika 28: Dostava ostankov hrane

(vir: burgenland.orf.at/news/stories/2522625)

Izključna presnova kuhinjskih odpadkov velja za povsem neproblematično in je kot takšna nadvse priporočljiva. Kljub temu, obratov za proizvodnjo bioplina, ki bi predelovali samo ostanke hrane, v praksi skorajda ne najdemo. Vzrok je velika

konkurenca z drugimi obrati za proizvodnjo plina, čistilnimi napravami in kompostirnimi obrati, zato obstaja precejšnje pomanjkanje razpoložljivih kuhinjskih odpadkov. Kuhinjski odpadki so v obratih za proizvodnjo bioplina torej prisotni izključno kot kosubstrat, po katerem vlada zelo veliko povpraševanje.

Presnova odpadkov iz klavnic je zaradi visoke vsebnosti dušika v substratu – v nasprotju s presnovo kuhinjskih odpadkov – povezana z inhibicijskim učinkom dušika. Te težave se pri presnovi kuhinjskih odpadkov ne pojavljajo, saj so kuhinjski odpadki kompleksna mešanica različnih živil.

V kuhinjskih odpadkih se pogosto pojavljajo moteči materiali, na primer plastika, jedilni pribor, kosti itd. Te materiale moramo odstraniti že v začetni fazi predelave materiala. Uvodni postopek predelave mora vključevati drobljenje materiala na drobce velikosti največ 12 mm, odstranjevanje motečih materialov in higienizacijo. Po higienizaciji je material v tekoči obliki in ga lahko brez težav črpamo. Zato lahko higieniziran material brez težav predelujemo v mokri presnovi. Material ima po higienizaciji odlične presnovne lastnosti. Tako lahko dokaj preprosto uporabimo tehnologije klasičnih kmetijskih obratov za proizvodnjo bioplina.

3.3 Izključna presnova zelenega odreza

Trava in zeleni odrez (vključno z vmesnimi dosevki, ki jih moramo tukaj omeniti zaradi doslednosti in zaradi precejšnje podobnosti presnovnih lastnosti) so zelo obetavni presnovni substrati in v prihodnosti nakazujejo velik potencial. S siliranjem (glejte tudi poglavje 2.5) jih lahko brez težav skladiščimo, nudijo pa približno enako visok izplen bioplina kot koruzna silaža. Trava s travnikov in vmesni dosevki imajo po košnji podobne lastnosti – pri izplenu bioplina se lahko pojavijo močna odstopanja glede na lokacijo, čas košnje, vrsto trave ali vrsto vmesnega dosevka.

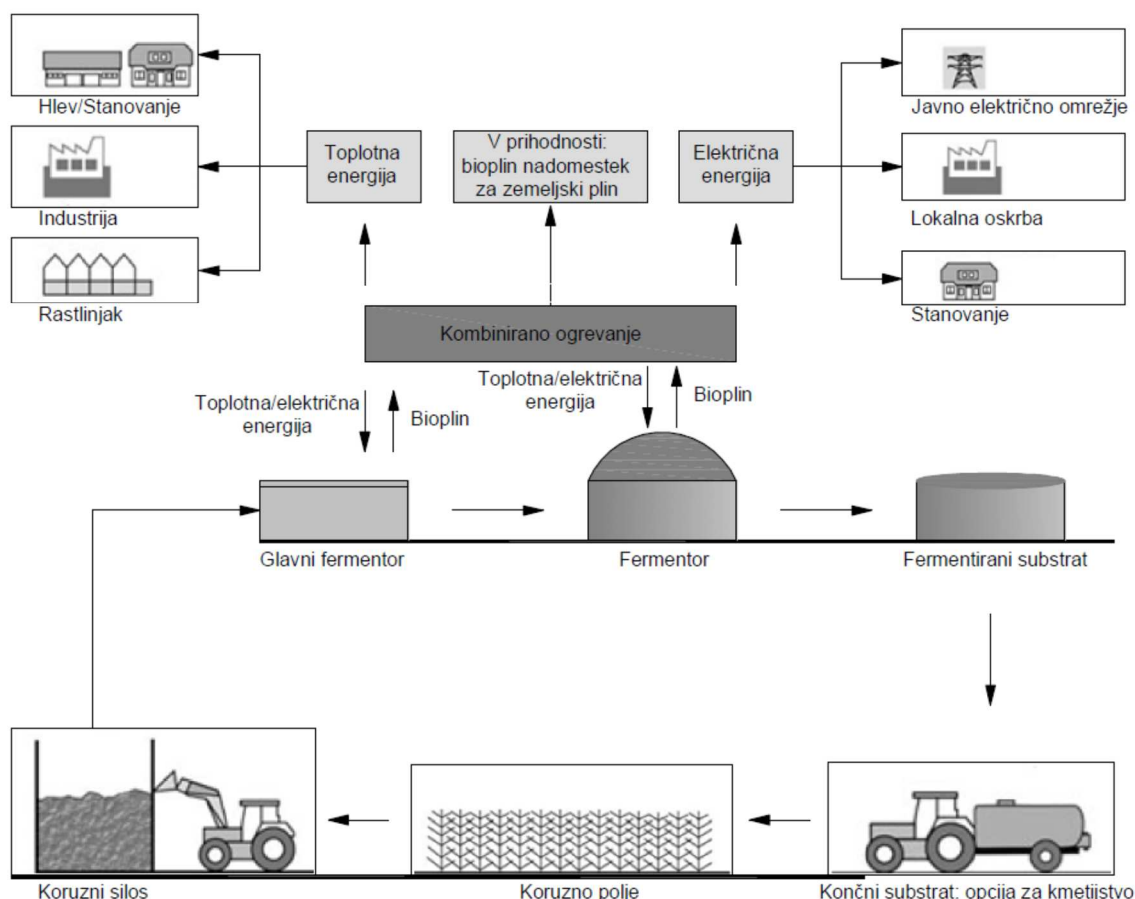
Pri košeni travi z vrtov, parkov, igrišč za golf in komunalnemu zelenemu odrezu lahko pričakujemo podoben izplen bioplina in podobne lastnosti kot pri travni silaži. Travnna silaža ima v povprečju nekoliko daljše delce kot koruzna silaža in s tem tudi bistveno drugačne fizikalne lastnosti.

3.3.1 Zeleni odrez / mokra presnova

Presnova trave se v sosednji Avstriji trenutno izvaja pretežno v klasičnih mešalnih fermentorjih. Majhni fermentorji so za presnovo trave na splošno bolj primerni kot veliki fermentorji, ker v njih lažje dosežemo optimalno mešanje. Težavam pri mešanju in nastajanju plavajoče skorje se izognemo z sekljanjem materiala na velikost 4 do 5 centimetrov. To omogoča tudi dobro siliranje in skladiščenje travnih substratov.

Dodajanje tekočine

Pri mokri presnovi moramo praviloma recirkulirati procesno vodo ali sistemu dodajati gnojevko v obliki kosubstrata. Tekoče vhodne snovi večinoma predstavljajo približno 50 odstotkov skupnega vhodnega materiala in poskrbijo, da je moč material v fermentorju brez težav mešati in črpati. Trava se lahko v fermentor doda skupaj z vnosom drugih trdnih snovi ali skupaj s tekočo fazo. Pri črpanju tekoče faze se lahko pojavijo težave s črpalkami.



Slika 29: Kmetijski obrat za proizvodnjo bioplina z mokro presnovo

(vir: podjetje Schmack)

Transportni, črpalni in mešalni sistemi

Za mokro presnovo trave potrebujemo zelo dobre transportne in črpalne sisteme. Za mešanje so nedvomno najbolj priporočljivi mešalni sistemi z lopaticami.

V klasičnih kmetijskih obratih za proizvodnjo bioplina (slika 21), ki so osnovani izključno na presnovi koruzne silaže in gnojevke, lahko poddimenzionirani mešalni in črpalni sistemi zaradi specifičnih lastnosti substratov (večji delci, višja viskoznost, višja vsebnost suhe snovi) povzročajo velike težave.

Pri mokri presnovi substratov z visokim deležem trave je treba (že v postopku pridobivanja dovoljenj) poskrbeti za postavitev sistema zasilnega električnega napajanja za mešalne naprave. To je zelo pomembno, saj se v primeru izpada električne energije pojavi razslojevanje, pri čemer trava splava na vrh in povzroči nabrekanje vsebine fermentorja. Takšno razslojevanje lahko po daljšem mirovanju povzroči težave pri ponovnem zagonu mešalnih sistemov.

Čas zadrževanja

S primerno tehnologijo presnove je moč travo dobro presnavljati, čeprav mora trava za doseganje enake stopnje razgradnje v fermentorju ostati dlje časa kot koruzna silaža.

Morebiten predvkllop hidrolizne stopnje

Ena od možnih rešitev za težave z mokro presnovo trave bi lahko bila predhodna hidrolizna obdelava. S hidrolizo lahko material termično, biološko ali kemično razkrojimo. Hidroliza pospeši razgradnjo organike med presnovo in lahko ublaži neželene fizikalne lastnosti trave ter odpravi z njimi povezane tehnološke težave. Hidrolizna predobdelava lahko prav tako pospeši razgradnjo oziroma poviša izplen bioplina.

Referenčni obrati

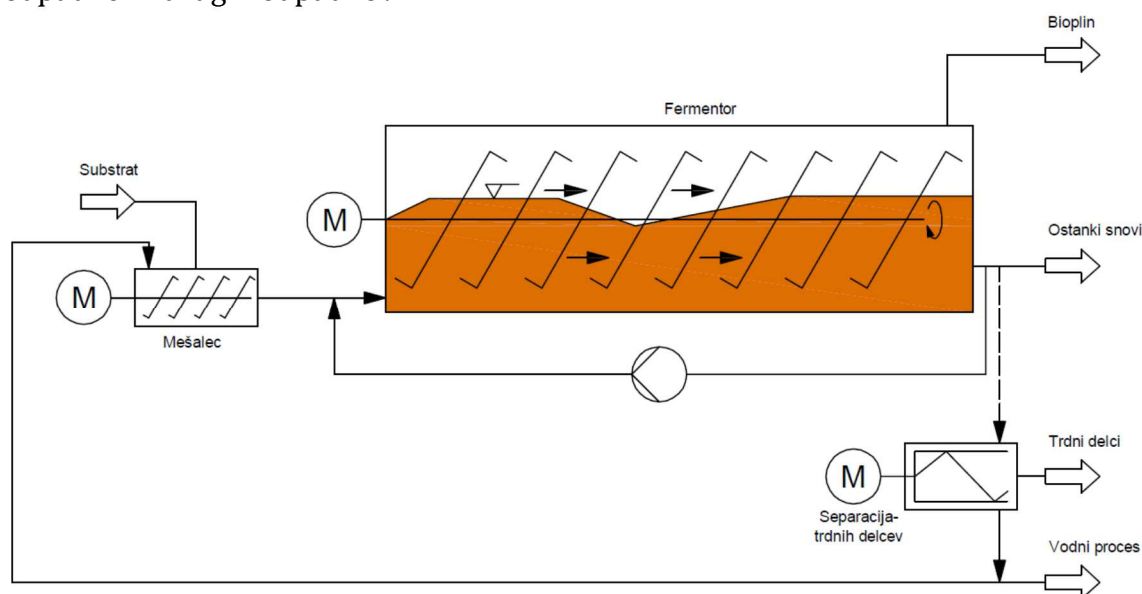
Kot primer obrata za proizvodnjo bioplina, ki v sosednji Avstriji predeluje samo travo, lahko navedemo obrat Reitbach ali obrat v mestu Strem.

3.3.2 Zeleni odrez / suha presnova

Trava nudi odlične možnosti za predelavo s suho presnovo. Za presnovo zelenega odreza so bolj ali manj primerne vse različice tovrstnih tehnologij.

Klasična suha presnova (pretočni cevni postopek)

Med klasične postopke suhe presnove v pretočnem cevnem digestorju sodijo tehnologije podjetij Kompogas (slika 22), Valorga, BRV ali Dranco. Te tehnologije se pogosto uporabljajo tudi za presnovo materiala iz zabojnikov za biološke odpadke in drugih odpadkov.



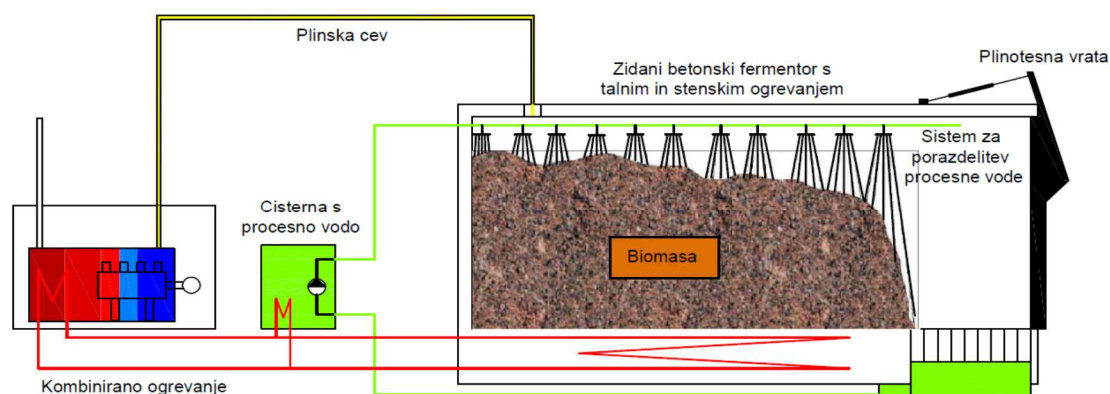
Slika 30: Konceptni diagram postopka Kompogas⁸.

⁸ Weiland P., Stand der Technik bei der Trockenfermentation - Zukunftsperspektiven, Gülzower Fachgespräche, Band 23, 2004

Boksni ali garažni postopek

Tehnologija boksnega oziroma garažnega postopka predstavlja dokaj preprosto in zanesljivo alternativo za izključno presnovo trave. Postopek podjetja Bekon, ki ga prikazuje slika 23, omogoča uporabo dobro presnovljive biomase, na primer obnovljivih surovin NAWARO (travna silaža, koruzna silaža, celorastlinska

silaza), trdnega gnoja goveda, konjev in perutnine ter komunalnih odpadkov (biološki odpadki, obcestno rastlinje, tržni odpadki, zelenjava itd.). Biomasa mora vsebovati več kot 25 % suhe snovi in mora omogočati skladanje na kupe.



Slika 31: Konceptni diagram postopka podjetja Bekon Energy Technologies GmbH & Co⁹.

Perkolat, ki pronica iz presnavljajočega se materiala, odteka po drenažnem koritu in se zbira v rezervoarju, nato pa se za vlaženje ponovno razprši nad substratom. Presnova poteka v mezofilnem temperaturnem območju pri približno 37 °C, temperiranje pa poteka s talnim in stenskim ogrevanjem.

Presnova trave z garažnim postopkom je pretežno neproblematična, čeprav je potrebno računati na nekoliko več dela z nakladalci in morebitne prekomerne emisije plinov. Vendar pa ta diskontinuirana tehnologija ne more zagotavljati tako visokega izplena bioplina in tako visoke stopnje presnove kot kontinuirani postopki (glejte tudi tabelo 1). Za stabilizacijo materiala lahko uporabimo naknadno gnitje (kompostiranje). V članku¹⁰ je podan povzetek različnih postopkov suhe presnove, stanje 2007.

S suho presnovo lahko dobro predelamo tudi zeleni odrez z večjo vsebnostjo stebel in nenasekljan zeleni odrez. V izjemnih primerih lahko fermentor polnimo tudi z mešanico zelenega odreza in rezanega vejevja (predvsem pri boksni ali garažnih digesterjih), čeprav rezano vejevje in drugi materiali z vsebnostjo lignina štejejo med balastne snovi in iz njih ni mogoče pridobivati bioplina: strukturni material je pri tej tehnologiji nadvse dobrodošel.

⁹ Haupt T., Die Trockenfermentation zur Behandlung von organischen Abfallstoffen - Potentiale einer zukunftsweisenden Technologie, Seminarunterlagen Bundesversammlung 2005 - Müllverwertung, Bauhaus Universität Weimar, 2005

¹⁰ Liesch, B. und Müller C. Feststoffvergärung in der Schweiz, INES Ingenieurbüro für nachhaltige Energiesysteme, Schlussbericht 2007

3.4 Skupna presnova kuhinjskih odpadkov in trave/zelenega odreza

V naslednjem poglavju predstavljamo skupno fermentacijo (kofermentacijo) kuhinjskih odpadkov in zelenega odreza v različnih medsebojnih teoretičnih razmerjih.

3.4.1 Scenarij 1: 20 % kuhinjskih odpadkov/80 % zelenega odreza

Pri takšni mešanici substratov pričakujemo vsebnost suhe snovi nad 15 odstotkov. Zaradi visokega deleža zelenega odreza in suhe snovi priporočamo suho presnovo. Prednost suhe presnove je v tem, da zeleni odrez ne potrebuje posebej zahtevne predobdelave, v fermentor pa se lahko po drobljenju vnesejo tudi nekateri potencialni moteči materiali (na primer rezano vejevje).

Vsekakor zaradi presnove kuhinjskih odpadkov in ostankov hrane potrebujemo tudi predhodno higienizacijo.

Pri dobri predhodni obdelavi, razredčenju in predhodnem mešanju s procesno vodo se lahko v določenih primerih uporabi tudi mokra presnova. Ker mora higienizacijska stopnja v vsakem primeru biti prisotna, bi bilo vredno razmisliti o povišanju deleža kuhinjskih odpadkov ali o obdelavi drugih substratov, ki prav tako zahtevajo higienizacijo, ter tako bolje izkoristiti higienizacijsko enoto.

3.4.2 Scenarij 2: 80 % kuhinjskih odpadkov/20 % zelenega odreza

Pri takšni mešanici substratov pričakujemo tekoč material z nizko vsebnostjo suhih snovi (pod 15 %). V tem primeru se zdi najprimernejše, da v obratu za proizvodnjo plina predelujemo substrate s približno 10 odstotki suhe snovi.

Najugodnejša tehnološka izbira za takšen primer uporabe je mokra presnova. Pri takšni zasnovi bo najbrž najugodnejše, da zeleni odrez doziramo z vnosom trdne snovi. Moteči materiali kot na primer rezano vejevje lahko povzročajo velike težave pri obratovanju in jih moramo zato izločiti. Zaradi deleža zelenega odreza je treba pravilno dimenzionirati mešalne in črpalne sisteme.

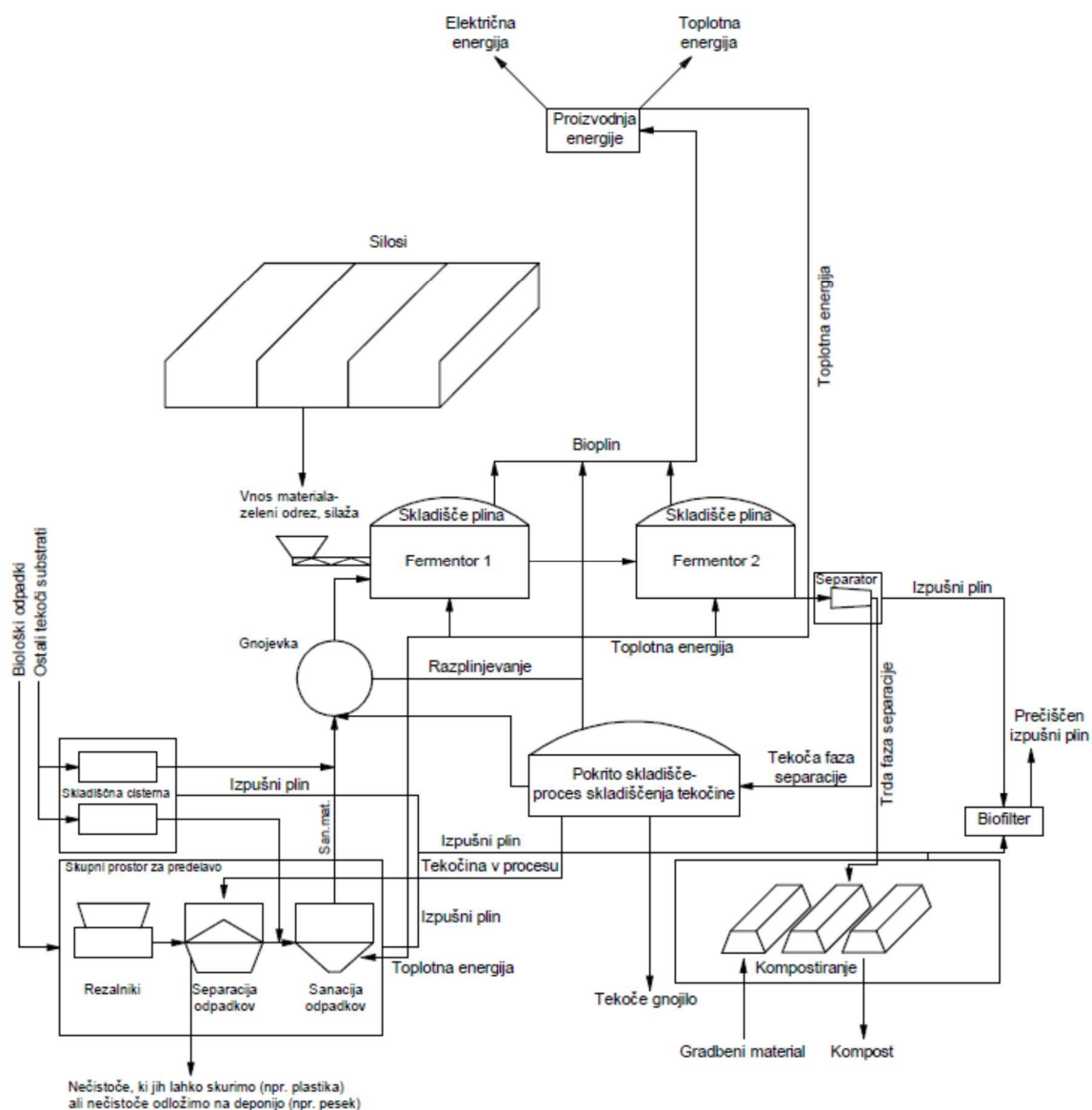
Higienizacijska stopnja je vsekakor obvezna.

