




Intelligent Energy  Europe



**D.Blumberga, I.Dzene, T. Al Sedi, D.Rucs, H.Prasls,
M.Ketners, T.Finstervalders, S.Folka, R.Jansens**

Biogāze

ROKASGRĀMATA

Autori:

Dagnija Blumberga, Ilze Dzene, Teodorita Al Sedi (Teodorita Al Seadi), Dominiks Rucs (Dominik Rutz), Heincs Prasls (Heinz Prassl), Maikls Ketners (Michael Köttner), Tobiass Finstervalders (Tobias Finsterwalder), Silke Folka (Silke Volk), Rainers Jansens (Rainer Janssen)

Rokasgrāmatā sniegta informācija par biogāzes veidošanās procesiem un to tehnoloģiskajiem risinājumiem. Aplūkota ES valstu pieredze biogāzes ražošanā un Latvijas iespējas. Rokasgrāmatā apkopots liels apjoms informatīva materiāla, kas ir izmantojams biogāzes ražošanas uzsākšanai un iekārtu apkalpošanai. Rokasgrāmatā domāta gan studentiem un inženieriem, gan praktiķiem, ekspertiem un konsultantiem.

Recenzenti: *Teodorita Al Sedi, Dominiks Rucs, Konstantīns Siulass (Konstantinos Sioulas)*

Redaktori: *Teodorita Al Sedi, Ivonna Cibuļska (Iwona Cybulska), Ivars Veidenbergs*

No angļu valodas tulkojusi: *Inga Ivanova*

Vāka dizains: *Katrinēda Al Sedi (Catrinēda Al Seadi)*

ISBN 978-9934-8058-0-6

Visas tiesības aizsargātas. Neviena no šī ziņojuma daļām nevar tikt reproducēta jebkādā formā un jebkādiem līdzekļiem bez autortiesību turētāja un izdevēja rakstiskas atļaujas.

Redaktors negarantē rokasgrāmatā iekļautās vai aprakstītās informācijas un datu precizitāti un/vai pilnīgumu.

Apliecinājums

Šo rokasgrāmatu izstrādāja biogāzes ekspertu darba grupa no Dānijas, Vācijas, Austrijas un Grieķijas. Šis darbs ir veikts BiG>East projekta (EIE/07/214/SI2.467620) ietvaros, kas notiek laikā no 2007.gada septembra līdz 2010.gada februārim, lai sekmētu anaerobās fermentācijas tehnoloģiju attīstību Austrumeiropā. BiG>East projektu līdzfinansēja Eiropas Komisija programmas „Saprātīga enerģija Eiropai” ietvaros.

Rokasgrāmatas grāmatas pamatversija ir izstrādāta angļu valodā, un pēc tam tā ir iztulkota BiG>East projekta dalībvalstu valodās: bulgāru, horvātu, grieķu, latviešu, rumāņu un slovēņu valodā. Katrs tulkojums satur papildus nodaļu, kurā ir iekļauta katrai valstij raksturīga informācija, ko sagatavojuši konkrētās valsts projekta partneri.

Priekšvārds

Viena no mūsdienu sabiedrības galvenajām vides problēmām ir pieaugošais atkritumu daudzums. Daudzās valstīs ilgtspējīga atkritumu pārvaldība, tāpat kā atkritumu rašanās novēršana un to samazināšana, ir kļuvusi par nozīmīgu politisko prioritāti, tā sniedzot svarīgu ieguldījumu kopīgajos centienos, kas vērsti uz vides piesārņojuma un siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanu un globālo klimata pārmaiņu mazināšanu. Agrāk praktizētā nekontrolētā atkritumu izgāšana vairs nav pieļaujama. Pat kontrolēta apglabāšana atkritumu poligonos vai organisko atkritumu sadedzināšana nav labākā prakse, jo šobrīd vides standarti ir daudz stingrāki un mērķis ir enerģijas ieguve un barības vielu un organisko vielu pārstrāde.

Biogāzes ražošana anaerobās fermentācijas ceļā ir uzskatāma par optimālu risinājumu dažāda veida organisko atkritumu pārstrādei, pārvēršot šos atkritumus atjaunojamā enerģijā un organiskajā mēslojumā. Vienlaikus šķidro organisko frakciju atdalīšana no kopējās atkritumu plūsmas paaugstina atlikušo atkritumu siltumspēju un palielina atkritumu poligonu stabilitāti.

Anaerobā fermentācija ir mikrobioloģisks organisko vielu sadalīšanās process, kas notiek bezskābekļa apstākļos, tā ir sastopama daudzās dabiskās vidēs, un mūsdienās to izmanto biogāzes ražošanai gaisnecaurīdīgās reaktora tvertnēs, ko parasti sauc par bioreaktoriem. Anaerobajā procesā piedalās ļoti plašs mikroorganismu loks, un šim procesam ir divi galvenie galaprodukti: biogāze un pārstrādātais substrāts. Biogāze ir deggāze, kuras sastāvā ir metāns, oglekļa dioksīds un neliels daudzums citu gāzu un mikroelementu. Pārstrādātais substrāts ir fermentēta masa, kas ir bagāta ar mikroelementiem un makroelementiem, tāpēc tā ir izmantojama augsnes mēslošanai.

Biogāzes ražošana un savākšana bioloģisko procesu rezultātā pirmo reizi tika aprakstīta 1895. gadā Lielbritānijā (METCALF&EDDY, 1979). Kopš tā laika šis process tika tālāk attīstīts un plaši izmantots notekūdeņu attīrīšanai un dūņu stabilizēšanai. Septiņdesmito gadu enerģētikas krīze radīja jaunu izpratni par atjaunojamo kurināmo, t.sk. anaerobās fermentācijas procesā iegūtās biogāzes, izmantošanu. Šobrīd interese par biogāzi arvien pieaug, jo globālā līmenī tiek izskatītas iespējas aizstāt fosilos kurināmos ar enerģiju, kas ražota no atjaunojamajiem enerģijas avotiem. Ir arī radusies nepieciešamība atrast vides aizsardzības ziņā ilgtspējīgu risinājumu kūstmēsli un organisko atkritumu apstrādei un otrreizējai pārstrādei.

Biogāzes iegūšanai anaerobās fermentācijas ceļā paredzētās iekārtas, kas izmanto tādus lauksaimniecības substrātus kā kūstmēsli un vircas, augu atliekas, enerģētiskās kultūras, agrorūpniecības un pārtikas ražošanas organiskos atkritumus, ir viens no šodienas vissvarīgākajiem anaerobās fermentācijas lietojuma veidiem. Saskaņā ar Starptautiskās Enerģētikas aģentūras (*International Energy Agency* (IEA)) datiem Eiropā un Ziemeļamerikā darbojas vairāki tūkstoši lauksaimniecības anaerobās fermentācijas stacijas. Daudzas no tām ir ļoti lielas un tehnoloģiski labi aprīkotas. To skaits pēdējos gados ir krietni pieaudzis. Tikai Vācijā vien 2007.gadā darbojās vairāk nekā 3700 biogāzes stacijas. Vairāki miljoni ļoti vienkāršu, mazu biogāzes bioreaktoru darbojas Āzijā – Ķīnā, Indijā, Nepālā, Vjetnamā, ražojot biogāzi ēdienu gatavošanai un apgaismošanai.

Ir novērtēts, ka Eiropai ir ievērojams potenciāls, lai palielinātu pašreizējo biogāzes ražošanu, kas balstīta uz dažādiem lauksaimniecības izejvielu veidiem. Pēc ES paplašināšanās jaunajām Austrumeiropas dalībvalstīm arī ir jāizmanto savs biogāzes potenciāls un jāgūst no tā labums. Ieviešot anaerobās fermentācijas tehnoloģijas šajās valstīs, tiks dots liels ieguldījums būtisku vides piesārņojuma problēmu, ko radījusi fosilās enerģijas ražošana un atkritumu pārvaldība, risināšanā, kā arī tiks atbalstīta lauku attīstība un veicināta lauksaimniecības sektora ilgtspēja.

Anaerobās fermentācijas procesā iegūtā biogāze ir lēts un CO₂ neitrāls atjaunojamās enerģijas avots, kas dod iespēju videi draudzīgā veidā apstrādāt un pārstrādāt plašu lauksaimniecības atlieku un blakusproduktu loku, dažādus bioatkritumus, ražošanas organiskos notekūdeņus un notekūdeņu dūņas. Vienlaikus no tā sociāli ekonomiskus labumus gūst gan visa sabiedrība kopumā, gan arī iesaistītie biogāzes staciju operatori (piemēram, zemnieki). Tieši tāpēc anaerobās fermentācijas procesā iegūtā biogāze ir svarīga Eiropas atjaunojamās enerģijas un biodegvielu stratēģijas prioritāte.

Teodorita Al Sedi un Dominiks Rucs

Priekšvārds latviešu izdevumam

Biogāzes izmantošana Latvijā ir krustcelēs. Ir pieredze biogāzes ražošanā poligonos un notekūdeņu attīrīšanas stacijās un ir meklējumi biogāzes ražošanai fermās un zemnieku saimniecībās.

Galvenais jautājums ir, vai iesim attīstības valstu (Ķīnas un Indijas) ceļu un uzstādīsim aprobētas iekārtas ar ne pārāk augstu efektivitāti, vai arī mēģināsim ielekt inovatīvo tehnoloģiju izmantotāju valstu grupā. Pirmais variants ir vienkāršāks un lētāks, bet rezultāts nav ilgtspējīgs. Savukārt, otrais variants dod iespēju īstenot modernas idejas. Izmantojot Dānijas, Vācijas un Zviedrijas valstu pieredzi, nemācoties no savām kļūdām. Šajā gadījumā ir iespējams iepazīties ar vadošo Eiropas valstu pieredzi biogāzes efektīvai un ekonomiski pamatotai izmantošanai.

Rokasgrāmata ir pirmais mēģinājums latviešu valodā skaidrot biogāzes ražošanas procesus un aprakstīt esošās iekārtas un tehnoloģijas. Rokasgrāmatā ir atrodama informācija, ar kuras palīdzību ir iespējams izvērtēt biogāzes projektu inženiertehniskās, ekoloģiskās un ekonomiskās priekšrocības un trūkumus. Tajā ir izteiktas radošas idejas, dažas no kurām ir jau īstenotas, bet dažas vēl nav realizētas.

Lai Jums ir ne tikai interesanta lasīšana, bet arī tās rezultātā rastos biogāzes ražotnes Latvijā, kas dotu būtisku devumu fosilā kurināmā aizvietošanai ar biogāzi valsts energosektora mērogā un atjaunojamo energoresursu izmantošanas skalā biogāze nostātos līdzvērtīgās pozīcijās ar biodegvielu un citiem biokurināmā veidiem. Biogāzes ražošanas tehnoloģijas nenoliedzami ir attīstības fāzē un tādēļ jaunākajiem tehnoloģiskajiem risinājumiem ir jāseko līdzi zinātniskajā literatūrā arī pēc rokasgrāmatas izlasīšanas.

Habilitēta inženierzinātņu doktore Dagnija Blumberga,
Rīgas Tehniskās universitātes profesore

Satura rādītājs

Kā lietot rokasgrāmatu?.....	8
1. Biogāzes tehnoloģiju priekšrocības.....	9
1.1. Sabiedrības ieguvumi.....	9
1.2. Zemnieku ieguvumi.....	11
2. Biogāzes pašreizējais stāvoklis un potenciāls.....	14
2.1. Biogāzes pašreizējais stāvoklis Eiropā un pasaulē.....	14
2.2. Biogāzes potenciāls Eiropā un pasaulē.....	14
3. Vairāk par anaerobo fermentāciju.....	16
3.1. Anaerobajā fermentācijā izmantojamie substrāti.....	16
3.2. Bioķīmiskais process.....	21
3.3. Anaerobās fermentācijas parametri.....	24
3.4. Darbības parametri.....	28
4. Galvenie biogāzes lietojuma veidi.....	31
4.1. Lauksaimniecības biogāzes stacijas.....	31
4.2. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas.....	38
4.3. Cieto sadzīves atkritumu pārstrādes stacijas.....	38
4.4. Rūpnieciskās biogāzes stacijas.....	39
4.5. Atkritumu poligonu gāzes reģenerēšanas stacija.....	40
5 Biogāzes izmantošana.....	42
5.1. Biogāzes īpašības.....	42
5.2. Tiešā dedzināšana un siltuma izmantošana.....	43
5.3. Koģenerācija.....	43
5.4. Biometāna ražošana (biogāzes uzlabošana).....	48
6. Pārstrādātā substrāta izmantošana.....	52
6.1. Biogāzes iegūšana anaerobās fermentācijas ceļā – kūtsmēslu un virvu apsaimniekošanas tehnoloģija.....	52
6.2. No virvas līdz pārstrādātajam substrātam kā mēslojumam.....	52
6.3. Pārstrādātā substrāta izmantošana mēslošanā.....	54
6.4. Pārstrādātā substrāta izmantošanas ietekme uz augsni.....	55
6.5. Praktiskā pieredze.....	56
6.6. Pārstrādātā substrāta attīrīšana (separācija).....	57
6.7. Pārstrādātā substrāta kvalitātes pārvaldība.....	60
7. Biogāzes stacijas komponenti.....	63
7.1. Izejvielu pieņemšanas iekārta.....	66
7.2. Izejvielu uzglabāšana un attīrīšana.....	66
7.3. Padeves sistēma.....	70
7.4. Armatūra un cauruļvadi.....	76
7.5. Apsildes sistēma – bioreaktora apsilde.....	76
7.6. Bioreaktori.....	78
7.7. Maisīšanas tehnoloģijas.....	84
7.8. Biogāzes uzglabāšana.....	86
7.9. Biogāzes attīrīšana.....	89
7.10. Pārstrādātā substrāta uzglabāšana.....	94
7.11. Kontroles iekārta.....	96

8. Biogāzes stacijas plānošana un celtniecība.....	100
8.1. Biogāzes stacijas projekta izstrāde.....	100
8.2. Kā nodrošināt nepārtrauktu izejvielu piegādi.....	102
8.3. Kur uzstādīt biogāzes staciju.....	105
8.4. Būvatļauju iegūšana.....	106
8.5. Biogāzes stacijas palaišana.....	106
9. Biogāzes staciju drošība.....	108
9.1. Ugunsgrēku un sprādzienu novēršana.....	108
9.2. Saindēšanās un asfiksijas riski.....	109
9.3. Veselības un nelaimes gadījumu riski.....	110
9.4. Sanitācijas, patogēnu kontroles un veterinārie aspekti.....	110
10. Biogāzes staciju ekonomika.....	117
10.1. Biogāzes projekta finansēšana.....	117
10.2. Biogāzes stacijas projekta ekonomiskā prognoze.....	117
11. Biogāzes ražošana un izmantošana Latvijā.....	119
11.1. Likumdošana un atbalsta instrumenti biogāzes ražošanai Latvijā.....	121
11.2. Atļauju saņemšana.....	119
11.3. Biogāzes izmantošana Latvijā.....	127
Pielikumi.....	144
1. pielikums. Vārdnīca, mērvienības un saīsinājumi.....	144
Vārdnīca.....	144
Mērvienības.....	149
Saīsinājumi.....	149
2. pielikums. Literatūra par biogāzi.....	150
Starptautiskās publikācijas.....	150
Nacionālās publikācijas.....	152
3. pielikums. Noderīgas adreses.....	153
BiG >East projekta kontaktinformācija.....	153
Biogāzes izpētes un valsts sektora organizāciju adreses.....	153

Kā lietot rokasgrāmatu?

Viena no galvenajām biogāzes tehnoloģijās ieinteresēto pušu problēmām ir informācijas avotu trūkums par anaerobo fermentāciju, biogāzes staciju projektēšanas tehniskajiem un citiem aspektiem, to celtniecību un darbināšanu un par biogāzes un pārstrādātā substrāta izmantošanu. Informācija ir izkaisīta pa dažādiem literatūras avotiem, un iekārtu ražotājiem un daudzos gadījumos arī specializētajiem konsultāciju uzņēmumiem ir grūti to atrast. Šī iemesla dēļ bija nepieciešama vienota pieeja un informācijas apkopojums.

Rokasgrāmata sastāv no četrām loģiskām daļām. Pirmā daļa aptver 1.-7.nodaļu un sniedz pamatinformāciju par biogāzes tehnoloģijām, aprakstot anaerobās fermentācijas mikrobioloģisko procesu un tā galveno lietderību sabiedrībā, biogāzes un pārstrādātā substrāta ilgtspējīgu izmantošanu un galvenos biogāzes iekārtu tehniskos elementus. Otrā rokasgrāmatas daļa, kas aptver 8.-10.nodaļu parāda, kādā veidā būtu jāuzsāk biogāzes stacijas projektēšana un celtniecība, kādi drošības apsvērumi ir jāņem vērā, kā arī sniedz šādas stacijas izmaksu un ieguvumu analīzi, kuras veikšanai ir pievienots EXCEL aprēķina modelis. Trešā daļa ir 11.nodaļa un tā satur informāciju par biogāzes stacijas ražošanu Latvijā, dodot atsauces uz grāmatas tapšanas brīdī spēkā esošo likumdošanu, aprakstot atļauju saņemšanas procedūru un analizējot biogāzes izmantošanas iespējas Latvijas specifiskajos apstākļos. Ceturtā daļa ietver pielikumus, kuros doti terminu skaidrojumi, mērvienības un saīsinājumi, ieteicamās literatūras un noderīgu adrešu saraksts.

Biogāzes rokasgrāmatas pirmo desmit nodaļu autori ir biogāzes ekspertu komanda no Austrijas, Dānijas un Vācijas, savukārt 11.nodaļas un Latvijai specifiskās pielikumus dotās informācijas autori ir projekta partneri no Latvijas.

Biogāzes rokasgrāmata ir domāta kā ceļvedis, sniedzot pamatinformāciju par anaerobās fermentācijas ceļā iegūto biogāzi, galveno uzmanību pievēršot lauksaimniecības biogāzes stacijām. Mērķis ir nodrošināt vienotu informācijas avotu par lauksaimnieciskās biogāzes ražošanas tehniskajiem un citiem aspektiem. Rokasgrāmata galvenokārt ir domāta zemniekiem un topošajiem iekārtu operatoriem, bet to var izmantot visi, kas ir ieinteresēti biogāzes tehnoloģijās.

1. Biogāzes tehnoloģiju priekšrocības

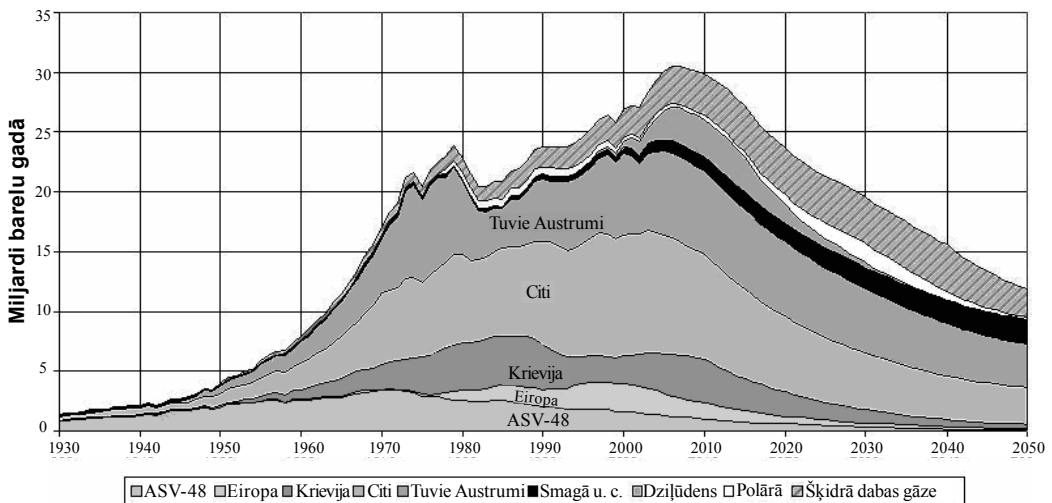
Biogāzes iegūšana anaerobās fermentācijas ceļā un tās izmantošana rada lielus vides, ekonomiskos un sociālekonomiskos ieguvumus sabiedrībai kopumā un arī iesaistītajiem zemniekiem. Biogāzes ražošanas ieguvumu izmantošana paaugstina vietējās ekonomikas iespējas, nodrošina darbu lauku apvidos un paaugstina reģionālo maksātspēju. Tā uzlabo dzīves apstākļus un sniedz ieguldījumu ekonomiskajā un sociālajā attīstībā.

1.1. Sabiedrības ieguvumi

1.1.1. Atjaunojams enerģijas avots

Pašreizējā energoapgāde globālā līmenī ir atkarīga no fosilajiem energoresursiem (jēlnaftas, lignīta, akmeņoglēm, dabasgāzes). Šie resursi ir mirušu augu un dzīvnieku fosilās atliekas, kas tikušas pakļautas karstumam un spiedienam Zemes garozā vairāk nekā simts miljonus gadu. Tāpēc fosilie kurināmie ir neatjaunojami resursi, un to rezerves samazinās daudz ātrāk, nekā rodas jaunas.

Naftas ieguves augstākais punkts tiek definēts kā laika punkts, kad tiks sasniegts pasaules jēlnaftas ražošanas maksimums, pēc kā ražošanas rādītāji sāks kristies. Daži autori uzskata, ka naftas ieguves augstākais punkts jau tika sasniegts, kamēr citi pareģo, ka tas tiks sasniegts nākamo tuvāko gadu laikā (skat. 1.1.attēlu). Atšķirībā no fosilajiem kurināmajiem anaerobās fermentācijas ceļa iegūtā biogāze ir pilnībā atjaunojams resurss, jo to ražo no biomasas, kas fotosintēzes ceļā uzkrāj saules enerģiju. Anaerobās fermentācijas ceļa iegūtā biogāze ne tikai uzlabos valsts energobilanci, bet arī dos lielu ieguldījumu dabas resursu saglabāšanā un vides uzlabošanā.



1.1.att. Pasaules naftas ražošanas scenārijs un naftas ieguves augstākais punkts (ASPO, 2008)

1.1.2. Samazinātas siltumnīcefekta gāzu emisijas un globālās sasilšanas mazināšana

Tādu fosilo kurināmo kā lignīts, akmeņogles, jēlnafta un dabasgāze izmantošana pārveido oglekli, kas miljoniem gadu atradies zemes garozā, atbrīvojot to atmosfērā kā oglekļa dioksīdu (CO_2). Palielināta CO_2 klātbūtne atmosfērā izraisa globālo sasilšanu, jo oglekļa dioksīds ir siltumnīcefekta gāze. Arī biogāzes dedzināšana atbrīvo CO_2 , bet galvenā atšķirība, salīdzinot ar fosilajiem kurināmajiem, ir apstākļi, ka biogāzes oglekli augi pirms tam piesaistīja no atmosfēras fotosintēzes ceļā. Tādā veidā biogāzes oglekļa cikls noslēdzas ļoti īsā laikā (viena vai vairāku gadu laikā). Biogāzes iegūšana anaerobās fermentācijas ceļā samazina arī metāna (CH_4) un slāpekļa oksīda (N_2O) emisijas, kas rodas no kūtsmēsļu uzglabāšanas un izmantošanas mēslojumam. Metāna kā siltumnīcefekta gāzes potenciāls ir 23 reizes lielāks nekā oglekļa dioksīdam, savukārt, slāpekļa oksīdam tas ir 296 reizes lielāks nekā CO_2 . Biogāzes izmantošana aizstāj fosilos kurināmos enerģijas ražošanā un transporta degvielas sfērā, tā samazinot CO_2 , CH_4 un N_2O emisijas un palīdzot mazināt globālo sasilšanu.

1.1.3. Samazināta atkarība no importētajiem fosilajiem kurināmajiem

Fosilie kurināmie ir ierobežoti resursi, kas ir koncentrēti dažās mūsu planētas vietās. Tas valstīm, kas atrodas ārpus šī apgabala, rada nedrošības sajūtu un pastāvīgu atkarību no enerģijas importa. Daudzas Eiropas valstis ir nopietni atkarīgas no fosilās enerģijas importa no reģioniem, kuros ir daudz fosilo enerģijas avotu, piemēram, no Krievijas vai Tuvajiem austrumiem. Attīstot un ieviešot tādas atjaunojamās enerģijas sistēmas kā anaerobās fermentācijas ceļa iegūtā biogāze, kas balstītas uz nacionāliem un reģionāliem resursiem, palielināsies nacionālās energoapgādes ilgtspēja un samazināsies atkarība no enerģijas importa.

1.1.4. Ieguldījums ES enerģētikas un vides aizsardzības mērķu sasniegšanā

Cīņa ar globālo sasilšanu ir viena no galvenajām Eiropas enerģētikas un vides politikas prioritātēm. Eiropas mērķi atjaunojamās enerģijas ražošanas, siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas un ilgtspējīgu atkritumu pārvaldības jomā ir balstīti uz ES dalībvalstu apņemšanos ieviest atbilstošus līdzekļus šo mērķu sasniegšanai. Biogāzes iegūšana anaerobās fermentācijas ceļā un tās izmantošana varētu vienlaikus atbilst visiem trijiem mērķiem.

1.1.5. Atkritumu samazināšana

Viena no biogāzes ražošanas priekšrocībām ir iespēja atkritumus pārveidot vērtīgā materiālā, ko var izmantot kā izejvielu anaerobajā fermentācijā. Daudzās Eiropas valstīs ir milzīgas problēmas, kas saistītas ar ārkārtīgi lielo organisko atkritumu daudzumu no ražošanas, lauksaimniecības un mājsaimniecībām. Biogāzes ražošana ir lielisks veids, kā iespējams pildīt arvien striktākās nacionālās un Eiropas prasības šajā jomā un izmantot organiskos atkritumus enerģijas ražošanai, atlikumu pārstrādājot mēslojumā. Biogāzes tehnoloģijas ļauj samazināt atkritumu apjomu un atkritumu apglabāšanas izmaksas.

1.1.6. Jaunu darbviētu radīšana

Nacionālā biogāzes sektora attīstība veicina jaunu uzņēmumu rašanos, kuriem ir nozīmīgs ekonomiskais potenciāls. Tas palielinās ienākumus lauku apvidos un radīs jaunas darbvietas. Salīdzinot ar fosilajiem kurināmajiem, biogāzes ražošanai anaerobās fermentācijas ceļā ir nepieciešams daudz lielāks darbspēks, lai nodrošinātu ražošanas procesus, savāktu un transportētu anaerobās fermentācijas izejvielas, izgatavotu tehnisko aprīkojumu, uzstādītu, darbinātu un uzturētu biogāzes stacijas utt.

1.1.7. Elastīgs un efektīvs biogāzes gala lietojums

Biogāze ir elastīgs enerģijas nesējs, ko var dažādi lietot. Attīstības valstīs viens no visvienkāršākajiem biogāzes lietošanas veidiem ir tās izmantošana ēdienu gatavošanai un apgaismošanai. Daudzās Eiropas valstīs biogāzi izmanto vienlaicīgai siltuma un elektrības ražošanai (koģenerācijai). Biogāze tiek arī uzlabota un ievadīta dabasgāzes tīklā, izmantota kā transportlīdzekļu degviela vai izmantota kurināmā elementos.

1.1.8. Mazs ūdens patēriņš

Ja salīdzina ar citiem biokurināmajiem, biogāzes gadījumā ir vajadzīgs vismazākais ražošanas ūdens daudzums. Šis aspekts ir tikpat svarīgs kā biogāzes energoefektivitāte, jo nākotnē daudzos pasaules reģionos ir gaidāms ūdens trūkums.

1.2. Zemnieku ieguvumi

1.2.1. Papildu ienākumi iesaistītajiem zemniekiem

Izejvielu ražošana un biogāzes staciju darbināšana padara biogāzes tehnoloģijas ekonomiski pievilcīgas zemniekiem un ļauj palielināt viņu ienākumus. Bez papildu ienākumiem zemniekiem rodas jauna un svarīga sociāla funkcija, jo viņi kļūst par enerģijas piegādātājiem un atkritumu apstrādes operatoriem.

1.2.2. Pārstrādātais substrāts ir lielisks mēslojums

Biogāzes stacijas nav tikai enerģijas piegādātājas. Fermentētās biomasas pārstrādātais substrāts ir nozīmīgs augsnes mēslojums, kas ir bagāts ar slāpekli, fosforu, kāliju un mikroelementiem un ko var iestrādāt augsnē ar parastajām šķidro kūtsmēsli un vircas ierīcēm. Salīdzinot ar neapstrādātiem kūtsmēsliem, pārstrādātajam substrātam ir uzlabota mēslošanas efektivitāte, jo tas ir homogēns un barības vielām bagātāks, ar labāku C/N attiecību un gandrīz bez smakas.

1.2.3. Slēgts barības vielu cikls

Barības vielu cikls biogāzes ražošanas procesā – no izejvielu ražošanas līdz pārstrādātā substrāta izmantošanai mēslojumam – ir slēgts. Oglekļa (C) savienojumi fermentācijas procesā tiek samazināti, jo metāns (CH₄) tiek izmantots enerģijas ražošanai un oglekļa dioksīds (CO₂) izdalās atmosfērā, no kurienes to uzņem augi fotosintēzes procesā. Daži oglekļa savienojumi

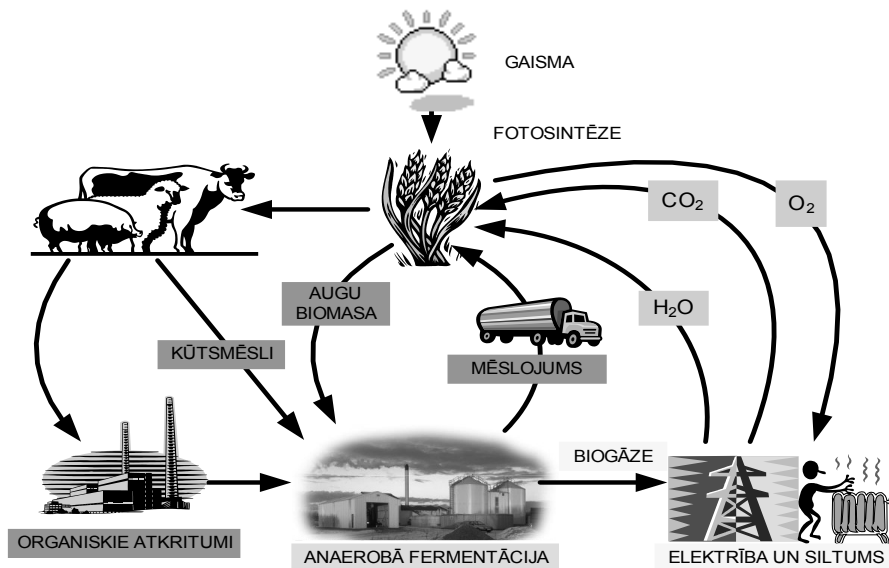
paliek pārstrādātajā substrātā, un, izmantojot to kā mēslojumu, tiek uzlabots augsnes oglekļa saturs. Biogāzes ražošana ir lieliski integrējama parastajā un bioloģiskajā lauksaimniecībā, jo pārstrādātais substrāts aizstāj minerālmēslojumu, kas tiek ražots, izmantojot lielu daudzumu fosilās enerģijas. Slēgtais ilgtspējīgais biogāzes cikls parādīts 1.2.attēlā.