Ker so kuhinjski odpadki in ostanki hrane pri obratih za predelavo odpadkov nadvse zaželena surovina, bo v praksi najbrž dokaj težko zagotoviti nemoteno dobavo substrata z 80 % kuhinjskih odpadkov za neprekinjeno obratovanje obrata s 500 kilovati električne moči. Zato moramo pričakovati, da bo najverjetneje treba poseči tudi po drugih kosubstratih.

3.4.3 Scenarij 3: 50 % kuhinjskih odpadkov/50 % zelenega odreza

Takšen scenarij predstavlja najbolj realistično različico vseh treh predstavljenih scenarijev. Zaradi presnove kuhinjskih odpadkov je kot pri predhodnih scenarijih tudi tukaj obvezna uporaba higienizacijske enote.

V scenariju „50 % kuhinjskih odpadkov/50 % zelenega odreza“ lahko pri nizkem ali neobstoječem redčenju s procesno vodo uporabimo suho presnovo (prednost imajo pretočni cevni postopki) ali – ob močnem redčenju vhodnega materiala s procesno vodo – tudi mokro presnovo. Pričakovani delež suhe snovi v fermentorju po dodajanju procesne tekočine je med 10 in 13 odstotki. V tem primeru bi lahko uporabili kmetijski obrat za proizvodnjo bioplina, prilagojen za presnovo odpadkov, ki ga prikazuje slika 24.



Slika 32: Kmetijski obrat za proizvodnjo bioplina, prilagojen za presnovo odpadkov

V praksi dokaj pogosto srečamo obrate za proizvodnjo odpadkovnega bioplina, ki so oblikovani po klasični zasnovi mešalnega kotla, tako kot kmetijski obrati za proizvodnjo bioplina. Ti obrati se dodatno opremijo s sistemi za predhodno pripravo materiala in higienizacijo ter se uporabljajo na primer za presnovo ostankov hrane.

Na tem mestu naj omenimo, da lahko dober sistem za predhodno obdelavo bioloških odpadkov pogosto predstavlja 30 odstotkov celotne vrednosti investicije, odvisno od posameznega tipa obrata. Zaradi premajhnega dimenzioniranja mešalnih, črpalnih in predobdelovalnih sistemov imajo ti obrati pogosto tehnične težave pri obratovanju.

Izkušnje v praksi kažejo, da bo takšen obrat za predelavo odpadkov kot vhodne surovine razen kuhinjskih odpadkov predeloval tudi druge odpadkovne substrate. Dobra tehnologija predobdelave omogoča predelavo širokega nabora odpadkovnih substratov, kar posameznemu obratu zagotavlja boljši konkurenčni položaj v primerjavi z drugimi obrati.

Če torej povzamemo: Vhodni substrati neposredno vplivajo na izbiro tehnologije in način obratovanja. Upravljaec obrata ima pri postopku mokre presnove na voljo večjo izbiro substratov. Večja prilagodljivost razmeram na trgu lahko pripomore k bolj ekonomičnemu in učinkovitemu poslovanju obrata za proizvodnjo odpadkovnega bioplina.

3.5 Ključna beseda „razmerje C:N“

Pogosto vprašanje, ali naj biogene gospodinjske odpadke in zeleni odrez presnavljamo skupaj z drugimi frakcijami (kofermentacija) ali pa same zase – brez dodajanja kosubstratov – (mono fermentacija), napeljuje na naslednji razmislek:

Načeloma velja, da ima dobra mešanica različnih substratov za presnovo mikroorganizmov določene prednosti, podobno kot uravnotežena prehrana pri človeku. Tako je tudi z biološkega stališča vedno bolje uporabljati kofermentacijo kot pa mono fermentacijo. Po eni strani tako izboljšamo možnosti, da imajo mikroorganizmi na voljo dovolj različnih mikroelementov in makro hranilnih snovi. Po drugi strani se tako razredčijo tudi morebitne inhibitorne snovi. Pod mešanico pa nikakor ne smemo razumeti tega, da v hitrem zaporedju izmenjujemo različne substrate.

O razmerju ogljika in dušika (razmerje C:N) je bilo v preteklosti veliko povedanega, vendar pa je sam koncept danes že nekoliko zastarel in ne ustreza več v celoti najnovejšim spoznanjem na področju anaerobne presnove. V realnosti glede koncentracije dušika ločimo med naslednjimi območji anaerobnih procesov:

1. Omejenost dušika: To območje se pojavi pri zelo nizkih koncentracijah dušika. Kljub temu ga pri presnovi odpadkov skorajda ne srečamo. Tukaj je prisotnega premalo dušika za nastanek zadostne količine biomase. Kot minimalno razmerje tukaj velja 800:5:1 (KPK:N:P)^{11, 12}.
2. Zadostna razpoložljivost dušika: Pri večini obratov za predelavo odpadkov je na voljo zadostna količina dušika, vendar pa se še ne morejo pojavljati inhibicije zaradi disasociiranega amoniaka, ki bi oviral aktivnost mikroorganizmov. Meja tukaj leži približno pri 2 do 3 gramih amonijevega dušika na liter (g NH₄ N/l). Poleg tega je mejna vrednost odvisna tudi od temperature in pH vrednosti.
3. Dušik v izobilju (možen pojav inhibicije): Pri vrednostih nad 2 do 3 gramih amonijevega dušika na liter (NH₄ N/l) anaerobna presnova še ne velja za brezpogojno problematično. Stabilni procesi se lahko odvijajo tudi pri NH₄ N/l.

Presnova gospodinjskih odpadkov in zelenega odreza leži v 2. območju, kjer je na voljo zadostna količina dušika.

Kljub temu bodo mnogi obrati za proizvodnjo bioplina v praksi spontano sprejemali tudi dodatne substrate, ki ne bodo ustrezali sprva načrtovanim standardnim substratom. Tukaj bo treba upoštevati, da teh substratov večinoma ni mogoče uliti v sistem vseh naenkrat – predvsem če so zelo bogati z dušikom.

Da bi dosegli stabilno presnovo tudi pri visokih koncentracijah amonija (faza 3), moramo upoštevati naslednje:

Izogibajmo se sunkovitemu povečanju koncentracije amoniaka: mikroorganizmi se morajo najprej dlje časa prilagajati. To pomeni tudi, da pri presnovi odpadkov ne smemo sunkovito preklopiti s substrata z nizko vsebnostjo dušika na substrat, bogat z dušikom (vendar pa obraten primer nikakor ni težava, saj padajoča koncentracija amoniaka ne more imeti inhibitornega vpliva!); prav tako se moramo izogibati prehitrim spremembam ostalih procesnih parametrov, na primer pH vrednosti ali temperature;

Poskrbimo za zadostno razpoložljivost mikroelementov;

Poskrbimo za nizko koncentracijo žveplovodika. Razžvepljevanje naj bo čim bolj učinkovito, saj žveplovodik okrepi amonijevo inhibiranje; in

Materiala ne skladiščimo vse do skrajnih meja.

Najpomembnejši praktični nasvet je, da poskrbimo za zadostne skladiščne kapacitete za vhodne materiale, saj bomo le tako lahko vedno izdelovali uravnotežene mešanice substratov. Frakcij z visoko vsebnostjo dušika ne smemo v sistem uvajati prehitro in v prevelikih količinah, temveč jih moramo dodajati postopoma in v manjših količinah. Mikrobiološki učinek lahko pogosto izboljšamo tudi z dodatki mikroelementov.

Priporočila

Za ekonomično in nemoteno delovanje obrata za proizvodnjo bioplina moramo zagotoviti nemoteno dobavo substratov z dolgoročnimi pogodbami.

¹¹ Razlaga: KPK – kemijska potreba po kisiku, N – dušik, P – fosfor

¹² Vir: Bischofsberger: Anaerobtechnik, 1993

3.6 Bioplinske naprave in okoljevarstveno soglasje (IPPC dovoljenje)

Bioplinske naprave, ki delujejo na kmetijske odpadke, ne potrebujejo okoljevarstvenega soglasja, če je proizvodnja toplotne energije v napravah za proizvodnjo toplote in električne energije manjša od 1 MW.

Izvajalec mora izvesti študijo Poročilo vplivov na okolje (IPPC - Celovito preprečevanje in nadzor za onesnaževanjem) in pridobiti Okoljevarstveno soglasje od Agencije RS za okolje. Vloga mora vsebovati projekt, poročilo o presoji vplivov na okolje in revizijo presoje vplivov na okolje. Presoja vplivov na okolje je obvezna za različne posege, ki so določeni v Uredbi o vrstah posegov v okolje, ki je predmet presoje vplivov (Ur. l. RS _ 78/2006, zadnja sprememba _ 32/2009) in Uredbo o vrsti dejavnosti in naprav, ki povzročajo obsežne onesnaževanja okolja (Ur. l. RS _ 97/2004, zadnja sprememba _ 122/2007): nadzor nad onesnaževanjem okolja (mejne vrednosti za izpust emisij v zrak, vpliva na podtalnico, hrup in smrad, ravnanje in recikliranje gnoja in organskih odpadkov, varstvo narave itd.).

Postopek za pridobitev okoljevarstvenega soglasja se lahko začne skupaj s pridobitvijo lokacijske informacije ali v času postopka za gradbeno dovoljenje.

Pristojni organ: Agencija Republike Slovenije za okolje.

Zahtevnost: dolgotrajno in zapleteno.

Časovni okvir: približno 6 mesecev (uradno) ali več (v primeru zapletov).

Stroški: 550 €.

Veljavnost: za kmetijske bioplinarne - 5 let, za druge (ki uporabljajo stranski živalski odpadki) -10 let.

V primeru uporabe živalskih stranskih proizvodov za proizvodnjo bioplina (gnoj, klavniški odpadki...), mora upravitelj naprave pridobiti dovoljenje za predelavo odpadkov iz Veterinarske uprave RS (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano), v skladu z Uredbo Evropskega parlamenta 1774/2002 in Sveta o zdravstvenih pravilih za živalske stranske proizvode, ki niso namenjeni prehrani ljudi (Ur. l. RS L273/2002). V tej uredbi, so živalski stranski proizvodi razdeljeni v tri kategorije.

Vendar pa je mogoče predelovati odpadke brez dovoljenja v primeru:

- uporabe nenevarnih odpadkov,
- obdelava se dogaja na lokaciji izvora odpadkov,
- obdelava lastnih odpadkov,
- upoštevanje vseh zahtev za predelavo odpadkov.

Pristojni organ: Veterinarska uprava Republike Slovenije (regijski oddelek).

Zahtevnost: relativno enostavno.

Časovni okvir: manj kot 3 tedne (uradno) ali več (v primeru zapletov).

Stroški: 19,37 €.

Veljavnost: trajno.

Odobritev Veterinarske uprave je predpogoj za nadaljnje postopke za pridobitev uporabnega dovoljenja.

3.6.1 Stališče glede zahtev za bioplinarne v zvezi s pridobitvijo okoljevarstvenih dovoljenj

V bioplinarnah poteka biološka anaerobna razgradnja vhodnega substrata, pri čemer nastaja bioplin. V kompostarnah se biološko aerobno predeluje vhodni substrat v kompost.

V bioplinarnah in kompostarnah se lahko kot vhodni substrat uporablja:

1. vhodni substrat rastlinskega izvora npr.:

- koruzna silaža, trava, oljna ogrščica in druge energetske rastline,
- odpadki iz kmetijstva, gozdarstva, vrtnarstva, odpadki iz živilskih trgov,

2. odpadki živalskega izvora npr.: odpadki iz gostinske dejavnosti, med katere sodijo tudi biorazgradljivi kuhinjski odpadki, živalski iztrebki (gnoj, gnojnica), klavniški odpadki, vsebina prebavnega trakta živali, predelane živalske beljakovine in masti, odpadna živalska tkiva (kože, kopita, parklji, perje, dlaka itd.), blato in mulj iz čistilnih naprav za obdelavo odpadne vode iz klavnic, odpadki iz prehranske in mesno – predelovalne industrije itd.

3. drugi biološko razgradljivi odpadki npr.: papir in karton, odpadki iz čiščenja komunalne odpadne vode, kosovni odpadki,

4. komunalne odpadne vode iz nepretočnih greznic, greznični mulji iz pretočnih greznic in neobdelano blato iz malih komunalnih čistilnih naprav ter komunalnih

ali skupnih čistilnih naprav, ki niso opremljene za obdelavo blata, za katere mora izvajalec javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode zagotoviti čiščenje in obdelavo na komunalni ali skupni čistilni napravi.

Podrobnejši seznam ustreznih vhodnih substratov - odpadkov za bioplinarne in kompostarne je v Tabeli 3.

Upravljavec bioplinarne ali kompostarne mora skladno s tretjim odstavkom 82. člena in prvim odstavkom 69. člena Zakona o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06-ZVO-1-UPB1, 49/06-ZMetD, 66/06-OdlUS, 33/07-ZPNačrt, 57/08-ZFO-1A, 70/08 in 108/09, v nadaljevanju: ZVO-1) pred izdajo gradbenega dovoljenja, kadar je le-to predvideno za poseg, pridobiti ustrezna okoljevarstvena dovoljenja skladno z 68. členom ZVO-1 (v nadaljevanju OVD IPPC) ali 82. členom ZVO-1 ali strokovno oceno vplivov emisij snovi v zrak skladno s 17. členom ZVO-1 (v nadaljevanju: Strokovna ocena). Okoljevarstvena dovoljenja po 82. členu ZVO-1 so: okoljevarstveno dovoljenje za emisije snovi v zrak (v nadaljevanju: OVD Zrak), okoljevarstveno dovoljenje za emisije snovi in toplote v vode (v nadaljevanju: OVD Vode) in okoljevarstveno dovoljenje za obdelavo odpadkov (v nadaljevanju: OVD Odpadki).

Kot izhaja iz Tabel 1 in 2 je vrsta in količina vhodnega substrata, ki se obdeluje v bioplinarni ključna za pravilno določitev zahtev glede pridobitve ustreznega okoljevarstvenega dovoljenja ali Strokovne ocene, pri čemer je treba OVD Vode pridobiti le, če v napravi nastajajo odpadne vode, ki se odvajajo v vode ali javno kanalizacijo, OVD Odpadki pa vedno v primeru, kadar je vhodni substrat odpadek.

Ne glede na navajanja v Tabelah 1 in 2, OVD Odpadki ni potrebno pridobiti, kadar se obdeluje:

- rastlinske odpadke, vključno z zelenim vrtnim odpadom, če obdelava poteka na kraju njihovega nastanka,
- organske odpadke rastlinskega ali živalskega izvora, ki so nastali na kraju kmetijskega gospodarstva, kjer poteka obdelava biološko razgradljivih odpadkov,
- blato ene ali več malih komunalnih čistilnih naprav, katerih skupna zmogljivost čiščenja ne presega 500 PE oziroma kadar se obdelujejo substrati iz 4. točke.

Čiščenje in obdelavo substratov iz 4. točke mora zagotavljati izvajalec javne službe odvajanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode na komunalnih oziroma skupnih čistilnih napravah v sklopu izvajanja javne službe, pri čemer se ti lahko obdelujejo tudi v tehnoloških enotah za anaerobno obdelavo blata = gniliščih/bioplinarnah, ki so del komunalne ali skupne čistilne naprave.

Če se na komunalni čistilni napravi obdeluje:

1. samo substrate iz 4. točke – OVD za zrak in OVD za odpadke ni potreben;
2. substrate iz 4. točke hkrati z drugimi biološko razgradljivi odpadki – je OVD za zrak in OVD za odpadke potreben.

BIOPLINARNE

Tabela 1: Bioplinarne z vhodnim substratom, ki ni živalskega izvora

Količina vhodnega substrata (t/dan)	OVD IPPC (68. člen, ZVO-1)	OVD Zrak (82. člen, ZVO-1)	OVD Vode (82. člen, ZVO-1)	OVD Odpadki (82. člen, ZVO-1)	Strokovna ocena (zrak)
< 1	/	/	a)	b)	/
1 - 10	/	/	a)	b)	✓
>10	/	✓	a)	b)	/

a) OVD Vode je treba pridobiti le v primeru, če v napravi nastajajo odpadne vode, ki se odvajajo v vode ali javno kanalizacijo

b) OVD Odpadki je treba pridobiti le v primeru, kadar je vhodni substrat odpadek iz Tabele 3, ob upoštevanju izjem iz dopisa

Tabela 2: Bioplinarne z vhodnim substratom, ki je mešanica živalskega, rastlinskega in drugega izvora

Količina vhodnega substrata živalskega izvora (t/dan)	OVD IPPC (68. člen, ZVO-1)	OVD Zrak (82. člen, ZVO-1)	OVD Vode (82. člen, ZVO-1)	OVD Odpadki (82. člen, ZVO-1)	Strokovna ocena (zrak)
< 10	/	✓	a)	b)	/
≥ 10	✓	/	/	/	/

a) OVD Vode je treba pridobiti le v primeru, če v napravi nastajajo odpadne vode, ki se odvajajo v vode ali javno kanalizacijo

b) OVD Odpadki je treba pridobiti le v primeru, kadar je vhodni substrat odpadek iz Tabele 3, ob upoštevanju izjem iz dopisa

Tabela 3: Biološko razgradljivi odpadki

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
02 01 01	Mulji iz pranja in čiščenja	Odpadki in blata čistilnih naprav odpadne vode, razen odpadkov in	✓

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
		blata čistilnih naprav za odpadne vode iz obratov za toplotno obdelavo odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 1. in 2. kategorije, ter blata čistilnih naprav za odpadne vode klavnic	
02 01 02	Odpadna živalska tkiva	Odpadki živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 3. kategorije, in gnoja ter vsebina prebavnega trakta, ločenega od tkiv prebavnega trakta, ki izvirajo od živali, in so stranski živalski proizvodi 2. Kategorije	✓
02 01 03	Odpadna rastlinska tkiva	Odpadna rastlinska tkiva	/
02 01 06	Živalski iztrebki, urin in gnoj (tudi onesnažena slama) in ločeno zbrane odpadne vode, obdelane zunaj kraja nastanka	Živalski iztrebki, urin in gnoj, vključno z onesnaženo slamo 02 01 07 Odpadki v gozdarstvu	✓
02 01 07	Odpadki iz gozdarstva	Odpadki pri izkoriščanju gozdov	/
02 01 99	Drugi tovrstni odpadki	Predelane živalske beljakovine in masti, nastale pri toplotni obdelavi odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščene med stranske živalske proizvode 1., 2. in 3. kategorije	✓
02 02 01	Mulji iz pranja in čiščenja	Odpadki in blato čistilnih naprav odpadne vode, razen odpadkov in blata čistilnih naprav za odpadne vode iz obratov za toplotno obdelavo odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 1. in 2. kategorije, ter blata čistilnih naprav za odpadne vode klavnic	✓

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
02 02 02	Odpadna živalska tkiva	Kože majhnih ali velikih živali, kopita in parklji, ščetine prašičev, perje, volna, rogovi, dlaka in krzno, če so od živali, ki so bile zaklane v klavnici in za katere je bilo v skladu z veterinarskimi predpisi ugotovljeno, da so primerne za hrano, ali od živali brez kliničnih znakov bolezni, prenosljivih na druge živali ali ljudi	✓
02 02 03	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo	Odpadki, nastali pri pripravi in predelavi mesa, rib in drugih živil živalskega izvora, in neprimerne za uporabo ali predelavo: - deli zaklanih živali, ki so v skladu z veterinarskimi predpisi primerni za hrano, vendar niso namenjeni za hrano iz komercialnih razlogov, - deli zaklanih živali, zavrtni kot neustrezni za hrano v skladu z veterinarskimi predpisi, vendar ne kažejo znakov bolezni, prenosljivih na ljudi ali živali, in izvirajo iz trupov, primernih za hrano, - kri živali, razen prežvekovalcev, zaklanih v klavnici in za katere je bilo po predhodnem pregledu pred zakolom ugotovljeno, da so primerne za prehrano ljudi, - stranski živalski proizvodi, nastali v proizvodnji izdelkov, namenjenih za hrano, vključno z razmaščenimi kostmi in ocvirki, - živila živalskega izvora, ali živila, ki vsebujejo izdelke živalskega izvora, razen organskih kuhinjskih odpadkov, ki niso več namenjeni prehrani ljudi iz komercialnih razlogov, ali zaradi problemov pri izdelavi ali zaradi napak pri pakiranju, in ne pomenijo tveganja za zdravje ljudi in živali, - surovo mleko živali, ki ne kažejo kliničnih znakov bolezni, prenosljivih na ljudi ali živali,	✓

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
		- ribe ali druge morske živali, razen morskih sesalcev, ulovljene na odprtem morju, za proizvodnjo ribje moke, - sveži stranski proizvodi iz rib iz obratov za proizvodnjo ribjih izdelkov za hrano, - jajčne lupine, stranski proizvodi valilnic in stranski proizvodi iz počenih jajc, ki izvirajo od živali brez kliničnih znakov bolezni, prenosljivih na ljudi in živali, in - drugi odpadki živalskega izvora, ki niso uvrščeni med stranske živalske proizvode 3. Kategorije	
02 02 04	Mulji iz čiščenja odpadne vodena kraju nastanka	Blato iz čiščenja odpadne vode iz naprav in objektov za pripravo in predelavo mesa, rib in drugih živil živalskega izvora, če ne vsebujejo odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 1. in 2. kategorije	✓
02 02 99	Drugi tovrstni odpadki	Mulji pri proizvodnji želatine, želatinski drobci, perje in vsebine želodcev in črevesja, če so od živali, za katere je v skladu z veterinarskimi predpisi ugotovljeno, da so primerne za prehrano ljudi	✓
02 03 01	Mulji iz pranja, čiščenja, lupljenja, centrifugiranja in ločevanja	Blato pri pranju, čiščenju, lupljenju, centrifugiranju in ločevanju pri pripravi in predelavi sadja, vrtnin, žitaric, jeditnih olj ter pri konzerviranju sadja in vrtnin	/
02 03 04	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo pri pripravi in predelavi sadja, vrtnin, žitaric, jeditnih olj ter pri konzerviranju sadja in vrtnin	/
02 03 05	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Blato čistilnih naprav odpadne vode, če izpolnjuje zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
02 03 99	Drugi tovrstni odpadki	Blato čistilnih naprav odpadne vode, če izpolnjuje zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
02 04 02	Kalcijev karbonat, ki ne ustreza specifikaciji (saturacijski mulj)	Blato čistilnih naprav odpadne vode, če izpolnjuje zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
02 04 03	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Blato čistilnih naprav odpadne vode, če izpolnjuje zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
02 05 01	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo, nastale pri proizvodnji mlečnih izdelkov	✓
02 05 02	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Blato čistilnih naprav odpadne vode, razen blata čistilnih naprav za odpadne vode iz obratov za toplotno obdelavo odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 1. in 2. kategorije, ter blata čistilnih naprav za odpadne vode klavnic	✓
02 05 99	Drugi tovrstni odpadki	Sirotko	✓
02 06 01	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo	Odpadno testo in druge snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo, in nastajajo v pekarnah in slaščičarnah	✓
02 06 03	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
02 07 01	Odpadki iz pranja, čiščenja in mehanskega	Odpadki pri pranju, čiščenju in mehanskem drobljenju surovin, ki nastajajo pri proizvodnji alkoholnih in brezalkoholnih pijač	/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
	drobljenja surovin		
02 07 02	Odpadki iz destilacije žganih pijač	Odpadna zrna, sadje in krompirjeva kaša ter blato, ki nastane pri destilaciji žganih pijač	/
02 07 04	Snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo	Sadni sokovi in druge snovi, neprimerne za uporabo ali predelavo, in nastajajo pri proizvodnji alkoholnih in brezalkoholnih pijač	/
02 07 05	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Blato iz čiščenja odpadnih vod, če so izpolnjene zahteve za vnos blata v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
02 07 99	Drugi tovrstni odpadki	Luščine, kal in prah slada, porabljeni hmelj, usedline in mulji iz pivovarn, mulji pri proizvodnji vina, jabolčna mezga, vinske usedline ter kvas, odpadne kvasine	/
03 01 01	Odpadna lubje in pluta ter odpadna lubje in les	Lubje	/
03 01 05	Žagovina, oblanci, sekanci, od- rezki, les, delci plošč in furnir, ki niso navedeni pod 03 01 04	Žagovina in lesna volna	/
03 03 02	Usedline in mulji zelene lužnice (iz obdelave črne lužnice)	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
03 03 05	Mulji tiskarskih barv (deinking) iz recikliranja papirja	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
03 03 07	Mehansko		/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
	ločeni reječki (izvrčki) iz papirne kaše odpadnega papirja in kartona		
03 03 08	Odpadki iz sortiranja pa- pirja in kartona, namenjenega za recikliranje		/
03 03 09	Odpadni apneni mulj		/
03 03 10	Vlankinski reječki (izvrčki) in mulji vlaknin, polnil in premazov iz mehanske separacije	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
03 03 11	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka, ki niso navedeni pod 03 03 10	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
04 01 06	Mulji, ki vsebujejo krom, zlasti iz čiščenja od- padne vode na k kraju nastanka	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
04 01 07	Mulji, ki ne vsebujejo kro- ma, zlasti iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
04 02 20	Mulji iz čiščenja odpadne vode na kraju nastanka, ki niso navedeni pod 04 02 19	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
04 02 21	Odpadna neo- bdelana tekstilna vlakna	Odpadna celulozna vlakna, odpadna rastlinska vlakna in odpadna volna, ki nastaja pri proizvodnji tekstilij	✓
04 02 22	Odpadna obdelana tekstilna vlakna	Odpadna celulozna vlakna, odpadna rastlinska vlakna in odpadna volna, ki nastaja pri proizvodnji tekstilij	✓
07 05 14	Trdni odpadki, ki niso navedeni pod 07 05 13	Pulpa iz zdravilnih rastlin, micelij, ostanki gobjih substratov in odpadni proteini, nastali pri proizvodnji, pripravi, dobavi in uporabi farmacevtskih proizvodov	✓
15 01 01	Papirna in kartonska embalaža	Lepila in tesnilne mase organskega izvora brez topil	/
08 04 10	Odpadna lepila in tesnilne mase, ki niso navedene pod 08 04 09	Lepila in tesnilne mase organskega izvora brez topil	/
08 04 12	Mulji lepil in tesnilnih mas, ki niso navedeni pod 08 04 11	Lepila in tesnilne mase organskega izvora brez topil	/
08 04 14	Vodni mulji, ki vsebujejo lepila ali tesnilne mase, ki niso navedeni pod 08 04 13	Mulji organskega izvora	/
15 01 01	Papirna in kartonska		/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
	embalaža		
15 01 02	Plastična embalaža	Embalaža iz biološko razgradljive plastike v skladu s standardom SIST EN 13432	/
15 01 03	Lesena embalaža		/
15 01 05	Sestavljena (kompozitna) embalaža	Če gre za sestavljeno embalažo iz biorazgradljivih materialov, kakor so les, papir, slama in podobno	/
16 03 06	Organski odpadki, ki niso navedeni pod 16 03 05	Organski odpadki od neuspešnih proizvodnih serij, ki ne vsebujejo nevarnih snovi	/
17 02 01	Les	Les iz gradbenih materialov, če ne vsebuje premazov in lepil z nevarnimi snovmi	/
19 06 04	Pregnito blato iz anaerobne obdelave komunalnih odpadkov		/
19 06 06	Pregnito blato iz anaerobne obdelave živalskih in rastlinskih odpadkov	Če ne vsebujejo odpadkov živalskega izvora, ki so uvrščeni med stranske živalske proizvode 1. in 2. kategorije	✓
19 07 03	Izcedne vode iz odlagališč, ki niso navedene pod 19 07 02	Samo v primeru anaerobne razgradnje, če se dokaže, da se z obdelavo v celoti ali delno izcedne vode biološko razgradijo	/
19 08 05	Mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih voda	Samo v primeru anaerobne razgradnje, če se dokaže, da se z obdelavo v celoti ali delno izcedne vode biološko razgradijo	/
19 08 09	Masti in oljne mešanice iz naprav za ločevanje olja in vode, ki	Samo v primeru anaerobne razgradnje	/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
	vsebujejo le jedilna olja in masti		
19 08 12	Mulji iz bioloških čistilnih naprav tehnoloških odpadnih voda, ki niso navedeni pod 19 08 11	Samo v primeru anaerobne razgradnje	/
19 08 14	Mulji iz drugih čistilnih naprav tehnoloških odpadnih voda, ki niso navedeni pod 19 08 13	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
19 09 01	Trdni odpadki iz primarnih sit in filtrov		/
19 09 02	Mulji iz bistrenja vode	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
19 09 03	Mulji iz dekarbonacije	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
20 01 01	Papir in karton	Odpadni papir, če se ga dodaja biološkemu odpadku v količinah, ki ne presega 10 % teže suhe snovi odpadkov, in ne gre za papirne tapete ali papir visokega sijaja	/
20 01 08	Biorazgradljivi kuhinjski odpadki	Organski kuhinjski odpadki, če ne nastajajo v gostinski dejavnosti v mednarodnem letalskem ali ladijskem prometu	✓
20 01 38	Les, ki ni		/

Številka iz klasifikacijskega seznama odpadkov	Opis odpadka	Dopolnilo k opisu	Verjetnost, da je odpadek živalskega izvora
	naveden pod 20 01 37		
20 01 39	Plastika	Biološko razgradljiva plastika v skladu s standardom SIST EN 14995	/
20 02 01	Biorazgradljivi odpadki	Rastlinski odpadki z vrtov in parkov, razen rastlin z roba cest	/
20 03 02	Odpadki z živilskih trgov	Odpadki z živilskih trgov, če so ločeno zbrani	✓
20 03 04	Greznični mulj	Če so izpolnjene zahteve za vnos blata čistilnih naprav v ali na tla, določene v predpisu, ki ureja uporabo blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu	/
20 03 06	Odpadki iz čiščenja komunalne odpadne vode	Odpadki, ki nastanejo pri čiščenju komunalne odpadne vode, vključno z blatom čistilnih naprav, če njegovi parametri ne presegajo parametrov za kompost za neomejeno rabo	/
20 03 07	Kosovni odpadki	Leseni kosovni odpadki, če ne vsebujejo premazov in lepil z nevarnimi snovmi	/

3.6.3 Pregled stanja bioplinarn v Sloveniji

Slika 25 prikazuje lokacije in velikosti obstoječih bioplinarn.



Slika 33: Lokacija obstoječih bioplinarn leta 2012

(Vir: Poje, 2012)

3.6.4 Okoljevarstvena dovoljenja bioplinarn

Tabela 4 prikazuje primer seznama predelovalcev odpadkov, odpadke katere lahko posamezna družba predeluje in do kdaj dovoljenje velja. Obširnejši seznam je objavljen na spletnih straneh Agencije republike slovenije za okolje.

Tabela 4: Seznam predelovalcev odpadkov

Naziv in sedež podjetja	Klasifikacijska številka odpadka	Veljavnost Do
Bio Futura držba za ravnanje z biološkimi odpadki d.o.o.	02 01 01, 02 01 02, 02 01 03, 02 01 06, 02 01 99, 02 02 01, 02 02 02, 02 02 03, 02 02 04, 02 02 99, 02 03 01, 02 03 04, 02 03 05, 02 03 99, 02 03 99, 02 03 99, 02 04 03, 02 05 01, 02 05 02, 02 05 99, 02 06 01, 02 06 03, 02 06 99, 02 07 01, 02 07 04, 02 07 05, 19 08 01, 19 08 05, 19 08 09, 19 08 12, 19 08 14, 19 08 99, 20 01 08, 20 01 25, 20 02 01, 20 02 03, 20 03 02, 20 03 04, 20 03 06	17.5.2015
BIOPLIN KOLAR, družba za	00 00 00, 02 03 01, 07 05 14,	18.4.2017

proizvodnjo bioplina, d.o.o.	16 03 06, 20 01 08, 20 02 01	
PANVITA EKOTEH d.o.o.	02 01 02, 02 01 02, 02 01 03, 02 01 06, 02 01 99, 02 02 01, 02 02 02, 02 02 03, 02 02 04, 02 02 99, 02 03 01, 02 03 04, 02 03 99, 02 05 99, 02 06 01, 02 01 06	26.7.2021 15.11.2014

Seznam izdanih odločb za bioplinarne (okoljevarstvenih dovoljenj) za naprave, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega je prikazan v tabeli 5. Obsežnejši seznam je objavljen na spletnih straneh Agencije republike slovenije za okolje (<http://okolje.arso.gov.si/ippc/vsebine/ippc-register>, 31.7.2013).

Tabela 5: Seznam bioplinarn z okoljevarstvenim dovoljenjem

Ime in naslov upravljalca	Naslov-lokacija naprave	Datum izdaje
Petrol, d.d., Dunajska c. 50, 1527 Ljubljana	Bioplinarna Ihan, Študljanska 91 A, 1230 Domžale	16.6.2011
Panvita EKOTEH, d.o.o., Lendavska 5, Rakičan, 9000 Murska Sobota	Bioplinarna Jezera, Jezera 49, 9000 Murska Sobota	15.5.2012
BIO PLINARNA Branko Arnuš s.p. Dolic 42, 2253 Destrnik	Dolic 42, 2253 Destrnik	22.1.2013
BIOPLIN VARGAZON d.o.o.,	Sobetinci 43, 2281 Markovci	15.04.2013
BIOPLIN GJERKEŠ, Branko Gjerkeš s.p., Dobrovnik 115C, 9223 Dobrovnik	Dobrovnik 115C, 9223 Dobrovnik	11.3.2013
PP ENERGIJA, d.o.o., Potrčeva 10, 2250 Ptuj	Draženci 10 a, 2288 Hajdina	2.3.2011
DOM=EN, Domen Jurša s.p., Jurciceva ulica 12, 9240 Ljutomer	BPE ORGANICA JURŠA I, Bercetova ulica 26, 2277 Središče ob Dravi	10.8.2012

4. UPORABA BIOPLINA

Proizvodnja bioplina poteka z anaerobno digestijo in se danes v veliki meri uporabljamo za predelavo živinskih odpadkov (gnoj in gnojevka) za proizvodnjo obnovljive energije ter izboljšanje kakovosti gnojila (digestata).

Vedno strožje ureditve, ki se nanašajo na shranjevanje in recikliranje gnojil in zelenjavnih odpadkov, v državah z močno kmetijsko proizvodnjo povečujejo zanimanje za anaerobno digestijo. Zadnje čase se je med kmeti zvišalo tudi zanimanje za pridelovanje energetskih pridelkov, ki so kot surovina namenjeni za proizvodnjo bioplina. Tehnologije anaerobne digestije so prav tako standardne tehnologije za stabilizacijo primarne in sekundarne kanalizacijske gošče, ravnanje z industrijskimi odpadnimi vodami iz biomase, predelavo hrane in fermentacijsko industrijo, kot tudi za obdelavo organskega dela komunalnih

trdnih odpadkov. Posebno izrabo predstavlja zajem bioplina iz odlagališč odpadkov.

4.1 Kmetijske bioplinske naprave

Kmetijske bioplinske naprave večinoma obdelujejo substrate, ki izvirajo iz kmetijstva (na primer živinska gnojevka in blato, ostanki zelenjavnih pridelkov, stranski proizvodi ter energetski pridelki).

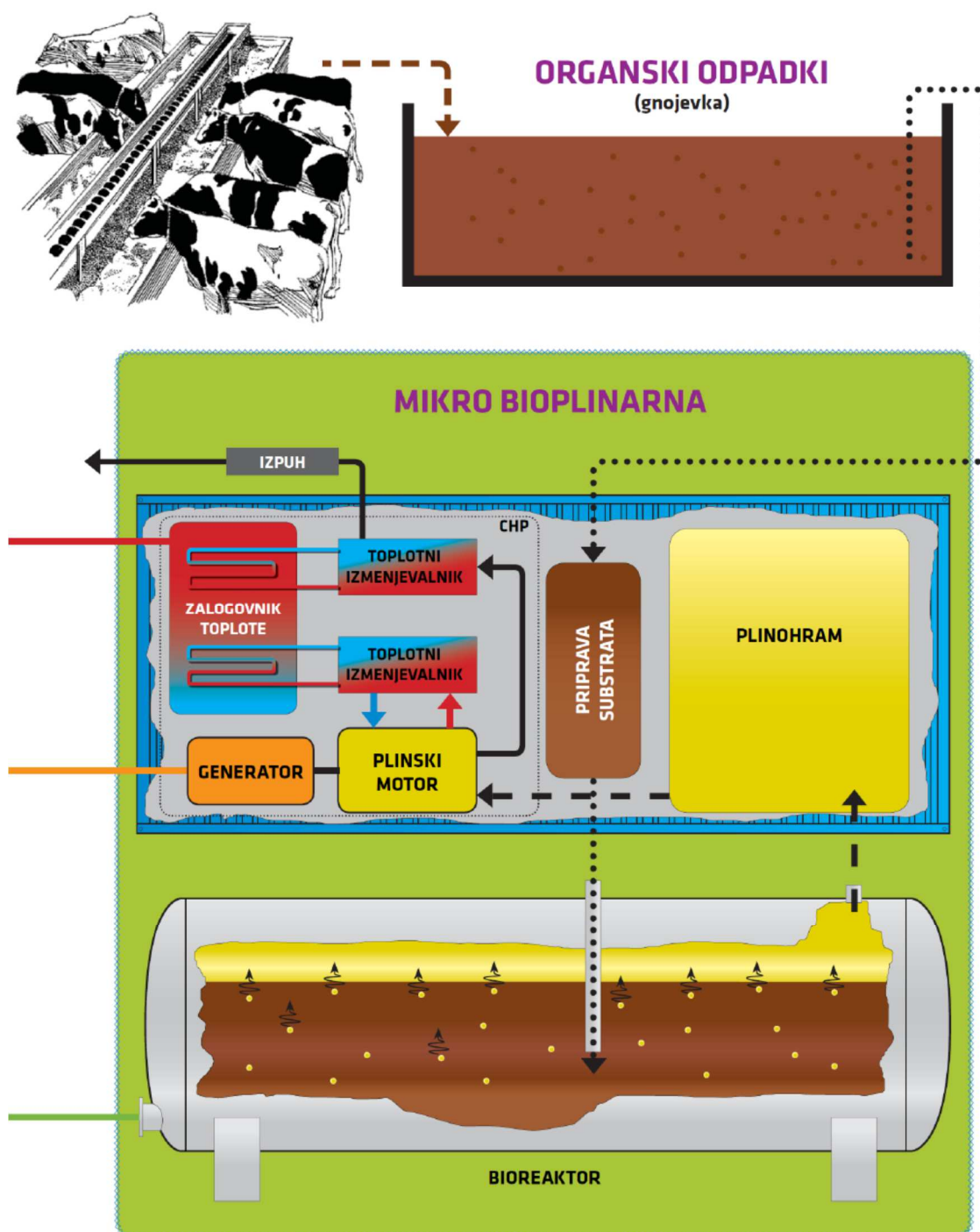
Prašičji in goveji gnoj ter gnojevka sta osnovni surovini za večino kmetijskih bioplinskih naprav. V zadnjih letih pa se zvišuje število naprav, ki delujejo na energetske pridelke. Surovi gnoj in gnojevka sta pogosto uporabljena kot organsko gnojilo, vendar anaerobna digestija izboljša njuno koristnost za gnojenje:

- Gnoj in gnojevka različnih živali (na primer goveda, prašičev, perutnine) sta zmešana v istem digestorju, kar omogoča bolj uravnoteženo vsebnost hranil.
- Anaerobna digestija razgradi kompleksne organske materiale (vključno z organskim dušikom) in poveča količino hranil, ugodnih za rastline.
- Sočasna digestija gnoja z drugimi substrati (na primer odpadki iz klavnic, ostanki maščob in olja, gospodinjski odpadki, zelenjavni odpadki itn.) prinaša precejšnje dodatne količine hranil v mešanico.

Glede na relativno velikost, funkcijo in lokacijo, obstajajo tri glavne kategorije kmetijskih

naprav za anaerobno digestijo:

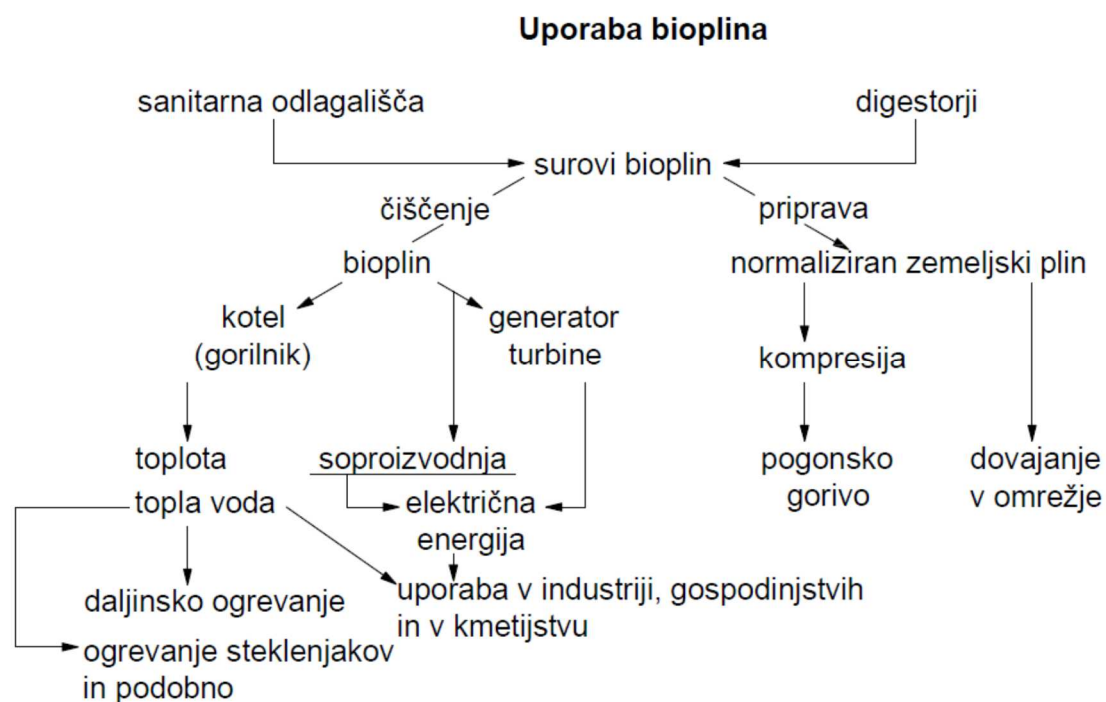
- družinske bioplinske naprave (majhne),
- bioplinske naprave na ravni kmetije,
- centralizirane (bioplinske naprave) združena sočasna digestija (kofermentacija).
- Mikro bioplinske naprave (Slika 34).