1.2.4. Iespējas izmantot dažādas izejvielas

Biogāzes ražošanai var izmantot ļoti dažādas izejvielas: kūtsmēslus un vircas, labības atliekas, pienotavu, pārtikas rūpniecības un agrorūpniecības organiskos atkritumus, notekūdeņu dūņas, cieto sadzīves atkritumu organiskās frakcijas, mājsaimniecību un sabiedriskās ēdināšanas organiskos atkritumus un enerģētiskās kultūras. Biogāzi var arī savākt no atkritumu poligoniem.

Viena no galvenajām biogāzes ražošanas priekšrocībām ir iespēja izmantot kā izejvielu t.s. slapjo biomasu. Slapjā biomasā ir notekūdeņu dūņas, pienotavu un cūku fermu vircas vai flotācijas nogulsnes no pārtikas apstrādes. Visu šo biomasu mitruma saturs ir vairāk nekā 60–70%.

Pēdējos gados biogāzes ražošanai plaši izmanto daudzas enerģētiskās kultūras (labību, kukurūzu, rapši u.c.). Bez minētajiem visu veidu lauksaimniecības atlikumiem biogāzes un mēslojuma ražošanai var izmantot arī bojātas ražas un labību, kas nav derīga izmantošanai cilvēku uzturā vai ir radusies nelabvēlīgu augšanas un laika apstākļu rezultātā. Daudzus dzīvnieku izcelsmes blakusproduktus, kas nav izmantojami cilvēku uzturā, arī var izmantot biogāzes stacijās. Sīkāks anaerobās fermentācijas substrātu apraksts ir atrodams 3.1.nodaļā.

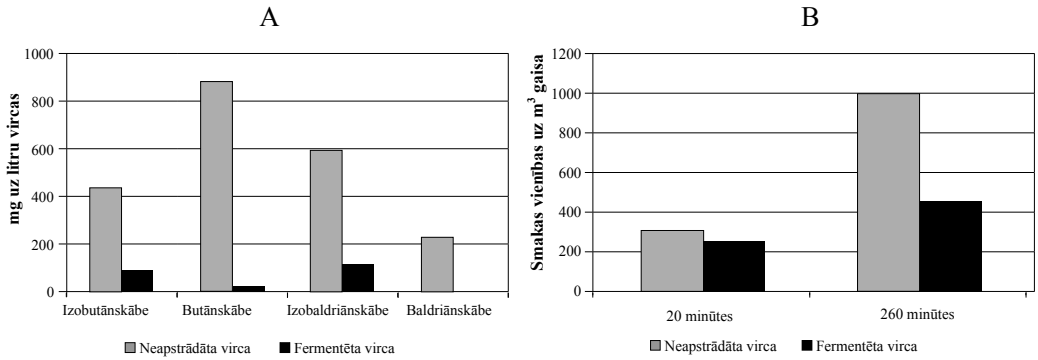


1.2.att. Ilgtspējīgs anaerobās fermentācijas ceļā iegūtas biogāzes cikls (AL SEADI, 2002)

1.2.5. Samazinātas smakas un mušu daudzums

Šķidro kūtsmēslu, dzīvnieku mēslu un daudzu organisko atkritumu uzglabāšana un izmantošana ir uzņēmīga, nepatīkamas smakas avots un pievilina mušas. Anaerobā fermentācija samazina šīs smakas līdz pat 80%. Pārstrādātais substrāts ir gandrīz bez smakas, un amonjaka

smaka pazūd drīz pēc izmantošanas. 1.3.attēls parāda smaku samazināšanos anaerobās fermentācijas ietekmē.



1.3.att. A. Smakojošu gaistošo taukskābju koncentrācija neapstrādātā un fermentētā vircā.

B. Smaku koncentrācija gaisa paraugā, kas ņemts virs laukiem, kur izmantota neapstrādāta un fermentēta virca (HANSEN, 2004)

1.2.6. Veterinārā drošība

Izmantojot pārstrādāto substrātu kā mēslojumu, uzlabojas veterinārā drošība, salīdzinot ar neapstrādātu kūtsmēsli un vircu izmantošanu. Anaerobā fermentācija nozīmē kontrolētu pārstrādātā substrāta sanitāciju, lai šo substrātu varētu izmantot mēslošanai. Atkarībā no izmantotajām izejvielām pārstrādātā substrāta sanitāciju var nodrošināt, izturot substrātu termofīlā fermentācijas temperatūrā, pasterizējot vai sterilizējot spiediena ietekmē. Visos gadījumos mērķis ir neitralizēt patogēnus, nezāļu sēklas un citus bioloģiskos draudus un pārtraukt slimību izplatību.

2. Biogāzes pašreizējais stāvoklis un potenciāls

2.1. *Biogāzes pašreizējais stāvoklis Eiropā un pasaulē*

Pēdējo gadu laikā pasaules biogāzes tirgus pieaug par 20 līdz 30% gadā. Eiropā tādas valstis kā Austrija, Dānija, Vācija un Zviedrija ir vispieredzējušākās moderno biogāzes tehnoloģiju jomā, un tām ir izdevies izveidot konkurētspējīgus nacionālos biogāzes tirgus. Lai attīstītu šos tirgus, intensīvi tika veikta koordinēta pētniecība, tehnoloģiju izstrāde un demonstrējumi un biogāzes sektori saņēma ievērojamas valdības subsīdijas un valsts atbalstu. Iesaistītie zemnieki un biogāzes staciju operatori ir uzkrājuši nozīmīgas zināšanas, tehnoloģiskās prasmes un īpašu pieredzi biogāzes tehnoloģiju jomā.

Paralēli tradicionālajiem anaerobās fermentācijas izejvielu veidiem Vācijā un Austrijā tika uzsākta enerģētisko kultūru audzēšana biogāzes ražošanai. Tika veikti pētījumi par enerģētisko kultūru dažādošanu un produktivitātes paaugstināšanu un novērtēts to biogāzes potenciāls. Tika noteiktas jaunas lauksaimniecības prakses, un intensīvas pētniecības un izstrādes objekti ir jaunas kultūraugu sēšanas sistēmas, vairāku kultūru audzēšana vienuviet un kombinēta kultūru audzēšana.

Pēdējo gadu laikā tika nopietni pētītas tehnoloģijas izejvielu pārveidei biogāzē. Tika ieviesti un pielāgoti jauni bioreaktori, padeves sistēmas, uzglabāšanas iekārtas u.c. ierīces. Abas – gan slapjā, gan sausā – anaerobās fermentācijas sistēmas tiek arvien uzlabotas pētnieciskajos darbos, apvienojot ar praktisko pieredzi, koncentrējoties uz darbības un procesu stabilitāti, veiktspēju un arī jaunām substrātu kombinācijām.

Biogāzes izmantošana koģenerācijā mūsdienās ir kļuvusi par standartu daudzās Eiropas valstīs. Tādās valstīs kā Zviedrija, Šveice un Vācija uzlabota biogāze tiek izmantota arī kā transporta degviela. Šajās valstīs ir izveidoti biogāzes uzlabošanas un uzpildes staciju tīkli. Biogāzes uzlabošana un ievadīšana dabasgāzes tīklā ir samērā jauns biogāzes izmantošanas veids, un Vācijā un Austrijā tika uzstādītas pirmās iekārtas, kas ievada biometānu dabasgāzes tīklos. Jaunākais biogāzes izmantošanas veids ir kurināmā elementi, un tie jau kā komerciāli izmantojama tehnoloģija tiek darbināti Vācijā.

Kombinēta biodegvielu (biogāzes, bioetanola, biodīzeļdegvielas), pārtikas un jēlmateriālu ražošana rūpniecībai kā vienas biorafinēšanas koncepcijas daļa arī ir nozīmīgs šodienas pētījumu lauks. Šajā apvienotajā koncepcijā biogāze nodrošina ražošanas enerģiju šķidrās biodegvielas ražošanai un ražošanas notekūdeņu materiāli tiek izmantoti kā anaerobās fermentācijas izejvielas. Kombinētās biorafinēšanas koncepcija piedāvā daudz priekšrocību, kas ir saistītas ar energoefektivitāti, ekonomiskajiem rādītājiem un siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanu. Šim mērķim Eiropā un pasaulē tika īstenoti vairāki pilotprojekti, un tuvākajos gados būs pieejami pilnvērtīgi rezultāti.

2.2. *Biogāzes potenciāls Eiropā un pasaulē*

Globālais biomasas potenciāls, ko var izmantot enerģijai, ir vērtējams kā ļoti augsts. Šī potenciāla novērtējums, kas ir balstīts uz dažādiem scenārijiem un dažādiem pieņēmumiem, parāda, ka šobrīd tiek izmantota tikai maza daļa no visa biomasas potenciāla, kas nozīmē, ka enerģijas ražošana no biomasas var tikt nozīmīgi palielināta.

Eiropas Biomasas asociācija (AEBIOM) lēš, ka Eiropā uz biomasu balstītu enerģijas ražošanu var palielināt no 72 Mtoe 2004. gadā līdz 220 Mtoe 2020. gadā. Lielākais pieauguma potenciāls ir saistīts ar lauksaimniecības biomasu. Saskaņā ar AEBIOM 20 līdz 40 Mha (mil-

joni hektāru) zemes var tikt izmantoti enerģijas ražošanai 27 ES valstīs, neietekmējot Eiropas pārtikas apgādi. Šajā ziņā biogāzei ir nopietna loma un liels attīstības potenciāls. Dažādi biomasas atlieku veidi, atkritumi un blakusprodukti no lauksaimniecības, pārtikas rūpniecības, agrorūpniecības, mājsaimniecībām un visas sabiedrības ir derīgi pārstrādei biogāzē anaerobās fermentācijas ceļā.



2.1.att. Eiropas dabasgāzes tīkls un potenciālie koridori, kas ir piemēroti biogāzes ražošanai un biometāna ievadīšanai (THRĀN, 2007)

Eiropas biogāzes potenciāla novērtējums ir diezgan liels izaicinājums dažādu aprēķinos iekļaujamo faktoru un pieņēmumu dēļ. Piemēram, biogāzes potenciāls ir atkarīgs no lauksaimniecības zemes pieejamības, kas neietekmētu pārtikas ražošanu, enerģētisko kultūru ražīguma, izejvielu substrāta metāna iznākuma, biogāzes gala lietojuma energoefektivitātes utt. Vācijas Vides un enerģētikas institūts uzskata, ka Eiropas biogāzes potenciāls ir pietiekami augsts, lai būtu iespējams pilnībā aizstāt dabasgāzes patēriņu, ievadot uzlabotu biogāzi (biometānu) dabasgāzes tīklā (skat. 2.1.attēlu).

Pašlaik Vācija, Austrija, Dānija un Zviedrija ir izvirzījušas Eiropas biogāzes sektora priekšgalā modernu biogāzes staciju skaita ziņā. Piemēram, 2007.gadā tikai Vācijā vien bija aptuveni 3700 biogāzes staciju. Liels biogāzes iekārtu skaits tiek darbināts arī citās pasaules daļās. 2006. gadā Ķīnā tika identificēti līdz pat 18 miljoniem lauku mājsaimniecību biogāzes bioreaktoru, un kopējais Ķīnas biogāzes potenciāls ir vērtējams ap 145 miljardiem kubikmetru. Arī Indijā pašlaik darbojas apmēram 5 miljoni mazu biogāzes iekārtu. Citās valstīs, tādās kā Nepāla un Vjetnama, arī ir ievērojams biogāzes iekārtu skaits. Lielākajā daļā Āzijas biogāzes staciju tiek izmantotas vienkāršas tehnoloģijas, tāpēc tās ir viegli projektēt un atjaunot. Atlantijas okeāna otrā pusē tādās valstīs kā ASV, Kanāda un daudzas Latīņamerikas valstis ir ceļā uz modernu biogāzes sektoru attīstību un paralēli tiek veidots labvēlīgs politiskais ietvars, lai šo attīstību atbalstītu. Liels skaits esošo biogāzes iekārtu, kas darbojas dažādos kontinentos, pierāda, ka biogāzes tehnoloģijas ir nobriedušas, ilgtspējīgas un ekonomiski drošas.

3. Vairāk par anaerobo fermentāciju

Anaerobā fermentācija ir bioķīmisks process, kura laikā dažādi organiskie substrāti (augu biomasa un atkritumi, kūtsmēsli un vircas, organiskie atkritumi un notekūdeņi, notekūdeņu dūņas) bezskābekļa vidē sadalās dažādu baktēriju veidu ietekmē, veidojot biogāzi un pārstrādātu substrātu. Anaerobās fermentācijas process ir sastopams daudzās dabiskajās vidēs, piemēram, jūras ūdens nogulumos, atgremotāju kuņģī vai kūdras purvos.

Ja anaerobās fermentācijas substrāts ir homogēns maisījums, kas sastāv no diviem vai vairākiem izejvielu veidiem (piemēram, dzīvnieku vircām un pārtikas rūpniecības organiskajiem atkritumiem), to sauc par kofermentāciju. Kofermentācija ir tipiska lielākajā daļā biogāzes sabiedriskās izmantošanas veidu.

3.1. Anaerobajā fermentācijā izmantojamie substrāti

Biomases ražošanai anaerobās fermentācijas ceļā kā substrātu (izejvielu) var izmantot plašu biomasas spektru. Zemāk uzskaitīti visizplatītākie izejvielu veidi:

- kūtsmēsli un vircas;
- lauksaimniecības atliekas un blakusprodukti;
- fermentējami pārtikas rūpniecības un agrorūpniecības organiskie atkritumi:
 - augu izcelsmes atkritumi,
 - dzīvnieku izcelsmes atkritumi;
- sadzīves atkritumu un sabiedriskās ēdināšanas atkritumu organiskās frakcijas:
 - augu izcelsmes atkritumi,
 - dzīvnieku izcelsmes atkritumi;
- notekūdeņu dūņas;
- īpašās enerģētiskās kultūras (piemēram, kukurūza, miskante, sorgo, āboliņš).

Šo izejvielu veidu piemēri ir ilustrēti 3.1., 3.2. un 3.3.attēlā. Biogāzes ražošanai izmantojamo atkritumu klasifikācija atrodama 3.1.tabulā.

3.1.tabula

Bioloģiskai apstrādei derīgi bioatkritumi (Eiropas Atkritumu katalogs, 2007)

Atkritumu kods	Atkritumu nosaukums	Atkritumu uzskaitījums
02 00 00 ¹	Lauksaimniecības, dārzkopības, akvakultūras, mežsaimniecības, medību un makšķerēšanas, pārtikas sagatavošanas un pārstrādes atkritumi	Lauksaimniecības, dārzkopības, akvakultūras, mežsaimniecības, medību un makšķerēšanas atkritumi
		Gaļas, zivju un citas dzīvnieku izcelsmes pārtikas sagatavošanas un pārstrādes atkritumi
		Augļu, dārzeņu, labības produktu, pārtikas eļļu, kakao, tējas un tabakas sagatavošanas un pārstrādes - konservu gatavošana, rauga un rauga ekstrakta gatavošana, melases gatavošana un fermentēšana – atkritumi
		Cukura pārstrādes atkritumi
		Piena produktu ražošanas atkritumi
		Ceptuvju un saldumu ražošanas atkritumi
		Alkoholisko un bezalkoholisko dzērienu (izņemot kafiju, tēju un kakao) ražošanas atkritumi

Atkritumu kods	Atkritumu nosaukums	Atkritumu uzskaitījums
03 00 00	Kokapstrādes, paneļu un mēbeļu, celulozes, papīra un kartona ražošanas atkritumi	Kokapstrādes, paneļu un mēbeļu ražošanas atkritumi Celulozes, papīra un kartona ražošanas un pārstrādes atkritumi
04 00 00	Ādu, kažokādu un tekstila rūpniecības atkritumi	Ādu un kažokādu rūpniecības atkritumi Tekstila rūpniecības atkritumi
15 00 00	Izlietotais iepakojums; absorbenti, lupatas, filtri un aizsargapģērbs, kas citur nav pieminēts	Iepakojums (ieskaitot atsevišķi savāktus izlietos sadzīves iepakojumus)
19 00 00	Atkritumi, kas radušies atkritumu apsaimniekošanas ierīcēs, notekūdeņu attīrīšanas iekārtās, dzeramā ūdens un tehniskajām vajadzībām lietojamā ūdens sagatavošanas iekārtās	Atkritumu anaerobās pārstrādes atkritumi
		Notekūdeņu attīrīšanas iekārtu atkritumi, kas citur nav minēti
		Atkritumi, kas radušies dzeramā ūdens un tehniskajām vajadzībām lietojamā ūdens sagatavošanas iekārtās
20 00 00	Sadzīves atkritumi (mājsaimniecību atkritumi un līdzīgi uzņēmumu, rūpniecības uzņēmumu un institūciju atkritumi), iekļaujot atsevišķi savāktas frakcijas	Atsevišķi savāktas frakcijas (izņemot 15 01)
		Dārzu un parku atkritumi (iekļaujot kapsētu atkritumus)
		Citi sadzīves atkritumi

¹⁾ Sešzīmju kods atbilst ierakstam Eiropas Atkritumu katalogā (EWC), kas apstiprināts ar Eiropas Komisijas lēmumu.



3.1.att. Cietie sadzīves atkritumi, kas piegādāti biogāzes stacijai Vācijā (RUTZ, 2008)



3.2.att. Sabiedriskās ēdināšanas atkritumi (RUTZ, 2007)



3.3.att. Kukurūzas skābbarība (RUTZ, 2007)

Kūtsmēslu un vircu izmantošanai par anaerobās fermentācijas izejvielām ir vairākas priekšrocības šo substrātu īpašību dēļ:

- tie satur anaerobo baktēriju ieraugu;
- tiem ir augsts ūdens saturs (4-8% sausnas vircās), kas darbojas kā citu pievienoto substrātu šķīdinātājs un nodrošina pienācīgu biomasas sajaukšanos un plūsmu;
- tie ir lēti un viegli pieejami, jo tos savāc kā dzīvnieku audzēšanas atlikumus.

Pēdējo gadu laikā tiek pārbaudītas un ieviestas citas anaerobās fermentācijas izejvielu grupas: t.s. īpašās enerģētiskās kultūras, kas ir kultūraugi, ko audzē tieši enerģijas/biogāzes ražošanai. Enerģētiskās kultūras pārstāv lakstaugi (zāle, kukurūza, rapsis u.c.) un koki (vītols, papele, ozols), kaut gan kokiem ir vajadzīga īpaša pirmapstrāde delignifikācijai.

Anaerobās fermentācijas substrātus vēl var klasificēt pēc to izcelsmes, sausnas sastāva, metāna iznākuma un citiem kritērijiem. 3.2.tabulā sniegts pārskats par dažu fermentējamu izejvielu veidu īpašībām. Substrāti, kuru sausnas saturs ir mazāks par 20%, tiek izmantoti t.s. slapjajā fermentācijā. Šajā kategorijā ietilpst dzīvnieku vircas un kūtsmēsli, kā arī dažādi pārtikas rūpniecības slapjie organiskie atkritumi. Ja sausnas saturs ir vismaz 35%, to sauc par sauso fermentāciju, un tā ir raksturīga enerģētiskajām kultūrām un skābarībai. Anaerobās fermentācijas izejvielu veidu un daudzuma izvēle substrāta maisījumam ir atkarīga no sausnas un arī cukuru, lipīdu un proteīnu satura.

3.2.tabula

Dažu fermentējamu izejvielu veidu raksturojums (AL SEADI, 2003)

Izejvielas veids	Organiskais saturs	C:N attiecība	Sausna %	Gaistošās cietvielas % sausnā	Biogāzes iznākums m ³ /kg gaistošo cietvielu	Nevēlami fizikāli piemaisījumi	Citas nevēlamas vielas
Cūku virca	Ogļhidrāti, proteīni, lipīdi	3-10	3-8	70-80	0.25-0.50	Koka skaidas, sari, ūdens, smiltis, auklas, salmi	Antibiotikas, dezinfekcijas līdzekļi
Liellopu virca	Ogļhidrāti, proteīni, lipīdi	6-20	5-12	80	0.20-0.30	Sari, augsne, ūdens, salmi, koksne	Antibiotikas, dezinfekcijas līdzekļi, NH ₄ ⁺
Mājputnu virca	Ogļhidrāti, proteīni, lipīdi	3-10	10-30	80	0.35-0.60	Grants, smiltis, spalvas	Antibiotikas, dezinfekcijas līdzekļi, NH ₄ ⁺
Kuņģa/zarnu saturs	Ogļhidrāti, proteīni, lipīdi	3-5	15	80	0.40-0.68	Dzīvnieku audi	Antibiotikas, dezinfekcijas līdzekļi
Sūkalas	75-80% laktoze 20-25% proteīns	n.a.	8-12	90	0.35-0.80	Pārvadāšanas piemaisījumi	
Koncentrētas sūkalas	75-80% laktoze 20-25% proteīns	n.a.	20-25	90	0.80-0.95	Pārvadāšanas piemaisījumi	

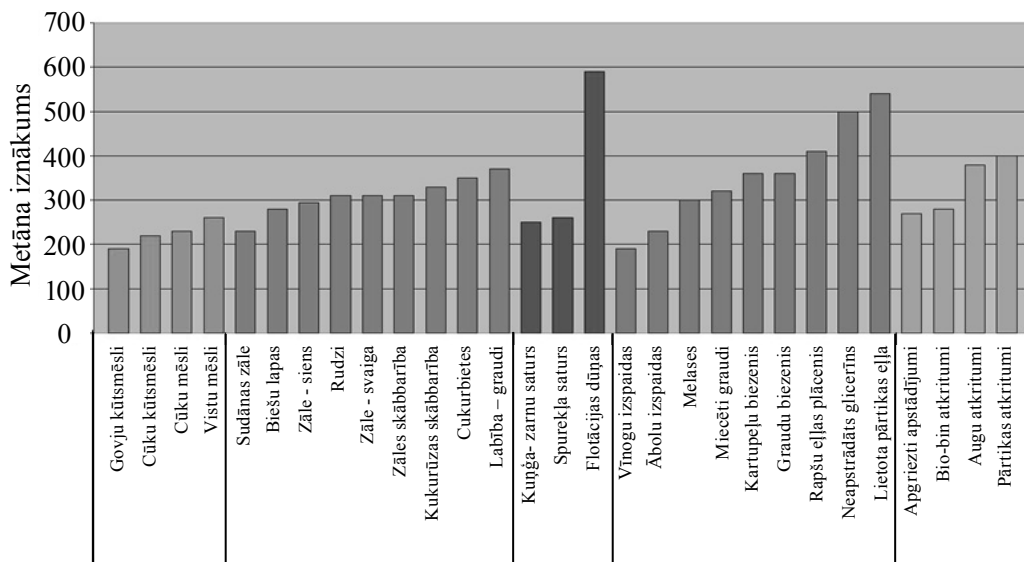
Izejvielas veids	Organiskais saturs	C:N attiecība	Sausna %	Gaistošās cietvielas % sausnā	Biogāzes iznākums m ³ /kg gaistošo cietvielu	Nevēlami fizikāli piemaisījumi	Citas nevēlamas vielas
Flotācijas dūņas	65-70% proteīns 30-35% lipīdi					Dzīvnieku audi	Smagie metāli, dezinfekcijas līdzekļi, organiskie piesārņotāji
Fermenti. Samazgas	Ogļhidrāti	4-10	1-5	80-95	0.35-0.78	Nenoārdāmas augļu atliekas	
Salmi	Ogļhidrāti, lipīdi	80-100	70-90	80-90	0.15-0.35	Smiltis, grants	
Dārzu atkritumi		100-150	60-70	90	0.20-0.50	Augsne, celulozes komponenti	Pesticīdi
Zāle		12-25	20-25	90	0.55	Grants	Pesticīdi
Zāles skābbarība		10-25	15-25	90	0.56	Grants	
Augļu atkritumi		35	15-20	75	0.25-0.50		
Zivju eļļa	30-50% lipīdi	n.a.					
Sojas eļļa/margarīns	90% augu eļļa	n.a.					
Alkohols	40% alkohols	n.a.					
Pārtikas atliekas			10	80	0.50-0.60	Kauli, plastmasa	Dezinfekcijas līdzekļi
Organiskie mājsaimniecību atkritumi						Plastmasa, metāls, akmeņi, koksne, stikls	Smagie metāli, organiskie piesārņotāji
Notekūdeņu dūņas							Smagie metāli, organiskie piesārņotāji

Tos substrātus, kas satur lielu lignīna, celulozes un hemicelulozes daudzumu, arī var kofermentēt, bet šajā gadījumā ir jāveic šo substrātu iepriekšēja apstrāde, lai palielinātu to fermentācijas spēju.

Potenciālais metāna iznākums ir viens no galvenajiem dažādu anaerobās fermentācijas substrātu novērtēšanas kritērijiem. Dažādu izejvielu veidu metāna iznākums salīdzināts 3.4.attēlā. Ir redzams, ka kūtsmēsliem ir visai mazs metāna iznākums. Tas ir iemesls, kāpēc kūtsmēsli netiek fermentēti vieni paši, bet gan, lai palielinātu biogāzes ražošanas apjomus, sajaukti ar citiem substrātiem, kam ir lielāks metāna iznākums. Visbiežāk kūtsmēsliem un vircām piejauc pārtikas rūpniecības, zivsaimniecības un barības ražošanas eļļainos atlikumus, dzērienu un cukura ražošanas alkohola atkritumus, enerģētiskās kultūras u.c.

Anaerobās fermentācijas izejvielas var saturēt ķīmiskus, bioloģiskus un fizikālus sārņus. Kūts-mēsli, vircas un augu atkritumi var būt piesārņoti, piemēram, ar augu un dzīvnieku slimībām. Pārtikas rūpniecības organiskie atkritumi, mājsaimniecību atkritumi un notekūdeņu dūņas var saturēt ķīmiskus, bioloģiskus un fizikālus sārņus. Ir ļoti svarīgi kontrolēt visu izejvielu veidu kvalitāti, lai garantētu drošu pārstrādātā substrāta izmantošanu mēslojumam. Dažu ierastāko anaerobās fermentācijas izejvielu veidu potenciāli problēmmateriāli, piesārņotāji un patogēni parādīti 3.3.tabulā.

Dzīvnieku izcelsmes atkritumiem ir nepieciešama īpaša uzmanība, ja tos piegādā kā substrātu anaerobajai fermentācijai. Eiropas Parlamenta regula 1774/2002 nosaka veselības aizsardzības noteikumus darbam ar dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kas nav paredzēti cilvēku uzturam. Regula nosaka minimālās prasības un pasākumus, kas jāievieš, un nosaka, kuri dzīvnieku blakusproduktu veidi var tikt izmantoti biogāzes iekārtās. Regulas pilns teksts ir atrodams: <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/f81001.htm>



3.4.att. Īpatnējo metāna iznākumu līmeņatzīmes (PRABL, 2007)

Dažu anaerobās fermentācijas substrātu iedalījums, balstoties uz potenciālajiem problēmmateriāliem, sārņiem un patogēniem (PRABL, 2008)

		Risks			
		<i>Droši</i>	<i>Higiēnas riski</i>	<i>Satur problēm-</i> <i>materiālus</i>	<i>Piesārņojuma</i> <i>risks</i>
Izejvielas	<i>Sadzīves atlikumu materiāls</i>	Apstādījumi, zāles pļaušana		Bioatkritumi, ceļmalu apstādījumi	
	<i>Ražošanas atlikumu materiāls</i>	Augu atkritumi, biezeņi, izspaidas u.c.	Pārtika, kurai beidzies derīguma termiņš, transportēšanas laikā bojāta pārtika		Augu eļļas ražošanas atlikumi
	<i>Lauksaimniecības atlikumi</i>	Šķidrie mēsli, cietie mēsli			Cu un Zn
		Biešu lapas, salmi			
	<i>Atjaunojamās izejvielas</i>	Kukurūzas skābbarība, zāles skābbarība			
	<i>Lopu kaušanas atkritumi</i>		Spurekļa, kuņģa un zarnu saturs, atdalītie tauki, asins milti u.c.		Atdalītie tauki
<i>Dažādi</i>		Ražošanas virtuves atkritumi, mājsaimniecību atkritumi			

3.2. Bioķīmiskais process

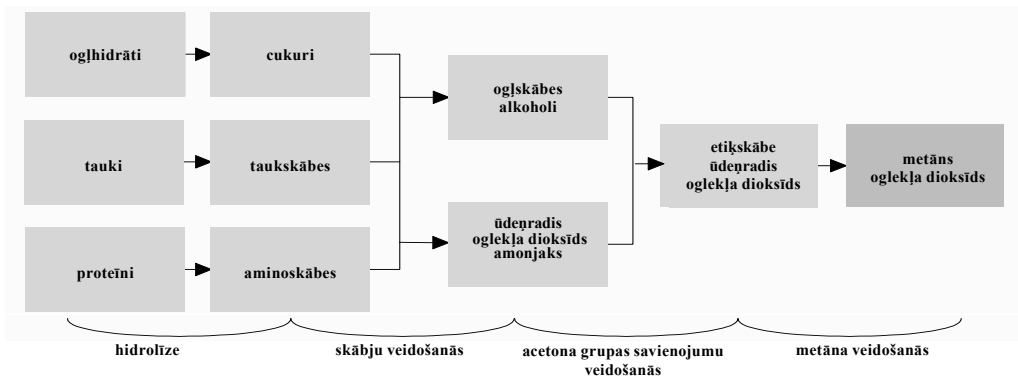
Anaerobās fermentācijas process ir organisko vielu mikrobioloģiska sadalīšanās bezskābekļa apstākļos. Šī procesa galvenie produkti ir biogāze un pārstrādātais substrāts.

Biogāze ir deggāze, kas sastāv galvenokārt no metāna un oglekļa dioksīda un ko parasti izmanto elektrības un siltuma ražošanai, bet to var arī ievadīt dabasgāzes tīklā vai izmantot kā transportlīdzekļu degvielu, kurināmajos elementos vai citās enerģijas ražošanas formās.

Pēc biogāzes iegūšanas sadalīto masu jeb pārstrādāto substrātu iestrādā atpakaļ augsnē kā vērtīgu augu mēslojumu.

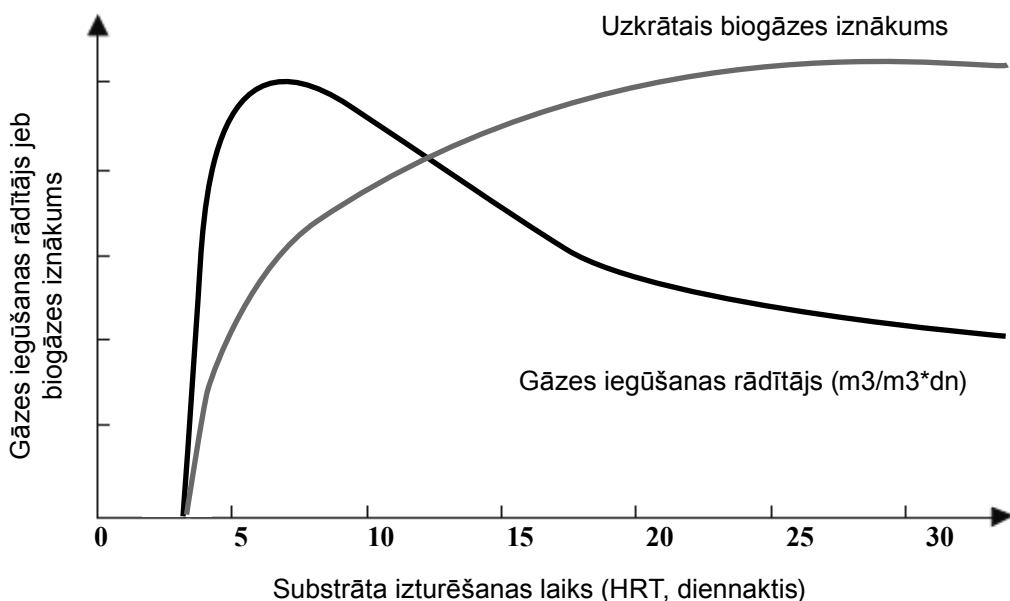
Anaerobās fermentācijas procesā rodas maz siltuma atšķirībā no aerobās (skābekļa klātbūtnē notiekošās) sadalīšanās, piemēram, kompostēšanas. Substrātā ķīmiski ieslēgtā enerģija paliek galvenokārt saražotajā biogāzē metāna formā.