Slika 34: Sestavni deli mikro bioplinke naprave.

Vir: www.omega-air.si

Energetska uporabnost bioplina je velika in je odvisna od narave vira in lokalnih potreb po določeni obliki energije. Navadno se bioplin uporablja za proizvodnjo toplote z neposrednim izgorevanjem, proizvodnjo električne energije z gorivnimi celicami ali mikroturbinami, kombinirano pridobivanje toplote in električne energije ali kot gorivo. Slika 35 prikazuje možnosti izrabe bioplina.



Slika 35: Možnosti izrabe bioplina

4.2 Lastnosti bioplina

Lastnosti in sestava bioplina so različne glede na sestavo in vrsto surovine, sistem naprave, temperaturo, zadrževalni čas, prostornino tovora ter druge dejavnike. Vsebnost energije v bioplinu je kemično omejena v metanu. Povprečna kurilnost bioplina je okoli 21 MJ/Nm³, povprečna gostota 1,22 kg/Nm³, masa pa je podobna kot pri zraku (1,29 kg/Nm³). Povprečna sestava bioplina (Tabela 6) je odvisna od substrata.

Tabela 6. Sestava bioplina

Zmes	Kemijski simbol	Vsebnost (vol. - %)
Metan	CH ₄	50-75
Ogljikov dioksid	CO ₂	25-45
Vodna para	H ₂ O	2 (20 °C) – 7 (40 °C)
Kisik	O ₂	<2
Dušik	N ₂	<2
Amoniak	NH ₃	<1
Vodik	H ₂	<1
Vodikov sulfid	H ₂ S	<1

Donos metana iz substratov je odvisen od vsebnosti proteinov, maščob in ogljikovih hidratov v substratu. Tabela 7 prikazuje teoretične donose bioplina glede na vsebnost surovih proteinov, surovih maščob in ogljikovih hidratov.

Tabela 7: Teoretični donosi plina Vir: H. Praßl, 2004.

Substrat	Liter plina/kg SS	CH₄ (%)	CO₂ (%)
<i>Surovi proteini</i>	700	70 - 71	29 – 30
<i>Surova maščoba</i>	1.200 - 1.250	67 - 68	32 – 33
<i>Ogljikovi hidrati</i>	790 - 800	50	50

Tabela 8 prikazuje biokemično sestavo različnih surovin, katera je odločilna za njihov teoretičen donos biometana.

Tabela 8: Donos metana iz različnih surovin oziroma substratov za proizvodnjo bioplina

Surovina	Donos metana (%)	Bonos bioplina (m³/t svežega substrata)
<i>Goveja gnojevka</i>	60	25
<i>Prašičja gnojevka</i>	65	28
<i>Žitni ostanki iz destilacija</i>	61	40
<i>Goveji gnoj</i>	60	45
<i>Prašičji gnoj</i>	60	60
<i>Perutninski gnoj</i>	60	80
<i>Pesa</i>	53	88
<i>Organski odpadki</i>	61	100
<i>Sladkorni trs</i>	54	108
<i>Krmna pesa</i>	51	111
<i>Travna silaža</i>	54	172
<i>Pšenična silaža</i>	52	202

4. 3 Neposredno izgorevanje in uporaba toplote

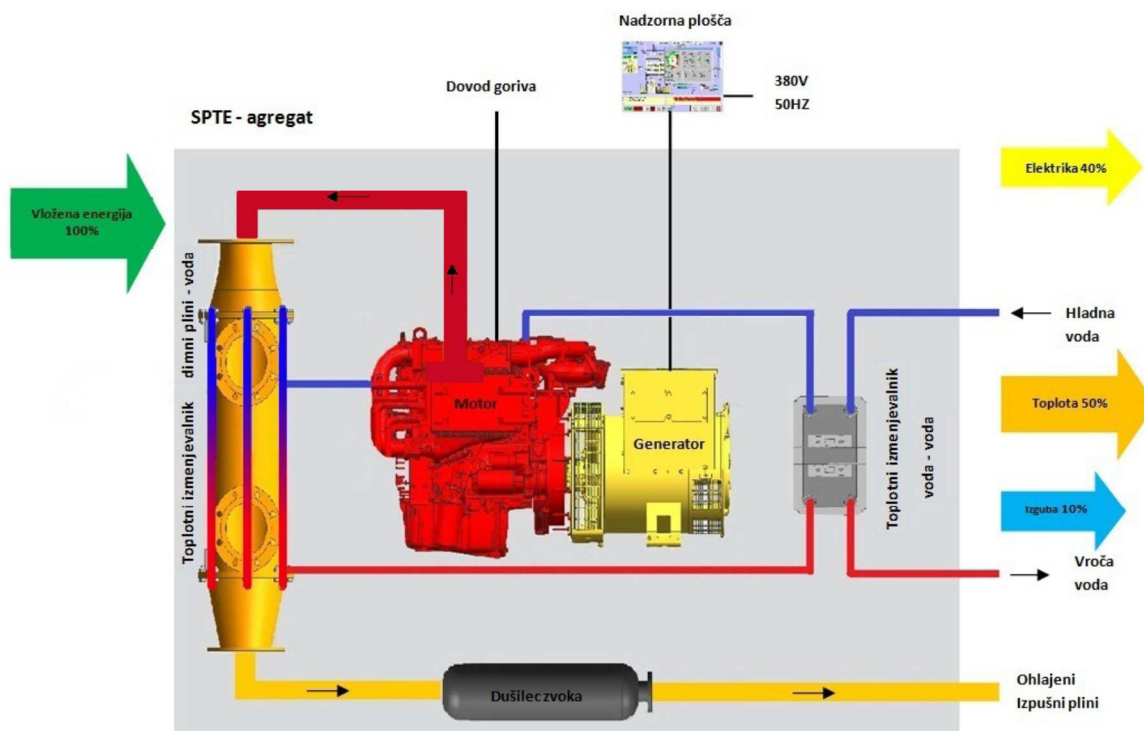
Najpreprostejši način izrabe bioplina je neposredno izgorevanje v kotlih ali gorilnikih. Tovrstna uporaba je razširjena v državah v razvoju za bioplin, proizveden v majhnih družinskih zbiralnikih.

Prav tako se neposredno izgorevanje uporablja tudi v razvitih območjih v gorilnikih na zemeljski plin. Bioplin lahko izgoreva na mestu proizvodnje toplote ali pa ga po plinovodu transportiramo do končnih uporabnikov. Za namene ogrevanja bioplin ne potrebuje nobene izboljšave, onesnaženost pa izrabe plina ne omejuje toliko, kot pri drugih vrstah uporabe. Kljub temu mora plin pred tem skozi proces kondenzacije, odstranitve delcev, stiskanja, ohlajanja ter dehidracije.

4.4 Soproizvodnja toplote in električne energije (SPTE)

Kombinirano pridobivanje toplote in električne energije z bioplinom velja za zelo učinkovito izrabo bioplina za proizvodnjo energije. Pred pretvorbo za kombinirano pridobivanje toplote in električne energije, bioplin osušimo. Za večino plinskih motorjev veljajo omejitve največje dovoljene količine vodikovega sulfida, halogeniranih ogljikovodikov in siloksanov v bioplinu. Naprava za soproizvodnjo toplote in električne energije ima izkoristek do 90 % in proizvede približno 35 % električne energije ter 65 % toplote. SPTE sistem uspešno

pretvori 90 % vložene energije, iz katere dobimo približno 40 % električne in 50 % toplotne energije. Izgube SPTE enote znašajo približno 10 % (Slika 36).



Slika 36: Delovanje SPTE enote.

Najbolj običajna različica naprave za soproizvodnjo toplote in električne energije je motor z notranjim izgorevanjem, ki poganja generator. Generatorji imajo ponavadi konstantno vrtilno hitrost (1.500 min^{-1}), da se ujemajo s frekvenco omrežja. Motorji so lahko plinski Ottovi, plinski dizelski ali plinski motorji s pilotnim vžigom. Oboji, plinski- dizelski in plinski Ottovi motorji, delujejo brez goriva za vžig. Razlika med navedenimi motorji je samo v tlaku. Zato bomo v nadaljevanju vse navedene motorje obravnavali kot plinske Ottove motorje. Drugi možni pogonski stroji so plinske mikroturbine, Stirlingov motor in gorivne celice, vendar so te tehnologije še vedno v razvoju ali na nivoju prototipov. Slika 4 prikazuje kontejnersko izvedbo SPTE enote.



Slika 4. SPTE enota, zunanja izvedba.

Električno energijo, proizvedeno z bioplinom, lahko uporabimo kot pogonsko energijo za električne naprave kot so črpalke, nadzorni sistemi in mešalniki. V mnogih državah z visokimi tarifami za obnovljivo električno energijo, prodajo vso električno energijo v omrežje, nato pa električno energijo za svoje potrebe kupujejo iz istih državnih omrežij.

Pomembno pri energetske in ekonomske učinkovitosti bioplinke naprave je izkoriščanje proizvedene energije. Običajno se del toplote porabi za ogrevanje digestorjev (procesna toplota), približno dve tretjini vse proizvedene energije pa lahko uporabimo za zunanje potrebe. Mnoge bioplinke naprave, na primer v Nemčiji, so bile postavljene izključno za zadovoljevanje potreb po električni energiji, brez izkoriščanja toplote. Dandanes je za dobro ekonomičnost izkoriščanje toplote obvezno. Cene surovin (na primer koruze) so narasle in za mnoge naprave samo prodaja električne energije za ekonomsko uspešnost ni dovolj. Novo postavljene bioplinke naprave morajo zato v načrtovanje vedno vključiti izkoriščanje toplote.

Toplota iz proizvodnje bioplina se lahko uporabi za industrijske procese, kmetijske dejavnosti ali ogrevanje zgradb. Najbolj ustrezen porabnik toplote je industrija, saj jo potrebuje stalno, čez celo leto. Pomemben dejavnik za industrijsko uporabo je kakovost toplote (temperatura). Še ena možnost uporabe toplote bioplina je ogrevanje zgradb in stanovanj (mikro omrežje ali sistem daljinskega ogrevanja). Vendar je tukaj potreba po energiji pozimi precej večja kot v poletnem času. Toploto iz proizvodnje bioplina lahko uporabimo tudi za sušenje pridelkov in žagovine ali za ločevanje presnovljenega substrata. Nenazadnje pa lahko toploto uporabimo tudi za kombinirane sisteme ogrevanja in hlajenja. Ta proces, znan iz domačega hladilnika, se uporablja za ohlajanje

skladišč s hrano in klimatizacijo. Toplota je vložena energija, ki se pretvarja v hlad skozi proces absorpcije, pri čemer razlikujemo med adsorpcijskim in absorpcijskim hladilnim procesom. Prednost hlajenja z absorpcijo je majhna obraba zaradi majhnega števila mehanskih delov in majhna poraba energije v primerjavi s kompresijskimi napravami za hlajenje. Uporabo sistema s kombinacijo ogrevanja in hlajenja v bioplinskih napravah trenutno še preizkušajo s številnimi pilotnimi projekti.

4.4.1 Plinski Ottovi motorji

Plinski Ottovi motorji so razviti posebej za uporabo bioplina po Ottovem principu. Da bi zmanjšali emisije ogljikovega monoksida, motorji delujejo s presežkom zraka oz. z revno gorivno zmesjo (ang. lean burn engines). To pripelje do manjše porabe plina in zmanjšane zmogljivosti motorja, kar pa se izravna z uporabo turbinskega polnilnika. Plinski Ottovi motorji zahtevajo minimalno vsebnost metana v bioplinu in ne delujejo, če vsebnost ne dosega 45 %. Manjši motorji, do 100 kWel, so navadno Ottovi motorji. Za višjo električno moč se uporabljajo prilagojeni dizelski agregati. Ti so opremljeni z vžigalnimi svečkami. Obe vrsti pa imenujemo »plinski Ottovi motorji«, saj njihovo osnovno delovanje temelji na Ottovem principu. Plinski Ottovi motorji delujejo na bioplin ali druge vrste plina, kot je na primer zemeljski plin. To je uporabno pri zagonu bioplinske naprave, ko toploto uporabljamo za ogrevanje digestorjev.

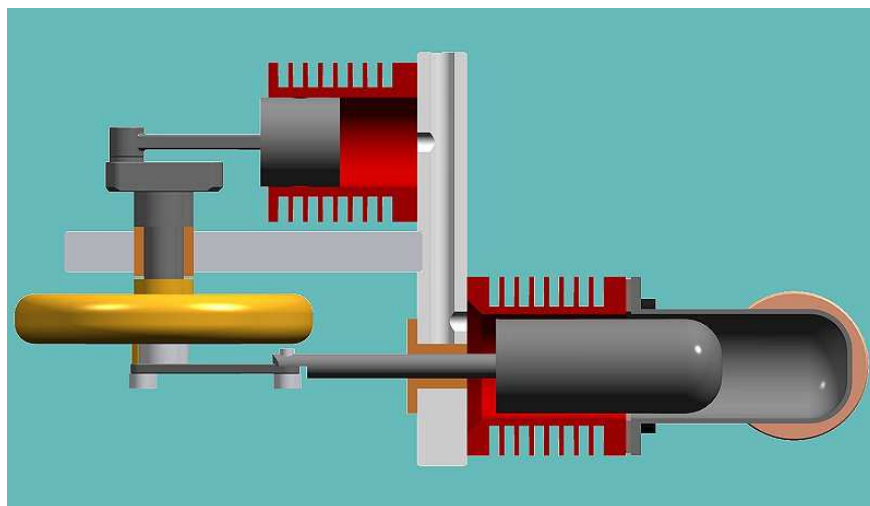
4.4.2 Plinski motor s pilotnim vbrizgom

Motor s pilotnim vbrizgom (imenovan tudi motor na zemeljski plin s pilotnim vbrizgom, ang. PING ali motor na dvojno gorivo) temelji na principu dizelskega motorja. Ti motorji se pogosto uporabljajo pri traktorjih in visoko zmogljivih strojih. Bioplin se, skupaj s kisikom za izgorevanje, zmeša v plinsko mešanico. Ta mešanica gre skozi sistem za vbrizg v zgorevalno komoro, kjer jo vžge vbrizgano vžigalno olje. Navadno delež avtomatsko vbrizganega in izgorelega vžigalnega olja znaša do 10 %. Motorji s pilotnim vbrizgom delujejo z visokim presežkom zraka.

V primeru prekinjene oskrbe z bioplinom lahko motorji s pilotnim vbrizgom brez težav delujejo tudi na čisto vžigalno olje ali dizelsko gorivo. Menjava bioplina z oljem ali dizelskim gorivom je lahko nujna med zagonom bioplinske naprave za proizvodnjo procesne toplote. Vžigalno olje je lahko fosilno dizelsko gorivo ali kurilno olje, vendar lahko uporabimo tudi obnovljiv metilester iz semen oljne repice (biodizel) ali rastlinsko olje. Prednost obnovljivih vžigalnih olj je, da ne vsebujejo žvepla in oddajajo manj ogljikovega monoksida. Poleg tega se biološko razgradijo, kar je pomembno v primeru puščanja in razlitja. Vendar pa moramo pri uporabi biogoriv upoštevati večjo obrabo filtra, mašenja injektorjev in manjšo židkost rastlinskih olj. Še ena slabost je izpust dušikovega oksida. V vsakem primeru je pomembno upoštevati navodila proizvajalcev motorjev o predpisani kakovosti goriva.

4.4.3 Stirlingov motor

Stirlingov motor deluje brez notranjega izgorevanja na principu spremembe prostornine plinov zaradi temperaturne spremembe. Ekspanzija ujetega plina premika bate motorja, do katere pride zaradi dovoda toplote iz zunanjega vira energije. Potrebno toploto lahko pridobivamo iz različnih virov energije. Na primer s pomočjo plinskega gorilnika, ki deluje na bioplin. Za pogon Stirlingovega motorja z bioplinom so potrebne manjše tehnične prilagoditve motorja. Zaradi zunanjega zgorevanja lahko uporabimo tudi bioplin z manjšo vsebnostjo metana. Slika 7 prikazuje shemo stirlingovega motorja.



Slika 7. Shema stirlingovega motorja

Električni izkoristek znaša med 24 in 28 %, kar je nižje od učinkovitosti plinskih Ottovih motorjev. Moč Stirlingovega motorja je ponavadi nižja od 50 kWel. Temperatura izpuha so med 250 in 300 °C. Zaradi majhne obrabe komponent Stirlingovega motorja, lahko pričakujemo nizke stroške vzdrževanja. Stirlingov motor je mogoče uporabiti v napravah SPTE. Zaenkrat je uporaba bioplina za Stirlingov motor še v preizkusni fazi, raziskave pa potekajo predvsem v Avstriji in Nemčiji.

4.4.4 Bioplinske mikroturbine

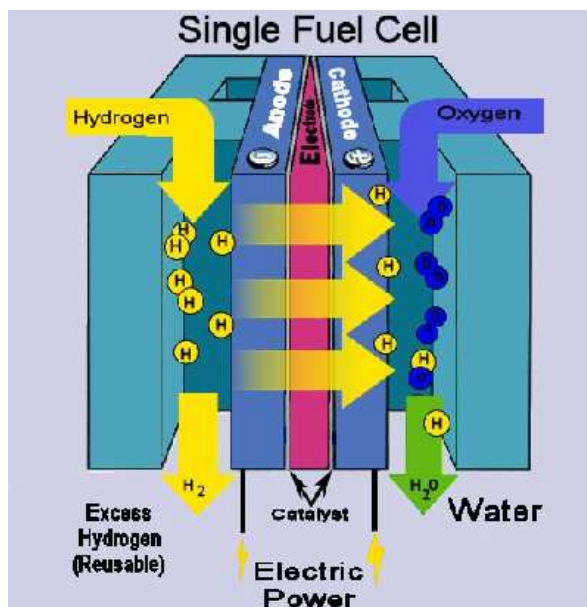
V bioplinskih mikroturbinah se zrak, zmešan z bioplinom, pod visokim tlakom potiska v zgorevalne komore. Mešanica zraka in bioplina izgoreva in se zaradi visokih temperatur razširi. Vroče pline vodimo skozi turbino, ki je povezana z električnim generatorjem. Običajne moči mikroturbin so manjše od 200 kW. Zaenkrat so bioplinske mikroturbine še predrage, da bi bile ekonomsko konkurenčne, vendar se izvajajo poizkusi z bioplinom, in dolgoročno je pričakovati znižanje cen. Slika 5 prikazuje mikroturbino.



Slika 5. Mikroturbina. Vir: www.energysolutionscenter.org

4.4.5 Gorivne celice

Gorivne celice (slika 6) so elektrokemične naprave, ki pretvarjajo kemično energijo reakcije neposredno v električno energijo. Osnovno fizično strukturo gorivne celice sestavlja plast elektrolitov, v stiku s porozno anodo in katodo na vsaki strani. V tipični gorivni celici se plinasta goriva (bioplin) konstantno dovajajo anodi (pozitivna elektroda), oksidant (na primer kisik iz zraka) pa katodi (negativna elektroda). Na elektrodah se odvije elektrokemična reakcija, ki proizvaja električni tok.



Slika 6 . Enojna gorivna celica. Vir: <http://www.future-alternative-energy.net/fuel-cell-cars.html>

Različne tipe gorivnih celic poimenujemo glede na vrsto uporabljenega elektrolita in so lahko nizko (AFC, polimerska elektrolitna membrana), srednje (gorivna celica fosforne kisline) ali visoko temperaturne (gorivna celica stopljenega karbonata, gorivna celica trdnega oksida). Izbira gorivne celice je odvisna od plina, ki ga uporabimo in od izrabe toplote. Gorivno celico s

polimersko elektrolitno membrano lahko uporabimo za bioplin. Zaradi delovne temperature 80 °C, lahko toploto dovajamo neposredno v omrežje s toplo vodo. Tip uporabljenega elektrolita vpliva na življenjsko dobo polimerske elektrolitne membrane, ki je zelo občutljiva na nečistoče v plinu, vključno z ogljikovim dioksidom. Iz tega razloga je v čiščenje plina vložnega veliko truda.

Najbolj izpopolnjena gorivna celica je gorivna celica fosforne kisline, ki se z zemeljskim plinom pogosto uporablja po vsem svetu. V nasprotju z drugimi gorivnimi celicami je njena električna učinkovitost nizka. Vendar je gorivna celica fosforne kisline manj občutljiva na prisotnost ogljikovega oksida in ogljikovega monoksida v plinu.

Gorivno celica stopljenega karbonata se upravlja kot elektrolit, s tokom tekočega ogljika, je neobčutljiva na ogljikov monoksid in dopušča koncentracije ogljikovega dioksida do 40 % vsebnosti glede na prostornino. Zaradi delovne temperature od 600 do 700 °C, se lahko pretvorba metana v vodik odvija znotraj celice. Njeno razpršeno toploto lahko na primer uporabimo v niže postavljeni turbini za proizvodnjo električne energije.