Biogāzes rašanās process notiek vairākos saistītos posmos, kur izejmateriāls nepārtraukti tiek sadalīts arvien sīkākās vienībās. Katrā posmā ir iesaistītas īpašas mikroorganismu grupas. Šie organismi secīgi sadala iepriekšējo posmu produktus. Anaerobās fermentācijas procesa vienkāršota diagramma ir parādīta 3.5.attēlā, iezīmējot četrus galvenos procesa posmus: hidrolīzi, skābju veidošanos, acetona grupas savienojumu veidošanos un metāna veidošanos.



3.5.att. Anaerobās fermentācijas procesa galvenie posmi (AL SEADI, 2003)

Hidrolīzes procesā tiek saražots relatīvi mazs biogāzes daudzums. Biogāzes ražošanas augstākais punkts tiek sasniegts metāna veidošanās posmā. Biogāzes iznākuma un substrāta izturēšanas laika attiecību parāda 3.6.attēls.

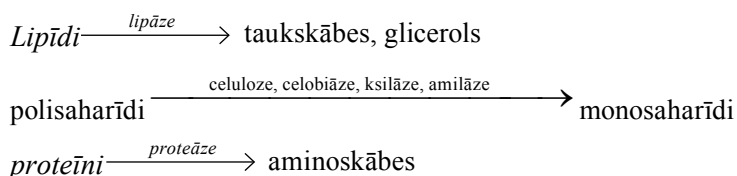


3.6.att. Biogāzes veidošanās pēc substrāta pievienošanas – periodiskuma tests (STMUGV, 2004)

3.2.1. Hidrolīze

Teorētiski hidrolīze ir pirmais anaerobās fermentācijas posms, kura laikā saliktas organiskās vielas (polimēri) tiek sadalīti mazākās vienībās, ko sauc par monomēriem un oligomēriem. Tādi polimēri kā ogļhidrāti, lipīdi, nukleīnskābes un proteīni tiek pārveidoti glikozē, glicerolā, purīnā, piridīnos u.c.

Hidrolīzes baktērijas izdala hidrolīzes enzīmus, pārveidojot biopolimērus vienkāršākos un šķīstošos komponentos, kā parādīts zemāk.



Minētās procesu ķēdes notiek vienlaikus un vienviet bioreaktorā. Pilnīgas sadalīšanās ātrums ir atkarīgs no ķēdes lēnākās reakcijas. Biogāzes staciju gadījumā, pārstrādājot augu substrātus, kas satur celulozi, hemicelulozi un lignīnu, sadalīšanās ātrumu nosaka hidrolīze. Hidrolīzē ir iesaistīts ļoti plašs baktēriju loks. To veic eksoenzīmi, kurus rada tās baktērijas, kas uzbrūk neizšķīdušajām daļiņām. Hidrolīzes galaproduktus tālāk sadala/fermentē attiecīgas baktērijas un izmanto tos arī savos metaboliskajos procesos.

3.2.2. Skābju veidošanās

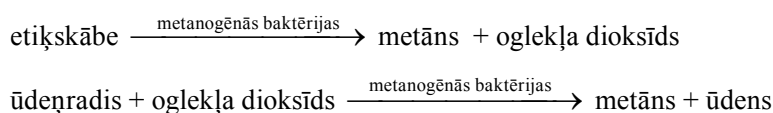
Skābju veidošanās posmā skābi veidojošās baktērijas pārvērš hidrolīzes produktus metanogēnos substrātos. Vienkāršie cukuri, aminoskābes un taukskābes tiek sadalītas acetātā, oglekļa dioksīdā un ūdeņradī (70%), kā arī gaistošajās taukskābēs un alkoholos (30%).

3.2.3. Acetona grupas savienojumu veidošanās

Acetona grupas savienojumu veidošanās posmā skābju veidošanās posma produkti, kas nav tieši pārveidojami metānā, metānveidojošo baktēriju ietekmē tiek pārveidoti par metanogēniem substrātiem. Gaistošās taukskābes un alkoholi tiek oksidēti par metanogēniem substrātiem: acetātu, ūdeņradi un oglekļa dioksīdu. Gaistošās taukskābes, kuru oglekļa atomu ķēdes ir garākas par diviem atomiem, un alkoholi, kuru oglekļa atomu ķēdes ir garākas par vienu atomu, tiek oksidēti acetātā un ūdeņradī. Ūdeņraža iegūšana palielina ūdeņraža parciālo spiedienu. Tas uzskatāms par acetona grupas savienojumu veidošanās posma atkritumu un kavē acetona grupas savienojumus veidojošo baktēriju metabolismu. Metāna veidošanās posmā ūdeņradis tiek pārveidots metānā. Acetona grupas savienojumu veidošanās posms un metāna veidošanās posms parasti notiek paralēli kā divu organismu grupu simbioze.

3.2.4. Metāna veidošanās

Metāna un oglekļa dioksīda ieguvī no starpproduktiem veic metanogēnās baktērijas. 70% no radītā metāna ir no acetāta, kamēr atlikušie 30% nāk no ūdeņraža un CO₂ pārveides, notiekot šādi reakcijai:



Metāna veidošanās ir visa fermentācijas procesa izšķirošais posms, jo tā ir procesa vislēnākā bioķīmiskā reakcija. Metāna veidošanos būtiski ietekmē darba apstākļi. To ietekmē, piemēram, šādi faktori: izejvielu salikums, padeves rādītāji, temperatūra un pH. Bioreaktora pārslodze, temperatūras izmaiņas vai liela skābekļa daudzuma ieplūšana pārtrauc metāna veidošanos.

3.3. Anaerobās fermentācijas parametri

Anaerobās fermentācijas efektivitāte ir atkarīga no dažiem būtiskiem parametriem, tāpēc ir ļoti svarīgi, lai anaerobajiem mikroorganismiem tiktu nodrošināti piemēroti apstākļi. To augšanu un aktivitāti būtiski ietekmē skābekļa neesamība, temperatūra, pH vērtība, barības vielu piegāde, maisīšanas intensitāte, kā arī inhibitoru klātbūtne un daudzums. Metāna baktērijas ir ļoti prasīgas pret anaerobajiem apstākļiem, tāpēc skābekļa klātbūtne raudzēšanas procesā noteikti nebūtu pieļaujama.

3.3.1. Temperatūra

Temperatūras izvēle un kontrole ir izšķirīga anaerobajā fermentācijā. Nepieciešamo procesu temperatūru nodrošina bioreaktora iekšpusē esošās grīdas un sienu apsildes sistēmas. Praksē ražošanas temperatūru izvēlas atkarībā no izmantotās izejvielas.

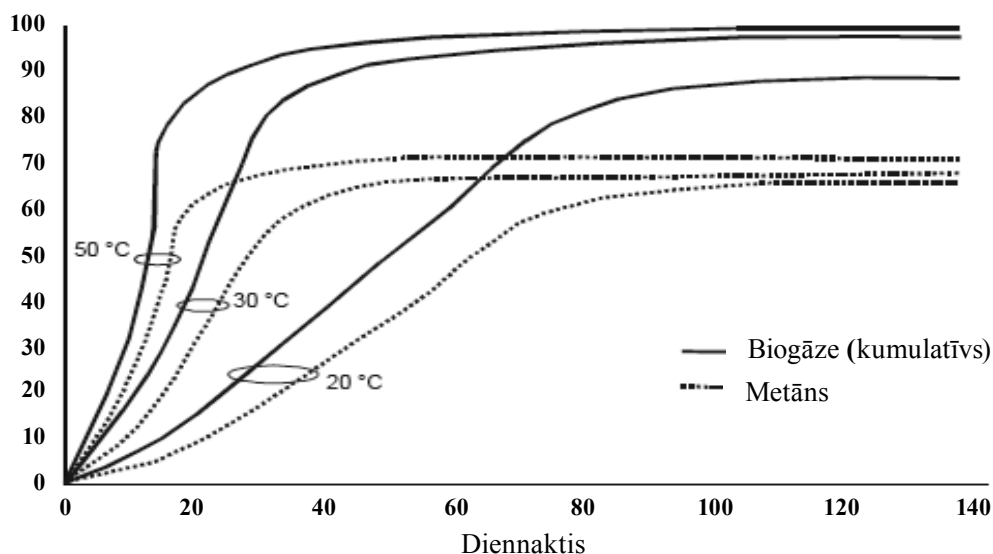
Anaerobās fermentācijas process var notikt dažādās temperatūrās. Tās var iedalīt trijās temperatūru grupās: psihrofīlā (zem 25°C), mezofīlā (25°C – 45°C) un termofīlā (45°C – 70°C). Ir tieša saistība starp procesu temperatūru un substrāta izturēšanas laiku (skat. 3.4.tabulu).

3.4.tabula

Termiskais posms un tipiskais substrāta izturēšanas laiks

Termiskais posms	Procesa temperatūras	Minimālais izturēšanas laiks
psihrofīlais	< 20 °C	70 līdz 80 diennaktis
mezofīlais	30 līdz 42 °C	30 līdz 40 diennaktis
termofīlais	43 līdz 55 °C	15 līdz 20 diennaktis

Relatīvie biogāzes iznākuma rādītāji atkarībā no temperatūras un substrāta izturēšanas laika ilustrēti 3.7.attēlā.



3.7.att. Relatīvie biogāzes iznākumi atkarībā no temperatūras un substrāta izturēšanas laika (STMUGV, 2004)

Daudzas Eiropas biogāzes stacijas darbojas ar termofīlām procesu temperatūrām, jo tad ir augstāki metānveidojošo baktēriju augšanas rādītāji. Termofīlais anaerobās fermentācijas process sniedz daudz priekšrocību, salīdzinot ar mezofīlo un psihrofīlo procesu:

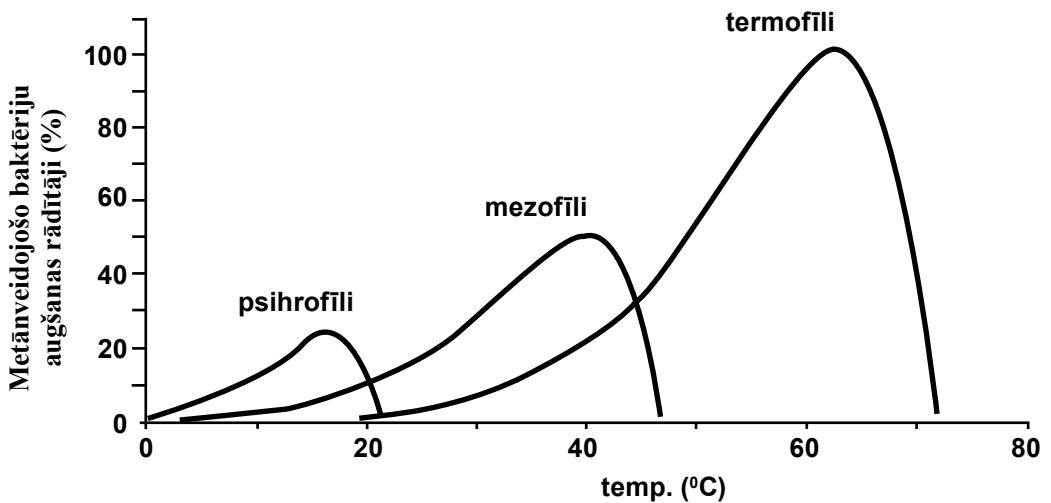
- efektīva patogēnu sabrukšana;
- samazināts substrāta izturēšanas laiks, padarot procesu ātrāku un efektīvāku;
- uzlabota fermentācijas spēja un substrātu pieejamība;
- labāka cieta substrātu noārdīšanās un labāka substrāta izmantošana;
- labāka šķīdumu un cieta frakciju atdalīšanas iespēja.

Galvenie termofīlā procesa trūkumi ir:

- lielāks nelīdzsvarotības līmenis;
- lielāka vajadzība pēc enerģijas augstās temperatūras dēļ;
- lielāks amonjaka inhibēšanas risks.

Ražošanas temperatūra ietekmē amonjaka toksiskumu. Palielinoties temperatūrai, amonjaka toksiskums pieaug, un no tā var atbrīvoties, samazinot procesu temperatūru. Tomēr, samazinot temperatūru līdz 50°C vai zemāk, termofīlo mikroorganismu augšanas rādītāji strauji krītas, un var rasties mikrobu populācijas izskalošanas risks, jo augšanas rādītāji ir mazāki par reālo substrāta izturēšanas laiku (ANGELIDAKI, 2002).

Labi funkcionējošs termofīlais bioreaktors var tikt vairāk noslogots vai darbināts ar zemāku substrāta izturēšanas laiku nekā mezofīlais. Tas ir termofīlo organismu augšanas rādītāju dēļ, kas ir augstāki nekā mezofīlajiem īpatņiem (skat. 3.8.attēlu).



3.8.att. Psihrofīlo, mezofīlo un termofīlo metānveidojošo baktēriju relatīvie augšanas rādītāji (ANGELIDAKI, 2002)

Pieredze rāda, ka lielas slodzes vai maza substrāta izturēšanas laika apstākļos termofīlajā režīmā darbinātā bioreaktorā ir augstāks gāzes iznākums un augstāks pārveides rādītājs nekā mezofīlajā bioreaktorā.

Fermentācijas savienojumu viskozitāte ir apgriezti proporcionāla temperatūrai. Substrāts ir daudz šķidrāks augstākās temperatūrās, un tā tiek veicināta izšķīdināto materiālu difūzija.

Dažādu komponentu šķīdība (NH_3 , H_2 , CH_4 , H_2S , gaistošās taukskābes) arī ir atkarīga no temperatūras (skat. 3.5.tabulu). Tas var būt ļoti nozīmīgi vielām, kam ir kavējoša ietekme uz procesu.

3.5.tabula
Temperatūras un šķīdības ūdenī attiecība dažām gāzēm (ANGELIDAKI, 2002)

Gāze	Temperatūra (°C)	Šķīdība mmol/l ūdens	Mainītā šķīdība 50°C-35°C
H_2	35	0.749	3.3 %
	50	0.725	
CO_2	35	26.6	36 %
	50	19.6	
H_2S	35	82.2	31 %
	50	62.8	
CH_4	35	1.14	19 %
	50	0.962	

Termofīlā ražošanas temperatūra nodrošina ātrākas ķīmiskās reakcijas un tādā veidā arī labāku metāna ieguves efektivitāti, lielāku šķīdību un mazāku viskozitāti. Termofīlā procesa lielā enerģijas nepieciešamība ir attaisnojama ar lielāku biogāzes iznākumu. Ir svarīgi fermentācijas procesā uzturēt nemainīgu temperatūru, jo temperatūras izmaiņas vai svārstības negatīvi ietekmēs biogāzes iegūšanu.

Termofīlās baktērijas ir daudz jutīgākas pret temperatūras svārstībām amplitūdā +/-1°C, un tām ir nepieciešams ilgāks laiks, lai adaptētos jaunajai temperatūrai un sasniegtu maksimālo metāna izstrādes punktu. Mezofīlās baktērijas ir mazāk jutīgas. Tās pārcieš temperatūras svārstības +/- 3°C bez ievērojamas metāna izstrādes samazināšanās.

3.3.2. pH vērtība

pH vērtība ir šķīduma skābju un sārmu līmeņa mērvienība. pH ietekmē metānveidojošo mikroorganismu augšanu, un var ietekmēt dažu anaerobajai fermentācijai svarīgu savienojumu (amonjaks, sulfīdi, organiskās skābes) disociāciju. Metāna rašanās notiek relatīvi šaurā pH intervālā no aptuveni 5.5 līdz 8.5 ar optimuma intervālu no 7 līdz 8 lielākajai daļai metānveidojošo baktēriju, kamēr skābi veidojošajām baktērijām daudzos gadījumos ir mazāka pH optimuma vērtība.

Mezofīlās fermentācijas pH optimuma intervāls ir starp 6.5 un 8, un process tiek būtiski kavēts, ja pH vērtība samazinās zem 6 vai pārsniedz 8.3. Oglekļa dioksīda šķīdība ūdenī, pieaugot temperatūrai, samazinās. Tāpēc pH vērtība termofīlajos bioreaktoros ir augstāka nekā mezofīlajos, jo izšķīdušais oglekļa dioksīds, reaģējot ar ūdeni, veido ogļskābo gāzi.

pH vērtību var palielināt amonjaks, kas rodas proteīnu noārdīšanās procesā vai amonjakam esot padeves straumē, bet gaistošo taukskābju akumulācija samazina pH vērtību.

pH vērtība anaerobajos reaktoros galvenokārt tiek kontrolēta ar karbonāta bufervielu sistēmu, tāpēc biogāzes bioreaktoru pH vērtība ir atkarīga no CO₂ parciālā spiediena un sārņu un skābju komponentu koncentrācijas šķidrā fāzē. Ja notiek skābju vai sārņu akumulācija, bufervielu kapacitāte neitralizē pH izmaiņas līdz noteiktam līmenim. Kad sistēmas bufervielu kapacitāte ir pārsniegta, pH vērtībās parādās būtiskas izmaiņas, pilnībā kavējot procesu.

3.3.3. Gaistošās taukskābes

Gaistošās taukskābes ir vidusposma savienojumi, kuru oglekļa atomu ķēdes garums ir seši vai mazāk atomi un kas rodas skābju veidošanās rezultātā (piemēram, acetāts, propionāts, butirāts un laktāts). Anaerobās fermentācijas procesa stabilitāte un starpproduktu koncentrācija ir saistīti.

Procesu nestabilitāte var novest pie gaistošo taukskābju akumulācijas bioreaktorā, kas var novest pie pH vērtības krituma. Tomēr gaistošo taukskābju akumulācija ne vienmēr izpaudīsies kā pH vērtības kritums dažu biomasas veidu bufervielu kapacitātes dēļ. Piemēram, kūsmēsliem ir papildu sārmainība, kas nozīmē, ka gaistošo taukskābju akumulācijai ir jāpārsniedz noteikts līmenis, lai tas būtu pamanāms ievērojamas pH vērtības samazināšanās dēļ. Šādā gadījumā skābes koncentrācija bioreaktorā varētu būt tik augsta, ka anaerobās fermentācijas process tiks būtiski kavēts.

Anaerobās fermentācijas substrāta bufervielu kapacitāte var būt dažāda. Dānijas pieredze rāda, ka liellopu kūsmēsļu bufervielu kapacitāte atšķiras pa gadalaikiem, ko, iespējams, ietekmē liellopu barības sastāvs. Tāpēc mājdzīvnieku kūsmēsļu pH vērtība ir mainīga, un to ir grūti izmantot procesa nestabilitātes noteikšanai, jo tā mainās ļoti maz un ļoti lēni. Tomēr ir svarīgi atzīmēt, ka pH vērtība var būt ātrs, relatīvi uzticams un lēns veids, kā iespējams noteikt sistēmas nestabilitāti daudz vajākās bufervielu sistēmās, piemēram, dažādu notekūdeņu veidu anaerobās fermentācijas sistēmās.

Anaerobās fermentācijas procesu uzvedību dažādi ietekmē gaistošo taukskābju koncentrācijas, piemēram, viena un tā pati gaistošo taukskābju koncentrācija var būt optimāla vienam bioreaktoram, bet kavējoša citam. Viens no iespējamajiem skaidrojumiem ir fakts, ka katrā bioreaktorā atšķiras baktēriju populāciju sastāvs.

3.3.4. Amonjaks

Galvenais amonjaka avots anaerobās fermentācijas procesā ir proteīni. Amonjaks ir svarīga barības viela, un tam ir svarīga funkcija anaerobās fermentācijas procesā. Pārāk liela amonjaka koncentrācija, it īpaši apvienotā formā, ir atbildīga par procesu kavēšanu. Tāpēc amonjaka koncentrācija jāuztur zem 80 mg/l.

Anaerobās fermentācijas kavēšana amonjaka (NH₃/NH₄⁺) ietekmē ir labi zināma parādība. Tas ir raksturīgs kūsmēsļu anaerobajai fermentācijai, jo tajā ir relatīvi liela NH₄⁺/NH₃ koncentrācija, kas rodas no kūsmēsļos esošā urīna. Metānveidojošās baktērijas ir īpaši jutīgas pret amonjaka izraisīto kavēšanu. Brīvā amonjaka koncentrācija ir tieši proporcionāla temperatūrai, tāpēc anaerobās fermentācijas procesos, kas notiek termofīlajās temperatūrās, ir palielināts amonjaka izraisītās kavēšanas risks, salīdzinot ar mezofīlajām temperatūrām. Kā iemeslu var minēt to, ka aktīvie komponenti, kas atbild par amonjaka izraisīto kavēšanu, ir amonjaka apvienotā forma. Brīvais amonjaks, NH₃, varētu būt amonjaka frakcija, kas tieši izraisa kavēšanu. Brīvā amonjaka koncentrācija tiek aprēķināta ar līdzsvara attiecību:

$$[NH_3] = \frac{[T-NH_3]}{(1 + \frac{H^+}{K_a})}$$

kur
 $[NH_3]$ brīvā amonjaka koncentrācija;
 $[T-NH_3]$ kopējā amonjaka koncentrācija;
 K_a disociācijas konstante.

Vērtības pieaug kopā ar temperatūru. Tas nozīmē, ka pieaugošs pH un pieaugoša temperatūra palielinās kavēšanu, jo šie faktori palielinās brīvā amonjaka daļu. Kad process tiek kavēts amonjaka ietekmē, gaistošo taukskābju koncentrācijas pieaugums samazinās pH. Tas daļēji neitralizēs amonjaka ietekmi, jo samazinās brīvā amonjaka koncentrāciju.

3.3.5 Mikroelementi, barības vielas un toksiskie savienojumi

Mikroelementi, tādi kā dzelzs, niķelis, kobalts, selēns, molibdēns un volframs, ir tikpat svarīgi anaerobās fermentācijas baktēriju augšanai un izdzīvošanai kā makroelementi. Optimālā makroelementu – oglekļa, slāpekļa, fosfora un sēra (C:N:P:S) – attiecība ir 600:15:5:1. Nepietiekams barības vielu un mikroelementu nodrošinājums un arī pārāk augsta substrāta fermentācijas spēja var radīt kavēšanu un anaerobās fermentācijas procesu traucējumus.

Cits faktors, kas ietekmē anaerobās baktērijas, ir toksisko savienojumu klātbūtne. Tie var nonākt anaerobās fermentācijas sistēmā kopā ar izejvielām, bet tie var arī rasties procesa laikā. Robežvērtību izmantošana ir sarežģīta, jo toksiskie materiāli var būt iesaistīti ķīmiskajos procesos un anaerobie mikroorganismi, ar dažiem ierobežojumiem, var piemēroties vides apstākļiem.

3.4. Darbības parametri

3.4.1. Organiskā slodze

Biogāzes stacijas celtniecība ir ekonomisko un tehnisko apsvērumu apvienojums. Maksimālais biogāzes iznākums, ko sasniedz, pilnībā fermentējot substrātu, var prasīt ilgu substrāta izturēšanas laiku un attiecīgu bioreaktora lielumu. Praksē sistēmas veida, t.i., bioreaktora lieluma un veida, izvēle ir balstīta uz kompromisu starp maksimālo biogāzes iznākumu un attaisnojamo ekonomiju. Šajā gadījumā organiskā slodze ir svarīgs darbības parametrs, kas parāda, cik daudz organiskās sausas var ievadīt bioreaktorā uz tilpuma m^3 un laika vienību saskaņā ar zemāk redzamo vienādojumu:

$$B_R = m * c / V_R * 100,$$

kur
 B_R organiskā slodze, $kg/dn * m^3$;
 m substrāta masa, kas ievadīta laika vienībā, kg/dn ;
 c organiskās sausas koncentrācija, %;
 V_R bioreaktora tilpums, m^3 .

3.4.2. Substrāta izturēšanas laiks

Svarīgs bioreaktora apjoma noteikšanas parametrs ir substrāta izturēšanas laiks bioreaktorā. Substrāta izturēšanas laiks ir vidējais laika intervāls, kad substrāts tiek turēts bioreaktorā. Substrāta izturēšanas laiks ir saistīts ar bioreaktora tilpumu (V_R) un substrāta apjomu, kas ievadīts laika vienībā, saskaņā ar šādu vienādojumu:

$$HRT = V_R / V,$$

kur

HRT substrāta izturēšanas laiks, dn;

V_R bioreaktora tilpums, m^3 ;

V substrāta apjoms, kas ievadīts laika vienībā, m^3/dn .

Saskaņā ar augstāk redzamo vienādojumu pieaugoša organiskā slodze samazinās substrāta izturēšanas laiku. Šim laikam ir jābūt pietiekami ilgam, lai nodrošinātu, ka baktēriju daudzums, kas tiek aizvadīts ar pārstrādāto substrātu, nav lielāks par atjaunoto baktēriju daudzumu (piemēram, anaerobo baktēriju pavairošanās rādītājs ir 10 un vairāk diennaktis). Īss substrāta izturēšanas laiks nodrošina labu substrāta plūsmas rādītāju, bet samazina gāzes izstrādes apjomu, tāpēc ir svarīgi pielāgot substrāta izturēšanas laiku izmantotā substrāta īpatnējam sadalīšanās rādītājam. Tāpēc tiek noteikts mērķis izturēšanas laika ilgumam. Zinot mērķa izturēšanas laiku, ikdienas izejvielu ievadīšanu un substrāta sadalīšanās rādītājus, ir iespējams aprēķināt nepieciešamo bioreaktora tilpumu.

3.4.3. Parametru saraksts

Biogāzes staciju novērtēšanai un dažādu sistēmu salīdzināšanai var izmantot dažādus parametrus (skat. 3.6.tabulu).

3.6.tabula

Biogāzes stacijas darbības parametri (SCHNELL, 2008)

Parametrs	Simbols Formula	Mērvienība	Noteikšanas veids
Temperatūra	T	°C	Mērījumi darbības laikā
Darba spiediens	P	mbar	Mērījumi darbības laikā
Ražība	V	m^3/dn ; t/dn	Mērījumi
Reaktora tilpums	V_R	m^3	Nosaka konstrukcija
Gāzes daudzums	V diennaktī	m^3/dn ; m^3/a	Mērījumi darbības laikā un pārveide uz Nm^3
Izturēšanas laiks (minimālais nodrošinātais)	HRT, MGRT	D	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Organiskā slodze		$kg\ oTS / (m^3 * dn)$	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Metāna koncentrācija biogāzē	CH_4	%	Mērījumi darbības laikā

Parametrs	Simbols Formula	Mērvienība	Noteikšanas veids
Īpatnējais biogāzes iznākums		%	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Īpatnējā biogāzes ieguve		m ³ / m ³	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Bruto enerģija		kWh	Nosaka pēc biogāzes daudzuma un metāna koncentrācijas un sadegšanas siltuma
Elektroenerģijas ražošana		kWh	Mērījumi koģenerācijas stacijā
Tīklā padotā enerģija		kWh	Mērījumi koģenerācijas stacijā
Koģenerācijas stacijas efektivitāte	H	%	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Stacijā patērētais siltumapgādei, elektroapgādei		kWh	Vispirms, balstoties uz plānošanu, tad mērījumi darbības laikā
Īpatnējā enerģija stacijas siltumapgādei vai elektroapgādei		kWh/m ³ ievade kWh/GV	Aprēķini, izmantojot darbības datus
Enerģijas ražošana		kWh	Izmantojamās enerģijas daudzums. Aprēķini, izmantojot darbības datus
Stacijas efektivitāte	H	%	Neto enerģija
Pieejamība		%	Stundas procentos gadā, ko stacija pilnībā strādā
Izmantošana		%	Reālā apjoma ievades rādītāji, salīdzinot ar plānoto kapacitāti
Kopējās investīcijas		€	Visas biogāzes stacijas radītās izmaksas
Subsīdijas		€	Iepriekš noteikts
Subsīdiju procents		%	Visas subsīdijas procentuāli no kopējām investīcijām
Īpatnējās investīcijas		€/m ³ reaktora €/GV	Ir svarīgs, ja tiek izmantoti galvenokārt lopkopības kūtsmēsli
Īpatnējās apstrādes izmaksas		€/m ³ ievade; €/GV	Kalkulācija

Literatūrā atrodamas divas galvenās parametru kategorijas:

- darbības dati, ko nosaka ar mērījumiem;
- parametri, ko aprēķina no mērījumu datiem.

Lai novērtētu biogāzes stacijas veiktspēju, ir jāveic daudzkritēriju analīze. Ņemot par pamatu vienu kritēriju, nevar pienācīgi novērtēt procesu. Vienmēr ir jāiekļauj ekonomiskie parametri, lai noteiktu, vai biogāzes stacijā ieguldītās investīcijas atmaksāsies pieņemamā laika posmā.

4. Galvenie biogāzes lietojuma veidi

Biogāzes ražošana anaerobās fermentācijas ceļā mūsdienu sabiedrībā tiek plaši izmantota lopkopības atkritumu (kūtsmēslu un vircu) apstrādei, lai ražotu atjaunojamu enerģiju un uzlabotu kūtsmēslu kā mēslojuma īpašības.

Valstīs ar intensīvu lauksaimniecisko ražošanu arvien striktākie regulējumi, kas skar kūtsmēslu un augu atkritumu uzglabāšanu un pārstrādi, palielina interesi par anaerobo fermentāciju. Turklāt pēdējie atklājumi ir arī parādījuši pieaugošu interesi zemnieku vidū, kas ir saistīta ar enerģētisko kultūru audzēšanu, lai to izmantotu biogāzes ražošanā. Anaerobās fermentācijas tehnoloģijas ir arī galvenās tehnoloģijas notekūdeņu dūņu primārajai un sekundārajai stabilizācijai, biomasas, pārtikas un fermentācijas rūpniecības notekūdeņu apstrādei, kā arī cieto sadzīves atkritumu organisko frakciju apstrādei. Īpašs veids ir biogāzes iegūšana no atkritumu poligoniem.

4.1. Lauksaimniecības biogāzes stacijas

Lauksaimniecības biogāzes stacijas izmanto galvenokārt lauksaimniecības izejvielas (piemēram, kūtsmēslus un vircas, augu kultūru atliekas un blakusproduktus, enerģētiskās kultūras).

Liellopu un cūku kūtsmēsli un vircas ir daudzu lauksaimniecības biogāzes staciju galvenā izejviela, kaut arī pēdējos pāris gados ir pieaudzis to staciju skaits, kas izmanto enerģētiskās kultūras. Neapstrādātus kūtsmēslus un vircas parasti izmanto kā mēslojumu, bet anaerobā fermentācija paaugstina šī mēslojuma vērtību:

- dažādu dzīvnieku, piemēram, liellopu, cūku, mājputnu, kūtsmēsli un vircas tiek sajauktavienā bioreaktorā, veidojot daudz sabalansētāku barības vielu sastāvu;
- anaerobā fermentācija sadala saliktās organiskās vielas (ieskaitot organisko slāpekli) un pa lielina augiem pieejamo barības vielu daudzumu;
- kūtsmēslu kofermentācija ar citiem substrātiem, piemēram, lopkautuvju atkritumiem, tauku un eļļas atlikumiem, sadzīves atkritumiem, augu atliekām utt., pievieno izejvielu maisījumam nozīmīgu barības vielu daudzumu.

Pēc to relatīvā lieluma, funkcijas un atrašanās vietas ir trīs galvenās lauksaimniecības anaerobās fermentācijas iekārtas:

- vienai ģimenei domātas biogāzes iekārtas (maza izmēra);
- vienai zemnieku saimniecībai domātas biogāzes stacijas (vidēja un liela izmēra);
- centralizētas kofermentācijas stacijas (vidēja un liela izmēra).

4.1.1. Vienai ģimenei domātas biogāzes stacijas

Biogāzes staciju celtniecības tehnoloģijas katrā valstī atšķiras atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem un nacionālā ietvara (normatīvās bāzes, enerģijas politikām, enerģijas pieejamības un iespējām to atļauties).

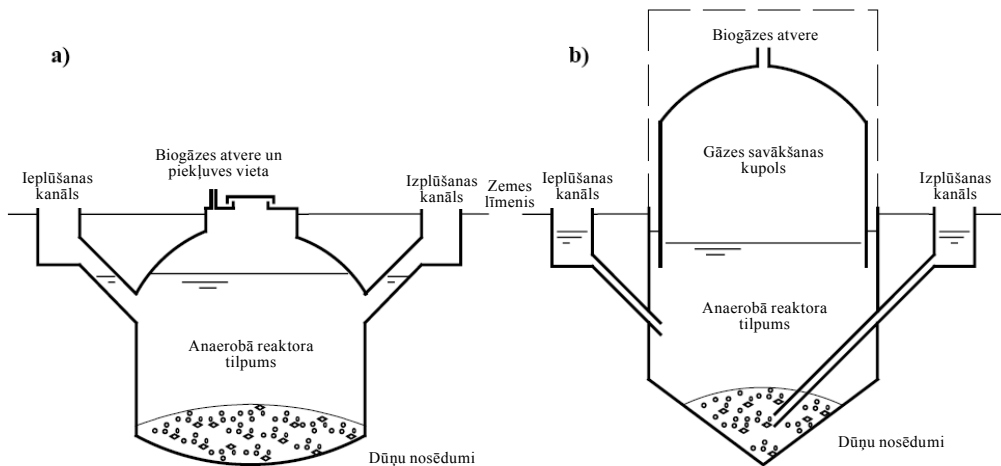
Attīstības valstīs, piemēram, Nepālā, Ķīnā, Indijā, darbojas miljoniem vienai ģimenei piemērotu biogāzes staciju, kurās izmanto vienkāršas tehnoloģijas. Anaerobajā fermentācijā kā izejvielas izmanto atkritumus, kas rodas māsaimniecībā un/vai lauksaimniecībā, un saražoto biogāzi izmanto gatavošanai un apgaismojumam. Bioreaktori ir vienkārši, lēti, robusti, viegli vadāmi un uzturami, un tos var izveidot no lokāli ražotiem materiāliem. Parasti tajos nav

kontroles instrumentu un ražošanas siltuma (psihrofīlās vai mezofīlās darbības), jo daudzi no tiem tiek darbināti siltos klimatos un tiem ir ilgs substrāta izturēšanas laiks.

a) Ķīnas biogāzes stacijas tips (skat. 4.1a.attēlu) ir pazemes reaktors, parasti 6 līdz 8 m³ liels. To apgādā ar mājsaimniecības notekūdeņiem, kūsmēsliem un organiskajiem sadzīves atkritumiem. Reaktors tiek darbināts daļēji nepārtrauktā režīmā, kur jauns substrāts tiek pievienots vienu reizi diennaktī un atbilstošs daudzums notecinātā šķidrums maisījuma vienu reizi diennaktī tiek aizvadīts. Reaktorā nenotiek maisīšana, tāpēc atlikušo cietvielu nosēdumi ir jāaizvāc 2-3 reizes gadā. Šajā gadījumā tiek aizvākts liels substrāta daudzums, un maza daļa (apmēram viena piektdaļa no reaktora satura) paliek kā ieraugs. Pirmais Ķīnas reaktors tika uzcelts 1958. gadā (ANGELIDAKI & ELLEGARD 2003).

b) Indijas biogāzes stacijas tips (skat. 4.1b.attēlu) ir līdzīgs Ķīnas tipam, jo tas ir vienkāršs pazemes reaktors sadzīves un mazu zemnieku saimniecību atkritumiem. Atšķirība ir tā, ka pārstrādātais substrāts tiek savākts reaktora apakšā un peldošs gāzes kupols kalpo kā biogāzes rezervuārs.

c) Cits mazas biogāzes stacijas tips ir pārvietojama stacija, kas sastāv no horizontāla cilindriska reaktora. Substrāts tiek ievadīts vienā galā, un pārstrādātais substrāts tiek savākts otrā galā. Substrāts pārvietojas caur reaktoru kā virzuļplūsma, un iznākuma daļa tiek recirkulēta, lai atšķaidītu jaunievadītās masas un nodrošinātu ieraugu.



4.1.att. Lauksaimniecības biogāzes reaktoru tipu principi: a) Ķīnas tips; b) Indijas tips (ANGELIDAKI & ELLEGARD, 2003)

4.1.2. Vienai zemnieku saimniecībai domātas biogāzes stacijas

Mūsdienās pieaug zemnieku interese par anaerobo fermentāciju. Biogāzes ražošana rada zemniekiem jaunas biznesa iespējas, samazina atkritumus un rada augstas kvalitātes mēslojumu. Visā pasaulē ir daudz vienai zemnieku saimniecībai domātu staciju veidu un koncepciju. Eiropā tādas valstis kā Vācija, Austrija un Dānija ir šāda mēroga biogāzes ražošanas pionieres.

Šāda mēroga stacija ir pievienota tikai vienai saimniecībai, fermentējot pašas saimniecības saražotās izejvielas. Lai palielinātu biogāzes ieguves apjomu, daudzas biogāzes stacijas kofermentē arī mazus ar metānu bagātu substrāta apjomus, piemēram, eļļainus zivju pārstrādes atkritumus

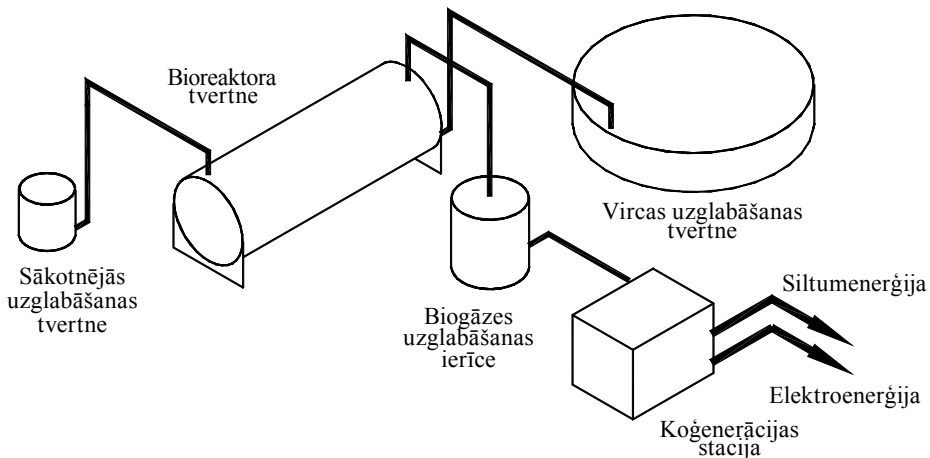
un augu eļļas atliekas utt. Vienai zemnieku saimniecībai domātās biogāzes stacijas var saņemt un apstrādāt kūtsmēslus no vienas vai divām kaimiņu saimniecībām, piemēram, pa cauruļvadiem, kas savieno šīs saimniecības ar anaerobās fermentācijas ierīci.

Vienai zemnieku saimniecībai domātās biogāzes stacijas var atšķirties lieluma, dizaina un tehnoloģiju ziņā. Dažas stacijas var būt ļoti mazas un tehnoloģiski vienkāršas, kamēr citas ir lielas un sarežģītas, līdzīgas centralizētām kofermentācijas stacijām (skat. 4.1.3.nodaļu). Tomēr visām tām ir kopīgs izkārtojuma princips: kūtsmēsli tiek savākti pie bioreaktora esošajā iepriekšējās uzglabāšanas tvertnē un tiek sūknēti bioreaktorā. Bioreaktors ir gāzniecaurilaidīga, tērauda vai betona tvertne, kas ir izolēta, lai uzturētu nemainīgu procesa temperatūru (mezofīlo, apmēram 35°C, vai termofīlo, apmēram 55°C).

Bioreaktori var būt horizontāli vai vertikāli, parasti ar maisīšanas sistēmām, kas ir atbildīgas par substrāta sajaukšanu un homogēnas masas izveidi un samazina peldošo slāņu izveidošanās un nosēdumu risku. Maisīšana arī garantē mikroorganismu apgādi ar visām nepieciešamajām barības vielām. Vidējais substrāta izturēšanas laiks parasti ir starp 20 un 40 diennaktīm. Tas ir atkarīgs no substrāta veida un fermentācijas temperatūras.

Pārstrādātais substrāts tiek izmantots saimniecībā kā mēslojums, un pārpalikums tiek pārdots citām apkaimes saimniecībām. Saražotā biogāze tiek izmantota gāzes dzinējā elektroenerģijas un siltuma ražošanai. Apmēram 10 līdz 30% no saražotā siltuma un elektroenerģijas tiek izmantoti biogāzes iekārtas darbināšanai un zemnieka sadzīves vajadzībām, kamēr atlikums tiek pārdots enerģētikas uzņēmumiem un attiecīgi tuvējiem siltuma patērētājiem.

Tipiskas vienai zemnieku saimniecībai domātās biogāzes stacijas pamatuzbūve ar horizontālu, no nerūsējošā tērauda izgatavotu bioreaktoru ir parādīta 4.2. un 4.3. attēlā.



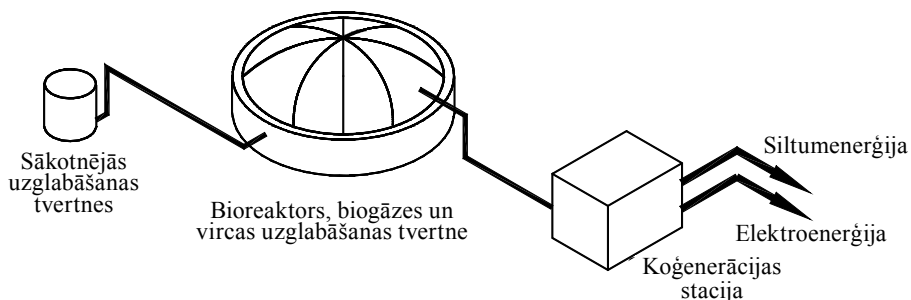
4.2.att. Vienai zemnieku saimniecībai domātās biogāzes stacijas ar horizontālu tērauda bioreaktoru shematiskais attēlojums (HJORT-GREGERSEN, 1998).

Bez bioreaktora, kura tilpums ir 150-200 m³ un kas ir aprīkots ar lēni rotējošu maisīšanas sistēmu, iekārta sastāv no iepriekšējās uzglabāšanas tvertnes kūtsmēsliem, glabāšanas tvertnes fermentētajai biomasai un koģenerācijas iekārtas. Anaerobās fermentācijas process ir mezofīls vai pat daļēji termofīls (35-48°C), un substrāta izturēšanas laiks ir 15-25 diennaktis. Biogāzes ieguves apjoms ir starp 40 un 50 m³ biogāzes uz m³ fermentētās biomasas.



4.3.att. Dānijā uzbūvētais horizontālais bioreaktors (NORDISK FOLKECENTER, 2001)

Bioreaktors var būt arī vertikāls ar konusveida apakšu (skat. 4.4. un 4.5.attēlu), t.s. “divi vienā” vircas uzglabāšanas un bioreaktora tvertne. Bioreaktors ir izveidots glabāšanas tvertnē tangenciāli pret tās sienu. Tas ir klāts ar gāzniecārlaidīgu membrānu, kas piepūšas no saražotās gāzes. Tvertne tiek maisīta ar elektrisko dzinēju. Turklāt iekārta sastāv no substrātu maisījuma sākotnējās uzglabāšanas tvertnes un koģenerācijas iekārtas. Procesa temperatūra ir 22-25°C, un substrāta izturēšanas laiks pārsniedz 50 diennaktis.



4.4.att. Vienai zemnieku saimniecībai domātas “divi vienā” stacijas ar mīksts membrānas klājumu shematisks attēlojums (HJORT-GREGERSEN, 1998)



4.5.att. Vienai zemnieku saimniecībai domāta biogāzes stacija, kurā kofermentē dzīvnieku vircas un enerģētiskās kultūras Dānijā (GROENGAS A/S)



4.6.att. Vācijā esošs vertikālais bioreaktors, kas pārstrādā cūku un māļputnu kūtsmēslus un labības skābbarību (KRIEG & FISHER, 2008)

Jaunākie vienai zemnieku saimniecībai domātu biogāzes staciju attīstības pasākumi ir saistīti ar tādu biogāzes staciju koncepciju, kas balstītas uz enerģētisko kultūru izmantošanu. Galvenā priekšrocība ir tā, ka enerģētisko kultūru enerģijas saturs ir daudz augstāks nekā lielākajā daļā organisko atkritumu. Tomēr pastāv ierobežojumi un apsvērumi, kas skar darbības izmaksas, zemes izmantošanu un pieejamību.



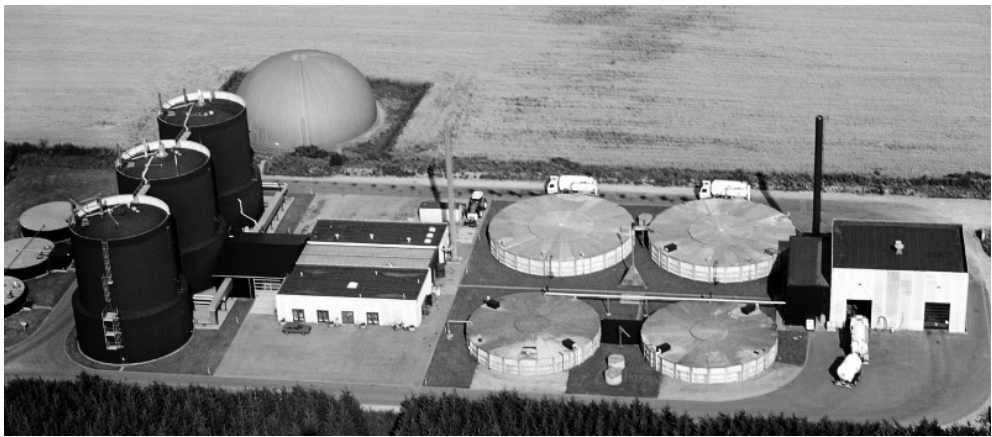
4.7.att. 2005.gadā Vācijā uzcelts vertikālais bioreaktors, kas fermentē enerģētiskās kultūras (KRIEG & FISHER, 2008)

4.1.3. Centralizētas kofermentācijas stacijas

Centralizēto kofermentācijas staciju ideja ir balstīta uz kūtsmēslu un vircu, kas savāktas no vairākām saimniecībām, fermentāciju biogāzes iekārtās, kas atrodas tieši kūtsmēslu savākšanas rajonā. Šāds biogāzes stacijas centrāls novietojums palīdz samazināt kūtsmēslu transportēšanas izmaksas, laiku un darbaspēku. Kūtsmēsli tiek fermentēti kopā ar dažādiem citiem pieejamiem izejvielu veidiem, piemēram, lauksaimniecības, pārtikas, zivju pārstrādes, agroindustrijas fermentējamiem atlikumiem, dažādas izcelsmes organiskajiem atkritumiem, notekūdeņu dūņām utt. Centralizētās kofermentācijas stacijas tiek attīstītas un plaši izmantotas Dānijā (skat. 4.8.attēlu), un arī citos pasaules reģionos, kur ir attīstīta lopkopība.

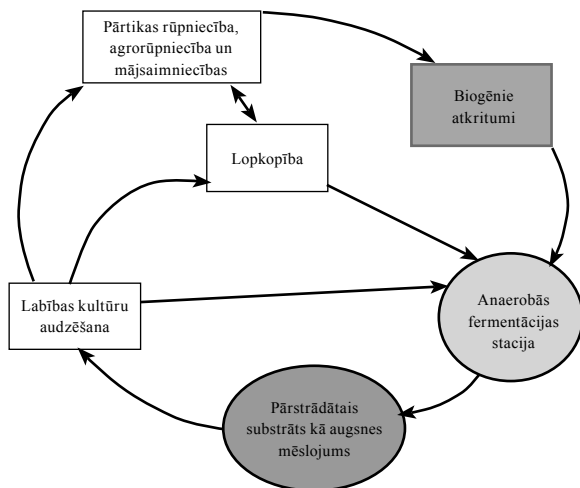
Dzīvnieku kūstmēsli un vircas, piemēram, cūku un liellopu virca, ūdeļu un mājputnu kūstmēsli, tiek savākti zemnieku saimniecības sākotnējās uzglabāšanas tvertnēs un vircas kanālos. No iepriekšējās uzglabāšanas tvertnēm tos saskaņā ar noteiktu grafiku uz biogāzes iekārtu nogādā kravas automašīnās ar speciāliem vakuuma konteineriem. Biogāzes stacijā kūstmēsli tiek sajaukti ar citiem substrātiem, padarīti homogēni un iesūknēti bioreaktorā. Biogāzes stacija ir atbildīga par svaigu kūstmēsli un vircu transportēšanu no zemniekiem uz biogāzes staciju un pārstrādātā substrāta transportēšanu no biogāzes stacijas līdz zemniekiem. Pārstrādātais substrāts tiek transportēts tieši uz laukiem, kas ir jāmēslo un kur zemnieki ir izveidojuši un izmanto noteiktu skaitu pārstrādātā substrāta pēcuzglabāšanas iekārtu.

Fermentācijas process notiek mezofilajās vai termofilajās temperatūrās, un substrāta izturēšanas laiks ir 12-25 diennaktis. Pirms fermentācijas tiek veikta substrāta sanitācija, lai efektīvi samazinātu patogēnus un nezāļu sēklas un garantētu drošu pārstrādātā substrāta pārvēršanu mēslojumā.



4.8.att. Centralizēta kofermentācijas stacija Dānijā (LEMVIG BIOGAS)

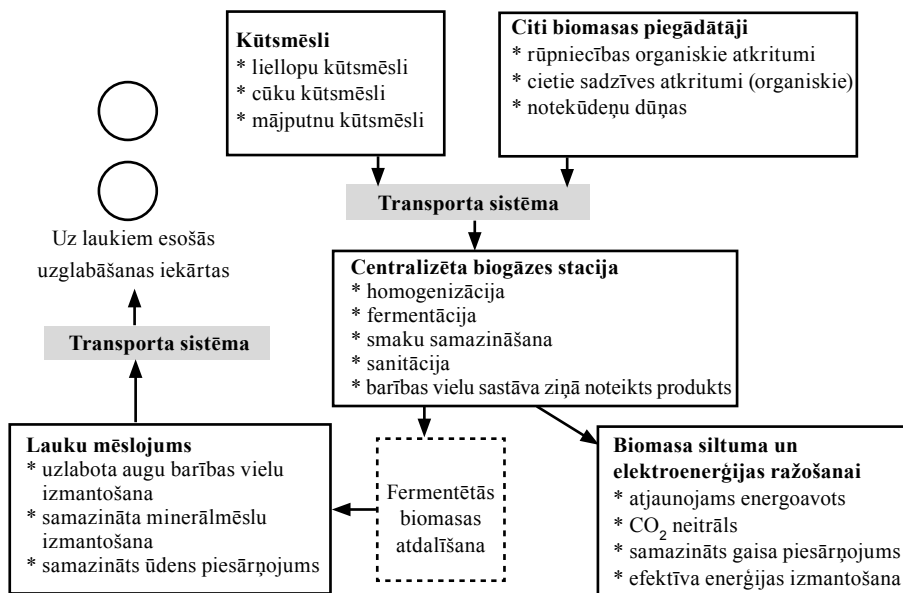
Padeves sistēma ir nepārtraukta, un biomasas maisījums tiek sūknēts iekšā un ārā no bioreaktora vienādos daudzumos un ar noteiktu sūknēšanas periodiskumu. Pārstrādātais substrāts, kas tiek izsūknēts no bioreaktora, pa cauruļvadiem tiek novadīts uz glabāšanas tvertnēm. Daudzos gadījumos tās ir klātas ar gāznecaurlaidīgu membrānu, un tajās jau zemākās temperatūrās notiek papildu biogāzes ražošana (līdz pat 15% no kopējā apjoma). Šī biogāze tiek pievienota tai, kas rodas bioreaktorā, un tiek izmantota koģenerācijā vai uzlabota un izmantota kā transportlīdzekļu degviela (piemēram, Zviedrijā). Iegūtais pārstrādātais substrāts tiek analizēts, nosakot tā barības vielu sastāva īpašības (sausna, gaistošās cietvielas, N, P, K, pH), un transportēts atpakaļ zemniekiem (vircas piegādātājiem) uz laukos esošajām pēcuzglabāšanas tvertnēm. Zemnieki saņem atpakaļ tikai to pārstrādātā substrāta daudzumu, ko viņi drīkst izmantot lauku mēslošanai saskaņā ar normatīvajiem aktiem. Pārpalikums tiek pārdots konkrētā reģiona labības audzētājiem. Visos gadījumos pārstrādātais substrāts ir iekļauts katras saimniecības mēslošanas plānos, aizstājot minerālmēslojumu. Tādā veidā biogāzes ražošana ir daļa no slēgta barības vielu cikla, pārstrādājot kūstmēslus un organiskos atkritumus (skat. 4.9.attēlu). Daudzas centralizētās stacijas ir aprīkotas ar ierīcēm pārstrādātā substrāta separācijai šķidrās un cietās frakcijās.



4.9.att. Centralizētas anaerobās fermentācijas slēgtā cikla shematisks attēlojums (AL SEADI, 2003)

Centralizētā kofermentācija ir atjaunojamās enerģijas ražošanas, organisko atkritumu un barības vielu pārstrādes integrēta sistēma. Tā rada lauksaimnieciskus, vides un ekonomiskos ieguvumus gan zemniekiem, gan biogāzes staciju operatoriem, gan sabiedrībai:

- lēta un vides ziņā droša kūtsmēsļu un organisko atkritumu pārstrāde;
- atjaunojamas enerģijas ražošana;
- siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana;
- uzlabota veterinārā drošība, pateicoties pārstrādātajam substrātam;
- uzlabota mēslošanas efektivitāte;
- mazākas smaku un mušu radītās neērtības;
- ekonomiskie ieguvumi zemniekiem.



4.10.att. Centralizētas kofermentācijas stacijas integrētās koncepcijas galvenās plūsmas (TAFDRUP, 1994 & AL SEADI, 2003)

Lielākā daļa centralizēto staciju tiek veidotas kā kooperatīvi, kur akciju turētāji un īpašnieki ir zemnieki, kas piegādā stacijām kūtsmēslus. Parasti šajos uzņēmumos ir direktoru padome, kas atbild par stacijas pārvaldību, nepieciešamā personāla algošanu un par visiem ekonomiski un tiesiski saistošajiem līgumiem, kas skar stacijas konstrukciju, izejvielu piegādi, šķidrmēslojuma izplatīšanu/pārdalīšanu, enerģijas tirdzniecību un finanses. Dānijā kooperatīvi ir pierādījuši sevi kā ekonomiski reālas un funkcionālas organizacionālas struktūras.

4.2. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas

Anaerobā fermentācija tiek plaši izmantota, lai apstrādātu primārās un sekundārās dūņas, kas radušās sadzīves notekūdeņu anaerobās apstrādes rezultātā. Sistēma apvienojumā ar modernākām sadzīves notekūdeņu attīrīšanas sistēmām tiek izmantota daudzās attīstītajās valstīs. Anaerobās fermentācijas process tiek izmantots, lai stabilizētu un samazinātu dūņu beigu daudzumu.

Anaerobās fermentācijas tehnoloģija notekūdeņu dūņu apstrādei ir kļuvusi par vispāratzītu. Daudziem ražošanas uzņēmumiem, nodrošinot notekūdeņu apstrādes iespējas, ir arī iespējas nodrošināt anaerobās fermentācijas sistēmu. Eiropas valstīs atkarībā no normatīvās bāzes un prioritātēm parasti apmēram 30 līdz 70% notekūdeņu dūņu tiek apstrādāti anaerobās fermentācijas ceļā.

Pārstrādātais substrāts tiek izmantots kā lauksaimniecības zemju mēslojums vai enerģijas iegūšanai, to sadedzinot. Dažās valstīs tas tiek apglabāts arī atkritumu poligonos. Šai praksei ir negatīva ietekme uz vidi, jo ir iespējamās barības vielu noplūdes augsnē un emisijas atmosfērā, tāpēc tā ir aizliegta lielākajā daļā Eiropas valstu.



4.11.att. Notekūdeņu attīrīšanas stacija Psitalijā, Grieķijā (EYDAPSA, 2008)

4.3. Cieto sadzīves atkritumu pārstrādes stacijas

Daudzās valstīs cietie sadzīves atkritumi tiek savākti nešķīrotā veidā un tieši dedzināti lielās spēkstacijās vai uzglabāti atkritumu poligonos. Šī prakse nozīmē izniekotu enerģiju un barības vielas, jo organiskās frakcijas var tikt atdalītas un izmantotas kā anaerobās fermentācijas izejvielas, lai ražotu enerģiju un pārstrādātu barības vielas un organiskās vielas. Pat nešķīrotus (vienā masā savāktus) atkritumus var tālāk pārstrādāt un izmantot biogāzes ražošanai.

Pēdējos gados gan šķirošanai, gan pārstrādei tiek pievērsta arvien lielāka uzmanība. Rezultātā cieta sadzīves atkritumu atdalītās frakcijas tiek apstrādātas daudz modernākā ceļā, nevis vienkārši izmestas. Organisko atkritumu izcelsme ir ļoti nozīmīga, lai noteiktu vispiemērotāko apstrādes metodi. Virtuves atkritumi parasti ir pārāk slapji, un to struktūra īsti neatbilst aerobās kompostēšanas vajadzībām, taču tie ir lieliska izejviela anaerobajai fermentācijai. Koksnes atkritumiem, savukārt, ir liela lignocelulozes materiālu proporcija, un, ja tos iepriekš neapstrādā, tie ir labāk piemēroti kompostēšanai.

Mājsaimniecību atkritumu atdalīto organisko frakciju izmantošanai biogāzes ražošanā ir liels potenciāls, un visā pasaulē tiek darbināti vairāki simti anaerobās fermentācijas stacijas, kas apstrādā cieta sadzīves atkritumu organiskās frakcijas. Mērķis ir samazināt organisko atkritumu plūsmu uz citām apstrādes sistēmām, piemēram, uz atkritumu poligoniem vai sadedzināšanu, un pārstrādāto barības vielu veidā novirzīt to atpakaļ lauksaimniecības sektoram. Organiskie mājsaimniecību atkritumi var tikt arī piegādāti kā papildu substrāts tām kofermentācijas stacijām, kas izmanto kūtsmēslus.

4.4. Rūpnieciskās biogāzes stacijas

Anaerobie procesi tiek izmantoti rūpniecisko atkritumu un notekūdeņu dūņu apstrādei jau vairāk nekā gadsimtu. Rūpniecības atkritumu un notekūdeņu anaerobā fermentācija šodien ir standarta tehnoloģija dažādu pārtikas rūpniecības, agroindustrijas un farmācijas industrijas notekūdeņu apstrādei. To var arī izmantot, lai veiktu rūpniecisko notekūdeņu pirmapstrādi. Neseno apstrādes tehnoloģiju uzlabojumu dēļ atšķaidītus rūpnieciskos notekūdeņus var arī fermentēt. Šajā anaerobās fermentācijas izmantošanas veidā Eiropa ir pasaules līdere. Pēdējos gados enerģētiskie apsvērumi un vides intereses ir ievērojami palielinājuši interesi par organisko rūpniecisko atkritumu anaerobo apstrādi.

Organisko cieta atkritumu apsaimniekošanu arvien vairāk regulē ar vidi saistītie normatīvie akti. Tās industrijas, kas izmanto anaerobo fermentāciju notekūdeņu apstrādei, ir:

- pārtikas pārstrāde: piemēram, dārzeņu konservēšana, siera un piena ražošana, lopkautuvju atkritumi, kartupeļu pārstrāde;
- dzērienu ražošana: piemēram, alus darītavas, bezalkoholiskie dzērieni, vīna darītavas, kafija, augļu sulas;
- rūpnieciskie produkti: piemēram, papīrs un kartons, gumija, ķīmikālijas, ciete un medikamenti.

Rūpnieciskās biogāzes stacijas sniedz sabiedrībai un iesaistītajām ražotnēm vairākus ieguvumus:

- pievienoto vērtību, pateicoties barības vielu pārstrādei, un samazinātas atkritumu apglabāšanas izmaksas;
- biogāze tiek izmantota, lai ražotu procesu enerģiju;
- atkritumu apstrāde uzlabo iesaistīto ražošanas uzņēmumu tēlu vides ziņā.

Ir gaidāms, ka vides un sociālie ieguvumi un citu apglabāšanas metožu augstās izmaksas palielinās rūpnieciskās biogāzes izmantošanu nākotnē.

4.5. Atkritumu poligonu gāzes reģenerācijas stacija

Poligonus var uztvert kā lielas anaerobas stacijas, kurās sadalīšanās process nav tik nepārtraukts un ir atkarīgs no poligona vecuma.

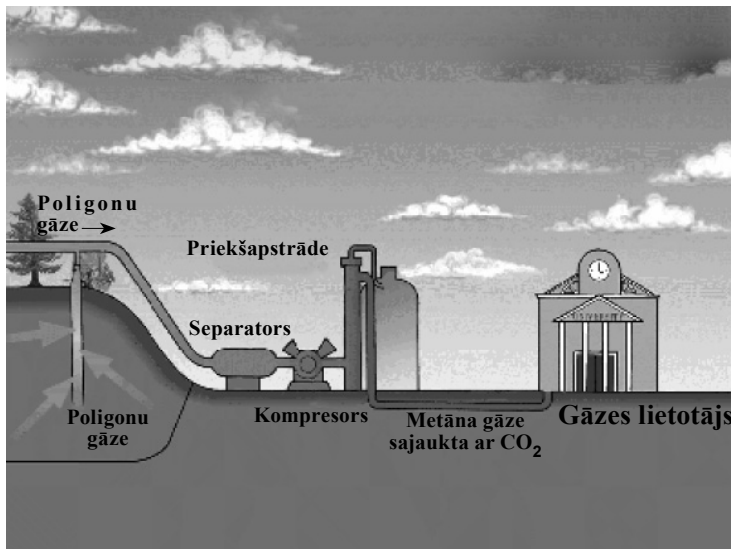
Poligonu gāzes reģenerācija ir ļoti svarīga vides aizsardzībai galvenokārt tāpēc, ka tā samazina metāna un citu poligona gāzu emisijas. Poligonu gāze ir lēts enerģijas avots, un tās sastāvs ir līdzīgs tai gāzei, kas iegūta uzstādītās fermentācijas stacijās (50-70% metāna, 30-50% oglekļa dioksīda). Poligonu gāze var saturēt toksiskas gāzes, kas rodas, sadaloties atkritumiem poligonā.