Slika 6. Gorivna celica stopljenega karbonata za bioplin. Vir: D. Rutz, 2007

Še ena visokotemperaturna gorivna celica je gorivna celica trdnega oksida. Deluje pri temperaturah med 750 in 1000 °C. Gorivna celica trdnega oksida ima visoko električno učinkovitost, zato se preoblikovanje metana v vodik lahko odvija znotraj celice. Zaradi nizke občutljivosti na žveplo je primerna za uporabo bioplina.

Stroški investicije za vse bioplinske gorivne celice so zelo visoki (12.000 €/kW), kar je mnogo več kot za motor v SPTE. Gorivne celice zato na tržišču še niso dostopne.

4.5 Proizvodnja biometana (izboljšava bioplina)

Kadar bioplin uporabljamo za dovajanje v plinovod z zemeljskim plinom ali kot pogonsko gorivo za vozila, moramo odstraniti tako vse nečistoče kot tudi ogljikov oksid ter zvišati vsebnost metana. Proces imenujemo izboljšava bioplina do kakovosti biometana. Koncentracija metana v bioplinu, ki navadno znaša med 50 in 70 %, se z izboljševanjem poveča na več kot 95 %.

Na voljo je več tehnologij za odstranjevanje nečistoč iz bioplina in izboljševanje le-tega v pogonsko gorivo za vozila ali do kakovosti zemeljskega plina.

Da bi dosegli zahtevan Wobbejev indeks plina, je treba odstraniti ogljikov dioksid. Pri odstranjevanju ogljikovega dioksida iz bioplina izgubimo tudi manjše količine metana. Tako iz ekonomskih kot tudi okoljevarstvenih razlogov je pomembno, da so te izgube čim manjše, saj je metan toplogredni plin, 21-krat močnejši od CO₂. Obstajajo različne komercialne metode zmanjševanje vsebnosti ogljikovega dioksida. Najbolj običajni sta proces absorpcije (topljenje v vodi ali z organskim topilom) in adsorpcija pod tlakom (ang. pressure swing adsorption, PSA). Druge, manj pogoste tehnike, so ločevanje in kriogeno ločevanje. Dokaj nova metoda, trenutno še v razvoju, je tudi interno procesno izboljševanje.

Skupna cena za čiščenje in izboljšavo bioplina zajema tako investicijo kot tudi delovanje naprave in vzdrževanja opreme. Pri proizvodnji bioplina s kakovostjo pogonskega goriva za vozila ali za dovajanje v plinovod, predstavlja odstranjevanje ogljikovega dioksida najdražji del obdelave.

Stroški investicije za napravo za izboljšanje v pogonsko gorivo so odvisni od več dejavnikov. Pomembna je velikost naprave (stroški investicije se povečajo z velikostjo naprave), vendar je investicija na enoto inštalirane zmogljivosti pri velikih napravah nižja v primerjavi z manjšimi. Običajna investicija v napravo, ki je zmožna obdelati 300 Nm³ bioplina na uro, znaša okoli milijon evrov.

Glavni stroški delovanja take naprave so: električna energija, stroški osebja ter porabe vode ali kemikalij in vzdrževanja, ki pa so odvisni od izbrane tehnike. Običajno stroški delovanja naprave, ki obdela 200 Nm³ bioplina/uro, znašajo 1,5 evro centa na kWh.

4.5.1 Bioplin kot gorivo za vozila

Izkoriščanje biometana za prevoz predstavlja tehnologijo z velikim potencialom in pomembnimi družbenoekonomskimi koristmi. Bioplin se v nekaterih državah že uporablja kot gorivo. Na primer na Švedskem, v Nemčiji in Švici.

Število osebnih vozil, javnih prevoznih sredstev in tovornjakov, ki jih poganja plin, se znatno povečuje. Biometan se lahko uporablja kot gorivo na enak način in za enaka vozila kot zemeljski plin. Vedno več evropskih mest zamenjuje dizelske avtobuse s takimi, ki jih poganja biometan.

Večina osebnih vozil na plin je prirejenih vozil, ki jim, poleg sistema za fosilno gorivo, naknadno vgradijo rezervoar (običajno v prtljažnik) za stisnjen plin z dozirnim sistemom.

Vozila, posebej namenjena rabi plina, so optimirana za večjo učinkovitost in imajo bolj prikladno razporeditev plinskih cilindrov, brez izgube prtljažnega prostora. Plin je shranjen pri 200 do 250 barih, v posodah narejenih iz jekla ali aluminijeve zlitine. Več kot 50 proizvajalcev po vsem svetu ponuja okoli 250

modelov vozil za osebno rabo in javni prevoz ter tovornih vozil. Slika 7 prikazuje Traktor na pogon na dizelsko gorivo in bioplin.



Slika 7. Traktor na pogon na dva goriva, dizelsko gorivo in bioplin, na desni stranispodaj pod kabino je viden rezervoar za bioplin (znotraj ohišja se nahajajo štiri jeklene posode narejene iz kompozitnega materiala, prostornina vsake posode znaša 42 l) skupne prostornine 168 l pri tlaku 200 bar (Valtra AGCO, serija N101 HiTech).

Tovorna in strojna vozila lahko priredimo, da delujejo samo na metan, v nekaterih primerih pa lahko uporabimo tudi motorje, ki delujejo na dve različni gorivi. Motor na dvojno gorivo uporablja dizelski sistem za vbrizg in plin, ki se vžge z vbrizgom majhne količine dizelskega goriva. Motorji na dvojno gorivo potrebujejo manj razvoja in ponujajo enako voznost kot dizelska vozila, vendar vrednosti emisij niso tako ugodne kot pri primerljivih vozilih na plin, tehnologija motorja pa ostaja kompromis med vžigom z iskro in dizelskim motorjem.

Vozila na biometan imajo kar nekaj prednosti pred vozili z bencinskimi ali dizelskimi motorji. Celotne emisije ogljikovega dioksida se drastično zmanjšajo – odvisno, seveda, od uporabljenega substrata in tega, kako je proizvedena elektrika uporabljena za izboljšavo ter stiskanje plina. Močno se zmanjšajo tudi emisije delcev in saj in to tudi v primerjavi z modernimi dizelskimi motorji, opremljenimi s filtri za delce. Prav tako se bistveno zmanjšajo emisije NO_x in nemetanskih ogljikovodikov.



Slika 8. Avtobus Ljubljanskega potniškega prometa in osebno vozilo delujočo na biometan

V Šiški v Ljubljani deluje javna polnilnica za stisnjen zemeljski plin (metan). Kemijsko je zemeljski plin enak biometanu, ki ga lahko pridobimo iz bioplina z različnimi postopki čiščenja. Javno polnilnico uporabljajo avtobusi Ljubljanskega potniškega prometa in druga vozila, ki imajo pogon na stisnjeni zemeljski plin (CNG) ali biometan (slika 8).

4.5.2 Biometan za dovajanje v plinovod

Izboljšan bioplin (biometan) lahko dovajamo in distribuiramo prek omrežja za zemeljski plin, potem, ko je bil pod pritiskom stisnjen in pripravljen za dovajanje v plinovod. Po pravilih EU je dostop do plinovoda zagotovljen vsem oskrbovalcem z bioplinom (Smernice za odprtje plinovoda za bioplin in plin iz biomase: Evropski parlament; 13. 03. 2001).

Obstaja več prednosti uporabe plinovoda za distribucijo biometana. Pomembna prednost je ta, da plinovod povezuje mesto pr oizvodnje biometana, ki je navadno na podeželju, z gosteje poseljenimi področji, kar omogoča dobavo plina novim strankam. Tako je proizvodnjo bioplina na oddaljeni lokaciji mogoče povečati, brez skrbi glede koriščenja presežka toplote.

Švedska, Švica, Nemčija in Francija, imajo standarde (sistemi overitev) za dovajanje bioplina v plinovod z zemeljskim plinom. Standardi, ki določajo omejitve za sestavine kot so žveplo, kisik, delci in rosišče, imajo nalogo preprečevanja onesnaženja plinovoda in končne uporabe. Wobbejev indeks je bil postavljen, da bi se izognili vplivu na meritve plina in končne uporabe. V nekaterih primerih je deponijski plin težko izboljšati do sprejemljive kakovosti zaradi njegove visoke vsebnosti dušika.

Izboljšan bioplin se lahko uporablja v napravah SPTE, postavljenih ločeno od same bioplinke naprave in blizu porabnikov toplote. To poveča izkoristek energije, saj ni izgub toplote. Za dovajanje v plinovod potrebuje bioplinška naprava le majhno enoto SPTE za potrebno procesno energijo ali bioplinški gorilnik.

Bioplinške naprave za dovod v plinovod z zemeljskim plinom delujejo na Švedskem, v Nemčiji, Avstriji, Nizozemski, Švici in Franciji. Glavne ovire za dovajanje biometana so visoki stroški za izboljšavo in povezavo s plinovodom. Dovajanje v plinovod je omejeno z lokacijo proizvodnje primerne biometana in naprav za izboljšavo, ki morajo biti blizu plinovoda z zemeljskim plinom.

4.5.3 Proizvodnja ogljikovega dioksida in metana kot kemičnih proizvodov

Proizvodnja čistega metana in ogljikovega dioksida (CO₂) iz bioplina je lahko uspešna alternativa proizvodnji metana in ogljikovega dioksida iz fosilnih virov. Obe sestavini sta pomembni za kemično industrijo. Čisti CO₂ se uporablja za proizvodnjo polikarbonatov, suhega ledu ali za obdelovanje površin (peskanje s CO₂). CO₂ iz bioplina se lahko uporablja tudi v kmetijstvu, kot gnojilo v toplih gredah.

5. UPORABA PRESNOVLJENEGA SUBSTRATA

Kmetijska proizvodnja bioplina prinaša vrsto kmetijskih, ekonomskih in okoljskih prednosti. Ekološki kmetovalci, ki jih je anaerobna digestija zanimala, ne samo zaradi proizvodnje obnovljive energije, ampak tudi kot način za izboljšanje naravnih gnojil, so zato po naftni krizi postali gonilna sila razvoja na področju bioplina v Evropi.

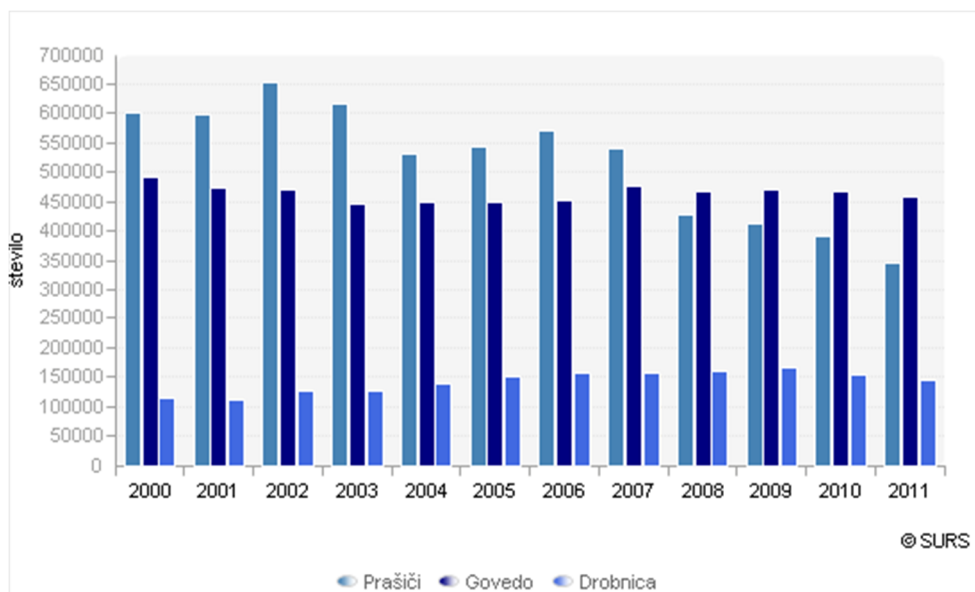
Kmetijska proizvodnja bioplina je sestavni del sodobnega, celostnega kmetijstva, ki poleg ekonomskih koristi upošteva tudi socioekonomske in okoljske koristi kmetijskih dejavnosti, kar je bistvena prednost te dejavnosti.

5.1 Uporaba anaerobne digestije pri intenzivni živinoreji

1. decembra 2011 so na kmetijskih gospodarstvih v Sloveniji redili približno 462.000 glav govedi, 347.000 prašičev, 3.824.557 perutnine, 119.976 ovc in 26.645 koz (statistični urad republike slovenije) (slika 5.1). Posledica živinoreje je proizvodnja velikih količin gnoja in gnojevke. Živinorejske kmetije pogosto nimajo na voljo dovolj poljedelskih površin, da bi vse izločke optimalno izrabili kot gnojilo. Odvečne količine živinskega gnoja zahtevajo ustrezne ukrepe, da bi preprečili resne posledice prekomerne pognojitve z živinskim gnojem. Pri tem mislimo na:

- onesnaževanje podtalnice ter površinskih voda z izcejanjem,
- poškodovanje sestave in mikrobioloških lastnosti tal,
- poškodovanje določenega travniškega rastlinja in razrast tipičnega “gnojenega rastlinja”,
- povečano tveganje emisij metana in amoniaka,
- neprijetne vonjave in mrčes, zaradi zbiranja in uporabe gnoja,
- povečano tveganje okužb in širjenja patogenov.

Anaerobna razgradnja živinskega gnoja in gnojevke lahko predstavlja rešitev za našete primere, saj omogoča okolju prijazno kmetovanje.



Slika 5.1. Število živine v letih od 200-2011. Vir: SURS, MKGP.

5.2 Biološko razkrajanje organskih snovi

Rezultat obdelave živinskega gnoja v bioplinskih napravah je biološko razkrajanje organskih snovi v anorganske zmesi in metan. V praksi znaša odstotek anaerobnega razkroja organskih snovi okoli 40 % pri govejem gnoju in 65 % pri prašičjem. Odstotek razkroja je močno odvisen od vrste uporabljenega vhodnega substrata (preglednica 5.1), zadrževalnega časa in obdelovalne temperature. Zaradi razkroja organskih snovi, je presnovljeni substrat enostavnejše črpati in uporabiti kot gnojilo, zmanjšana pa je tudi potreba po mešanju v primerjavi z neobdelanim hlevskim gnojem.

Preglednica 5.1. Vsebnost hranil presnovljenega substrata v primerjavi govejim in prašičjim gnojem

	Suha snov (%)	Skupaj N (kg/ton)	NH ₄ -N (kg/ton)	P (kg/ton)	K (kg/ton)	pH
Goveja gnojevka	6,0	5,0	2,8	0,8	3,5	6,5
Prašičja gnojevka	4,0	5,0	3,8	1,0	2,0	7,0
Presnovlje substrat	2,8	5,0	4,0	0,9	2,8	7,5

Ena izmed opaznih pozitivnih sprememb, ki jih prinaša anaerobna digestija gnoja, je znatno zmanjšanje sestavin, ki oddajajo neprijetne vonjave (hlapne kisline, fenol in derivati fenola).

Izkušnje kažejo, da lahko z AD neprijetne vonjave zmanjšamo do 80 %. Ne gre samo za zmanjšanje intenzivnosti in trajnosti neprijetnih vonjav, ampak se pozitivno spremeni tudi njihova sestava, saj presnovljeni substrat ne ohrani vonja po gnoju, temveč je njegov vonj bolj podoben amoniaku. Tudi, če je presnovljeni material shranjen dlje časa, ne pride do povečanja emisij neprijetnih vonjav.

5.2.1 Higienizacija

Da bi z veterinarskega stališča zagotovili varno recikliranje presnovljenega substrata v gnojilo, evropska zakonodaja pri uporabi snovi živalskega izvora zahteva določene higienizacijske ukrepe. Preden substrat naložimo v digestor je, odvisno od vrste substrata, potrebna higienizacija s pasterizacijo ali sterilizacija pod tlakom. Slika 5.2 prikazuje sterilizator za mesne (klavniške) odpadke.

S procesom anaerobne razgradnje lahko onesposobimo viruse, bakterije in parazite v uporabljenih substratih. Temu navadno pravimo higienizacija. Učinkovitost le-te pri anaerobni razgradnji je odvisna od trajanja presnove substrata, obdelovalne temperature, tehnike mešanja in vrste digestorja. Najboljši učinek dosežemo pri termofilnih temperaturah (50–55 °C), na primer v saržnem reaktorju ob primernem trajanju procesa. V takem digestorju ne prihaja do mešanja presnovljenega materiala s svežim substratom, kar omogoča uničenje do 99 % patogenov.



Slika 5.2. Sterilizator za mesne (klavniške) odpadke

5.2.2 Uničenje semen plevela

Uporaba svežega gnoja za gnojenje lahko povzroči poškodbe na listih rastlin, kar je posledica maščobnih kislin z majhno gostoto (ocetna kislina). Kadar za gnojilo uporabimo presnovljen substrat, se tem poškodbam izognemo, saj se v procesu AD večina maščobnih kislin razgradi. Presnovljen substrat lažje odteče z rastlin v primerjavi s svežim gnojem, kar skrajša čas neposrednega stika med presnovljenim substratom in površinskim delom rastlin, s tem pa je tveganje za poškodbe listov manjše.

Med procesom anaerobne digestije pride do znatnega zmanjšanja zmožnosti kalitve semen plevela. Na ta način proizvodnja bioplina pripomore k ekološkemu zmanjševanju plevela. Izkušnje kažejo, da se pri večini semen plevela zmanjša zmožnost kalitve po 10-16 dneh zadrževalnega časa, pri tem so razlike med različnimi vrstami semen. Podobno kot pri higienizaciji, se učinek poveča z daljšim zadrževalnim časom in povišanjem temperature.

5.2.3 Izboljšava gnojila in uporaba presnovljenega substrata za gnojilo

Skozi proces anaerobne razgradnje se večina organsko vezanih hranil, še posebej dušik, mineralizira in postane rastlinam lahko dostopen. Zaradi povečane razpoložljivosti dušika, lahko presnovljeni substrat vključimo v gnojilni načrt kmetije, saj je mogoče njegove učinke izračunati enako kot za mineralna gnojila. Presnovljeni substrat ima nižje razmerje C/N v primerjavi s svežim gnojem. To pomeni, da ima presnovljeni substrat boljši kratkoročni dušikov hranilni učinek. Kadar je vrednost razmerja C/N previsoka, se mikroorganizmi zadržijo v zemlji, saj se s koreninami rastlin uspešno borijo za razpoložljiv dušik.

Presnovljeni substrat je v primerjavi s svežim gnojem homogenejši in ima izboljšano razmerje N/P. Vsebnost rastlinskih hranil v njem je poznana, kar omogoča njegovo natančno odmerjanje in vključevanje v gnojilni načrt. Presnovljeni substrat vsebuje več anorganskega dušika, ki je rastlinam lažje dostopen, kot neobdelan hlevski gnoj. Če za gnojenje uporabimo presnovljeni substrat v skladu z načeli dobrega kmetovanja, se učinek dušika znatno poveča, zmanjša pa se izguba hranil z izcejanjem in izhlapevanjem.

Za optimalno izrabo presnovljenega substrata kot gnojila, veljajo praktično vse zahteve, kot pri uporabi neobdelanega hlevskega gnoja:

- zadostna kapaciteta skladiščenja (minimalno 6 mesecev),
- omejena sezona uporabe gnojila (med rastjo),
- količina gnojila na hektar zemlje (glede na gnojilni načrt),
- tehnika uporabe (takojšnja vključitev in minimalne izgube hranil).

Zaradi večje homogenosti in boljše tekočnosti se presnovljeni substrat hitreje vpije v tla kot svež hlevski gnoj. Vendar pa se pri uporabi presnovljenega substrata za gnojilo pojavlja tveganje za izgube dušika z emisijami amoniaka in izpiranjem nitratov. Da bi tveganje zmanjšali, je potrebno upoštevati nekaj preprostih pravil dobrega kmetovanja:

- Izogibati se je potrebno odvečnemu mešanju presnovljenega substrata pred uporabo.
- Presnovljen substrat iz končnega zalogovnika se mora pred nanosom ohladiti.
- Nanos s pomočjo vlečnih cevi, neposreden vbrižg v tla ali uporaba razpršilne plošče/ disk injektorjev.
- Takojšen vnos v tla pri površinskem nanosu.
- Nanos na začetku sezone rasti ali med sezono rasti.
- Nanos za zimski pridelek je potrebno pričeti pri 1/3 končnih potreb po dušiku.
- Optimalne vremenske razmere za nanos presnovljenega substrata so: dež, visoka vlaga in brez vetrje. Suho, sončno in vetrovno vreme znatno zmanjšuje učinkovitost dušika.

Izkušnje kažejo, da je v Evropi najboljši čas za nanos presnovljenega substrata v času hitre rasti. Nanos površinskega gnojila prinaša manj skrbi za odtekanje dušika v obliki nitratov v podtalnico, saj večji delež takoj absorbirajo rastline.

Danske izkušnje kažejo, da se z nanosom presnovljenega substrata v obliki površinskega gnojila, delež gnojila absorbira celo skozi liste.

5.3 Vpliv nanosa presnovljenega substrata na tla

Razgradnja organske snovi med procesom AD vključuje tudi razpad ogljikovih vezi organskih kislin, prav tako pa tudi jedkih substanc in substanc z neprijetnim vonjem. Zato presnovljeni substrat povzroči manjši stres in ustvari bolj primerno okolje za organizme v tleh v primerjavi s hlevskim gnojem. Neposredne meritve biološke potrebe po kisiku presnovljenega govejega in prašičjega gnoja (BPK) so pokazale, da so te potrebe desetkrat nižje kot pri neobdelanem gnoju. Z manjšo porabo kisika se zmanjša tudi težnja oblikovanja anoksičnih con v tleh, to so področja brez kisika bogata z dušikom. Sposobnost obnavljanja prsti in reprodukcije humusa je z dovajanjem organske snovi večja kot pri gnojenju s svežim gnojem.