Poligonu gāzes reģenerāciju var optimizēt ar poligona pārvaldību, atkritumu smalcināšanu, organisko frakciju recirkulāciju, kā arī izmantojot poligonu kā bioreaktoru.

Poligona bioreaktors ir kontrolēts poligons, kas radīts, lai paātrinātu cieto atkritumu pārvēršanos metānā. Poligona bioreaktors parasti ir sadalīts divās kamerās un ir aprīkots ar sistēmu, kas savāc infiltrātu no kameru apakšas. Savāktais infiltrāts tiek attīrīts. Koncentrāts no attīrīšanas bieži tiek sūknēts atpakaļ uz virsmu un sadalīts pa atkritumu kamerām. Tas būtībā pārveido poligonu par milzīgu liela apjoma cietvielu bioreaktoru.

Poligonu gāzes reģenerācija ļauj daudz ātrāk stabilizēt poligona darbību un dod ienākumus no gāzes izmantošanas.

Poligonu attāluma dēļ poligonu gāze parasti tiek izmantota elektroenerģijas ražošanai, bet ir iespējama arī pilnīga gāzes izmantošana, sākot no telpu apkures līdz pat gāzes uzlabošanai, lai to varētu izmantot kā transportlīdzekļu degvielu vai apkures sistēmās.



4.12.att. Atkritumu poligonu gāzes reģenerācijas sistēma (NST ENGINEERS, 2007)



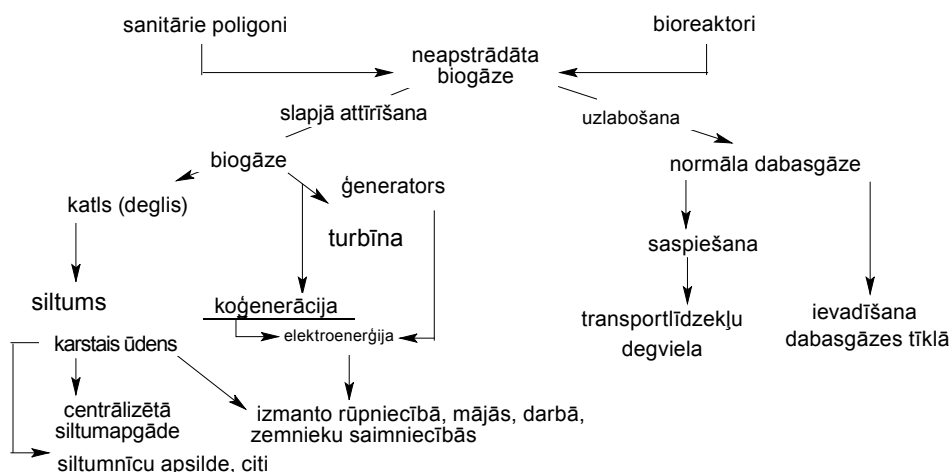
4.13.att. Ano Liosia atkritumu poligonu gāzes izmantošanas projekts, Atēnas, Grieķija (SIOULAS 2005)



4.14.att. Gāzveida emisijas un infiltrāta iesūkšanās gruntsūdeņos no atkritumu poligoniem ir nopietni draudi videi (ANONYMOUS)

5. Biogāzes izmantošana

Biogāzi var izmantot daudzos ar enerģiju saistītos veidos, kas ir atkarīgi no avota veida un vietējā pieprasījuma pēc noteikta veida enerģijas. Vispārīgi biogāzi var izmantot siltuma ražošanai tiešās sadegšanas ceļā, elektroenerģijas ražošanai ar kurināmā elementiem vai mikroturbīnās, koģenerācijā vai kā transportlīdzekļu degvielu (skat. 5.1.attēlu.).



5.1.att. Biogāzes izmantošanas veidu apskats

5.1. Biogāzes īpašības

Biogāzes īpašības un sastāvs var atšķirties atkarībā no izejvielu veida un struktūras, stacijas sistēmas, temperatūras, substrāta izturēšanas laika, tilpuma slodzes un citiem parametriem. Biogāzes enerģijas saturs ir ķīmiski ietverts metānā. Biogāzes vidējā siltumspēja ir apmēram 21 MJ/m³, vidējais blīvums 1,22 kg/m³ (ar 50% metāna saturu). Biogāzes tipiskais sastāvs ir parādīts 5.1.tabulā.

5.1.tabula

Biogāzes sastāvs		
Sastāvdaļa	Ķīmiskais simbols	Saturs (Vol.-%)
Metāns	CH ₄	50-75
Oglekļa dioksīds	CO ₂	25-45
Ūdens tvaiki	H ₂ O	2 (20°C) -7 (40°C)
Skābeklis	O ₂	<2
Slāpekļis	N ₂	<2
Amonjaks	NH ₃	<1
Ūdeņradis	H ₂	<1
Sērūdeņradis	H ₂ S	<1

Anaerobās fermentācijas substrātu metāna iznākums ir atkarīgs no proteīnu, tauku un ogļhidrātu satura. Tas ir redzams 5.2.tabulā.

Teorētiskais gāzes iznākums (PRABL, 2004)

Substrāts	Litrs gāzes / kg kopejās cietvielās	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]
Neapstrādāti proteīni	700	70 līdz 71	29 līdz 30
Neapstrādāti tauki	1.200 līdz 1.250	67 līdz 68	32 līdz 33
Ogļhidrāti	790 līdz 800	50	50

Ir noskaidrots, ka dažādu izejvielu veidu bioķīmiskais sastāvs atšķiras pēc to teorētiskā metāna ieguves apjoma. Tas ir ilustrēts 5.3.tabulā

Dažādu izejvielu metāna iznākums

Izejviela	Metāna iznākums [%]	Biogāzes iznākums [m ³ /tFM]
Šķidrie liellopu kūtsmēsli	60	25
Šķidrie cūku kūtsmēsli	65	28
Destilācijas procesa graudi ar šķīstošām vielām	61	40
Liellopu kūtsmēsli	60	45
Cūku kūtsmēsli	60	60
Mājputnu kūtsmēsli	60	80
Bietes	53	88
Organiskie atkritumi	61	100
Saldais sorgo	54	108
Lopbarības bietes	51	111
Zāles skābbarība	54	172
Kukurūzas skābbarība	52	202

5.2. Tiešā dedzināšana un siltuma izmantošana

Vienkāršākais biogāzes izmantošanas veids ir tiešā dedzināšana katlu kurtuvēs, degļos vai degšanas kamerās, kas plaši tiek izmantota attīstības valstīs, kur biogāze tiek ražota mazos vienai ģimenei paredzētos bioreaktoros.

Tiešā dedzināšana dabasgāzes kurtuvēs tiek izmantota arī attīstītajās valstīs. Biogāzi var dedzināt siltuma ražošanai uz vietas vai transportēt pa cauruļvadiem galapatērētājiem. Apkures vajadzībām biogāze nav jāuzlabo, un piesārņojuma līmenis neierobežo gāzes izmantošanu tik ļoti, kā citos gadījumos. Tomēr transportējot biogāzi iepriekš ir nepieciešama ūdens tvaiku kondensācija, saspiešana, dzesēšana un kondensāta pilienu separācija, un tā ir jāattīra no biogāzē esošajām daļiņām.

5.3. Koģenerācija

Biogāzes izmantošana koģenerācijā jeb siltuma un elektroenerģijas vienlaicīgā ražošanā ir ļoti efektīvs biogāzes izmantošanas veids, kas saistīts ar enerģijas ražošanu. Pirms koģenerācijas pārveides biogāze tiek novadīta un dehidrēta. Lielākajai daļai gāzes dzinēju ir noteikts maksimā-

lais sērūdeņraža, halogēnogļūdeņražu un siloksānu daudzums biogāzē. Koģenerācijas stacijas, kuru darbības pamatā ir dzinējs, efektivitāte ir līdz pat 90%, un tā saražo 35% elektrības un 65% siltuma.

Visbiežāk koģenerācijas stacijās uzstāda iekšdedzes dzinējus, kas ir pievienoti ģeneratoram. Ģeneratoram parasti ir nemainīga rotācija (1.500 apgr./min.), lai atbilstu tīkla frekvencei. Kā dzinēji var tikt izmantoti gāzes - Otto dzinējs, gāzes - dīzeļdzinējs vai automatizēts liesas degšanas gāzes motors. Gan gāzes – dīzeļdzinējs, gan gāzes – Otto dzinējs tiek darbināti bez deģeļas saskaņā ar Otto cikla darbības principu. Atšķirība starp šiem dzinējiem ir tikai saspiešanā. Tāpēc turpmāk tekstā abi motori tiks saukti par gāzes - Otto dzinējiem. Koģenerācijas staciju tehnoloģiju alternatīvas ir gāzes mikroturbīnas, Stirlinga dzinēji un kurināmā elementi. Tomēr šīs tehnoloģijas pagaidām ir attīstības vai prototipu stadijā. Koģenerācijas izmantošanas iespējas tiek sīkāk raksturotas tālākajās nodaļās.



5.2.att. Biogāzes deglis siltuma ražošanai (AGRINZ GmbH, 2008)

No biogāzes ražoto elektrību var izmantot, lai darbinātu tādas elektroierīces kā sūkņi, regulēšanas sistēmas un maisītāji. Daudzās valstīs ar lieliem atjaunojamās elektroenerģijas iepirkšanas tarifiem visa saražotā elektrība tiek pārdota tīkliem, un enerģija procesiem tiek pirka no valsts elektrotīkliem.

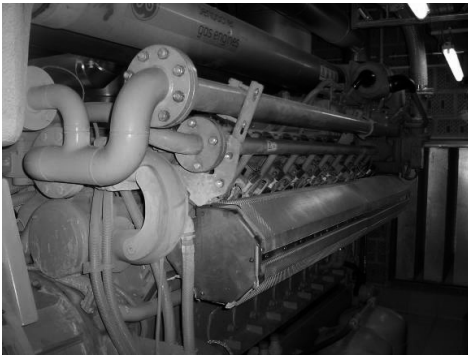
Ļoti svarīgs biogāzes stacijas enerģijas un ekonomiskās efektivitātes aspekts ir saražotā siltuma izmantošana. Parasti daļa siltuma tiek izmantota bioreaktoru sildīšanai (procesu siltums), un apmēram $\frac{2}{3}$ no visas saražotās enerģijas var tikt izmantotas ārējām vajadzībām. Vācijā daudzas biogāzes stacijas agrāk tika izveidotas tikai elektrības iegūšanai, bez siltuma izmantošanas. Mūsdienās siltuma izmantošana ir obligāts ekonomijas priekšnoteikums. Produktu cenas, piemēram, kukurūzai, pieaug, un daudzās stacijās tikai elektrības pārdošana vairs nav pietiekama ekonomiskai dzīvotspējai. Tāpēc jaunizveidotajām biogāzes stacijām vienmēr tiek ielānota siltuma izmantošana.

Biogāzes siltumu var izmantot ražošanas procesos, lauksaimniecībā un apkurē. Vispiemērotākais siltuma izmantotājs ir ražošana, jo tur pieprasījums ir nemainīgs visu gadu. Ražošanā svarīgs aspekts ir siltuma kvalitāte (temperatūra). Ēku apsilde un māsaimniecības (lokālā vai centrālā apkure) ir vēl viena biogāzes siltuma izmantošanas iespēja, taču šajā gadījumā vasarā patēriņš ir mazs, bet ziemā – liels. Biogāzes siltumu var izmantot arī labības un koka skaidu žāvēšanai vai bioreaktora separācijai. Siltumu var izmantot arī elektrības-siltuma-dzesēšanas

apvienotajā sistēmā. Šis process ir pamatā ledusskapju darbībai un tiek izmantots, piemēram, pārtikas glabātuvju atvēsināšanā un gaisa kondicionēšanā. Ievadītā enerģija ir siltums, kas tiek pārveidots aukstumā ar absorbcijas palīdzību. Absorbcijas ceļā veiktās dzesēšanas priekšrocības ir mazais nolietojums, jo ir maz mehānisko detaļu, un zemais enerģijas patēriņš, salīdzinot ar kompresijas dzesēšanas ierīcēm. Elektrības-siltuma-dzesēšanas apvienotās sistēmas izmantošanas iespējas biogāzes stacijās tiek testētas vairākos pilotprojektos.

5.3.1. Gāzes-Otto dzinēji

Gāzes-Otto dzinēji ir attīstīti tieši biogāzes izmantošanai. Tajos ir izmantots Otto cikla darbības princips. Dzinēji (liesā maisījuma dzinēji) tiek darbināti ar gaisa pārpalikumu, lai samazinātu oglekļa monoksīda emisijas. Tas veicina mazāku gāzes patēriņu un samazina motora jaudu. Tas tiek kompensēts ar turbokompresoru izplūdē. Gāzes-Otto dzinējam ir noteikts minimālais metāna saturs biogāzē (45%). Otto dzinēji parasti ir ar mazu uzstādīto jaudu (līdz 100 kW_e). Lielākai elektriskajai jaudai tiek izmantoti adaptēti dīzeļagregāti. Tie ir aprīkoti ar aizdedzes svečēm. Abus dzinējus sauc par gāzes-Otto dzinējiem, jo to pamatā ir Otto cikla darbības princips. Gāzes-Otto dzinējus (skat. 5.3.attēlu) var darbināt ar biogāzi vai citu gāzi, piemēram, dabasgāzi. Biogāzes stacijas iedarbināšanas fāzē, kad siltums tiek izmantots bioreaktoru uzsildīšanai, bieži izmanto dabasgāzi.



5.3.att. Gāzes-Otto dzinējs (RUTZ, 2007)

5.3.2. Automatizēts liesas degšanas gāzes dzinējs

Automatizēta liesas degšanas gāzes dzinēja (saukts arī automatizēts liesas degšanas dabasgāzes dzinējs vai divu veidu kurināmā dzinējs) pamatā ir dīzeļdzinēja princips. Šos dzinējus parasti izmanto traktoros un smagajās kravas mašīnās. Biogāze tiek sajaukta gāzes maisītājā kopā ar sasīlūšo gaisu. Šis maisījums izplūst cauri iesmidzināšanas sistēmai degšanas kamerā, kur tas tiek aizdedzināts ar iesmidzināto degeļļu. Parasti ap 10% degeļļas tiek automātiski iesmidzināts un sadedzināts. Automatizēti liesas degšanas dzinēji tiek darbināti ar lielu gaisa pārpalikumu.

Ja tiek pārtraukta biogāzes piegāde, šie dzinēji bez problēmām var darboties ar tīru degeļļu vai dīzeļdegvielu. Biogāzes aizstāšana ar eļļu vai dīzeļdegvielu var būt nepieciešama biogāzes stacijas starta fāzē procesu siltuma ražošanai. Degeļļa var būt fosilā dīzeļdegviela vai mazuts, bet tāpat var izmantot arī atjaunojamo rapšu eļļas metilesteri (biodīzeli) vai augu eļļu. Atjaunojamo degeļļu priekšrocība ir tā, ka šīs eļļas nesatur sēru un emitē mazāk oglekļa monoksīda. Turklāt tās bioloģiski noārdās, kas ir svarīgi izskalojumu un noplūžu gadījumos. Tomēr, ja tiek

izmantotas biodegvielas, ir jāņem vērā ātrāka filtru nolietošana, sprauslu aizsērēšana un augu eļļas zemā viskozitāte. Cits trūkums ir slāpekļa oksīda izdalīšanās. Jebkurā gadījumā ir svarīgi sekot dzinēju ražotāju kvalitātes instrukcijām.

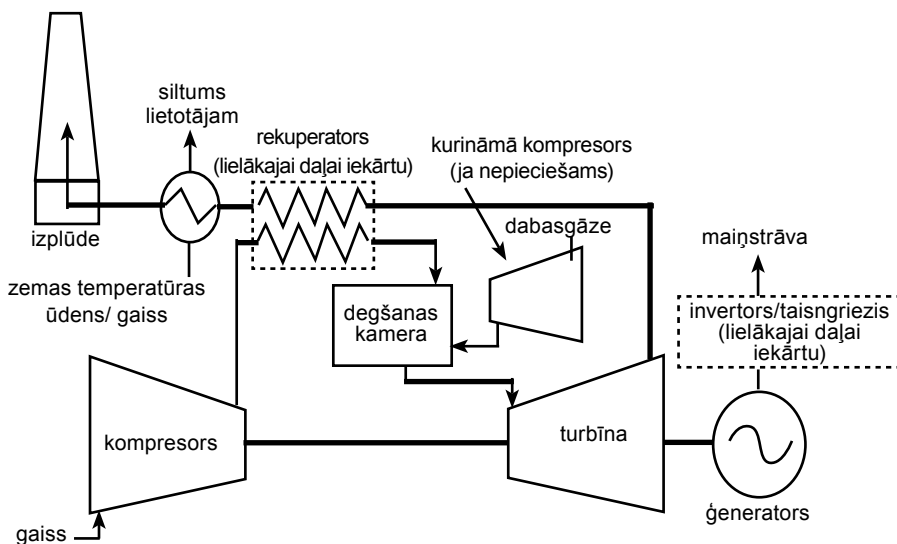
5.3.3. Stirlinga dzinēji

Stirlinga dzinēji darbojas bez iekšējās degšanas, balstoties uz principu, ka gāzes temperatūras maiņa izraisa tilpuma maiņu. Dzinēja virzuļi kustas, tajā esošajai gāzei izplešoties, ko izraisa siltuma pievadīšana no ārēja enerģijas avota. Nepieciešamo siltumu var nodrošināt dažādi enerģijas avoti, piemēram, gāzes deglis, kas darbojas ar biogāzi.

Elektrības efektivitāte ir starp 24 % un 28%, kas ir mazāk nekā gāzes – Otto dzinējiem. Stirlinga dzinēju jauda parasti ir mazāka par 50 kW_e. Izplūdes temperatūras ir 250-300°C. Ārējās degšanas dēļ var tikt izmantota arī biogāze ar zemāku metāna saturu. Lai izmantotu biogāzi, Stirlinga dzinējos ir nepieciešami daži tehniski pielāgojumi. Stirlinga dzinēja sastāvdaļu mazā nolietojuma dēļ būs mazākas uzturēšanas izmaksas. Stirlinga dzinējus var izmantot koģenerācijas stacijās. Pašlaik Stirlinga dzinēju darbība ar biogāzi tiek testēta Vācijā un Austrijā.

5.3.4. Biogāzes mikroturbīnas

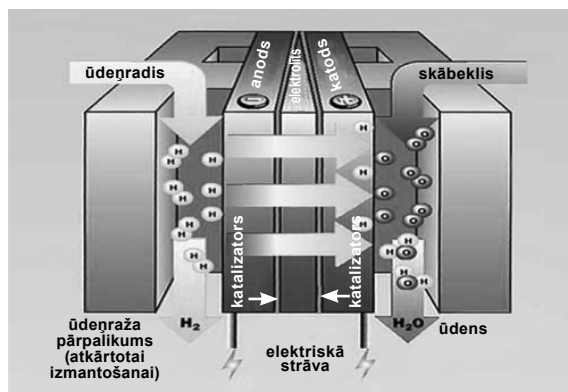
Biogāzes mikroturbīnās gaisu ar kompresoru saspiež līdz augstam spiedienam un degšanas kamerā sajauc ar biogāzi. Biogāzes un gaisa maisījums tiek sadedzināts, un augstās temperatūras dēļ gāzes maisījums izplešas. Karstās gāzes tiek izlaistas caur turbīnu, kas ir pievienota elektriskajam ģeneratoram. Mikroturbīnas shematiskais attēlojums ir redzams 5.4.attēlā. Mikroturbīnu tipiskā elektriskā jauda ir zem 200 kW_e. Mūsdienās biogāzes mikroturbīnas ir pārāk dārgas, lai būtu ekonomiski konkurētspējīgas, bet tiek veikti eksperimenti ar biogāzi, un nākotnē ir paredzama izmaksu samazināšanās.



5.4.att. Mikroturbīnu uzbūve (www.energysolutionscenter.org)

5.3.5. Kurināmā elements

Kurināmā elementi ir elektroķīmiskas ierīces, kas pārvērš reakcijas ķīmisko enerģiju tieši elektroenerģijā. Kurināmā elementu fiziskā pamatstruktūra sastāv no elektrolīta slāņa, kas ir saskarē ar porainu anodu un katodu. Kurināmā elementa shematiskais attēlojums ir redzams 5.5.attēlā. Tipiskā kurināmā elementā gāzveida kurināmie (biogāze) tiek nepārtraukti pievadīti anoda (negatīvā elektroda) nodalījumam, un katoda (pozitīvā elektroda) nodalījumam nepārtraukti tiek pievadīts oksidētājs (piemēram, gaisa skābeklis). Notiek elektroķīmiska reakcija, radot elektrisko strāvu.



5.5.att. Vienkāršota kurināmā elementa shēma
(EMERGING ENVIRONMENTAL ISSUES, 2005)

Ir dažādi kurināmā elementu veidi, kuru nosaukumi veidoti, balstoties uz tajos izmantoto elektrolītu veidu. Tie var būt zemas (AFC, PEM), vidējas (PAFC) un augstas (MCFC, SOFC) temperatūras kurināmā elementi. Kurināmā elementu izvēle ir atkarīga no ievadītās gāzes un siltuma izmantošanas. Polimēru-elektrolītu membrānas (PEM) kurināmā elements var tikt izmantots biogāzei. Tā kā darba temperatūra ir 80°C, siltums var tikt padots tieši siltuma/siltā ūdens tīklā. Izmantotā elektrolīta veids ietekmē PEM izmantošanas laiku, kas ir ļoti jutīgs pret piejaukumiem kurināmā gāzē, ieskaitot oglekļa dioksīdu. Šī iemesla dēļ ir jāpieliek lielas pūles, lai gāzi attīrītu.

Visvairāk attīstīti ir fosforskābes kurināmā elementi (PAFC), ko pasaulē bieži izmanto dabasgāzei. Atšķirībā no citiem kurināmā elementiem tam ir zema elektriskā efektivitāte. PAFC tomēr ir mazāk jutīgs pret oglekļa dioksīda un oglekļa monoksīda klātbūtni gāzē. Kausēta karbonāta kurināmā elements (MCFC) tiek darbināts ar šķidra oglekļa kā elektrolīta plūsmu, un tas ir nejutīgs pret oglekļa monoksīdu un pieļauj oglekļa dioksīda koncentrāciju līdz pat 40% no kopējā tilpuma. Tā kā darba temperatūras ir 600-700°C, kurināmā elementā var notikt metāna pārvēršanās ūdeņradī. Tā izkliedētais siltums var tikt izmantots, piemēram, turbīnā.



5.6.att. Pasaulē pirmais kausēta karbonāta kurināmā elements biogāzei (Vācija) (RUTZ, 2007)

Augstas temperatūras kurināmā elements ir SOFC (cietā oksīda kurināmā elements). Tā darba temperatūra ir 750-1000°C. SOFC ir augsta elektrības efektivitāte, un kurināmā elementā var notikt metāna pārveidošanās ūdeņradī. Ir iespējams izmantot biogāzi, jo šis kurināmā elements nav jutīgs pret sēru.

Visu kurināmā elementu gadījumos ir ļoti augstas investīciju izmaksas (12 000 €/kW), kas ir daudz vairāk nekā ar dzinēju darbināmās koģenerācijas stacijās. Šī iemesla dēļ un ņemot vērā pēdējos risinājumus un pētījumu rezultātus, šāda veida sistēmas vēl netiek tirgotas.

5.4. Biometāna ražošana (biogāzes uzlabošana)

Kad biogāze tiek izmantota ievadīšanai dabasgāzes tīklā vai kā transportlīdzekļu degviela, visi sārņi, arī oglekļa dioksīds, ir jāaizvāc, un jāpaaugstina metāna saturs. Šo procesu sauc par biogāzes uzlabošanu līdz biometāna kvalitātei. Biogāzes metāna koncentrācija, kas parasti ir 50-75%, tiek palielināta virs 95%. Ir pieejamas vairākas tehnoloģijas biogāzes atbrīvošanai no sārņiem un tās uzlabošanai līdz transportlīdzekļu degvielas un dabasgāzes kvalitātei.

Lai sasniegtu nepieciešamo gāzes Vobbes indeksu, ir jāatbrīvojas no oglekļa dioksīda. To attīrot no biogāzes, tiek atņemts arī neliels metāna daudzums. Metāns kā siltumnīcefekta gāze ir 21 reizi stiprāks nekā CO₂, t.i., metāna molekula ir 21 reizi efektīvāka nekā CO₂, no zemes atstarotā siltuma aizturēšanā. Tāpēc gan ekonomisku, gan klimata apsvērumu dēļ ir svarīgi nepieļaut lielus metāna zudumus. Ir vairākas komerciālas oglekļa dioksīda samazināšanas metodes. Visparastākā ir absorbcija (ūdens slapjā attīrīšana, organisko šķīdinātāju attīrīšana) un adsorbēcija (spiediena izmaiņu adsorbēcija, PSA). Citas mazāk izmantotas tehnoloģijas ir membrānu un kriogēnā separācija. Relatīvi jauna metode, kas pašlaik tiek izstrādāta, ir procesa iekšējā uzlabošana.



5.7.att. PSA biometāna iekārta (pa kreisi) un biometāna stacijas savienojums ar dabasgāzes tīklu Plīningā, Vācijā (RUTZ, 2007)

Kopējās biogāzes attīrīšanas un uzlabošanas izmaksas tiek iegūtas, summējot investīciju izmaksas, stacijas darbināšanas un iekārtu uzturēšanas izmaksas. Kad biogāzi ražo izmantošanai transportlīdzekļos vai tīklā, visdārgākā apstrādes daļa ir biogāzes attīrīšana no oglekļa dioksīda.

Tādas stacijas izmaksas, kurā biogāze tiktu uzlabota līdz transportlīdzekļu degvielas kvalitātei, ir atkarīgas no vairākiem faktoriem. Galvenais faktors ir stacijas lielums. Investīciju izmaksas pieaug, palielinoties jaudai, bet investīcijas uz vienu uzstādītās jaudas vienību lielākām stacijām ir mazākas nekā mazajām stacijām.

5.4.1. *Biogāze kā transportlīdzekļu degviela*

Biometāna izmantošana transportlīdzekļu sektorā ir tehnoloģija ar lielu potenciālu un nozīmīgu sociāli ekonomisko labumu. Biogāze jau tiek izmantota kā transportlīdzekļu degviela tādās valstīs kā Zviedrija, Vācija un Šveice.

Ievērojami pieaug to vieglo automašīnu, sabiedrisko transportlīdzekļu un smago kravas automašīnu skaits, kas tiek darbinātas ar gāzi. Biometānu var izmantot tādā pašā veidā un tajos pašos transportlīdzekļos kā dabasgāzi. Pieaug to Eiropas pilsētu skaits, kas aizstāj to dīzeļdegvielas autobusus pret biometānu izmantojošajiem.

Lielākā daļa vieglo automašīnu, kas izmanto gāzi, ir pārveidoti transportlīdzekļi, kas papildus fosilās degvielas sistēmai ir aprīkoti ar saspīestas gāzes tvertni bagāžas nodalījumā un gāzes apgādes sistēmu.

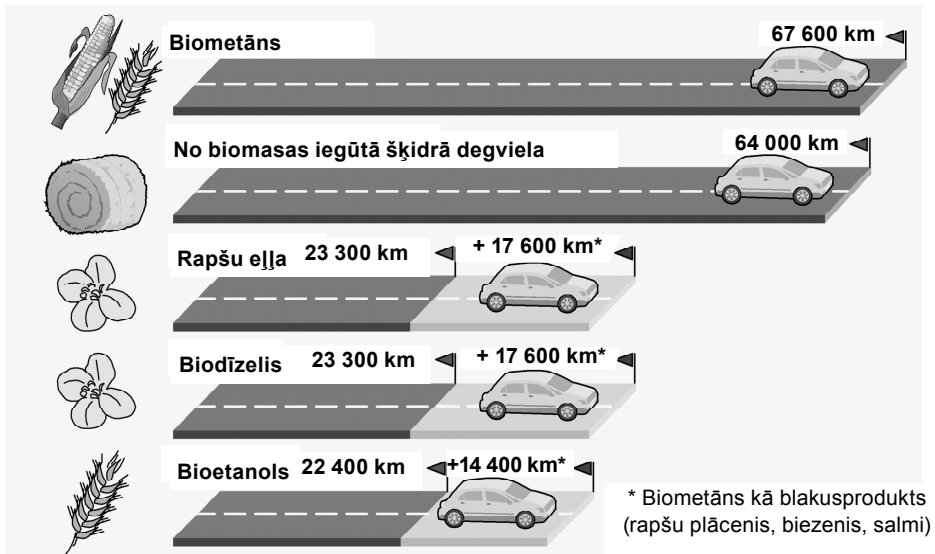
Specializētiem gāzes transportlīdzekļiem ir labāka efektivitāte un daudz veiksmīgāks gāzes cilindru izvietojums, neaizņemot vietu bagāžas nodalījumā. Gāze tiek uzglabāta 200 līdz 250 bāru spiedienā tērauda vai alumīnija kompozītmateriālu balonos. Šodien vairāk nekā 50 ražotāju visā pasaulē piedāvā apmēram 250 pilsētas, vieglo un smago transportlīdzekļu modeļu, kas tiek darbināti ar gāzi.

Smagie transportlīdzekļi ir pārveidojami, lai tie izmantotu tikai metāna gāzi, bet dažos gadījumos tiek izmantoti divējādi dzinēji. Divu veidu degvielas dzinēji izmanto dīzeļdegvielas ievadīšanas sistēmu, un gāze tiek aizdedzināta, ievadot nelielu dīzeļdegvielas daudzumu. Divu

veidu degvielas dzinējiem ir nepieciešama mazāka motora pārveidošana, saglabājot to pašu brauktspēju kā dīzeļtransportam. Tomēr emisiju vērtības nav tik labas kā atbilstošam speciāli pielāgotam gāzes transportlīdzeklim, un dzinēju tehnoloģijas paliek tikai kompromiss starp sveču aizdedzi un dīzeļdzinēju.

Biometāna transportlīdzekļiem ir būtiska priekšrocība pār citiem transportlīdzekļiem, kas ir aprīkoti ar benzīna vai dīzeļdegvielas dzinēju. Kopējās oglekļa dioksīda emisijas tiek būtiski samazinātas atkarībā no izejvielu substrāta un no tā, kā tiek ražota elektroenerģija (no fosilajiem vai atjaunojamajiem kurināmajiem), kas tiek izmantota gāzes uzlabošanai un saspiešanai. Daļiņu un kvēpu emisijas tāpat tiek būtiski samazinātas, pat salīdzinot ar ļoti moderniem dīzeļdzinējiem, kas aprīkoti ar daļiņu filtriem. Arī NO_x un nemetāna ogļhidrātu emisijas tiek būtiski samazinātas.

Uzlabotajai biogāzei (biometānam) salīdzinoši ar citām biodegvielām ir liels potenciāls, lai to izmantotu kā transportlīdzekļu degvielu. 5.8.attēlā parādīts dažādu transporta biodegvielu salīdzinājums un sagrupētas vieglās automašīnas, kas izmanto dažādas biodegvielas, kuras ražotas no 1 ha aramzemes audzētām izejvielām Vācijā. Attēlā uzrādītais biometāna potenciāls transporta sektorā ir pat augstāks, ja kā izejvielas enerģētisko kultūru vietā tiek izmantoti atkritumi.



Transportlīdzekļu degvielas patēriņš: benzīna dzinējs 7,4 l/100km, dīzeļdzinējs 6,1 l/100km

5.8.att. Biodegvielu salīdzinājums: sarindotas vieglās automašīnas, kas darbojas ar biodegvielām, kuras ražotas, izmantojot izejvielas/enerģētiskās kultūras no 1 ha aramzemes (FNR, 2008)

5.4.2. Biometāns ievadīšanai tīklā

Uzlabotā biogāze (biometāns) var tikt ievadīta un izplatīta dabasgāzes tīklā pēc tam, kad tā tikusi saspiesta līdz cauruļvadiem nepieciešamajam spiedienam. Saskaņā ar ES regulām visiem biogāzes piegādātājiem ir garantēta piekļuve gāzes tīklam (Vadlīnijas gāzes tīkla atvēršanai biogāzei un gāzei no biomasas (European Parliament, 2001)).

Dabaszgāzes tīkla izmantošanai biometāna izplatībai ir vairākas priekšrocības. Viena nozīmīga priekšrocība ir tā, ka tīkls savieno biometāna ražošanas vietas, kas parasti ir lauku apvidos, ar blīvāk apdzīvotām vietām. Tas ļauj gāzi izmantot jauniem patērētājiem. Tādā veidā ir arī iespējams palielināt biogāzes ražošanu attālās vietās bez bažām par siltuma atlikuma izmantošanu.

Tādās valstīs kā Zviedrija, Šveice, Vācija un Francija ir standarti (sertifikācijas sistēmas) biogāzes ievadīšanai dabaszgāzes tīklā. Standartu, kas nosaka tādu komponentu daudzumu kā sērs, skābeklis, daļiņas un ūdens rasas punkts, mērķis ir izvairīties no gāzes tīkla vai gala lietošanas ierīču piesārņojuma. Vobbes indekss ir ieviests, lai izvairītos no ietekmes uz gāzes mērījumiem un gala lietojumu. Atbilstīgi standartiem lielākajā daļā gadījumu ir viegli panākt, veicot uzlabošanas pasākumus. Dažos gadījumos poligonu gāzi var būt grūti uzlabot līdz nepieciešamajai kvalitātei tās augstā slāpekļa satura dēļ.

Uzlabotā biogāze, kas ievadīta tīklā, var tikt izmantota koģenerācijas stacijās, kas atrodas tālāk no biogāzes ražošanas vietas un tuvu siltuma patērētājiem. Tā tiek labāk izmantota enerģija, jo netiek izniekots siltums.

Biogāzes padeves stacijas tiek darbinātas Zviedrijā, Vācijā, Austrijā, Nīderlandē, Šveicē un Francijā. Galvenais biometāna ievadīšanas šķērslis ir uzlabošanas un ievadīšanas tīklā augstās izmaksas. Ievadīšana tīklā ierobežo izmantojamā biometāna ražotnes un uzlabošanas vietu atrašanās, kam ir jābūt tuvu dabaszgāzes tīklam.

5.4.3. Oglekļa dioksīda un metāna kā ķīmisko produktu ražošana

Tīra metāna un CO₂ ražošana no biogāzes var būt dzīvotspējīga alternatīva metāna un oglekļa dioksīda ražošanai no fosilajiem avotiem. Abas substances ir svarīgas ķīmiskajai rūpniecībai. Tīru CO₂ izmanto polikarbonāta, sausā ledu ražošanai vai virsmu apstrādei (smilšstrūklošanai ar CO₂). CO₂ no biogāzes var izmantot arī lauksaimniecībā kā siltumnīcu mēslojumu.

6. Pārstrādātā substrāta izmantošana

Lauksaimniecības biogāzes ražošana ir integrēts lauksaimniecības elements, kur ir ņemtas vērā ne tikai lauksaimniecisko aktivitāšu ekonomiskās izmaksas un ieguvumi, bet arī sociāl-ekonomiskie un vides aspekti. Biogāzes ražošana rada gan lauksaimnieciskus, gan ekonomiskus un vides ieguvumus, tāpēc pēc naftas krīzes biogāzes trešā viļņa tehnoloģiju pionieri Eiropā bija bioloģiskie zemnieki, kurus interesēja anaerobā fermentācija kā iespēja uzlabot kūtsmēslu kā mēslojuma kvalitāti.

6.1. *Biogāzes iegūšana anaerobās fermentācijas ceļā –kūtsmēslu un vircu apsaimniekošanas tehnoloģija*

Intensīvā lopkopība ir radījusi situāciju, kad dzīvnieku fermām trūkst zemes mājlopiem nepieciešamās barības iegūšanai un saražoto kūtsmēslu un vircu izmantošanai. Šīs situācijas attiecīgajos rajonos ir radījušas kūtsmēslos esošo barības vielu pārprodukciju tādēļ ir nepieciešami stingri kūtsmēslu apsaimniekošanas pasākumi, lai novērstu šādas sekas:

- barības vielu noplūdes ceļā radušos augsnes un virszemes ūdeņu piesārņojumu;
- augsnes struktūras un mikrobioloģijas bojājumus;
- īpašo pļavu veģetācijas populāciju izpostīšanu un tipiskas „vircu veģetācijas” rašanos;
- lielu metāna un amonjaka emisiju risku;
- smakas un mušas no kūtsmēslu uzglabāšanas un izmantošanas;
- piesārņojuma un patogēnu izplatības risku.

Anaerobās fermentācijas ceļā iegūtā biogāze piedāvā augstāk minēto ar lopkopību saistīto problēmu risinājumu, jo tā ir ilgtspējīga tehnoloģija kūtsmēslu un vircu apstrādei un apsaimniekošanai, kas ļauj īstenot videi drošu lauksaimniecības praksi.

6.2. *No vircas līdz pārstrādātajam substrātam kā mēslojumam*

6.2.1. *Organisko vielu bioloģiskā noārdīšanās*

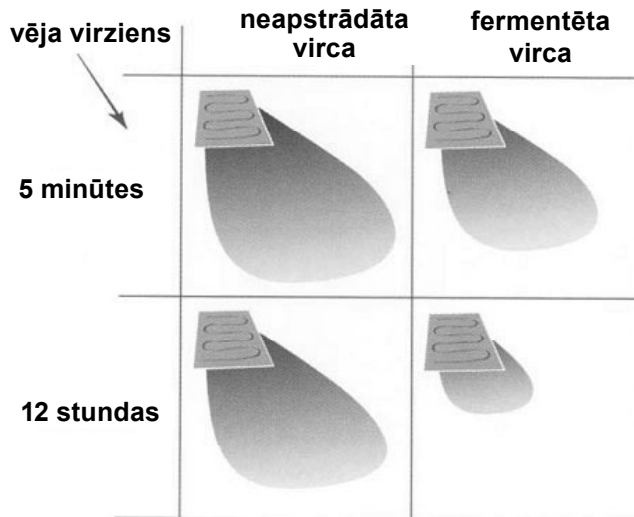
Apstrādājot kūtsmēslus un vircas biogāzes stacijās, organiskie savienojumi bioloģiski noārdās, veidojot neorganiskas substances un metānu. Praksē biogāzes stacijām, kas pārstrādā kūtsmēslus un vircas, organisko vielu noārdīšanās rādītājs ir apmēram 40% liellopu vircai un 65% cūku vircai. Noārdīšanās rādītājs ir lielā mērā atkarīgs no izejvielu veida, izturēšanas laika un procesa temperatūras. Organisko vielu noārdīšanās dēļ pārstrādāto substrātu ir vieglāk sūknēt un izmantot kā mēslojumu, un, salīdzinot ar neapstrādātu vircu, tas ir mazāk jāmaisa.

6.2.2. *Smaku samazināšana*

Viena no pamanāmākajām pozitīvajām pārmaiņām, kas vērojama, anaerobi fermentējot kūtsmēslus ar visiem citiem anaerobās kofermentācijas substrātiem, ir ievērojamā smakojošu substancu (gaistošo skābju, fenola un fenola atvasinājumu) samazināšanās.

Pieredze rāda, ka anaerobās fermentācijas ceļā var samazināt līdz pat 80% no izejvielu substrātu smakām. Nav runa tikai par smaku intensitātes un noturības samazināšanu (skat. 6.1.at-

tēlu), bet ir runa arī par pozitīvām pārmaiņām smaku sastāvā, jo pārstrādātajam substrātam vairs nepiemīt nepatīkamā virscas smaka, tas vairāk ož kā amonjaks. Ja pat tas tiek glabāts ilgu laika periodu, pārstrādātā substrāta smaku emisijas nepieaug. 6.1.attēlā parādīts, kā 12 stundās izmainās smakas gaisā: pēc pārstrādātā substrāta izlietošanas smakas ir gandrīz pazudušas.



6.1.att. Ietekmei pakļautais apgabals un smaku noturība pēc pārstrādātā substrāta un neapstrādātas virscas izmantošanas laukā, pūšot ziemeļrietumu vējam (BIRKMOSE, 2003)

6.2.3. Sanitācija

Anaerobā fermentācija apstrādātajos izejvielu substrātos neitralizē vīrusus, baktērijas un parazītus. Šo efektu parasti sauc par sanitāciju. Anaerobās fermentācijas sanitācijas efektivitāte ir atkarīga no izejvielu izturēšanas laika bioreaktorā, procesu temperatūras, maisīšanas tehnikas, bioreaktora veida utt. Vislabākos sanitācijas rezultātus var sasniegt termofīlajās temperatūrās (50-55°C) garenā virzuļplūsmas reaktorā ar atbilstošu izturēšanas laiku. Šāda veida reaktorā pārstrādātais substrāts netiek sajaukts ar svaigām izejvielām, tā ļaujot iznīcināt ap 99% patogēnu.

Lai nodrošinātu veterinārajā ziņā drošu pārstrādātā substrāta izmantošanu mēslojumam, Eiropas normatīvie akti nosaka īpašus sanitācijas pasākumus gadījumos, kad tiek izmantotas dzīvnieku izcelsmes izejvielas. Atkarībā no izejvielu veida pirms substrāta iepildīšanas bioreaktorā ir jāveic substrāta iepriekšēja sanitācija, pasterizējot vai sterilizējot spiediena ietekmē. Sīkāka informācija par sanitāciju ir atrodamā arī 7.2.nodaļā.

6.2.4. Nezāļu sēklu iznīcināšana

Anaerobās fermentācijas procesā tiek būtiski samazināta nezāļu sēklu dīgtspēja. Tā biogāzes ražošana ekoloģiskā veidā palīdz samazināt nezāļu daudzumu. Lielākajai daļai nezāļu sēklu dīgtspējas zudums iestājas 10-16 diennakšu izturēšanas laikā, tomēr starp dažādu augu sēklām ir vērojamas atšķirības. Tāpat kā sanitācijas gadījumā, efekts palielinās, pieaugot izturēšanas laikam un temperatūrai.

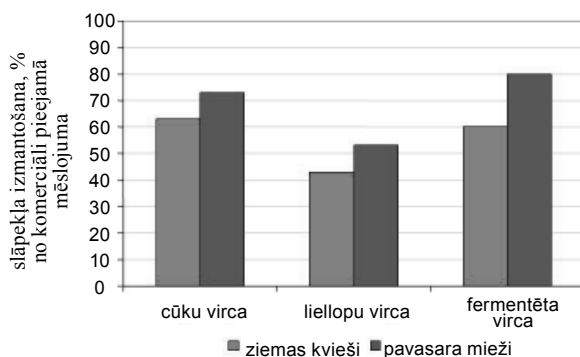
6.2.5. Izvairīšanās no augu apdegumiem

Neapstrādātas vircas izmantošana mēslošanā var apdedzināt augu lapas. Šo efektu izraisa maza blīvuma taukskābes, piemēram, etiķskābe. Mēslojot ar pārstrādāto substrātu, augi netiek apdedzināti, jo lielākā daļa taukskābju anaerobās fermentācijas procesā sadalās. Pārstrādātais substrāts daudz vieglāk noplūst no augiem nekā nefermentēta virca, kas samazina augu virszemes daļu tieša kontakta laiku ar vircu/pārstrādāto substrātu, tā samazinot lapu bojājumu risku.

6.2.6. Mēslojuma uzlabošana

Anaerobās fermentācijas procesā lielākā daļa organiski saistīto vielu, it īpaši slāpekļis, tiek mineralizēta un kļūst augiem vieglāk pieejama. Fermentētas vircas slāpekļa izmantošanas, salīdzinājums ar neapstrādātas vircas slāpekļa izmantošanu, ziemas kviešu un pavasara miežu gadījumā ilustrēts 6.2.attēlā. Palielinātās slāpekļa izmantojamības dēļ pārstrādāto substrātu var pilnībā integrēt zemnieku saimniecības mēslošanas plānos, jo tā mēslošanas efektivitāti ir iespējams aprēķināt tieši tāpat kā minerālmēsļu gadījumā.

Pārstrādātajam substrātam ir mazāka C/N attiecība, salīdzinot ar neapstrādātiem kūtsmēsliem. Mazāka C/N attiecība nozīmē, ka pārstrādātajam substrātam ir labāks slāpekļa mēslošanas īstermiņa efekts. Kad C/N attiecība ir pārāk liela, mikroorganismi paliek augsnē un veiksmīgi konkurē ar augu saknēm par pieejamo slāpekli.



6.2.att. Pārstrādātā substrāta slāpekļa izmantošana, salīdzinot ar neapstrādātu cūku vircu un liellopu vircu (BIRKMOSE, 2002)

6.3. Pārstrādātā substrāta izmantošana mēslošanā

Pārstrādātais substrāts, salīdzinot ar neapstrādātu vircu, ir daudz homogēnāks, un tam ir uzlabots N-P līdzsvars. Tam ir noteikts augu barības vielu saturs, kas ļauj to precīzi dozēt un integrēt zemnieku saimniecības mēslošanas plānos. Pārstrādātais substrāts satur daudz vairāk neorganiskā slāpekļa, augi to var vieglāk uzņemt, nekā neapstrādātas vircas gadījumā.

Slāpekļa efektivitāte ievērojami pieaug un barības vielu zudumi noplūžu un izgarošanas ceļā samazināsies, ja pārstrādāto substrātu izmantos kā mēslojumu saskaņā ar labu lauksaimniecības praksi. Lai optimāli izmantotu pārstrādāto substrātu mēslošanā, ir jāņem vērā tie paši pamataspekti, kas neapstrādātas vircas un kūtsmēsļu izmantošanas gadījumā:

- pietiekama uzglabāšanas kapacitāte (minimums 6 mēneši);
- ierobežota mēslošanas sezona;
- daudzums uz hektāru;
- izstrādes tehnoloģija.

Augstāku homogenitātes rādītāju un plūsmas īpašību dēļ pārstrādātais substrāts iesūcas zemē ātrāk nekā neapstrādāta virca. Tomēr, izmantojot pārstrādāto substrātu mēslošanā, var būt slāpekļa zudumu riski, kas saistīti ar amonjaka emisijām un nitrātu noplūdēm. Lai šos riskus samazinātu, ir jāņem vērā daži vienkārši labas lauksaimniecības prakses noteikumi:

- pirms lietošanas jāizvairās pārstrādāto substrātu pārāk daudz maisīt;
- jālieto tikai atdzesēts pārstrādātais substrāts no pēcuzglabāšanas tvertnes;
- izstrāde uz lauka ir jāveic ar velkošām caurulēm, joslu izklieģētāju, tiešu ievadīšanu augsnē ar disku (šķītvju) izklieģētāju;
- kad substrāts ir uzliets uz augsnes virsmas, tas tūlīt ir jāiestrādā augsnē;
- atkarībā no audzētās kultūras pārstrādātais substrāts ir jāiestrādā augšanas sezonas sākumā vai veģetācijas laikā. Pieredze rāda, ka Eiropā vislabāk pārstrādāto substrātu ir izmantot kultūraugu veģetācijas laikā;
- izstrāde uz ziemas kultūrām ir jāsāk ar 1/3 no kopējā nepieciešamā N daudzuma;
- optimālie laikapstākļi pārstrādātā substrāta izstrādei ir lietains laiks, ar augstu mitruma saturu un bez vēja. Sauss, saulains un vējains laiks ievērojami samazina N efektivitāti.

Pārstrādāto substrātu var izmantot augu mēslošanai to veģetācijas laikā. Šādi izmantojot pārstrādāto substrātu, nav jāraizējas par slāpekļa zudumiem, kas rodas, nitrātiem iesūcoties gruntsūdeņos, jo lielākā daļa barības vielu augi absorbē tieši. Dānijas pieredze rāda, ka, izmantojot pārstrādāto substrātu tiešai augu mēslošanai, daļu barības vielu augi absorbē ar lapām.

6.4. Pārstrādātā substrāta izmantošanas ietekme uz augsni

Organisko vielu sadalīšanās, kas notiek anaerobās fermentācijas procesā, ietver oglekļa savienojumu, organisko skābju, smakojošu un sārmainu substanču u.c. sadalīšanos. Tāpēc, kad pārstrādātais substrāts tiek iestrādāts zemē, tas, salīdzinot ar neapstrādātu vircu, mazāk ietekmē augsnes mikroorganismus un rada tiem daudz piemērotāku vidi. Bioloģiskā skābekļa patēriņa tiešie mērījumi pārstrādātajā liellopu un cūku vircā uzrāda 10 reizes mazāku skābekļa patēriņu nekā nefermentētā vircā. Tas nozīmē, ka augsne, kas mēslota ar pārstrādāto substrātu, nenonāk anaerobajā fāzē un attiecīgi izmanto mazāk skābekļa. Tā kā skābekļa patēriņš ir samazināts, tad rodas tendence veidot bezskābekļa augsnes apgabalus, t.i., no skābekļa brīvas slāpekli saturošas zonas. Spēja izveidot jaunu augsni un atjaunot trūdvielas no piegādātajām organiskajām vielām arī ir lielāka, ja salīdzina ar neapstrādātas vircas izmantošanu mēslošanā.

**Labas prakses vadlīnijas,
lai samazinātu amonjaka iztvaikošanu pārstrādātā substrāta uzglabāšanas un
izmantošanas laikā**

- o Pārstrādātā substrāta uzglabāšanas tvertnēm ir jābūt pastāvīgam pārsegumam vai ir jābūt labi izveidotai cietai virsmai/peldošam slānim.
- o Pārstrādātais substrāts vienmēr ir jāsūknē uzglabāšanas tvertnes apakšā, lai izvairītos no pārāk lielas maisīšanas, jo pārstrādātais substrāts ir jāmaisā tikai pirms izlietošanas.
- o Uzglabāšanas tvertnes ir jānovieto ēnā, aizvējā.
- o No lielas emisiju daļas var izvairīties, ja pārstrādāto substrātu iestrādā tieši augsnē.
- o Pārstrādātā substrāta izstrādei ir jāizmanto joslu kļiedētājs, nevis smidzināšanas tehnoloģijas. Smidzināšanas tehnoloģijas palielina amonjaka emisijas un plašos apgabalos izplata nevēlamus aerosolus.
- o Izstrādei jānotiek optimālos laikapstākļos (vēss, mitrs un bez vēja).
- o Pastāv iespēja pirms izstrādes pievienot pārstrādātajam substrātam skābi. Tas samazinās pH vērtību, tā samazinot amonjaka iztvaikošanas tendenci.



6.3.att. Pārstrādātā substrāta kā mēslojuma izplatīšanas tehnika ar joslu kļiedētājiem (AGRINZ GmbH)

Pārstrādātais substrāts, salīdzinot ar kompostu un neapstrādātiem kūsmēsliem un vircu, nodrošina lielāku oglekļa daudzumu, kas pieejams augsnes organisko substanču reprodukcijai. Vācijā veiktie pētījumi par fermentētu cūku vircu uzrāda trūdvielu rašanās efektivitātes indeksa palielinājumu no 0,82 līdz 1,04. Tiek sadalīti dažādi organiskie savienojumi, piemēram, celuloze un taukskābes. Trūdvielu rašanās procesā noderīgie lignīna savienojumi paliek. Metāna baktērijas pašas rada virkni aminoskābju, kas ir pieejamas augiem un citiem augsnē esošajiem dzīvajiem organismiem.

6.5. Praktiskā pieredze

Kaut gan starp zinātniekiem pastāv dažādi viedokļi par pārstrādātā substrāta kā mēslojuma izmantošanas efektu, it īpaši saistībā ar slāpekli, pašreizējā pieredze un prakses rezultāti ir nepārprotami.

Daudziem zemniekiem, kas izmanto pārstrādāto substrātu, ir ļoti svarīgi uzlabot viņu pašu mēslojuma kvalitāti. Tradicionālie zemnieki mazāk izmanto ķīmiskos smidzinātājus un ir mazāka nepieciešamība pēc minerālmēslojuma.

Īsi pēc pārstrādātā substrāta izmantošanas laukos tiek novērota briežu un zaķu ganīšanās, un arī liellopi ēd zāli no laukiem jau īsu brīdi pēc tam, kad lauki ir apstrādāti ar substrātu. Tas norāda uz tikai nelielu garšas īpašību pasliktināšanos, salīdzinot ar neapstrādātas vircas izmantošanu.

Anaerobās fermentācijas process dzīvnieku kūstmēslos neitralizē lielāko daļu nezāļu sēklu. Sēklu izplatības cikls ir pārtraukts, un samazinās nezāļu daudzums laukos. Daudzi zemnieki, kas ilgu laiku kā mēslojumu izmantojuši pārstrādāto substrātu, apstiprina vērtīgu pļavu augu daudzuma palielināšanos savos laukos.

Arī bioloģiskie zemnieki izmanto anaerobo fermentāciju kūstmēsli un citu pašu zemnieku saimniecībā radīto organisko atkritumu apstrādē. Rezultāts nav tikai pienācīga augu apgāde ar barības vielām un samazināti to zaudējumi, bet arī palielināta augsnes mikrobioloģiskā aktivitāte un uzlabota augsnes veselība. Daudzi zemnieki ziņo par palielinātām salmu un siena ražām, kā arī labākas kvalitātes labību, kas ir saistīta ar pārstrādātā substrāta izmantošanu mēslošanā. Tā kā bioloģiskās lauksaimniecības mērķis ir samazināt jebkādu ārēju pievadi, t.sk. enerģijas pievadi, anaerobā fermentācija ne tikai nodrošina zemnieku saimniecībai augstas kvalitātes mēslojumu, bet arī nepieciešamo enerģiju, t.i., siltumu un elektrību.

6.6. Pārstrādātā substrāta attīrīšana (separācija)

Pārstrādātajam substrātam ir augsts ūdens saturs un attiecīgi liels apjoms. Pārstrādātā substrāta attīrīšanas mērķis ir samazināt apjomu un koncentrēt barības vielas. Tas ir sevišķi svarīgi apgabalos ar intensīvu lopkopību, jo tur ir kūstmēslos esošo barības vielu pārpalikums un nepietiek zemes to izmantošanai. Šajos gadījumos barības vielu pārpalikums ir iespējami ekonomiski un efektīvi jātransportē uz citiem apgabaliem. Pārstrādātā substrāta attīrīšana ne tikai dod iespēju samazināt barības vielu transportēšanas izmaksas, bet arī samazina piesārņotāju un smaku emisijas.

6.6.1. Pārstrādātā substrāta attīrīšanas stratēģijas

Pārstrādāto substrātu var attīrīt pilnībā vai daļēji. Lauksaimniecības biogāzes staciju fermentēšanas efektivitāte parasti ir 50-60% (ANGELIDAKI, 2005). Tas nozīmē, ka pārstrādātais substrāts satur 40-50% no sākotnējās organiskās sausas, galvenokārt šķiedras.

Daļēja attīrīšana nozīmē cieto vielu (šķiedru) atdalīšanu no pārstrādātā substrāta, izmantojot skrūvveida separatorus jeb dekanterus. Daļēja attīrīšana, atdalot šķiedras, sākotnēji tiek veikta, lai ražotu komerciālu kompostu. Pēc tam tiek veikti pilnīgi izmēģinājumi, kur atdalītās šķiedras ar sausas saturu virs 45% tiek izmantotas kā papildu kurināmais koksnes šķeldas katlos, papildus ražojot siltumu, tā uzlabojot kopējo energoefektivitāti par apmēram 15% (ANGELIDAKI, 2005). Blakus ieguvums, kas mūsdienās palielina separācijas attīrīšanas shēmas iespējamību, ir atbrīvošanās no fosfora pārpalikumiem, kas pārsvarā ir pievienoti šķiedru frakcijai. Tā kā fosfāts ir pievienots cietajām daļiņām, no fosfora atbrīvojas ar šķiedrām. Šī iemesla dēļ daļēja attīrīšana (dekanterā veikta separācija) ir noderīga tehnoloģija gadījumos,

kad ir fosfora pārpalikums. Šķiedras ar augstu fosfora saturu var eksportēt, turpretī atlikušās šķidrās frakcijas, kas satur galveno slāpekļa daļu, var izmantot kā mēslojumu. Neseno pētījumu rezultāti parāda, ka atdalītās šķiedras var atkal ievadīt bioreaktorā, sajaucot ar citiem substrātiem. Mērķis ir uzlabot izejvielu maisījuma sausnas saturu un palielināt substrāta metāna izdalīšanās potenciālu.

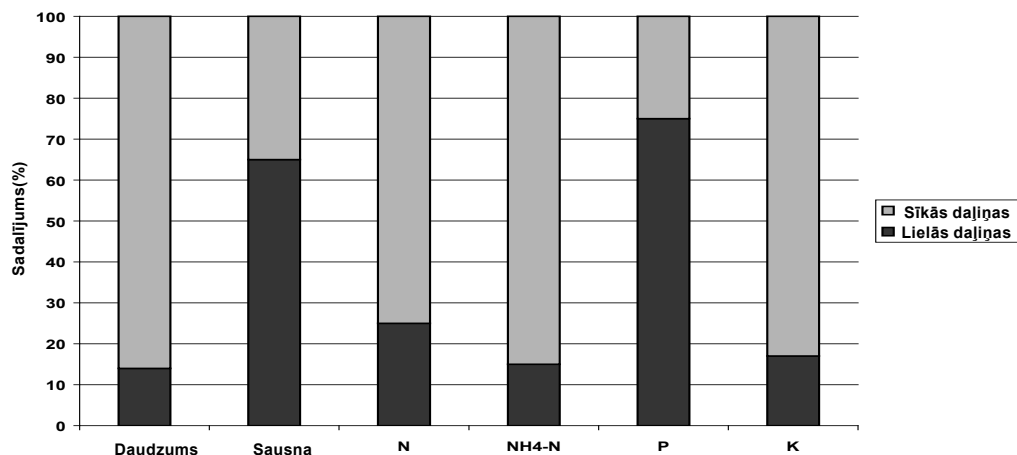
Pilnīga attīrīšana sadala pārstrādāto substrātu trīs attīrītos galaproduktos: tīrā ūdenī, barības vielu koncentrātā un organiskajās šķiedrās. Visas barības vielas (slāpeklis, fosfors un kālijs) un organiskie savienojumi tiek atdalīti no galvenās straumes ļoti koncentrētā formā, un tos var aizvest prom no reģioniem ar barības vielu pārpalikumu. Atlikušo tīro ūdeni var ievadīt virszemes ūdeņu sistēmā vai izmantot kā procesu ūdeni. Pilnīgu attīrīšanu parasti izmanto lauksaimniecības apgabalos ar slāpekļa pārpalikumu.

6.1.tabula

Ar dekantera tipa centrifūgu separētās frakcijas (AL SEADI, 2003)

	Daudzums %	Sausna %	N %	NH4-N %	P %	K %
Neapstrādāta virca	100	100 (6,4%)	100 (5,7%)	100 (4,2%)	100 (1,6%)	100 (2,6%)
Cietās daļiņas	14	65 (30%)	25 (10,1%)	15 (4,5%)	75 (8,7%)	17 (3,1%)
Šķidrās frakcijas	86	35 (2,6%)	75 (4,9%)	65 (4,2%)	25 (0,5%)	83 (2,5%)

Abos gadījumos (daļējā un pilnīgā attīrīšanā) pirmais solis ir šķidruma un šķiedru separācija, tā sadalot pārstrādāto substrātu koncentrētā, ar oglekli un fosforu bagātinātā cietajā frakcijā un ar slāpekli bagātā šķidrajā frakcijā. Atkarībā no stacijas konfigurācijas un attīrīšanas veida pilnīga attīrīšana tālāk koncentrē vai separē NPK barības vielas. Visbiežāk tiek izmantotas membrānu separācijas tehnoloģijas, amonjaka sorbcija vai ekstrakcija un iztvaicēšana vai bioloģiskā apstrāde.



6.4.att. Sausnas un barības vielu sadalījums separētajās frakcijās no dekantera tipa centrifūgas (AL SEADI, 2003)

Barības vielu sadalījums pārstrādātajā substrātā

	Sausna, %	Kopējais N, kg/tonnu	NH ₄ -N kg/tonnu	P, kg/tonnu	K, kg/tonnu	pH
Liellopu virca	6.0	5.0	2.8	0.8	3.5	6.5
Cūku virca	4.0	5.0	3.8	1.0	2.0	7.0
Fermentēta virca	2.8	5.0	4.0	0.9	2.8	7.5

Šķidro un cieto frakciju separācija

Cieto un šķidro frakciju separāciju veic ar separatoriem vai spirālveida sietiem, dekanteriem un dažreiz ar lentes-sieta presēm. 15-20% cietvielu tiek atdalīti ar spirālveida sietiem un vairāk nekā 60% ar dekantera tipa centrifūgām. Lielāko daļu slāpekļa (līdz pat 90%) atdala ar šķidro frakciju, kamēr no fosfāta daļēji atbrīvojas, tam esot cieto vielu daļiņu sastāvā

Kopējā attīrīšanas procesā (ieskaitot ūdens ekstrakciju) izmanto divas galvenās tehnoloģijas: membrānu separācijas tehnoloģiju un iztvaicēšanu. Abas ir tehnoloģiski sarežģītas, un tām ir ievērojams enerģijas patēriņš. Šī iemesla dēļ biogāzes stacijas ir ekonomiski izdevīgas no 700 kW.



6.5.att. Šķiedru savākšanas vagona ar skrūves tipa transportieri (ANGELIDAKI, 2005)

Membrānas separācijas tehnoloģija

Membrāna ir filtrs ar ļoti mazām porām, kas molekulārā līmenī var atdalīt daļiņas un izšķīdušas vielas no lielākās daļas šķidrums. Lēmums izmantot mikrofiltrāciju, ultrafiltrāciju vai nanofiltrāciju vai šķīstošo vielu reverso osmozi ir atkarīgs no atdalāmās vielas lieluma. Sausnas separācijas dzinējspēks ir spiediena atšķirības starp abām membrānas pusēm, t.i., ūdens un arī sīkās daļiņas šķērso membrānu zem spiediena. Atsevišķi attīrīšanas posmi bieži ir saistīti secīgās sērijās, lai nodrošinātu vēlamo separāciju. Piemēram, lielākās daļiņas tiek aizvāktas no dekantera filtrāta pirmajā ultrafiltrācijas posmā, tad šķīstošās vielas tiek aizvāktas otrajā posmā ar reverso osmozi.