V primerjavi s kompostom in neobdelanim gnojem presnovljeni substrat zagotavlja več ogljika, ki je na voljo za reprodukcijo organskih substanc v tleh. Med anaerobno razgradnjo razpadejo organske vezi, kot so celuloza in maščobne kisline; vezi lignina, ki so pomembne za nastajanje humusa, pa ostanejo. Bakterije v metanu same proizvajajo številne aminokisline, ki so na voljo rastlinam in ostalim živim organizmom v tleh. Nemške študije o uporabi presnovljenega prašičjega gnoja, kažejo na povečanje indeksa proizvodnje humusa z 0,82 na 1,04.

5.4 Izkušnje iz prakse

Čeprav med znanstveniki obstajajo različna mnenja o učinkih uporabe presnovljenega substrata za gnojenje, še posebej glede dušika, so izkušnje in rezultati v praksi nedvoumni. Za kmete, ki uporabljajo presnovljeni substrat iz svojega gnoja, pomeni to znatno izboljšavo kakovosti gnojila. Konvencionalni kmetje, z vključevanjem presnovljenega substrata v gnojilni načrt, opazajo manjšo uporabo kemičnih pripravkov in zmanjšano nabavo kemičnih gnojil.

Na poljih že kmalu po nanosu presnovljenega substrata opazajo srnjad in zajce, prav tako so se na teh poljih kmalu po nanosu pripravljene pasti krave, kar nakazuje manjšo izgubo okusnosti rastlin v primerjavi z nanosom hlevskega gnoja. S tem ko proces AD uniči večino semen plevela v živinskem gnoju, se krog širjenja plevela prekine in tako se zmanjša količina plevela na poljih pognojenih s predelanim gnojem. Kmetje, ki so dlje časa uporabljali presnovljeni substrat, so na svojih poljih opazili rast večjega števila koristnih travniških rastlin.

Organski kmetovalci, ki AD uporabljajo za obdelavo gnoja in organskih odpadkov, poročajo o povečani mikrobiološki aktivnosti v zemlji, bolj zdravih rastlinah, o povečani žetvi slame in sena kot tudi o višji kakovosti pridelka. Cilj organskega kmetovanja je zmanjšanje kakršnihkoli zunanjih dodatkov. Z anaerobno razgradnjo pa na kmetiji ne dobimo samo kakovostnejšega gnojila, pač tudi lastno proizvodnjo obnovljive energije v obliki toplote in električne energije.

5.5 Kondicioniranje presnovljenega substrata

Presnovljeni substrat ima visoko vsebnost vode in posledično veliko prostornino. Namen kondicioniranja presnovljenega substrata je zmanjšanje volumna in koncentriranje hranil. To je še posebej pomembno v primeru, ko je presnovljeni substrat potrebno prepeljati z območja s presežkom hranil iz živinskega gnoja in pomanjkanjem zemljišč za njegovo uporabo. Presežek hranil je do drugih območij potrebno prepeljati na ekonomičen ter učinkovit način. S kondicioniranjem presnovljenega substrata želimo znižati stroške prevoza, pa tudi zmanjšanje emisij in vonjav.

5.5.1 Strategije zgoščevanja/ kondicioniranja presnovljenega substrata

Presnovljeni substrat je mogoče delno ali v celoti kondicionirati. Učinkovitost presnavljanja poljedelskih rastlin za bioplin je 50-60 % (Angelidaki, 2004). To pomeni, da presnovljeni substrat vsebuje 40-50 % prvotne organske suhe snovi, predvsem v obliki vlaken.

Delno kondicioniranje pomeni ločitev trde snovi (vlaken) iz presnovljenega substrata, z uporabo vijačnih ločevalnikov ali dekantatorjev. Prvotno je bilo delno kondicioniranje z ločevanjem vlaken uporabljano za pridobivanje komercialnega komposta. Sledili so obsežnejši poskusi, kjer so ločeni del z vlakni z vsebnostjo suhe snovi nad 45 %, uporabili kot nadomestno gorivo za kotle na lesne sekance in tako z dodatno proizvodnjo toplote do 15 % izboljšali skupno energetska učinkovitost (Angelidaki, 2004). Stranska korist, ki pa danes očitno pripomore k izvedljivosti celotnega postopka ločevanja, je odstranitev in izvoz odvečnega fosforja, ki se drži predvsem vlakninske frakcije. Delno kondicioniranje z ločevanjem s pomočjo dekantatorja (preglednica 5.2) je zato primerno v situacijah, ko dobimo presežek fosforja. Del z vlakni lahko izločimo, preostali tekoči del, ki vsebuje glavni delež dušika, pa uporabimo kot gnojilo. Rezultati raziskav kažejo, da se vsebnost suhe snovi in metanski potencial substrata izboljšata, če ločeni vlakninski del zmešamo z ostalimi stranskimi substrati in ga ponovno damo v digestor.

Preglednica 5.2. Deli ločeni s pomočjo dekantacijske centrifuge. Vir: Al Seadi in Moeller, 2003

	Količine (%)	SS (%)	N (%)	NH ₄ -N (%)	P (%)	K (%)
Surov hlevski gnoj	100	100 (6,4%)	100 (5,7%)	100 (4,2%)	100 (1,6%)	100 (2,6%)
Trdi del	14	100 (30%)	100 (10,1%)	100 (4,5%)	100 (8,7%)	100 (3,1%)
Tekoči del	86	100 (2,6%)	100 (4,9%)	100 (4,2%)	100 (0,5%)	100 (2,5%)

S popolnim kondicioniranjem presnovljeni substrat ločimo na tri prečiščene končne proizvode: čisto vodo, koncentrirana hranila in organska vlakna. Vsa hranila (dušik, fosfor in kalij) ter organske zmesi so v majhnih količinah in

koncentrirani obliki ločeni od glavnega toka. Preostalo prečiščeno vodo lahko odvedemo v vodotoke ali pa jo uporabimo kot procesno oziroma tehnološko vodo. Popolno kondicioniranje je še posebej primerno za kmetijska področja s presežkom dušika.

V obeh primerih (delnem ali popolnem kondicioniranju) prvi korak pomeni ločevanje tekočih in vlakninskih frakcij, s katerim razdelimo presnovljeni substrat na koncentrirani trdni del, obogaten z ogljikom in fosforjem, ter na z dušikom bogati tekoči del. Odvisno od oblike naprave in vrste kondicioniranja popolno kondicioniranje nadalje skoncentrira ali loči hranila NPK. Večina procesov zajema tehnologije ločevanja z membrano, absorpcijo ali desorpcijo (striping) amoniaka ter izhlapevanje ali biološko obdelavo.

Za ločevanje vlaken od tekoče frakcije uporabljamo ločevalnike ali spiralna sita, dekantatorje in občasno preše s tračnimi siti (slika 5.3). 15-20 % trdih delcev ločijo spiralna sita ter več kot 60 % dekantacijske centrifuge. Večino dušika (do 90 %) se izloči s tekočo frakcijo, medtem ko se fosfor odstrani le delno, saj je vezan na vlaknasti del/delčke trde snovi.

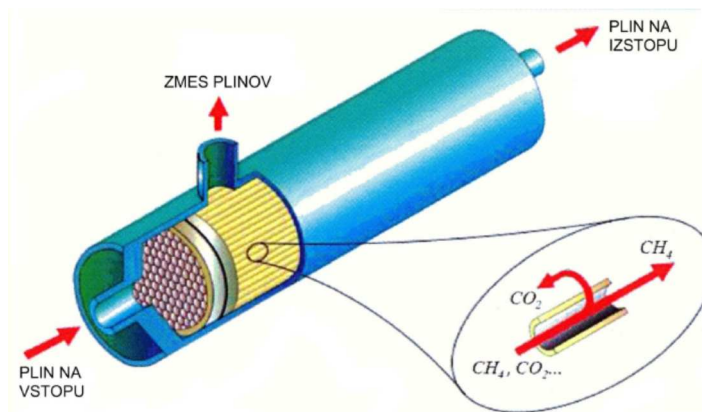


Slika 5.3. Zabojujnik za zbiranje vlaken z vijačnim transporterjem. Vir: Angelidaki, 2004.

V postopku popolnega kondicioniranja (vključno z izločevanjem vode) se uporabljata dve glavni tehnologiji: tehnologija ločevanja z membrano ali tehnika izhlapevanja. Obe sta tehnološko kompleksni in zahtevata znatno porabo energije. Zato so ekonomične le za bioplinske naprave z zmogljivostjo nad 700 kW.

Tehnologija ločevanja plinov z membrano

Tehnologija odstranjevanje plinov z membranami je nova. Membrana (slika 5.4) je filter z zelo drobnimi luknjicami, ki lahko iz večine tekočin loči delce in raztopine na nivoju molekul. Izbira med mikro-, ultra-, nanofiltracijo ali obratno osmozo je odvisna od velikosti delcev, ki jih želimo ločiti. Postopek temelji na tlačni razliki na obeh straneh membrane, na primer vode, kot tudi zelo majhnih delcev, ki pod pritiskom prehajajo skozi membrano. Da dosežemo željeno separacijo pogosto več korakov kondicioniranja povežemo v zaporedja. Na primer, večje delce odstranimo iz dekantacijskega filtrata z ultrafiltracijo, nato, v drugem koraku, z obratno osmozo odstranimo topne delce. Z ločevanjem z membrano pridobimo, poleg prečiščene vode, tudi koncentrat bogat s hranili, ki ga lahko prodamo neposredno kot tekoče gnojilo, ali pa ga, z namenom zmanjšanja volumna, dodatno obdelamo s postopkom izhlapevanja.



Slika 5.4. Odstanjevanje plinov z membranami. Vir: Air Liquide

Izhlapovanje

Z izhlapevanjem se tekočina dodatno prečisti in loči na hranila ter prečiščeno vodo. Postopek izhlapevanje zahteva veliko porabo energije. Večinoma se v enotah za izhlapevanje porabi presežek toplote iz SPTE, s čimer izboljšamo učinkovitost rabe energije ter prispevamo k financiranju dela obratovalnih stroškov enote za kondicioniranje. Ključne pri izbiri tehnologije izhlapevanja so lastnosti obdelanega substrata. V primeru presnovljenega substrata je možno uporabiti napravo za izhlapevanjem z zaprto cirkulacijo, kjer se prenos toplote in proces izhlapevanja odvijata ločeno. To zagotavlja stabilnejši proces, še posebej v primeru, ko substrat teži k tvorjenju plasti.

5.6 Upravljanje kakovosti presnovljenega substrata

Presnovljeni substrat, ki ga recikliramo in uporabimo kot gnojilo v poljedelstvu, je potrebno vključiti v gnojilni načrt, kar zahteva natančno odmerjanje. To omogoča kemična analiza substrata, ki ga izvedemo preden presnovljen substrat odpeljemo iz bioplinarne. V ta namen vzamemo povprečni vzorec presnovljenega substrata in določimo vsebnost dušika, fosforja, kalija, suhe snovi, hlapnih snovi in vrednostn pH. Če se v bioplinski napravi presnavljajo tudi organski odpadki, je potrebno določiti tudi morebitno onesnaženost s težkimi kovinami in trajnimi organskimi zmesmi, saj njihova koncentracija ne sme preseči zakonsko določenih vrednosti. Varno recikliranje presnovljenega substrata kot gnojila poleg tega zahteva, da je ta higieniziran in brez prionskih prenosljivih bolezni ter fizičnih nečistoč.

Eden izmed pomembnih vidikov recikliranja presnovljenega substrata je količina hranil potrebnih za obdelovalno površino. Do luženja dušika ali preobremenitve s fosforjem lahko pride zaradi neprimerne ravnanja, skladiščenja in nanosa presnovljenega substrata.

V Evropi vnos dušika v tla na obdelovalnih površinah omejuje t.i. nitratna direktiva (91/676/EEC). Njen namen je zaščita podtalnice in površinske vode pred onesnaženjem z nitrati, in sicer dovoljuje 170 kg N/ha/leto. Količina vnosa hranil na obdelovalne površine je v večini evropskih držav omejena z državno zakonodajo (preglednica 5.3).

Preglednica 5.3. Predpisane dovoljene količine vnosa hranil v izbranih državah. Vir: Nordberg, 1999

	Največja količina vnosa hranil	Zahtevna kapaciteta skladiščenja	Sezona določena za gnojenje
Avstrija	170 kg N/ha/leto	6 mesecev	28.2-25.5.
Danska	170 kg N/ha/leto 140 kg N/ha/leto	9 mesecev	1.2.-žetev
Italija	170-500 kg N/ha/leto	90-180 dni	1.2.-1.12.
Švedska	Glede na število živine	6-10 mesecev	1.2.-1.12.

Vnos presnovljenega substrata kot gnojila je potrebno opraviti v okviru gnojilnega načrta. Gnojilni načrt je za vsako njivo posebej izdelan glede na vrsto pridelka, načrtovan donos, pričakovan odstotek izkoriščenih hranil iz presnovljenega substrata, vrsto tal (tekstura, sestava, kakovost, pH), obstoječo rezervo makro in mikrohranil v zemlji, predposevkov in namakalnih pogojev ter geografskega položaja.

Kot kažejo danske izkušnje, je najbolj ekonomična in okolju prijazna strategija rabe presnovljenega substrata kot gnojila, zadostitev potrebam po fosforju s fosforjem iz substrata. Na ta način delno zadostimo tudi potrebam po dušiku. Preostale potrebe po dušiku lahko zapolnimo z uporabo mineralnega gnojila.

Glavni ukrepi nadzora kakovosti in varnega recikliranja presnovljenega substrata:

- Stalni nadzor stabilnosti procesa AD (temperatura, zadrževalni čas) zagotavlja stabilen končni proizvod (presnovljen substrat).
- Higienizacijski ukrepi v skladu z evropskimi določili, za učinkovito redukcijo patogenov
- Periodično jemanje vzorcev, analiza in deklaracija presnovljenega substrata.
- Recikliranje presnovljenega substrata z njegovim vključevanjem v gnojilni načrt in uporaba »dobrih kmetijskih praks« pri nanosu na kmetijske površine.
- Skrbna izbira vrste in količine vhodnih substratov v proces digestije, ki temelji na popolni deklaraciji in opisu vsakega uporabljenega substrata vsaj s sledečimi podatki: izvor, sestava, pH, SS, vsebnost težkih kovin in trajnih organskih zmesi, okuženost s patogeni ter ostala potencialna tveganja.

6 ANALIZA SPROŠČANJA TOPLOGREDNIH PLINOV (primerjava kompostiranja – bioplinarna)

Izvleček

Predelava biogenih odpadkov iz gospodinjstev v bioplin za uporabo pogonskega goriva v vozilih ali za proizvodnjo elektrike je, kljub naraščajočemu številu študij in poenostavljenim predpostavkah o zmanjševanju toplogrednih plinov, smiselna. Proizvodnja električne energije ali pogonskih goriv lahko znatno

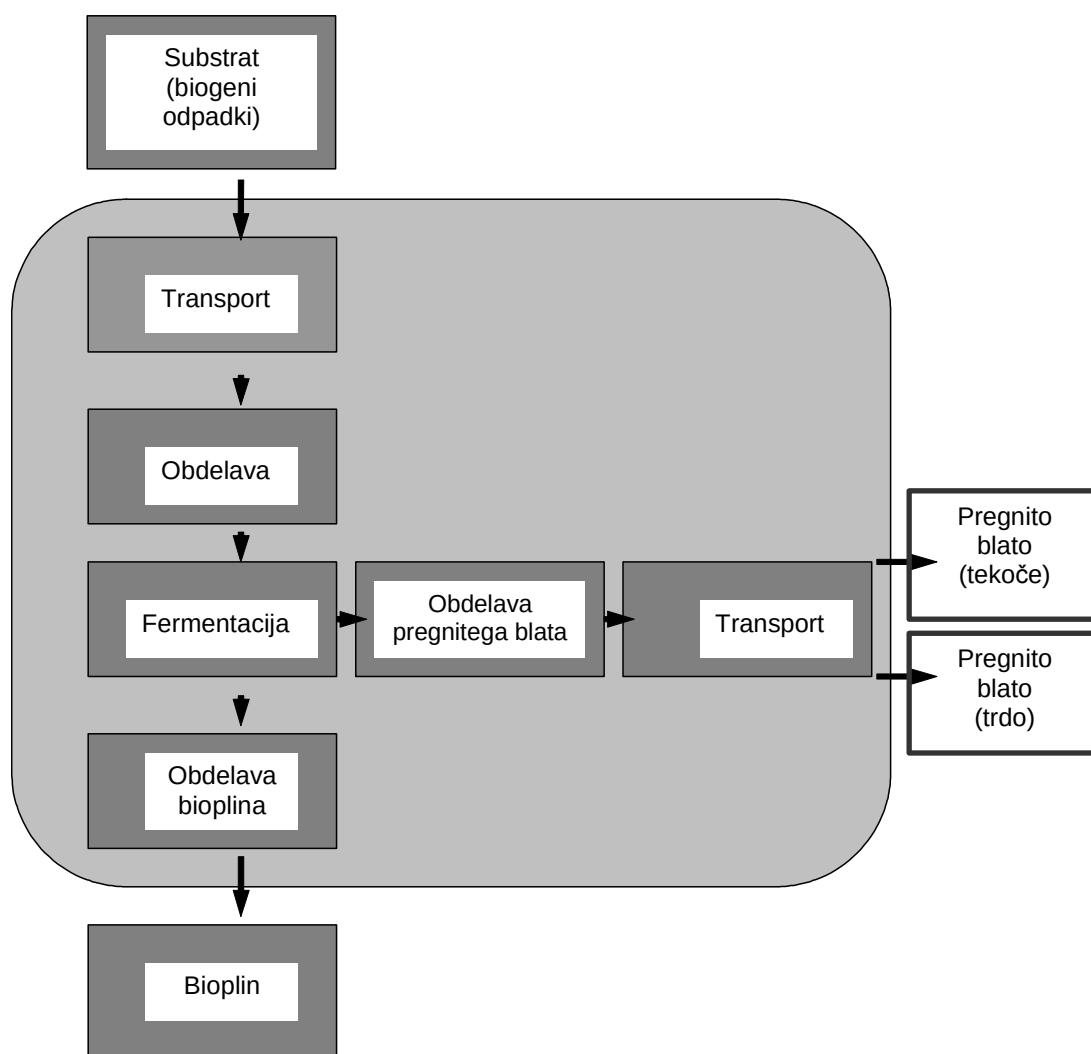
zmanjša emisije toplogrednih plinov. Če bi se poleg predelave biogenih odpadkov v bioplin lahko uporabljalo namesto mineralnih gnojil tudi pregnilo blato iz bioreaktorjev, bi se emisije toplogrednih plinov zmanjšale za dodatnih 5-7 krat. Primerjava toplogrednih emisij iz pridelave bioplina in kompostiranja kažejo, da v obeh procesih nastane približno enako veliko toplogrednih emisij. Dejstvo, da omogoča izkoriščanje bioplina dodatno znižanje emisij toplogrednih plinov v okolje, predstavlja dodaten argument za izkoriščanje te alternativne oblike energentov.

6.1 Vprašanja in problematika

To poglavje opisuje emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo pri recikliranju bioloških odpadkov v bioreaktorju oziroma se prihranijo v primerjavi z drugimi načini izkoriščanja (kompostiranje). Za ta namen bomo opredelili referenčno napravo, ki že uporablja ločene biogene gospodinjske odpadke kakor tudi zasebne zelene odpadke in zelene odpadke iz vrtov in parkov. V postopku uporabe biogenih odpadkov nastajajo naslednji koristni produkti:

- bioplin/biometan,
- blato v trdi obliki,
- blato v tekoči obliki,
- električna energija,
- toplota.

Analizo temeljnih elementov sistema prikazuje naslednja slika (Slika 37).



Slika 37: Sistemske meje za upoštevanju emisij toplogrednih plinov pri proizvodnji bioplina

Upoštevani so bili transporti biogenih odpadkov v bioplinisko napravo, obdelava in razgradnja biogenih odpadkov kakor tudi priprava in transport pregnitega blata. Proizvodnja substrata iz organskih odpadkov se v analizi ne upošteva, saj je ta nastal kot stranski produkt drugih procesov. Nadalje se ne bodo upoštevali kmetijski odpadki, saj se ne mešajo iz biogenih odpadkov iz gospodinjstev, v nasprotnem primeru bi morali produkti kmetijske proizvodnje in pri tem nastali odpadki nastali znotraj sistemskih meja.

V prvem koraku se biološki odpadki transportirajo do biopliniske naprave, kjer se najprej pripravijo in se nato v fermentorju s pomočjo anaerobne razgradnje določenih bakterij proizvede bioplin. Bioplin in preostale sestavine (trdno in tekoče blato) iz procesa fermentacije predstavljajo izhodne tokove iz sistema.

6.2 Metode

Ugotovitve, povezane z emisijami toplogrednih plinov, temeljijo na IPCC smernicah za oceno toplogrednih plinov (IPCC, 2006a/b), nastalih pri uporabi v čistilni napravi, v našem primeru pa v bioplinarni. Bioplin se lahko uporabi na samem mestu nastanka ali pa se ga dobavlja kot gorivo za kogeneracijo proizvajenja toplote in električne energije. V tej študiji bomo proučili scenarije predelave in z njimi povezane izpuste toplogrednih plinov. Kot alternativni viri bodo upoštevani in primerjalno ovrednoteni nadomestki električne energije, toplote, pogonskih goriv za transport in gnojil. V tem pregledu bodo preračunane emisije toplogrednih plinov s pomočjo preračunavanja z ustreznimi faktorji o toplogrednih emisijah. Količine podatkov se nanašajo na tiste, ki so povezane znotraj procesnih meja sistema. Te podatke je mogoče pridobiti iz obstoječih realnih obratov z neposrednimi meritvami, v največ primerih so bila vendarle uporabljena strokovna mnenja in ustrezni literaturni podatki. Za številne substrate in procese so faktorji za emisije toplogrednih plinov dostopne. Podatkovne baze za ekološke bilance so tudi dostopne. Emisijski faktorji delujejo na potencial tople grede (Global Warming Potential GWP) posameznega materiala, postopka ali procesa. Emisijski faktorji se lahko podajo direktno za posamezne pline, navedene v Kyotskem sporazumu, ali pa v obliki CO₂ ekvivalentov. V tej študiji se bodo emisijski faktorji podali obliki CO₂ ekvivalentov na posamezno enoto materiala ali pa se bodo nanašajo na posamezen dejavnik v procesu. Emisijski faktorji se nanašajo na GWP, ki je bil podan na meddržavnem panelu o globalnih spremembah (IPCC) leta 2007. Rezultati emisij toplogrednih plinov se bodo prikazali kot število CO₂ ekvivalentov in bodo izračunani na osnovi letnih količin.

6.3 Opis referenčnega obrata

Za obravnavo emisije toplogrednih plinov smo uporabili ustrezen referenčni sistem, ki zajema skupnost 147.300 prebivalcev. Nadomestljiva vrednost teh odpadkov pri predelavi v bioplino poganja kogeneracijsko napravo z nameščeno električno močjo 500 kW. Referenčni obrat ima kapaciteto 20.916,60 ton / letno in zajema povprečni dnevni prevoz od lokacij bioloških odpadkov do bioplinarne naprave v dolžini 100 km. Podrobnosti tega referenčnega sistema so zapisane v poglavju 1.5. Iz preglednice 6.1, ki prikazuje obseg prevzetih odpadkov referenčne bioplinarne, lahko vidimo, da znaša skupna letne količine na prebivalca 142 kg, pri čemer prevladujejo biogeni odpadki s 86 kg.

Preglednica 6.1: Obseg prevzetih organskih odpadkov na prebivalca letno

Substrat	Biogeni odpadki	Zeleni odrez	Skupaj
	[kg/prebivalca letno]	[kg/prebivalca letno]	[kg/prebivalca letno]
Kuhinjski odpadki	24,9		24,9
Zeleni odrez	43,9	41,6	85,5
Drevesa, grmovje *)	14,6	14,4	29
Anorganske nečistoče **)	2,6		2,6
VSOTA	86,0	56,0	142,0

*) za kompostiranje

**) za sežig

6.4 Izračun emisij toplogrednih plinov v proizvodnji bioplina

Kot je razvidno na sliki (Slika 37), ki se nanaša na prvo stopnjo pri izračunu sistema bioplinarne, so emisije vezane na promet z biološkimi odpadki do obrata. Poleg emisij toplogrednih plinov same bioplinarne nastajajo pomembni izpusti že na vhodu do obrata. Osnovni podatki in izračuni so predstavljeni v naslednjih poglavjih in se nanašajo na določeno količino podatkov ter upoštevajo določene faktorje emisij vsakega posameznega prispevka posebej

6.4.1 Emisije CO₂, povezane z zbiranje in prevozom biogenih odpadkov

Obseg podatkov

Biogene gospodinjske odpadke zbiramo v posebej izdelanih posodah ("biološki odpadki"), ki jih redno praznimo v vozila za zbiranje odpadkov. Ta vozila (kamioni) imajo 20 ton skupne nosilnosti in 12 t nakladalne (neto) zmogljivosti. Pri tem domnevamo, da vsak tovornjak povprečno dnevno prevozi razdaljo 100 kilometrov med posameznimi pobiralnimi lokacijami in bioplinarno.

Emisijski faktor

CO₂ emisije v predelavi biogenih odpadkov nastajajo zaradi porabe goriva, potrebnega pri zbiranju odpadkov iz kontejnerjev, ki jih opravljamo z vozili na dizelski pogon. V bazi Ecoinvent 2010 lahko najdemo že pripravljene zapise z emisijskimi faktorji za cestni prevoz s tovornjaki. Za izračune v poročilu smo uporabili podatke o emisijah tovornjakov z nosilnostjo od 16 do 32 ton, opremljenimi z EURO3 motorji. V študiji smo zanemarili izpuste toplogrednih plinov, nastale pri proizvodnji in vzdrževanju tovornjakov, gradnji in vzdrževanju cest ter odstranjevanju vozil in prometne infrastrukture. V tem primeru je emisijski faktor 0,90352 kg CO₂ na 1 prevožen kilometer.

Rezultati

Izračunane letne emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo s prevozom v 20,916.60 ton odpadkov na dnevni razdalji, ki ne presega 100 kilometrov, znašajo 157,49 ton CO₂ ekvivalenta. Alternativni izračun v skladu s smernicami IPCC, ki upošteva nastanek emisij učinkovitega smetarskega vozila, ki porabi

28,2 litra dizelskega goriva na 100 km emisije nastane za prevoz istih količin bioloških odpadkov 151,23 ton ekvivalenta CO₂ letno (ob tem ni upoštevana emisije, povzročena zaradi proizvodnje dizelskega goriva).

6.4.2 Emisije toplogrednih plinov v referenčnem obratu

Emisije toplogrednih plinov, ki nastanejo pri delovanju bioplinarne, vključujejo:

- emisije nastale pri proizvodnji električne energije izven bioplinarne,
- emisije iz izgorevanja (fosilnih) goriv, na primer za proizvodnjo električne energije in toplote v bioplinarni,
- ubežne emisije (predvsem metana), ki so posledica:
 - o puščanja cevi ali plinohrama v sistemu
 - o nepopolnega izgorevanje metana
 - o skladiščenje pregnitega blata
 - o puščanja plin iz varnostnih ventilov

Obseg podatkov

Za izračun emisije iz bioplinarne je potrebno določiti lastnosti pričakovanega referenčnega sistema. Podatki referenčnega sistema so prikazani v poglavju 1.5. Pri tem domnevamo, da obrat letno deluje 8000 ur in hkrati pokriva tudi vse lastne zahteve po energiji in procesni toploti. V ta namen se del proizvedenega bioplina uporabljajo kot gorivo v kogeneracijski napravi, ki nadomešča potrebo po zunanji oskrbi z električno energijo in toploto.

V študiji se ne upoštevajo emisij toplogrednih plinov, povezane z gradnjo bioplinarnih naprav. Masna bilanca je izračuna kot letna proizvodnja 2,269,257.14 normiranih kubičnih metrov (Nm³) bioplina. Če predpostavimo, da je delež metana 59,4 %, potem znaša letna količina biometana (100% CH₄) 1,347,938.74 Nm³.

Pri razgradnji biogenih odpadkov sta najpomembnejša plina, ki negativno vplivata na bilanco metan (CH₄) in didušikov oksid (N₂O). Predpostavlja se, da je edini način izpustov teh dveh plinov v okolje s pomočjo difuzije plinov.

Emisijski faktor

Inštitut za energetiko in okoljske študije Heidelberg GmbH ocenjuje, da predstavljajo ubežne emisije metan iz bioplinarn v okolje približno 3,5% vsega proizvedenega metana vsebnostjo plina (Ifeu, 2008). V normalnih pogojih anaerobne fermentacije je delež nastalega N₂O zanemarljiv.

Rezultati

Emisije toplogrednih plinov iz bioplinarne, nastale na podlagi zgoraj navedenih predpostavk o izgubah metana, znašajo 892,84 ton ekvivalenta CO₂ letno.

6.5 Recikliranje izdelkov iz bioplinarne

Uporaba izdelkov iz bioplinarne je razdeljena zaradi lažjega ocenjevanja emisij toplogrednih plinov v naslednje skupine:

- uporaba bioplina kot goriva v kogeneracijskem procesu izogrevanja na sami lokaciji bioplinarne,
- proizvodnja električne energije in toplotne energije za končnega uporabnika,
- uporaba bioplina kot gorivo za vozila,
- uporaba trdega pregnitega blata iz bioplinarne naprave kot gnojila v kmetijstvu ali za ostale namene,
- nadomestitev obrata za kompostiranje z bioplinarno.

V naslednjih poglavjih bodo navedeni izračuni za različne aplikacije.

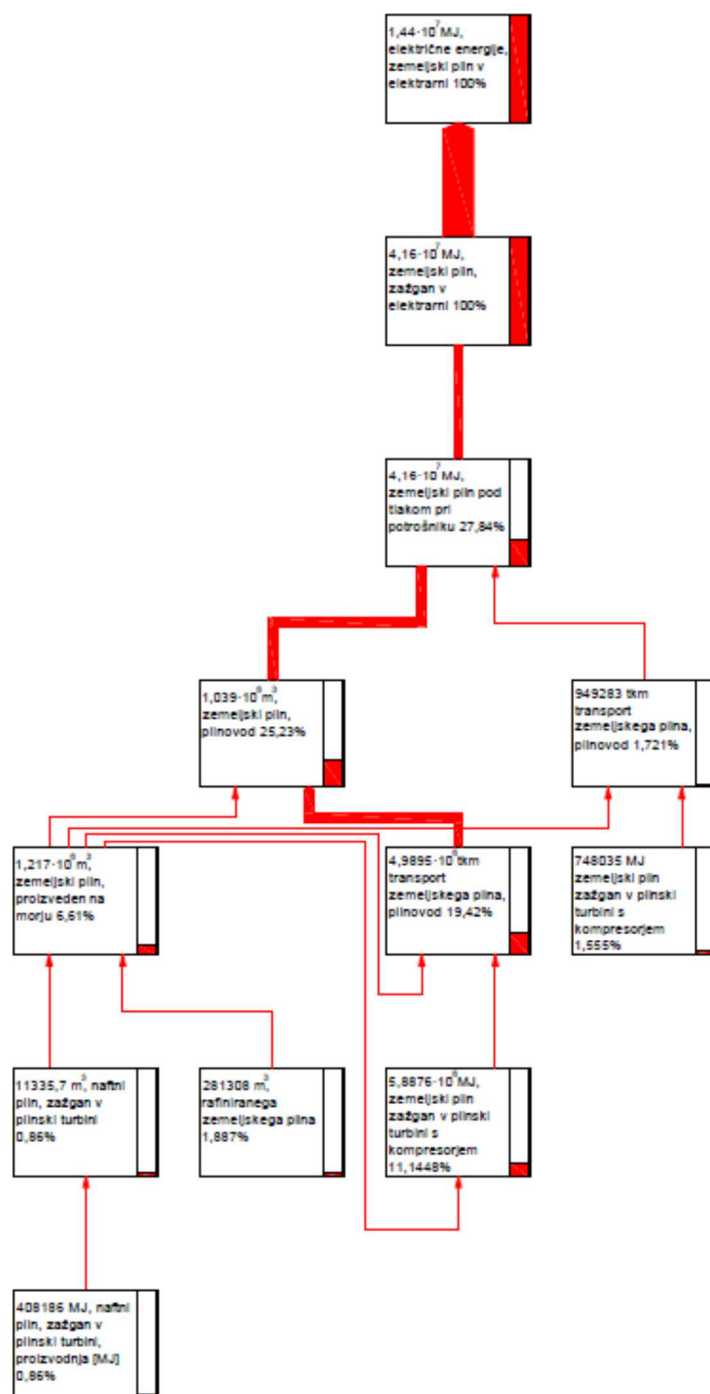
6.5.1 Proizvodnja električne energije v procesu kogeneracije

Obseg podatkov

Izhodišče za izračune proizvedene električne in toplotne energije predstavlja količina metana, proizvedene iz pilotne naprave in znaša 1,347,938.74 Nm³ na leto. V tem scenariju se predpostavlja, da se bioplin dovaja v motor neposredno iz zalogovnikov plina za proizvodnjo električne energije in toplote. Kot kaže slika 5.2, daje referenčni sistem 500 kW električne in 598 kW toplotne moči. Če upoštevamo lastne potrebe bioplinarne je mogoče za zunanje električno omrežje letno proizvesti 4.000.000 kWh (4,0 GWh) in dodatnih 4.784.000 kWh toplotne energije (4,78 GWh) letno.

Emisijski faktor

Podatki, uporabljeni v tej študiji so povzeti iz študije Ecoinvent, poglavje 'Elektrika iz zemeljskega plina z elektrarne določene moči'. Dodatno se uporablja postopek LCA s pomočjo programske opreme SimaPro verzija 7.2.4, v kateri smo v izračunu upoštevali proizvodnjo 4 GWh električnega toka. Ta program omogoča primerjalno oceniti zmanjšanje količin toplogrednih plin (Prè, 2010).



Slika 38: Sistem za proizvodnjo električne energije, ki ustvari 4GWh pri gorenju bioplina v plinski elektrarni (posnetek zgorevanja zemeljskega plina).

Rezultati

Če zemeljski plin v soproizvodnji toplote in električne energije v plinskem motorju (SPTE) z električno močjo 500 kW (kar odgovarja letni proizvodnji približno 4 GWh) zamenjamo z bioplinom se letno prihrani 3189,5 ton ekvivalenta CO₂. Ta izračun predvideva, da se v obeh primerih enaki uporablja proizvedene toplota.

6.5.2 Bioplin kot gorivo za vozila

V tem primeru se bioplin uporablja kot nadomestek za goriva za prevoz vseh vrst vozil. Emisije so izračunane na dva načina, ki sta predstavljena v nadaljevanju in jih imenujemo scenarij 1 in scenarij 2.

6.5.2.1 Scenarij 1

Obseg podatkov

Dieselsko gorivo in zemeljski plin lahko nadomestimo z biometanom iz bioplina. Ta biometan ustreza vsem predpisom EURO 3 in je dovoljen za avtomobile, ki se upravljajo za zasebne namene ali taksije. Pri se upošteva, da osebna vozila prevozijo 15.000 kilometrov na leto in taksiji s 70.000 km na leto. Poraba goriva teh vozil, naj bi bila 5,30 kg zemeljskega plina na 100 kilometrov. Količina letno proizvedenega bioplina, (1,347,938.74 Nm³) omogoča - na primer - delovanje 140 zasebnih avtomobilov in 190 taksijev na leto.

Emisijski faktorji

Za delovanje vozil z zemeljskim plinom in dizelskega goriva iz registra Ecoinvent 2010 so bili uporabljeni naslednji faktorji emisije:

- osebni avtomobili, zemeljski plin: 0,21163 kg CO₂ eq / km
- osebni avtomobili, dieselski motor Euro3: 0,21181 kg CO₂ eq / km.

Rezultati

Z uporabo bioplina kot goriva se preprečijo emisije v naslednjih količinah:

- kot nadomestitev biometana za zemeljski plin znaša letni prihranek emisij 3259,10 ton CO₂ ekv,
- kot nadomestek biometana za dizelsko gorivo znaša letni prihranek emisij 3261,87 ton CO₂ ekv.

6.5.2.2 Scenarij 2

Obseg podatkov

Za drug scenarij so bili izračuni narejeni z uporabo kombinacije tipov vozil in vsako letno zajeto število kilometrov. Izračun upošteva vrsto scenarija, podanega v Tabeli 6 'vozila, katerih skupna potrošnja je enaka proizvodnji bioplinarne'. Glavni poudarek pri izbiri vozil je za razliko v scenariju 1 dodatna uporaba bioplina v javnem prevozu, vrstica avtobusi, in tovornjaki za prevoz materiala v in iz bioplinarne.

Emisijski faktorji

Emisijski faktorji so povzeto po registru Ecoinvent (2010), kjer se predvideva, da pri delovanju vozila z dizelskim motorjem proizvajajo naslednje emisijske faktorje:

- tovornjak z nosilnostjo 7,5 – 16,0 t in EURO3 motorjem: 0,6643 kg ekvivalenta CO₂ / km,
- linijski avtobusi: 1,3282 kg ekvivalenta CO₂ / km,
- avtomobil: poslovni z dieselskim motorjem Euro3: 0,21181 kg ekvivalenta CO₂ / km.

Rezultati

Nadomestljiva obseg potovanja je prikazan v Tabela 9., iz katere se vidi, da je zamenjava goriva za javni prevoz (avtobusi) v prikazanem obsegu, izvedljiva.

Tabela 9: Alternativni scenarij za zmanjšanje letnih emisij iz zgorevanja dizelskega goriva z uporabo bioplina kot goriva za različne tipe vozil.

Prevozno sredstvo	Število	Zmogljivost	Poraba biometana	Emisijski faktor	Letnih emisij na vozilo	Zmanjšanje emisij
	[kosov]	[km/letno]	[kg/100km]	[kg CO ₂ ekv/km]	[kg CO ₂ ekv] [tCO ₂]	[tCO ₂]
Kamion	10	80.000	35,00	0,6643	53.147,20	531,472
Linijski avtobus	10	178.000	26,50	1,3282	236.419,60	2.364,196
Taxi	10	70.000	5,30	0,21181	14.826,70	148,267
Osebni avto - privat	40	15.000	5,30	0,21181	3.177,15	127,086
Skupaj						3.171,02

6.5.3 Gnojila iz pregnitega blata

Ta izračun predvideva zamenjavo gnojil iz pregnitega blaga, ki ga ustvarja bioplinarne kot alternativa mineralnim gnojilom. Količina mineralnih gnojil je izračunana za glavne elemente dušik (N), fosfor (P) in kalija (K), ki se nahajajo v blatu in zmanjšujejo emisije toplogrednih plinov. V bilanci toplogrednih plinov jih zato pripišemo kot ustrezno količino zmanjšane proizvodnje gnojil. vir

Obseg podatkov

Referenčna obrat proizvede letno 3166,7 ton trdnega pregnitega blata in 13.433,33 ton tekočega blata. Ti podatki se nekoliko razlikujejo od tistih iz poglavja 4.7 'recikliranje presnovljenega – referenčnega objekt' (tam: trdno pregnitega blata 3468 t / tekočega pregnitega blata 14.710 t / leto; tukaj: trdno pregnitega blata 3166,7 / t tekočega pregnitega blata 13.433, 33 t / l). Razlog za razliko je v tem, da obstajajo tam izračuni za 8760 ur dela, tukaj za 8.000 ur, računano - glej definicijo vhoda. Zaradi tega je razlika 8%, vendar lahko za izračun emisije toplogrednih plinov v tem poglavju to razlika zanemarimo.

Tabela 6.3. Delež skupnega dušika (v obliki NH₄ in skupnega N), fosforja in kalija v pregnitem blatu (Fuchs in Drosig, 2010)

	V trdem blatu [t/leto]	V tekočem blatu [t/leto]	Skupaj [t/leto]
Skupni dušik	36,00	59,33	95,33
Fosfor	30,67	3,670	34,33
Kalij	18,33	78,00	96,33

Za postopek priprave fermentacije ostankov, ki bi jih lahko uporabili kot gnojilo, je bila obravnavana oblika, ki se zahteva za kompostiranje trdnih frakcij.

Emisijski faktor za kompostiranja pregnitega blata

Emisije toplogrednih plinov, ki izhajajo iz kompostiranja trdnih delcev v pregnitega blata so bile obračunane s podatkov Ecoinvent, oddelek 'kompost tovarne' znašajo 0,3621 kg CO₂ ekv / kg. Ta vrednost vsebuje energetske potreb emisij za proces kompostiranja in infrastrukturnega sistema, potrebnega za prevoz.

Rezultati kompostiranja trdnega pregnitega blata

Pri izračunu smo upoštevali, da se nameni kompostiranju ena tretjina vseh razpoložljivih količin pregnitega blata, pri čemer se reducira 20 % vseh količin dušika, kar predstavlja letno 2114,46 ton kompostiranega pregnitega blata. Na ta način nastane letno okoli 765,65 ton ekvivalenta CO₂ emisij.

Glede na količino tekočega kompostiranega pregnitega blata je bil uporabljen za izračun ekvivalenta primerljivih količin mineralnih gnojil smo upoštevali, da je biološko uporabna razpoložljivost dušika 87%, kalija 95 % in 95% fosforja (Drosig, 2011).

Izračun emisijskih faktorjev

Za račun emisij toplogrednih plinov je bila izbrana naslednja sestava mineralnih gnojil fosforja, dušika in kalija:

- amonijev fosfat, N in P, iz lokalnih skladišč, > 5,2721 kg CO₂ ekv/kg (8,5% N in 52% P₂O₅),
- amonijev fosfat, kot P₂O₅ iz lokalnih skladišč, > 1,2929 kg CO₂ ekv/kg,
- kalijev klorid, kot K₂O, iz lokalnih skladišč > 0,49895 CO₂ ekv / kg (60% K₂O),
- kalijev nitrat, N, iz lokalnih skladišč > 15,975 CO₂ ekv / kg (z N 14% in 44% K₂O)
- kalijev nitrat, kot K₂O, iz lokalnih skladišč > 0,87018 CO₂ ekv / kg

Emisije nastale zaradi prometnih poteh mineralnih gnojil, vključenih v raziskavo

Rezultati računov

Mineralna gnojila smo v nadaljevanju obravnavali kot (Mix 1):

- 460,46 ton kalijevega nitrata (prispevek N in K)
- 143,66 ton na leto amonijevega fosfata (prispevek P).

V tem scenariju je letno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov do 8699,72 ton ekvivalenta CO₂.

Pri računanju drugega scenarija (Mix 2) so bile upoštevane naslednje vrednosti:

- 183,82 ton na leto pepelike (K sol),
- 902,07 ton amonijevega fosfata (prispevek P in N)

V mešanici 2 smo prihranili nižje letne emisije toplogrednih plinov in znašajo za 6013,81 ton ekvivalenta CO₂.