Bez attīrīta ūdens membrānas separācija veido arī barības vielām bagātu koncentrātu, ko var pārdot kā šķidro mēslojumu vai tālāk apstrādāt, lai samazinātu apjomu iztvaicēšanas ceļā.

Iztvaicēšana

Iztvaicējot šķidrums tiek tālāk attīrīti un sadalīti barības vielās un attīrītā ūdenī. Iztvaicēšanas iekārtām ir liels enerģijas patēriņš. Daudzos gadījumos koģenerācijas siltuma pārpalikumu izmanto iztvaicēšanas iekārtās, palielinot enerģijas izmantošanas efektivitāti un sedzot daļu no attīrīšanas iekārtu darbināšanas izmaksām.

Iztvaicējamā substrāta īpašības ir izšķirošas iztvaicēšanas tehnoloģiju izvēlē. Pārstrādātā substrāta gadījumā var izmantot slēgtas cirkulācijas iztvaicētāju, kur siltuma pārvade un iztvaicēšanas process notiek atsevišķi. Tas nodrošina procesa stabilitāti, it īpaši, ja iztvaicējamajam substrātam ir tendence noslāņoties.

6.6.2. Nepieciešamie apsvērumi

Attīrīšanas tehnoloģijas, it īpaši pilnīgas attīrīšanas tehnoloģijas, patērē ļoti daudz enerģijas, lai uzturētu membrānu tehnoloģijās nepieciešamo spiedienu vai nodrošinātu iztvaicēšanas procesā nepieciešamo siltumu. Līdz pat 50% no biogāzes saražotās elektrības ir nepieciešami pilnīgai iegūtā pārstrādātā substrāta attīrīšanai, izmantojot membrānas tehnoloģiju. Daļēja attīrīšana ir lētāka, un tai ir nepieciešams mazāk enerģijas, un reģionos, kur ir fosfora pārpalikumi, tā ir visekonomiskākā attīrīšanas tehnoloģija.

Visos gadījumos attīrīšanas tehnoloģiju izvēlas atbilstoši pārstrādātā substrāta ķīmiskajām un fizikālajām īpašībām, un ir jāpielāgojas pārstrādātā substrāta noslāņošanās tendencēm. Ja mērķis ir pilnīga attīrīšana, ir svarīgi, lai lielākā daļa fermentējamās sausas izietu pilnīgu šķidrums un šķiedru separāciju, kam seko ultrafiltrācija (< 0,2 mm), nodrošinot, ka atlikusī šķidrā frakcija ir gandrīz tīra ūdens kvalitātē. Ja atdalītās frakcijas nesasniedz vajadzīgo tīrības līmeni vai ja izvēlēta membrāna vai procesi neatbilst konkrētajam pārstrādātajam substrātam, izdevumi enerģijai, darbaspēkam, sistēmas uzturēšanai un tīrīšanai ievērojami pieaugs.

6.7. Pārstrādātā substrāta kvalitātes pārvaldība

6.7.1. Pārstrādātā substrāta paraugu ņemšana, analīze un produkta deklarācija

Lai izmantotu pārstrādāto substrātu kā biomēslojumu lauksaimniecībā un mežsaimniecībā un integrētu to zemnieku saimniecības mēslošanas plānos, ir svarīgi zināt tā ķīmisko sastāvu un īpašības. Šī iemesla dēļ ir jāpaņem visu pārstrādātā substrāta kravu vidējie paraugi un jānosaka N, P un K, sausas, gaistošo vielu saturs un pH. Ja biogāzes stacijā kofermentē organiskos atkritumus, ir jānosaka arī smago metālu un stabilu organisko piesārņotāju klātbūtne. To koncentrācija nedrīkst pārsniegt normatīvajos aktos noteiktos limitus. Lai pārstrādāto substrātu varētu droši izmantot mēslošanai un augsnes kondicionēšanai, tam ir jābūt brīvam no patogēniem, prionu izraisītām slimībām (TSE) un fizikāliem piemaisījumiem.

6.7.2. Pārstrādātā substrāta barības vielu pārvaldība

Viens no apsvērumiem, kas ir saistīts ar pārstrādātā substrāta izmantošanu, ir lauksaimniecības zemes barības vielu slodze. Nitrātu izskalošana vai fosfora pārprodukcija var rasties, neatbilstoši rīkojoties ar pārstrādāto substrātu, uzglabājot to vai izmantojot mēslošanā. Nitrātu direktīva (91/676/EEC nitrāti) regulē nitrātu ievadīšanu lauksaimniecības zemē, lai aizsargātu augsni un virszemes ūdeņu vidi no nitrātu piesārņojuma, pieļaujot maksimāli 170 kg N/ha/gadā. Visās attīstītajās valstīs barības vielu daudzums lauksaimniecības zemē ir noteikts normatīvajos aktos, lai izvairītos no intensīvas lopkopības radītā piesārņojuma. Dažu Eiropas valstu piemēri ir parādīti 6.3.tabulā.

6.3.tabula

ES valstu Nacionālo regulējumu piemēri par barības vielu daudzumus lauksaimniecības zemē (NORDBERG, 1999)

	Maksimālais barības vielu daudzums	Nepieciešamā uzglabāšanas kapacitāte	Obligātā izplatīšanas sezona
Austrija	170 kg N/ha/gadā	6 mēneši	28/2-25/10
Dānija	līdz 2003 230-210 kg N/ha/gadā (liellopi) 140-170 kg N/ha/gadā (cūkas) no 2003 170 kg N/ha /gadā (liellopi) 140 kg N/ha/gadā (cūkas)	9 mēneši	1/2-ražas
Itālija	170-500 kg N/ha /gadā	90-180 diennaktis	1/2- 1/12
Zviedrija	Balstīts uz lopu vienībām	6-10 mēneši	1/2- 1/12
UK	250-500 kg N/ha/gadā	4 mēneši	-

Pārstrādātā substrāta izmantošana mēslošanai ir jāveic saskaņā ar mēslošanas plānu. Šāds plāns ir jāizstrādā katram lauksaimniecības laukam, un tam ir jābalstās uz audzēto augu kultūras veidu, plānoto ražību, paredzamo pārstrādātā substrāta barības vielu izmantošanas procentu, augsnes tipu (tekstūru, struktūru, kvalitāti, pH), esošajām makroelementu un mikroelementu rezervēm, pirms audzēšanas un laistīšanas apstākļiem un ģeogrāfisko stāvokli.

Dānijas pieredze rāda, ka gan vides, gan ekonomiskajā aspektā optimāla pārstrādātā substrāta izmantošana mēslošanai nozīmē atbilstīgu kultūraugu fosfora prasībām, papildinot to ar minerālmēsliem, lai nodrošinātu atbilstību slāpekļa prasībām.

6.7.3. Vispārējie pasākumi drošai pārstrādei un pārstrādātā substrāta kvalitātes nodrošināšanai

- Anaerobās fermentācijas procesa regulēšana (temperatūra, izturēšanas laiks utt.), lai sasniegtu stabilu galaproduktu (pārstrādāto substrātu).
- Pārstrādātā substrāta sanitācija atbilstoši Eiropas standartiem efektīvai patogēnu samazināšanai.
- Periodiska pārstrādātā substrāta paraugu ņemšana, analīze un deklarācija.
- Pārstrādātā substrāta iekļaušana zemnieku saimniecības mēslošanas plānā, izmantojot labu lauksaimniecības praksi pārstrādātā substrāta lietošanai uz lauksaimniecības zemes.

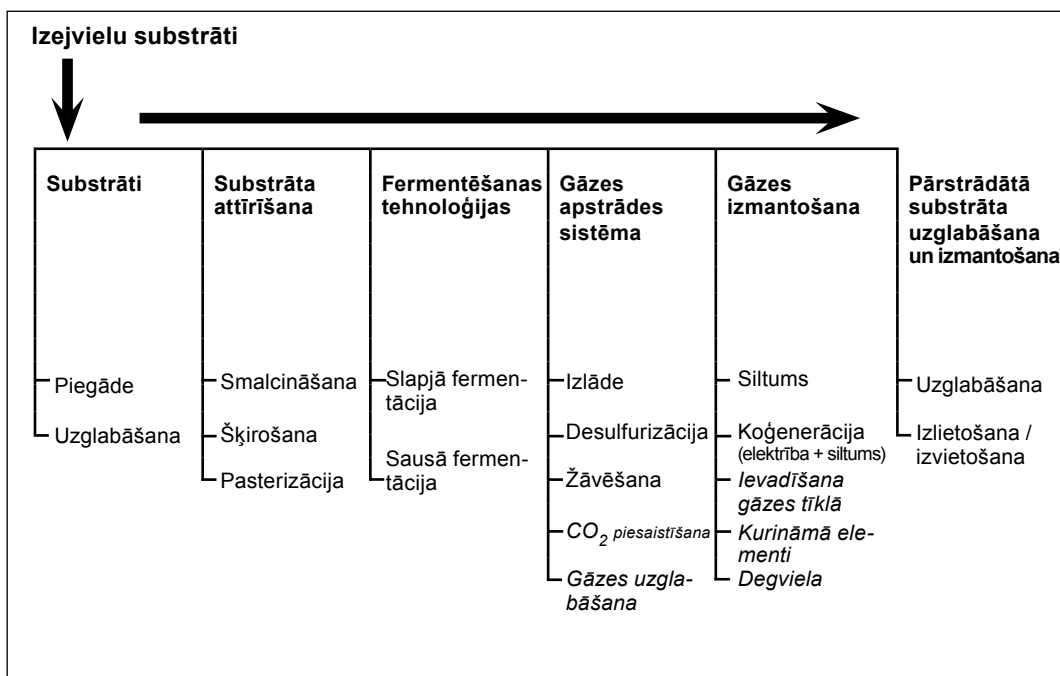
- Fermentējamo atkritumu šķirošana un atsevišķa savākšana, vēlams bioloģiski noārdāmos veidos, kā arī plaša priekšapstrāde/uz vietas veikta separācija (it īpaši nešķirotiem atkritumiem).
- Anaerobajai fermentācijai neatbilstošu izejvielu veidu vai kravu atlase/nepieļaušana, balstoties uz pilnīgu deklarāciju un katras izejvielu kravas aprakstu: izcelsmes vieta, sastāvs, smago metālu un stabilu organisko savienojumu saturs, patogēni piesārņotāji, citi potenciāli bīstami elementi utt.

7. Biogāzes stacijas komponenti

Biogāzes stacija ir sarežģīta iekārta, kas sastāv no daudziem svarīgiem elementiem. Šādas stacijas izkārtojums ir lielā mērā atkarīgs no piegādāto izejvielu veida un daudzuma. Tā kā ir daudz dažādu izcelsmes ziņā atšķirīgu izejvielu veidu, kas ir derīgi fermentācijai biogāzes stacijās, attiecīgi ir dažādas šo izejvielu veidu apstrādes tehnoloģijas un dažādas bioreaktoru konstrukcijas un vadības sistēmas. Turklāt atkarībā no katras biogāzes stacijas veida, lieluma un darbības apstākļiem ir iespējams uzstādīt dažādas attīrīšanas, uzglabāšanas un biogāzes izmantošanas tehnoloģijas. Kas attiecas uz pārstrādātā substrāta uzglabāšanu un izmantošanu, tad vispirms tas ir orientēts uz substrāta izmantošanu mēslošanai, un nepieciešamie vides aizsardzības pasākumi ir pakārtoti tam.

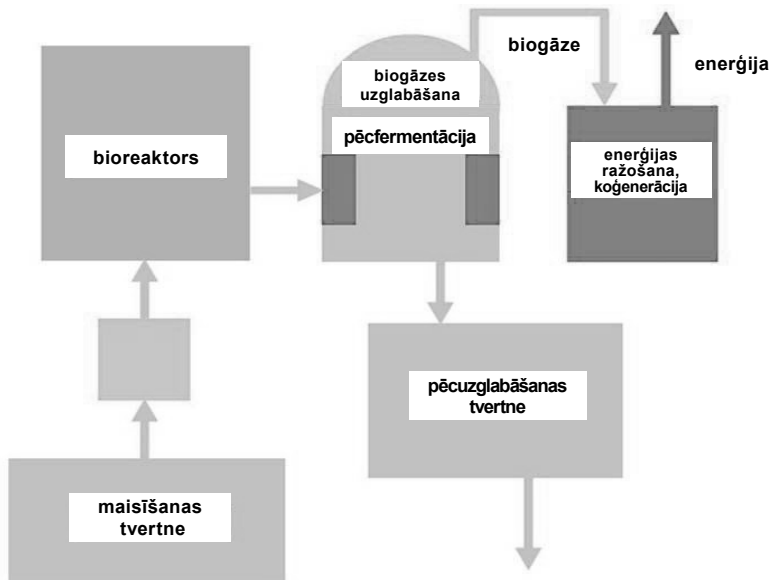
Galvenais biogāzes stacijā notiekošais process ir ilustrēts 7.1.attēlā. Kursīvā ierakstītās darbības nav tipiskas lauksaimniecības biogāzes stacijām.

Iedalījums slapjajā un sausajā anaerobajā fermentācijā ir tikai teorētisks, jo mikrobioloģiskie procesi vienmēr notiek šķidrā vidē. Atšķirību starp sauso un slapjo fermentāciju nosaka izejvielu „sūknējamība”. Sausnas saturs virs 15% nozīmē, ka materiāls nav sūknējams un anaerobā fermentācija uzskatāma par sausu. Tieša relatīvi sausu izejvielu, piemēram, kukurūzas skābbarības, ievadīšana bioreaktorā palielina sausnas saturu izejvielu maisījumā.

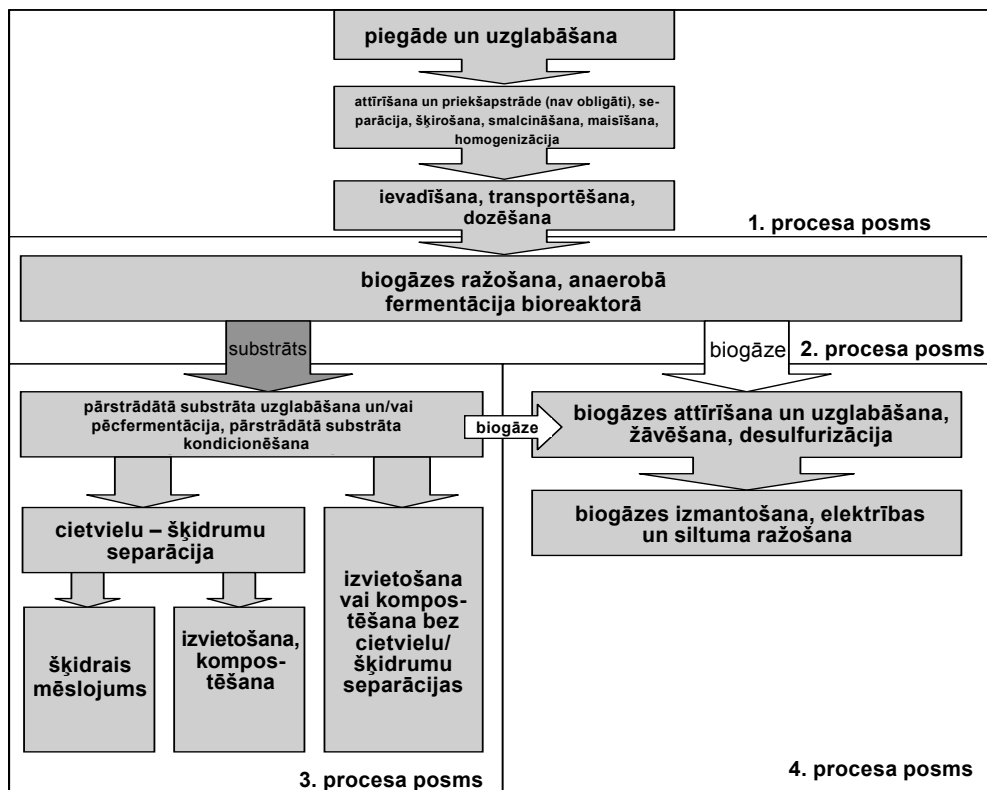


7.1.att. Biogāzes tehnoloģiju procesa posmi (PRABL, 2008)

Būtiskākā biogāzes stacijas sastāvdaļa ir bioreaktors (anaerobās fermentācijas reaktora tvertne), kam ir pievienoti daudzi citi komponenti (skat. 7.2.attēlu).



7.2.att. Biogāzes stacijas galvenie komponenti (PRAĒL, 2008)



7.3.att. Galvenā biogāzes ražošanas procesu plūsma (PRAĒL, 2008)

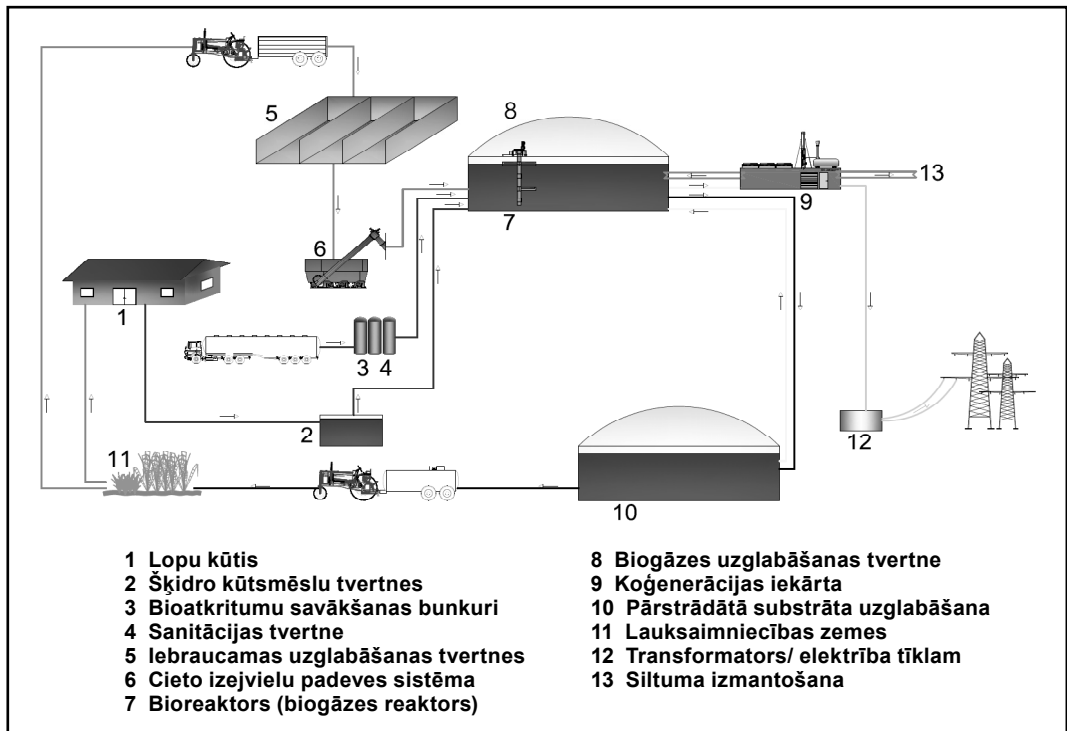
Lauksaimniecības biogāzes staciju darbības pamatā parasti ir četri posmi (skat. 7.3.attēlu):

1. izejvielu transports, piegāde, uzglabāšana, priekšapstrāde;
2. biogāzes ražošana (anaerobā fermentācija);
3. pārstrādātā substrāta uzglabāšana, kondicionēšana un izmantošana;
4. biogāzes uzglabāšana, attīrīšana un izmantošana.

7.3.attēlā redzami procesa posmi tālāk ir ilustrēti 7.4.attēlā, kur vienkāršoti attēlota tipiska lauksaimniecības kofermentācijas stacija.

1. Pirmais procesa posms (izejvielu uzglabāšana, attīrīšana, transportēšana un ievadīšana) ietver kūtsmēslu uzglabāšanas tvertni (2), savākšanas bunkurus (3), sanitācijas tvertni (4), iebraucamas uzglabāšanas tvertnes (5) un cieto izejvielu padeves sistēmu (6).
2. Otrais procesa posms ietver biogāzes ražošanu biogāzes reaktorā (7), ko sauc arī par bioreaktoru.
3. Trešo procesa posmu pārstāv pārstrādātā substrāta uzglabāšanas tvertne (10) un pārstrādātā substrāta izmantošana lauku mēslošanai (11).
4. Ceturtais procesa posms (biogāzes uzglabāšana, attīrīšana un izmantošana) notiek gāzes uzglabāšanas tvertnē (8) un koģenerācijas iekārtā (9).

Šie četri procesa posmi ir savstarpēji cieši saistīti. It sevišķi cieša saikne ir starp 2. un 4.posmu, jo 4.posms parasti nodrošina 2.posmā nepieciešamo procesu siltumu.



7.4.att. Lauksaimniecības kofermentācijas biogāzes stacija, kurā izmanto kūtsmēslus un kukurūzas skābarību. (LORENZ, 2008)

Biogāzes stacijas veida un izkārtojuma izvēle galvenokārt ir atkarīga no pieejamajām izejvielām. Bioreaktora lielums, uzglabāšanas ietilpība un koģenerācijas iekārtas izvēle ir atkarīga no izejvielu daudzuma. Izejvielu kvalitāte (sausnas saturs, struktūra, izcelsme utt.) nosaka procesu tehnoloģiju. Atkarībā no izejvielu sastāva ir iespējams, ka jāatdala problēmmateriāli, dažreiz jāsamīca izejvielas vai jāpievieno ūdens, lai pārvērstu izejvielas sūknējamā maisījumā. Ja piegādātās izejvielas var saturēt piesārņotājus, plānotajā nākamās stacijas izkārtojumā ir jāiekļauj sanitācijas posms.

Slapjās anaerobās fermentācijas gadījumā parasti tiek izmantotas vienas fāzes anaerobās fermentācijas stacijas, kas darbojas, pamatojoties uz caurplūdes procesu. Divu fāžu procesā pirms galvenā bioreaktora tiek novietota pirmsfermentācijas tvertne. Tas rada optimālus apstākļus anaerobās fermentācijas procesa pirmajiem diviem posmiem (hidrolīzei un skābes veidošanās posmam). Pēc pirmsfermentācijas tvertnes izejvielas nonāk galvenajā bioreaktorā, kur notiek nākamie anaerobās fermentācijas posmi.

Pārstrādātais substrāts tiek sūknēts ārā no bioreaktora un uzglabāts uzglabāšanas tvertnēs. Šīs tvertnes var būt segtas ar gāznecaurlaidīgu membrānu, kur biogāzes rašanās un savākšana var turpināties apkārtējās vides temperatūrā (pēcfermentācija). Pārstrādāto substrātu var uzglabāt arī atvērto konteineros ar dabisku vai mākslīgu peldošu slāni, kas samazina virsmas emisijas. Parasti pārstrādāto substrātu izmanto lauksaimniecības zemju mēslošanai.

Saražotā biogāze tiek uzglabāta, attīrīta un izmantota enerģijas ieguvei. Parasti biogāzi izmanto koģenerācijā, vienlaicīgi elektrības un siltuma ražošanai.

7.1 Izejvielu pieņemšanas iekārta

Izejvielu transportēšanai un piegādei ir ļoti svarīga nozīme biogāzes stacijas darbībā. Ir svarīgi nodrošināt stabilu un nepārtrauktu atbilstošas kvalitātes un daudzuma izejvielu piegādi. Ja biogāzes stacijas operators vienlaikus ir arī izejvielu ražotājs, tad ir viegli nodrošināt augstas kvalitātes izejvielu piegādi. Daudzos gadījumos biogāzes stacijām piegādā papildu izejvielas, ko ražo kaimiņu zemnieku saimniecības, ražotnes vai māsjaimniecības. Šajos gadījumos izejvielu kvalitātes pārvaldība ir ļoti nepieciešama, lai pārbaudītu, uzskaitītu un kontrolētu piegādāto materiālu. Vispirms noteikti ir jāveic katras izejvielu kravas vizuālā kontrole. Tad ir jānosaka svars un jāpieraksta visi izejvielu dati (piegādātājs, datums, daudzums, izejvielu veids, izcelsme un kvalitāte).

Īpaša uzmanība ir jāpievērš tiem izejvielu veidiem, kas tiek klasificēti kā atkritumi, jo tiem būtu jāatbilst normatīvajām prasībām (atkarīgs no atkritumu kategorijas), kā arī tiesiskiem un administratīviem apstākļiem.

7.2 Izejvielu uzglabāšana un attīrīšana

7.2.1 Izejvielu uzglabāšana

Izejvielu uzglabāšana galvenokārt kalpo, lai kompensētu sezonālās svārstības izejvielu piegādē. Tā arī atvieglo dažādu substrātu sajaukšanu tālākai izmantošanai bioreaktorā.

Uzglabāšanas ierīču veids ir atkarīgs no izejvielām. Uzglabāšanas ierīces var iedalīt bunkurveida tvertnēs cietajām izejvielām (piemēram, kukurūzas skābbarībai) un uzglabāšanas tvertnēs šķidrām izejvielām, piemēram, kūtsmēsliem. Parasti bunkurveida tvertnēs var uzglabāt izejvielas vairāk nekā gadu, un uzglabāšanas tvertnēs kūtsmēsliem izejvielas var uzglabāt vairākas diennaktis. Dažos gadījumos graudiem vai kūtsmēsliem tiek izmantotas arī vertikālas cilindriskas tvertnes. Uzglabāšanas ierīču lielums ir atkarīgs no uzglabājamajiem apjomiem, piegādes intervāliem un katru diennakti bioreaktorā ievadāmā izejvielu daudzuma.

Bunkurveida tvertnes enerģētiskajām kultūrām

Bunkurveida tvertnes sākotnēji tika paredzētas lopiem domātas skābbarības uzglabāšanai, tā līdzsvarojot tās sezonālo pieejamību. Šobrīd šī koncepcija arvien vairāk tiek izmantota biogāzes ražošanas izejvielu uzglabāšanai, proti, enerģētisko kultūru uzglabāšanai.

Skābbarībai ir jābūt izgatavotai no augu valsts materiāliem ar piemērotu mitruma saturu (55-70% atkarībā no uzglabāšanas līdzekļiem, kompresijas pakāpes un ūdens satura, kas tiks zaudēts uzglabāšanas laikā).

Skābbarība iziet fermentācijas procesu, un fermentēšanas baktērijas izmanto enerģiju, lai ražotu gaistošās taukskābes, piemēram, acetātu, pripionātu, laktātu un butirātu, kas konservē skābbarību. Rezultātā skābbarībā ir mazāk enerģijas nekā sākotnējos augu valsts materiālos, jo fermentēšanas baktērijas izmanto dažus ogļhidrātus gaistošo taukskābju ražošanai.

Vācijā skābbarība tiek turēta bunkurveida tvertnēs, kas izgatavotas no betona (skat. 7.5.attēlu), vai lielās kaudzēs uz zemes (skat. 7.6.attēlu). Skābbarību satin ar traktoru, sapakojot to iespējami cieši, tā izspiežot visu gaisu. Skābekļa satura samazināšana ir nepieciešama, lai novērstu aerobos procesus. Šī iemesla dēļ skābbarību parasti apsedz ar plēvi, ko nostiprina ar riepām vai smilšu maisiem. Pārsegšanai var izmantoti arī dabiskus materiālus, piemēram, zāles skābbarības slāni, kas arī var nostiprināt bunkurveida tvertni (skat. 7.6.attēlu). Uz dažām tvertnēm arī stāda kviešus, dažas vispār netiek pārsegtas. Tas samazina pārsegšanas izmaksas, bet palielina enerģijas zudumus no skābbarības.

Bunkurveida tvertņu gadījumā vienmēr ir jāņem vērā, ka skābbarības fermentācijas process atbrīvo šķidrumus, kas, ja netiek veikti profilaktiski pasākumi, var piesārņot ūdens krātuves. Augstais barības vielu saturs var novest pie eitrofikācijas (palielinātas aļģu ziedēšanas). Tvertnes notekūdeņi satur slāpekļskābi (HNO_3), kas izraisa koroziju.



7.5.att. Bunkurveida tvertne (WIKIPEDIA, 2008)



7.6.att. Kukurūzas skābbarība, kas uzglabāta lielā kaudzē uz zemes un ir pārsegta ar zāles skābbarības slāni (RUTZ, 2007)

Uzglabāšanas tvertnes sūkņejamām izejvielām

Sūkņejamas izejvielas parasti tiek uzglabātas zemē esošās noslēgtās, ūdensnecaur laidīgās, dzelzsbetona tvertnēs. Šīs tvertnes, kas ir līdzīgas lauksaimniecībā izmantojamajām tvertnēm, spēj uzglabāt izejvielas vienu vai divas diennaktis. Lai novērstu emisijas, visām uzglabāšanas tvertnēm ir jābūt pārsegtām. Seguma risinājumam ir jābūt tādam, lai varētu tvertni viegli atvērt un izvākt nogulsnes. Ja uzglabāšanas tvertnes atrodas augstākā līmenī nekā bioreaktors (piemēram, nogāzes dēļ), tad hidrauliskais slīpums samazina nepieciešamību pēc transportēšanas aprīkojuma (sūkņiem) un ietaupa enerģiju.

Visus fermentējamus papildu substrātus (šķidrums un kraujamas izejvielas) uzglabāšanas tvertnē var samaisīt ar galvenajiem substrātiem, sasmalcināt, homogenizēt un pārveidot sūkņejamā maisījumā. Ir jāizvairās no aizsprostošanās, nogulsnešanās, peldošu slāņu izveidošanās un izejvielu maisījuma sadalīšanās. Šī iemesla dēļ uzglabāšanas tvertnes tiek aprīkotas ar maisītājiem, bieži kopā ar pārraušanas un griešanas instrumentiem izejvielu smalcināšanai. Uzglabāšanas tvertņu maisīšanu veic ar tādu pašu tehnoloģiju kā bioreaktoru maisīšanu.

Uzglabāšanas tvertnes nav īpaši jāuztur, ir jāatbrīvojas no nogulšņu (smilšu un akmeņu) slāņiem, kas samazina tvertņu uzglabāšanas kapacitāti. No nogulsnēm atbrīvojas, izmantojot skrāpju tipa transportierus, gliemežveida transportierus, iegremdējamus sūkņus, savākšanas tvertnes un gremdurbjus.

Rūpnieciskas izcelsmes izejvielu veidiem ir jāveic sanitācijas pasākumi, tāpēc šīs izejvielas ir jāglabā nodalīti no lauksaimniecības izejvielām, lai nepieļautu attīrāmo izejvielu sajaukšanos ar neatīrītajām izejvielām pirms apstrādes ar sanitācijas aprīkojumu.

Lai samazinātu smaku emisijas no biogāzes stacijām un praktisku apsvērumu dēļ, izejvielu piegāde, uzglabāšana un sagatavošana notiek telpās, kas aprīkotas ar biofiltru ventilāciju. Tādā veidā tiek pasargāts aprīkojums, un visas darbības un arī monitorings tiek veikts neatkarīgi no laikapstākļiem.