Zaradi kompostiranja trdnega pregnitega blata smo pridobili manj toplogrednih plinov iz kompostiranja, in sicer:

- v primeru Mix 1: 7934,07 t CO₂ ekv/leto,
- v primeru Mix 2: 5248,16 t CO₂ ekv/leto.

Opomba: kompostiranja trdnega pregnitega blata je glede na današnjo okoljsko zakonodajo

praktično edini način, da se pregnito blato iz čistilnih naprav predela v gnojila in jih posledično ne obravnavamo več kot odpadke v skladu z zakonom o odpadkih, saj postanejo "gnojilo" in jih lahko dajemo v promet.

Poleg tega kompostiranje trdnih ostankov fermentacije v praksi pogosto poteka v zaokroženem lokalnem okolju in gospodarstvu. Pri tem moramo upoštevati, da je kompostiranje in uporaba trdnega pregnitega blata dovoljena neposredno v kmetijstvu. Na ta način bi lahko prihranili GHG emisij. Na drugi strani se postavlja vprašanje, koliko izpustov toplogrednih plinov bi nastalo z izvajanjem takšnega ukrepa in prevažanjem trdnega pregnitega blata.

Pri tej študiji smo torej zanemarili dodatne emisije, ki izhajajo iz uporabe plinov pregnitega blata in se osredotočamo na izračun, ki upošteva kot referenčne emisije toplogrednih plinov le tiste, ki nastanejo pri proizvodnji ekvivalentnih količin mineralnih gnojil.

6.5.4 Zmanjšanje emisij zaradi kompostiranja organskih odpadkov

V primeru, da se obdelujejo organski odpadki iz gospodinjstev in zeleni odpadki, ki niso bili uporabljeni v obratu za pridobivanje bioplina, se je predpostavljalo, da se vsi kompostirajo. V tem scenariju smo upoštevali emisije, ki so nastale v primeru neobstoja bioplinske naprave.

Obseg podatkov

V postopke kompostiranja pripeljemo letno 20,916.60 ton bioloških odpadkov.

Emisijski faktorji

Vrednosti za izračun emisij toplogrednih plinov iz kompostiranja so prikazani v tabeli 6. 4 in veljajo za kompostiranje v Avstriji (UBA, 2009, IPCC, 2006b).

Tabela 6. 4: Emisijski faktorji za biološke procese kompostiranja odpadkov

Oddani plin in viri	Faktor emisije	Enota
CH ₄ - biološki odpadki, kompostiranje doma (UBA,2009)	0,75 kg	CH ₄ / t SS
N ₂ O - biološki odpadki, kompostiranje doma UBA,2009)	0,1 kg	N ₂ O/ t SS
CH ₄ - kompostiranje (IPCC,2006b)	4,0 kg	CH ₄ / t SS
N ₂ O - kompostiranje (IPCC,2006b)	0,3 kg	N ₂ O/ t SS

SS: suha snov

Rezultati

Za izračun CO₂ ekvivalenta smo upoštevali predpis GWP100a [IPCC, 2007], kjer se uporablja faktor, 25 za metan in faktor 298 za N₂O (IPCC, 2007).

Tabela 6. 5. Zmanjšani izpusti zaradi kompostiranja namesto predelave v bioplin

Emisijski faktorji so povzeti po:	Zmanjšane emisije toplogrednih plinov (t CO ₂ /ekv/letno)
Austria's National Inventory Report 2009 (UBA, 2009)	1.015,50
Biological treatment of waste IPCC 2006 Guidelines (IPCC,2006b)	3.961,60

6.6 Obračunavanje emisij toplogrednih plinov za bioplinarne

Skupni seštevek vseh upoštevanih emisij toplogrednih plinov je prikazan v tabeli 6. 6, iz katere se vidi, da je zmanjšanja emisij zaradi proizvodnje bioplina veliko nižje od možnih prihrankov, če uporabljamo bioplin kot nadomestnega goriva v vozilih, ali kot nadomestek za zemeljski plin v obratu s kogeneracijsko napravo za soproizvodnjo električne in toplotne energije.

Veliko večji potencial za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov imamo, če zamenjamo pregneto blata iz obratov za pridobivanje bioplina namesto mineralnih gnojil za uporabo v kmetijstvu.

Tabela 6. 6: Potencialno zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov

	Bilanca emisij toplogrednih plinov [t CO ₂ ekv/leto]	Potencial zmanjšanja emisij toplogrednih plinov [t CO ₂ ekv/leto]
Transport bioloških odpadkov	+157,49	
Bioplinarna	+892,84	
Uporaba bioplina za proizvodnjo elektrike in toplote		- 3.189,5
Uporaba bioplina za pogon vozila (verzija: dizel, zemeljski plin, scenarij 1 in 2)		-3.171,02 do - 3261,87
Pregnito blato kot zamenjava mineralnih gnojil (verzija: Mix 1, Mix 2)		- 5.248,16 do - 7.934,07

V kolikor bi biogene odpadke uporabljali za kompostiranje namesto za proizvodnjo bioplina, bi nastalo za 1015,50 ton CO₂ ekvivalenta letno manj, vendar ta izračun ne upošteva prevoza biogenih odpadkov od gospodinjestev do kompostarne. Primerljive vrednosti transporta prevoza bioloških odpadkov so prikazane v tabeli 6.6 in znašajo 157,47 ton CO₂ ekvivalenta letno.

Priporočila

Biogeni odpadki predstavljajo pomemben potencial za zmanjšanje toplogrednih plinov, v kolikor se poleg soproizvodne električne in toplotne energije v bioplinarni upoštevajo še prihranki zaradi zamenjave mineralnih gnojil s pregnitim blatom, uporabljene v kmetijstvu.
Nadaljnja raziskava mora biti usmerjena v določitev največjih realno razpoložljivih količin organskih odpadkov iz gospodinjestev.

Viri in literatura

IPCC, 2006a. IPCC Guidelines for estimation of GHG emissions. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_1_Overview.pdf (5. 11. 2012)

IPCC, 2006b. (IPCC Guidelines for estimation of GHG emissions)

Ifeu, 2008: Basisdaten zu THG-Bilanzen für Biogas Prozessketten und Erstellung neuer THG-Bilanzen. Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH. Heidelberg (2008).

Prè, 2010: Life Cycle Assessment (LCA) Software SimaPro v 7.2.4. Product Ecology Consultants. The Netherlands, 2010

Ecoinvent, 2010. Ecoinvent v.2.2 (2010) Swiss Centre for Life Cycle Inventories. <http://www.ecoinvent.org> (12. 10. 2012)

Fuchs W. in Drosch B. (2010): Technologiebewertung von Gärrestbehandlungen und Verwertungskonzepten. Eigenverlag der Universität für Bodenkultur Wien, Wien, ISBN 978-3-900962-869

Kommunikation mit DI Bernhard DROSG, IFATulln, 2011

UBA, 2009. Austria's National Inventory Report 2009. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Umweltbundesamt, Wien (2009)

IPCC, 2006b. Biological treatment of solid waste (Chapter 4, Volume 5: Wastes), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_4_Ch4_Bio_Treat.pdf
(14.10.2012)

IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm (15.10.2012)

7 ZAKONODAJA

7.1 Evropska zakonodaja o odpadkih

32000D0532	ODLOČBA KOMISIJE z dne 3. maja 2000 o nadomestitvi Odločbe 94/3/ES o oblikovanju seznama odpadkov skladno s členom 1(a) Direktive Sveta 75/442/EGS o odpadkih in Odločbe Sveta 94/904/ES o oblikovanju seznama nevarnih odpadkov skladno s členom 1(4) Direktive Sveta 91/689/EGS o nevarnih odpadkih
32001D0573	ODLOČBA SVETA z dne 23. julija 2001 o spremembi Odločbe Komisije 2000/532/ES glede seznama odpadkov (2001/573/ES)
32006R1013	Uredba (ES) št. 1013/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. junija 2006 o pošiljkah odpadkov
32006R1907	Uredba (ES) št. 1907/2006 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 18. decembra 2006 o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH), o ustanovitvi Evropske agencije za kemikalije ter spremembi Direktive 1999/45/ES ter razveljavitvi Uredbe Sveta (EGS) št. 793/93 in Uredbe Komisije (ES) št. 1488/94 ter Direktive Sveta 76/769/EGS in direktiv Komisije 91/155/EGS, 93/67/EGS, 93/105/ES in 2000/21/ES
32008L0098	Direktiva 2008/98/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. novembra 2008 o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv
32009L0031	Direktiva 2009/31/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. aprila 2009 o geološkem shranjevanju ogljikovega dioksida in spremembi Direktive Sveta 85/337/EGS, direktiv 2000/60/ES, 2001/80/ES, 2004/35/ES, 2006/12/ES, 2008/1/ES Evropskega parlamenta in Sveta ter Uredbe (ES) št. 1013/2006
32009L0128	Direktiva 2009/128/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. oktobra 2009 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti za doseganje trajnostne rabe pesticidov
32009R0552	UREDBA KOMISIJE (ES) št. 552/2009 z dne 22. junija 2009 o spremembi Priloge XVII k Uredbi (ES) št. 1907/2006 Evropskega parlamenta in Sveta o registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH)
32010R0413	Uredba Komisije (EU) št. 413/2010 z dne 12. maja 2010 o spremembi prilog III, IV in V k Uredbi (ES) št. 1013/2006 Evropskega parlamenta in Sveta o pošiljkah odpadkov zaradi upoštevanja sprememb, sprejetih s Sklepom Sveta OECD C(2008) 156

7.2 Slovenska zakonodaja o odpadkih

- [Zakon o varstvu okolja \(ZVO-1\)](#) Ur.l. RS, št. [41/2004](#)
 - [Zakon o varstvu okolja \(ZVO-1-UPB1\)](#) Ur.l. RS, št. [39/2006](#) - 5. odstavek, 20. člen
 - [Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja \(ZVO-1C\)](#) Ur.l. RS, št. [108/2009](#)
 - [Uredba o ravnanju z odpadki](#) Ur.l. RS, št. [34/2008](#) - Ne velja od: 31.12.2011
 - Uredba o odpadkih, Ur.l. RS, št. [103/2011](#) – velja od 31.12.2011
-
1. Strateške usmeritve Republike Slovenije za ravnanje z odpadki. 1996. Ljubljana. Ministrstvo za okolje in prostor RS: 77
 2. Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012. ReNPVO-Uradni list Republike Slovenije, št. 2-3/2005-2012
 3. Zakon o varstvu okolja, Uradni list Republike Slovenije št. 41-1694/2004, 39-1682/2006, 3026-70/2008, 4888-108/2009
 4. [Uredba o ravnanju z odpadki](#). Uradni list Republike Slovenije, št. 1358-34/08
 5. [Uredba o odlaganju odpadkov na odlagališčih](#). Uradni list Republike Slovenije, št. 1311-32/2006, 4858-98/2007, 2631-62/2008
 6. [Uredba o sežiganju odpadkov](#). Uradni list Republike Slovenije, št. 2966-68/2008, 1989-41/2009
 7. Uredba o ravnanju z baterijami in akumulatorji ter odpadnimi baterijami in akumulatorji. Uradni list Republike Slovenije, št. 111-3/2008
 8. Uredba o ravnanju z embalažo in odpadno embalažo. Uradni list Republike Slovenije, št. 84-106/2006, 4543- 4/2006, 5473-110/2007
 9. [Uredba o odstranjevanju odpadnih olj](#). Uradni list Republike Slovenije, št. 973-25/2008
 10. Operativni program zmanjševanja in preprečevanja onesnaženja zaradi odpadkov iz proizvodnje titanovega dioksida za obdobje od leta 2004 do konca leta 2007, ki ga je sprejela Vlada RS (EVA: 2004-2511-0097, št.: 354-24/2003-9, 15.04.2004).
 11. Operativni program za ravnanje z embalažo in odpadno embalažo Ministrstvo za okolje in prostor. Uradni list Republike Slovenije, št. 354-24/2003-2
 12. Operativni program za ravnanje z odpadnimi olji. Ministrstvo za okolje in prostor, št. 354-24/2003-1
 13. Operativni program za ravnanje z odpadnimi baterijami in akumulatorji. Ministrstvo za okolje in prostor, št. 354-24/2003-3
 14. Operativni program ravnanja z odpadno električno in elektronsko opremo za obdobje 2006-2008. Ministrstvo za okolje in prostor, št. 35405-52/2005
 15. Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list Republike Slovenije, št. 3646-84/2005.
 16. Uredba o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov. Uradni list Republike Slovenije, št. 1363-34/2008
 17. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, Uradni list RS, št. 3722-68/1996

-
18. Uredba o količini odpadkov iz proizvodnje TiO_2 , ki se odvajajo v vode, in o emisiji snovi v zrak iz proizvodnje titanovega dioksida, Uradni list Republike Slovenije, št. 64/2000
 19. Pravilnik o monitoringu onesnaženosti okolja zaradi odpadkov iz proizvodnje TiO_2 , Uradni list Republike Slovenije, št. 57/2000
 20. Pravilnik o ravnanju z odpadki iz proizvodnje TiO_2 , Uradni list Republike Slovenije, št. 57/2000
 21. Odlok o lokacijskem načrtu Tehnološki park Celje, Uradni list RS, št. 91/2005
 22. Odlok o sprejetju zazidalnega načrta za odlagališče sadre Cinkarne Celje Za Travnikom, Uradni list SRS, št. 42/1986 za občino Celje in 1/1987 za občino Šentjur
 23. Odlok o spremembah in dopolnitvah odloka o zazidalnem načrtu za odlagališče Cinkarne Celje Za Travnikom, Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja, Uradni list SRS, št. 73/1994, 68/1996 in 109/2001, 35/2001 za občino Celje, Ur.l. RS 43/2001 za občino Štore in Ur.l. RS 85/2003 za občino Šentjur
 24. Uredba o vrsti dejavnosti in naprav, ki lahko povzročajo onesnaževanje okolja večjega obsega, Uradni list RS, št. 97/2004
 25. Zakon o porabi sredstev dolgoročnih rezervacij za ekološko sanacijo, Uradni list RS, št. 59/2001
 26. Uredbe o kemijskem stanju površinskih voda, Uradni list RS, št.11/2002),
 27. Uredbe o kakovosti podzemne vode, Uradni list RS, št.11/2002)
 28. Pravilnika o monitoringu onesnaženosti podzemnih voda z nevarnimi snovmi, Uradni list RS, št.5/2000)
 29. Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov, Uradni list RS, št. 7/2000)

TERMINOLOŠKI SLOVAR

Odpadek je vsaka snov ali predmet, ki ga njegov imetnik ali povzročitelj ne more ali ne želi uporabiti sam, ga ne potrebuje, ga moti ali mu škodi in ga zato zavrže, namerava ali mora zavreči. Odpadek je praviloma brez ekonomske vrednosti oz. ravnanje z njim povzroča stroške.

Odpadek je vsaka snov ali predmet, razvrščen v eno od skupin odpadkov v seznamu odpadkov, ki ga je treba zaradi varstva okolja ali druge javne koristi prepustiti v zbiranje, oddati v predelavo ali odstranjevanje, prevažati, predelati ali odstraniti na predpisan način.

Vsak odpadek je razvrščen v eno od skupin odpadkov, določenih v klasifikacijskem seznamu odpadkov v pravilniku o odpadkih

Odpadki so snovi, ki nastanejo kot vzporedni produkt civilizacije (nastajajo v tehnoloških procesih in/ali pri nekaterih človeških dejavnostih) in sicer v trdnem, tekočem ali plinastem agregatnem stanju, ki ga iz kateregakoli vzroka lastnik noče več imeti v posesti in ki ga ni mogoče ponovno uporabiti niti v snovnem niti v energetskega smislu. Po tej definiciji bi bil torej odpadek le tisti material, ki smo ga že procesirali in je v bistvu ostanek, ki ga je možno le odložiti oziroma nima več nobene uporabne vrednosti.

Nastanek odpadka je vezan na določeno mesto (vir), na čas, na vzrok in na količino.

Nevarni odpadek je odpadek, ki vsebuje nevarne snovi in je razvrščen v eno od skupin odpadkov, določenih v klasifikacijskem seznamu nevarnih odpadkov.

Nevarna snov je s predpisom določena snov, mešanica ali pripravek, ki je navzoča kot surovina, proizvod, stranski ali vmesni proizvod ali ostanek ali lahko nastane ob nesreči.

Odpadkov je zelo veliko vrst; tudi posamezni odpadki se glede na manjše različne vsebnosti drugih snovi lahko pomembno razlikujejo. Primer: kompost iz gospodinjskih odpadkov, ki vsebuje odpadke baterij (v zelo majhnih količinah) je neuporaben za gnojenje. Odpadki so po **pravilniku o odpadkih razvrščeni v 20 glavnih skupin**, ki imajo praviloma nekatere skupne značilnosti (v nekaterih skupinah pa niti to ne), vendar pa vsak odpadek zahteva svojo obravnavo.

Gospodarjenje z odpadki zajema preprečevanje in zmanjševanje nastajanja odpadkov ter njihovih škodljivih vplivov na okolje in ravnanje z odpadki. Gospodarjenje z odpadki mora biti sestavni del vseh projektov, tehnologij, procesov in postopkov in mora imeti za cilj čim manjše množine odpadkov pri določenem izdelku ali storitvi. To je mogoče doseči na različne načine.

Med sestavine gospodarjenja z odpadki sodijo vsi ukrepi, ki preprečujejo oz. zmanjšujejo nastajanje odpadkov. Gre za izbiro primernih postopkov, tehnologij, materialov, lokacij naprav, izobraževanje delavcev, osveščanje javnosti itd. Vsi ti

parametri morajo zagotavljati čim manj odpadkov, rabe energije in snovi ter vplive na okolje v okviru dovoljenih parametrov.

Ko odpadek nastane in ga moramo ustrezno uporabiti, predelati ali odložiti, govorimo o **ravnanju z odpadki**.

Ravnanje z odpadki zajema zbiranje, prevažanje, predelavo in odstranjevanje odpadkov, vključno s kontrolo tega ravnanja in okoljevarstvenimi ukrepi po zaključku delovanja objekta ali naprave za predelavo ali odstranjevanje odpadkov.

V ravnanje z odpadki sodijo vse faze in postopki kot so: zbiranje, prevažanje, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom teh ravnanj in ukrepi po prenehanju delovanja naprave za ravnanje z odpadki.

Med sestavine ravnanja z odpadki sodijo vsi postopki in aktivnosti, ki so potrebni za optimalno ravnanje z odpadki po izbranem konceptu z določeno tehnologijo v konkretnem okolju. Glavne sestavine ravnanje z odpadki so raziskave, preizkusi, izbira najbolj primernih načinov ravnanja za določen odpadek, zbiranje, prevažanje, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom teh ravnanj in ukrepi po prenehanju delovanja naprav za ravnanje z odpadki.

Bioplin je plin, ki nastaja pri anaerobni fermentaciji organskih snovi oz. odpadkov. Največ vsebuje metana in ogljikovega dioksida.

Kompost je humusno gnojilo iz organskih odpadkov. Nastane s procesom gnitja in fermentacije iz različnih organskih odpadkov, ki jim dodajo hranila, gnoj, mikroorganizme, deževnike itd. Kompost iz različnih organskih odpadkov je uporaben za različne namene. Če so odpadki onesnaženi s kakšnimi snovmi, se lahko uporablja le za gnojenje parkov, grmovja ipd. za kmetijski gnoj pa morajo biti organski odpadki popolnoma brez škodljivih snovi.

Biološko razgradljivi odpadki so ostanki hrane, kuhinjski odpadki, odpadki z vrtov in parkov ali drugi odpadki, papir, karton, ki se razgradijo, če so izpostavljeni anaerobnim ali aerobnim procesom razgrajevanja.

Z biomaso označujemo organske snovi biološkega izvora, ki akumulirajo sončno energijo in se lahko uporabljajo kot obnovljiv vir energije. Pri sežigu biomase nastaja sicer škodljiv ogljikov dioksid, ki pa se pri fotosintezi veže nazaj v organske spojine in zopet nastaja biomasa.

Biomasa je celotna masa rastlinskih in živalskih organizmov, ki nastane na enoto površine ali prostornine v določenem času. Izražamo jo v gramih ali kilogramih na kvadratni meter površine ali na kubični meter vodnega okolja, pogosto pa tudi v energiji, ki jo ima ta masa.

Biomasa rastlinskega sveta je 2.500 krat večja od mase živalskega sveta.

LITERATURA

- Elliott L.F. et al. (Eds.). 1977. Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters. SSSA, ASA, CSSA, ISBN 0-89118-049-4. 650 s.
- Rynk R. (Ed.) 1992. On-Farm Composting Handbook, NRAES-54. ISBN 0-935817-19-0. 186 s.
- Lundt H. F. et al. 1993. The McGraw- Hill recycling handbook. McGraw-Hill, Inc. ISBN 0 07 039096 7.
- Burton C.H. and Turner, C. (2003). Manure Management: Treatment Strategies for Sustainable Agriculture 2nd edition. Silsoe Research Institute, Bedford, UK.
- Insam H., Riddech, N., Klammer, S., (Eds.). 2002. Microbiology of Composting. Springer ISBN 3-540-67568-X. 632 s.
- Mihelič R., Andoljšek L., Leskošek M., Lobnik F.. Uporaba biogenih odpadkov v kmetijstvu: stanje v Sloveniji in perspektive. Gospod. odpad., maj 2001, letn. 10, št. 38, str. 8-14, graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 3055993]