7.2.2. Attīrīšana

Izejvielu attīrīšana ietekmē anaerobās fermentācijas procesa norisi un efektivitāti. Izejvielu attīrīšanas mērķis ir, no vienas puses, izpildīt sanitācijas prasības, no otras puses, palielināt fermentējamību.

Izejvielu attīrīšana paaugstina procesu optimizācijas potenciālu, palielina fermentācijas rādītājus un biogāzes iznākumu. Ir vairākas izejvielu attīrīšanas un organiskās noslodzes optimizēšanas iespējas, tādas kā mehāniskā smalcināšana, sadalīšanas process (jau tiek izmantots notekūdeņu apstrādē) un hidrolīzes posms.

Šķirošana un separācija

Tas, vai būs nepieciešama šķirošana vai problēmmateriālu atdalīšana no izejvielu substrāta, ir atkarīgs no izejvielu izcelsmes un sastāva. Skābbarība ir viena no tīrākajām izejvielām, kamēr, piemēram, kūtmēsli un mājsaimniecību atkritumi var saturēt akmeņus un citus fiziskus piemaisījumus. Tie parasti tiek atdalīti, nogulsņējot uzglabāšanas tvertnēs (smilšu gadījumā pat bioreaktorā), un tos pa laikam izvāc no tvertnes apakšas. Daudzos gadījumos tiek izmantota priekšvertne ar īpašiem režģiem, lai aizturētu akmeņus un citus fiziskus piemaisījumus pirms izejvielu sūkņēšanas galvenajā uzglabāšanas tvertnē.

Mājsaimniecību atkritumi, ēdināšanas un pārtikas atkritumi var saturēt dažādus piemaisījumus (plastikāta, metāla, koka, stikla iepakojanas un iesaiņošanas materiālus un citus nefermentējamus materiālus), kas var bojāt sūkņus, aizsprostot caurules un bioreaktorus (skat. 7.7.attēlu pa kreisi). No šiem piemaisījumiem var atbrīvoties, atsevišķi savācot, piemēram, mājsaimniecību atkritumus, vai arī no tiem var atbrīvoties, apstrādājot nešķīrotus atkritumus ar mehāniskām, magnētiskām un manuālām metodēm.



7.7.att. Padeves sistēma cieto sadzīves atkritumu attīrīšanai (pa kreisi) un problēmmateriāli, kas atdalīti no sabiedriskās ēdināšanas atkritumiem (pa labi) (RUTZ 2007)

Sanitācija

Ar organiskajiem atkritumiem jāīrkojas, tie jāapstrādā un jāpārstrādā, nenodarot kaitējumu cilvēkiem, dzīvniekiem un videi. Eiropas un nacionālie normatīvie akti regulē atkritumu apsaimniekošanas prakses saistībā ar epidēmiju un higiēnas riskiem, nosakot kritisko materiālu termisku priekšapstrādi. Sīkāku informāciju var atrast 9.4.4. nodaļā.

Visos gadījumos sterilizācija spiediena ietekmē un pasterizācija ir jāveic pirms attiecīgās izejvielas sūknēšanas bioreaktorā. Tas ir jādara, lai izvairītos no visas izejvielu kravas piesārņošanas un samazinātu sanitācijas izmaksas, apstrādājot tikai problemātiskās izejvielas. Sanitāciju parasti veic apsildāmās, nerūsējošā tērauda tvertnēs, kas ir savienotas ar bioreaktora padeves sistēmu. Tipiski sanitācijas monitoringa parametri ir temperatūra, spiediens, minimālais nodrošinātais izturēšanas laiks un apjoms. Materiāla temperatūra pēc sanitācijas procesa ir augstāka nekā anaerobās fermentācijas procesa temperatūra. Šī iemesla dēļ pirms šī materiāla ievadīšanas bioreaktorā tam ir jāiziet caur siltummaiņi, kur daļa siltuma tiek nodota aukstajai biomasai, kas tiek sūknēta bioreaktorā.

Smalcināšana

Izejvielu smalcināšana sagatavo daļiņu virsmas bioloģiskās sadalīšanās procesam un tam sekojošajai metāna ražošanai. Sadalīšanās process ir ātrāks, ja daļiņas ir mazākas. Tomēr daļiņu izmērs ietekmē tikai izturēšanas laiku, bet ne vienmēr ietekmē metāna iznākumu. Izejvielu smalcināšana parasti ir tieši saistīta ar padeves sistēmu. Abas tiek darbinātas ar elektrisko motoru vai traktora piedziņas vārpstu.

Maisīšana, homogenizācija

Izejvielu maisīšana (dažreiz sauc par mīcīšanu) var būt nepieciešama, lai iegūtu izejvielas ar relatīvi augstu ūdens saturu, ko varētu ievadīt bioreaktorā ar sūkņu palīdzību. Maisīšana notiek uzglabāšanas tvertnēs vai pirmsfermentācijas tvertnēs, pirms materiāls tiek iesūknēts galvenajā bioreaktorā. Maisīšanas procesā izmantotie šķidrumi ir atkarīgi no pieejamības, un parasti tie ir šķidrie kūtsmēsli, pārstrādātais substrāts, procesu ūdens vai pat svaigs ūdens.

Priekšrocība, izmantojot maisīšanai pārstrādāto substrātu, ir tāda, ka tiek samazināts tīra ūdens patēriņš un notiek substrāta bagātināšana ar anaerobās fermentācijas mikroorganismu ieraugu no bioreaktora. Tas var būt svarīgi pēc sanitācijas vai virzuļplūsmas procesa (pneimatiskās transportēšanas). Tomēr, izmantojot maisīšanai pārstrādāto substrātu, var palielināties barības vielu un sāls saturs substrātā, process var zaudēt līdzsvaru un tikt kavēts. Tie paši profilaktiskie darbi ir jāveic, ja maisīšanai izmanto procesu ūdeni, jo dezinfekcijas līdzekļi var negatīvi ietekmēt anaerobās fermentācijas mikroorganismus. No svaiga ūdens izmantošanas būtu jāizvairās augsto izmaksu dēļ.

Substrāta homogenitāte ir svarīga anaerobās fermentācijas procesa stabilitātei. Sūknējamās izejvielas tiek homogenizētas, tās maisot uzglabāšanas tvertnē, jo cietajām izejvielām jābūt homogenizētām padeves procesā. Lielas piegādāto izejvielu veidu un sastāvu svārstības nelabvēlīgi ietekmē anaerobās fermentācijas mikroorganismus, jo tiem nākas pielāgoties jaunajiem substrātiem un jaunajiem apstākļiem. Parasti rezultāts ir mazāks gāzes iznākums. Pieredze rāda, ka ilgā laika periodā stabila un nemainīga izejvielu piegāde ir ļoti svarīga, lai nodrošinātu stabilu un „veselīgu” (līdzsvarotu) anaerobās fermentācijas procesu ar augstu metāna iznākumu.

7.3. Padeves sistēma

Pēc uzglabāšanas un priekšapstrādes anaerobās fermentācijas izejvielas tiek ievadītas bioreaktorā. Padeves tehnoloģija ir atkarīga no izejvielu veida un to sūknējamības. Sūknējamās izejvielas tiek novadītas no uzglabāšanas tvertnēm uz bioreaktoru ar sūkņiem. Šajā izejvielu

kategorijā ietilpst dzīvnieku vircas un daudzi šķidrie organiskie atkritumi (flotācijas dūņas, pienotavu atkritumi, zivju eļļa utt.). Izejvielas, kuras nevar sūknēt (šķiedraini materiāli, zāle, kukurūzas skābarība, kūsmēsli ar augstu salmu saturu utt.), var iekraut/ieliet padeves sistēmā ar iekrāvēju un tad ievadīt bioreaktorā, piemēram, ar skrūvveida cauruļu sistēmu. Abus izejvielu veidus (sūknējamās un nesūknējamās izejvielas) var ievadīt bioreaktorā vienlaikus, tikai tad ir vēlams ievadīt nesūknējamās izejvielas pa sānteku.

Mikrobioloģiskajā aspektā ideāla situācija stabilam anaerobās fermentācijas procesam ir nepārtraukta izejvielu plūsma caur bioreaktoru. Praksē izejvielas tiek ievadītas bioreaktorā gandrīz nepārtraukti vairākās porcijās diennakts laikā. Tas ietaupa enerģiju, jo padeves ierīces netiek darbinātas nepārtraukti. Ir dažādas padeves sistēmas, un to izvēle ir atkarīga no izejvielu kvalitātes, t.sk. sūknējamības, un padeves intervāla.

Ir jāpievērš uzmanība bioreaktorā ievadāmo izejvielu temperatūrai. Liela temperatūras atšķirība starp jaunajām izejvielām un bioreaktora temperatūru var rasties, ja izejvielas ir tikušas pakļautas sanitācijai (līdz 130°C) vai ziemas sezonas laikā (zem 0°C). Temperatūras atšķirības traucē procesa bioloģijai, kas var radīt gāzes iznākuma samazinājumu, tāpēc no tām ir jāizvairās. Ir vairāki šīs problēmas tehniskie risinājumi, piemēram, siltumsūkņu vai siltummaiņu izmantošana, lai uzsildītu izejvielas pirms ievadīšanas bioreaktorā.

7.3.1. Sūknējamu izejvielu transportēšana

Sūknējamu izejvielu substrāta transportēšanu no uzglabāšanas tvertnes uz bioreaktoru veic ar sūkņu palīdzību. Parasti tiek izmantoti divi galvenie sūkņu veidi: centrālās un virzuļsūkņi. Centrālās (rotējošos) sūkņus bieži iegremdē, bet tos var arī novietot uz sausām virsmām pie bioreaktora. Īpašiem gadījumiem ir pieejami griezējsūkņi, ko izmanto materiāliem ar garām šķiedrām (salmiem, dzīvnieku barības atliekām, pļautai zālei). Virzuļsūkņi (arī ekscentra vītņsūkņi) ir izturīgāki pret spiedienu nekā rotējošie sūkņi. Tie ir pašsūkņoši, darbojas divos virzienos un sasniedz relatīvi augstus spiedienus ar samazinātu padeves jaudu. Tomēr zemās cenas dēļ rotācijas sūkņus izmanto biežāk nekā virzuļsūkņus.

Centrālās sūkņi

Centrālās sūkņi ir rotācijas kustības sūkņi, kas izmanto rotējošu darbratu, lai palielinātu šķidrums pārvietošanās ātrumu. Šķidrums nonāk sūkņa darbratā pa rotējošo asi vai pie tās, un ar darbrata palīdzību šķidrums pārvietošanas ātrums tiek palielināts, šķidrumam plūstot radiāli uz āru difuzorā vai spirālveida kamerā, no kuras tas nonāk cauruļu sistēmā. Centrālās sūkņus parasti izmanto, lai novadītu šķidrumus pa cauruļu sistēmu, tādēļ parasti tos lieto kūsmēsli un vircu gadījumā.

Virzuļsūkņi

Biezu šķidro izejvielu ar augstu sausnas saturu transportēšanai bieži izmanto virzuļsūkņus (arī ekscentra vītņsūkņus). Transportētā materiāla daudzums ir atkarīgs no rotācijas ātruma, kas ļauj labāk kontrolēt sūkni un precīzi dozēt sūknējamās izejvielas. Virzuļsūkņi ir pašsūkņoši un spiediena ziņā stabilāki nekā centrālās sūkņi. Šī iemesla dēļ novadīšanas rādītāji ir mazāk atkarīgi no augstuma atšķirībām. Tā kā virzuļsūkņiem var būt problēmas, ko sagādā augsts šķiedru saturs sūknējamajos materiālos, tos ir vērts aprīkot ar griežņiem un separatoriem, lai aizsargātu sūkņus no liela izmēra daļiņām un šķiedrainiem materiāliem.

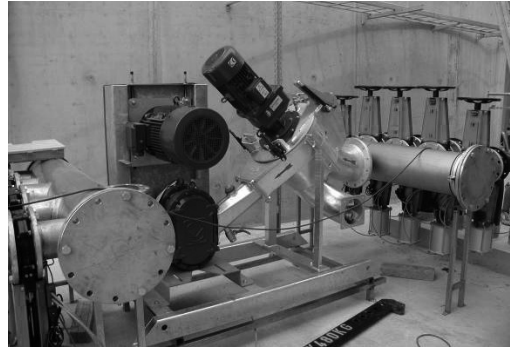
Atbilstošu sūkņu un sūknēšanas tehnoloģiju izvēle ir atkarīga no sūknējamo materiālu īpašībām (materiāla veida, sausnas satura, daļiņu lieluma, sagatavošanas pakāpes utt.). Biogāzes stacijās parasti izmanto tos pašus sūkņus, ko izmanto šķidro kūtsmēsļu gadījumā un kas ir pierādījuši savu noderību izejvielu padošanā bioreaktorā un darbībām ar pārstrādāto substrātu. Pieredze rāda, ka aizsprostojumus ieejā un izejā var novērst ar attiecīga diametra caurulēm. Iepildīšanas vai sajaukšanas caurulēm ar spiedienu ir jābūt vismaz 150 mm diametrā. No spiediena brīvām caurulēm, piemēram, pārplūdes caurulēm vai izplūdes caurulēm, ir jābūt vismaz 200 mm diametrā, lai varētu transportēt kūtsmēslus, un 300 mm diametrā, ja kūtsmēsļu salmu saturs ir augsts.

Visas sūkņu kustīgās daļas ātri nolietojas, tāpēc tās laiku pa laikam ir jānomaina. Tam ir jābūt paveicamam, nepārtraucot biogāzes ražošanu. Šī iemesla dēļ sūkņiem jābūt aprīkoti ar apturēšanas ventiļiem, kas ļauj turpināt izejvielu padevi un bioreaktora un cauruļvadu iztukšošanu. Ir jānodrošina iespēja brīvi piekļūt sūkņiem un caurulēm, kā arī pietiekama darba telpa uzturēšanas darbiem.

Sūknējamā substrāta transportēšanu kontrolē automātiski, izmantojot datorus un taimerus. Daudzos gadījumos visu izejvielu transportēšanu biogāzes stacijā veic viens vai divi sūkņi, kas izvietoti sūkņu stacijā.



7.8.att. Apturēšanas ventiļi (pa kreisi) un sūknēšanas sistēma (pa labi) (RUTZ, 2006)



7.9.att. Sūkņēšanas sistēmas (AGRINZ GmbH, 2008)

7.3.2. Kraujamu izejvielu transportēšana

Kraujamas izejvielas, piemēram, zāle, kukurūzas skābbarība, kūstmēsli ar augstu salmu saturu, augu atliekas un citas izejvielas, ir jātransportē no uzglabāšanas ierīces (bunkurveida tvertnes) uz bioreaktora padeves sistēmu. To parasti veic iekrāvēji vai traktori (skat. 7.10. un 7.11. attēlu), un izejvielas tiek ievadītas bioreaktorā, izmantojot, piemēram, skrūvveida cauruļu transportēšanas sistēmu, kas redzama 7.12.attēlā.

Padeves sistēma sastāv no konteineru, kur kraujamās izejvielas iekrauj traktors, un transportēšanas sistēmas, kas padod izejvielas uz bioreaktoru. Transportēšanas sistēma tiek kontrolēta automātiski un sastāv no skrāpju tipa transportiera, slīdošās grīdas, bīdītājiem un skrūves tipa konveijera.

Skrāpju tipa transportierus un bīdītājus izmanto, lai transportētu izejvielas uz skrūves tipa konveijeru. Tie var transportēt gandrīz visas kraujamās izejvielas gan horizontāli, gan ar vieglu slīpumu, tāpēc tos izmanto ļoti lielos pagaidu uzglabāšanas konteineros, bet tie nav piemēroti dozēšanai.

Skrūves tipa konveijeri var transportēt izejvielas gandrīz visos virzienos. Vienīgais priekšnoteikums - nedrīkst būt lieli akmeņi un citi fiziski piesārņotāji. Optimālai darbībai rupjās izejvielas ir jāasmalcina, lai tās varētu satvert dzenskrūve un tās atbilstu dzenskrūves izliekumiem.



7.10.att. Padeves konteineru sistēma sausajām izejvielām – kukurūzas skābbarībai un cietajiem putnkopības kūstmēsliem (pa kreisi) un iekrāvējs ar kukurūzas skābbarību (pa labi) (RUTZ, 2008)



7.11.att. Iekrāvējs iekrauj kukurūzas skābarību konteinerā (RUTZ, 2008)



7.12.att. Skrūvveida caurules transportēšanas sistēma (pa kreisi) un uzstādīšanai gatavs skrūves tipa konveijers (pa labi) (RUTZ, 2007)

Izejvielu ievadīšanai bioreaktorā ir jābūt hermētiskai, un nedrīkst pieļaut biogāzes noplūdes. Šī iemesla dēļ padeves sistēma ievada izejvielas zem pārstrādātā substrāta slāņa virsmas (skat. 7.13.attēlu). Parasti tiek izmantotas trīs sistēmas: ieplūdes kanāli, padeves virzuļi un padeves skrūves tipa konveijeri.

Ieplūdes kanāli

Ievadot cietvielas bioreaktorā pa ieplūdes kanāliem vai slūžām (skat. 7.13.attēla labās puses shēmu), izmantojot frontālos jeb riteņu iekrāvējus, ir iespējams jebkurā laikā iekraut lielu daudzumu cietvielu tieši bioreaktorā.

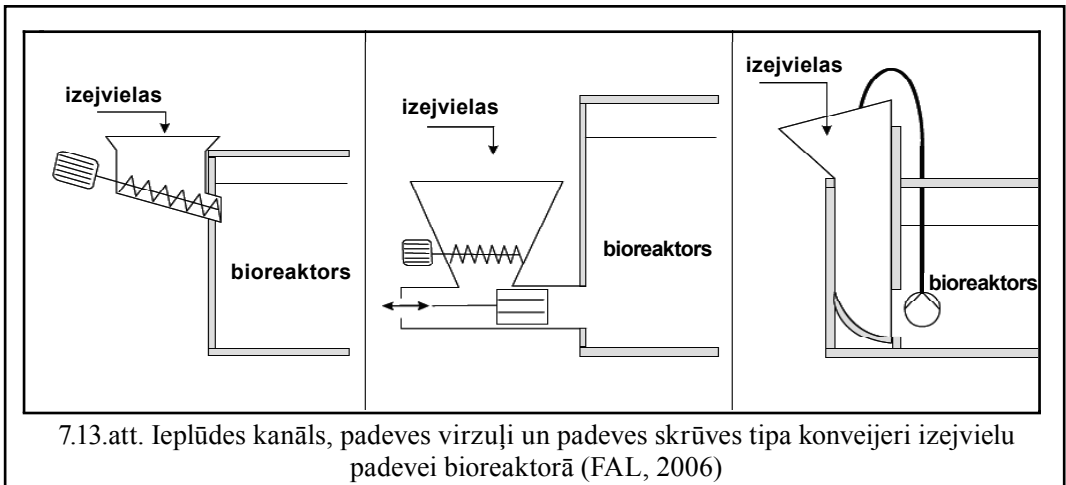
Padeves virzuļi

Izmantojot padeves virzuļus, izejvielas tiek ievadītas tieši bioreaktorā ar hidrauliskiem cilindriem (skat. 7.13.attēla vidējo shēmu), kas stumj izejvielas caur atverēm bioreaktora sienā. Šī grīdas līmeņa ievadīšana nozīmē, ka izejvielas tiek iemērkotas bioreaktora šķidrajā saturā, samazinot peldošu slāņu veidošanas risku. Šī sistēma ir aprīkota ar pretēji rotējošiem maisi-

šanas veltņiem, kas transportē papildu substrātus uz zemākajiem horizontālajiem cilindriem, vienlaikus sasmalcinot garos šķiedrmateriālus.

Padeves skrūves tipa konveijeri

Papildu substrātu ievadīšanu bioreaktorā var veikt ar padeves skrūves tipa konveijeriem (skat. 7.13.attēla kreisās puses shēmu). Šajā gadījumā materiāls bioreaktorā tiek saspīests zem šķidruma līmeņa, izmantojot vītnes transportieri. Šī metode ļauj novērst gāzes noplūdi padeves laikā. Vienkāršākais veids, kā to izdarīt, ir, novietojot dozatoru uz bioreaktora tā, ka ir jāievada tikai viena dzenskrūve. Padevei izmanto dzenskrūvi, pagaidu uzglabāšanas konteinerus ar vai bez smalcināšanas līdzekļiem.



7.14.att. Skābbarības padeves konteiners (AGRINZ GmbH, 2006)

7.4. Armatūra un cauruļvadi

Biogāzes ražošanas sistēmās izmantotajai armatūrai un cauruļvadiem ir jābūt nerūsējošiem un piemērotiem darbam ar konkrētiem materiālu veidiem (biogāzi un biomasu). Cauruļvadiem izmantotais materiāls ir atkarīgs no transportētajām kravām un spiediena līmeņa, un tas var būt PVC, HDPE, tērauds vai nerūsējošais tērauds. Tādiem armatūras veidiem kā savienotājumavas, plūsmdaļas vārsts, droselēvārsts, tīrīšanas atveres un manometri ir jābūt viegli pieejamiem, viegli uzturamiem un neaizsalstošiem. Dažos gadījumos ir nepieciešama cauruļu izolācija (skat. 7.15.attēlu). Drošai biogāzes stacijas darbināšanai ir jānodrošina minimālās cauruļvadu un armatūras prasības, kas saistītas ar to materiālu īpašībām, drošības īpašībām un necaurlaidību.

Biomases cauruļvadiem ir jābūt 300 mm diametrā. Substrāta pretplūsmu no bioreaktora novērs ar attiecīgu cauruļvadu izvietojumu. Uzstādot caurules, slīpumam ir jābūt 1-2%, lai nodrošinātu pilnīgu cauruļu atbrīvošanos. Ir jāpievērš uzmanība kārtīgai uzstādīto ierīču noslēgšanai. Garos un līkumainos cauruļvados var zust spiediens.



7.15.att. Izolēti gāzes cauruļvadi (pa kreisi) un pārstrādātā substrāta cauruļvadi (pa labi) (RUTZ, 2008)

Gāzes cauruļvadi ir jāuzstāda slīpi un jāapriko ar ventiļiem, lai atbrīvotos no kondensāta. Pat pavisam neliels kondensāta daudzums var izraisīt pilnīgu gāzes līnijas bloķēšanos zema sistēmas spiediena dēļ.

7.5. Apsildes sistēma – bioreaktora apsilde

Nemainīga procesa temperatūra ir viens no vissvarīgākajiem stabilas darbības un augsta biogāzes iznākuma nosacījumiem. Temperatūras svārstībām, kas rodas dažādās sezonās un laikapstākļos dažādās bioreaktora daļās, ir jābūt iespējami mazām. Lielas temperatūras svārstības var izjaukt anaerobās fermentācijas procesa līdzsvaru, un sliktākajā gadījumā process var vispār neizdoties.

Temperatūras svārstību cēloņi var būt dažādi:

- jaunu izejvielu pievienošana;
- temperatūras slāņu vai zonu rašanās nepietiekamas izolācijas, nekorektas un neefektīvas apsildes sistēmas lieluma noteikšanas vai nepietiekamas maisīšanas dēļ;

- apsildes elementu nepareizs novietojums;
- ārkārtējas āra temperatūras vasarā un ziemā;
- piedziņas bloku kļūda.

Lai sasniegtu un uzturētu nemainīgu procesu temperatūru un kompensētu siltuma zudumus, bioreaktors ir jāizolē un jāapsilda ar ārējiem siltuma avotiem (skat. 7.16.attēlu). Visbiežāk izmantotie avoti ir biogāzes stacijas koģenerācijas iekārtā ražotais siltums.

Izejvielu apsildi var veikt arī padeves procesa laikā ar siltummaiņiem (priekšapsilde), vai to var veikt bioreaktorā ar sildelementu, karstu tvaiku u.c. palīdzību (skat. 7.17.attēlu). Izejvielu substrātu priekšapsilde padeves laikā ļauj izvairīties no temperatūras svārstībām bioreaktorā. Daudzās biogāzes stacijās izmanto abu izejvielu apsildes veidu kombināciju.



7.16.att. Biogāzes stacijas apsildes sistēma (pa kreisi) un betona bioreaktora izolācija remonta laikā (pa labi) (RUTZ, 2008)



7.17.att. Bioreaktorā ievietotas apsildes caurules (AGRINZ GmbH, 2008)

7.6. Bioreaktori

Būtiskākais biogāzes stacijas elements ir bioreaktors. Tā ir gaisnecaurlaidīga tvertne, kur notiek izejvielu anaerobā fermentācija un tiek ražota biogāze. Vēl bioreaktoriem ir raksturīga izejvielu padeves sistēma un biogāzes un pārstrādātā substrāta izvades sistēma. Eiropas klimatiskajos apstākļos anaerobie bioreaktori tiek izolēti un apsildīti.

Pasaulē tiek darbināti visdažādākie bioreaktori. Tie ir veidoti no betona, tērauda, ķieģeļiem un plastmasas, tie var būt bunkurveida tvertnes, siles, baseinu formā un var būt novietoti zem zemes vai uz tās. Biogāzes stacijas lielumu nosaka bioreaktoru lielums, kas var mainīties no dažiem kubikmetriem mazu mājsaimniecības iekārtu gadījumā līdz tūkstošiem kubikmetru lielu komercstaciju ar vairākiem bioreaktoriem gadījumā.

Bioreaktora konstrukcijas un veida izvēle galvenokārt ir atkarīga no ūdens, un sausnas satura fermentējamajā substrātā. Kā jau iepriekš minēts, anaerobajai fermentācijai ir iespējamās divas sistēmas: slapjā fermentācija, kad substrāta vidējais sausnas saturs ir mazāks nekā 15%, un sausā fermentācija, kad substrāta sausnas saturs pārsniedz šo vērtību, parasti tas ir starp 20–40%. Šīs definīcijas un robežlielumi dažādos reģionos var atšķirties, un dažos gadījumos tos nošķir ar normatīvajiem aktiem un atbalsta shēmām kā, piemēram, Vācijā.

Par slapjo fermentāciju parasti uzskata kūtsmēslu un notekūdeņu dūņu anaerobo fermentāciju. Sauso fermentāciju izmanto biogāzes ražošanai no cietajiem kūtsmēsliem ar augstu salmu saturu, mājsaimniecību atkritumiem un cietajiem sadzīves bioatkritumiem, pļautas zāles un ainavu kopšanas zāles, enerģētiskajām kultūrām (svaigām un pārstrādātām skābarībā) utt. Gan slapjās, gan sausās anaerobās fermentācijas bioreaktori ir raksturoti zemāk, liekot uzsvāru uz slapjās fermentācijas sistēmām kā visinteresantāko lauksaimniecības biogāzes stacijas alternatīvu.

Izejvielu padeves un izvades aspektā ir divi galvenie bioreaktoru veidi: periodiskas fermentācijas tipa bioreaktors un nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktors.

7.6.1. Periodiskas fermentācijas tipa bioreaktori

Periodiskas fermentācijas tipa bioreaktoru darbības īpatnības ir saistītas ar to, ka šajos bioreaktoros iepilda svaigu izejvielu porciju, kurai ļauj fermentēties, un tad tā tiek pilnībā izvākta. Tad ievada jaunu porciju, un process atkārtojas. Periodiskas fermentācijas tipa bioreaktori ir vienkārši uzceļami, un tos parasti izmanto sausajai fermentācijai.

Periodiskas fermentācijas tipa bioreaktoru piemērs ir t.s. betona „garāžas tipa” bioreaktors (skat. 7.18.attēlu), kas domāts atsevišķi savāktu mājsaimniecību, zāles pļaušanas, cieta kūtsmēslu un enerģētisko kultūru bioatkritumu apstrādei. Apstrādes kapacitāte ir no 2 000 līdz 50 000 tonnu gadā. Organiskās vielas tiek ieraudzētas pārstrādātajā substrātā un ievadītas bioreaktorā. Tālāk ieraudzēšana ar bakteriālu biomasu notiek, recirkulējot filtrēto šķidrumu, ko uzsmidzina uz substrāta bioreaktorā.

Atšķirībā no slapjās fermentācijas sausajai fermentācijai nav vajadzīga anaerobās fermentācijas substrāta maisīšana vai sajaukšana fermentācijas laikā. Procesu un izfiltrētā šķidruma temperatūra tiek regulēta ar bioreaktorā iebūvētu grīdas apsildes sistēmu un ar siltummaini, kas darbojas kā izfiltrētā šķidruma rezervuārs.

Salīdzinot ar citām sistēmām, periodiskajai fermentācijai ir vairākas priekšrocības saistībā ar zemākām procesa un ar to saistīto tehnoloģiju izmaksām. Tam attiecīgi ir pretējs efekts uz procesu enerģijas patēriņu un uzturēšanas izmaksām.



7.18.att. Garāžas tipa periodiskās fermentācijas bioreaktors, ko piepilda ar iekrāvēju (BEKON, 2004)

Daudzsološa alternatīva pilnīgas sausās anaerobās fermentācijas tehnoloģijām ir plastikāta maisu vai folijas cauruļu izmantošana. Galvenā doma ir samazināt investīciju izmaksas, izmantojot tvertņu maisu plastikāta apšuvumu tehnoloģiju, kur anaerobās fermentācijas substrāti (kūsmēsli, bioatkritumi, enerģētiskās kultūras) tiek uzglabāti gaisnecaurlaidīgos plastikāta maisos biogāzes ražošanai.

Periodiskās fermentācijas tipa bioreaktori tiek izmantoti arī apvienotai slapjajai un sausajai fermentācijai kraujamu izejvielu gadījumā, kur lielākos daudzumos tiek izmantoti papildu notekūdeņi vai izfiltrētais šķidrums, lai nodrošinātu plūstamību vai caursūkšanos.

Iespēja substrātu ne tikai iepriekš apstrādāt un caursūcināt, bet arī pakļaut augsta spiediena aerācijai un plūdināšanai ļauj sauso fermentāciju izmantot kā piemērotu apstrādes procesu kontrolētos atkritumu poligonos.

7.6.2. Nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktori

Nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktoros izejvielu substrāti tiek nepārtraukti vai regulāri padoti bioreaktorā. Materiāls pārvietojas caur bioreaktoru mehāniskā ceļā vai no jauna ievadītā substrāta spiediena ietekmē, kas izgrūž fermentēto materiālu. Atšķirībā no periodiskās fermentācijas tipa bioreaktoriem nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktori ražo biogāzi bez jaunu izejvielu ievadīšanas un fermentēto notekūdeņu aizvadīšanas. Šie bioreaktori ražo nemainīgu un paredzamu biogāzes un pārstrādātā substrāta daudzumu.

Ir trīs galvenās nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktoru sistēmas: vertikālā, horizontālā un daudzvertņu sistēma. Atkarībā no izvēlētā anaerobās fermentācijas substrāta maisīšanas risinājuma nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktorus var iedalīt pilnīgas sajaukšanas bioreaktorus un virzuļplūsmas bioreaktorus (skat. 7.1.tabulu). Pilnīgas sajaukšanas bioreaktori ir galvenokārt vertikāli, bet virzuļplūsmas bioreaktori – horizontāli bioreaktori.

Bioreaktoru veidi

Pilnīgas sajaukšanas bioreaktori	Virzuļplūsmas bioreaktori
Apaļa, vienkāršas konstrukcijas tvertne, vertikāla	Garena, horizontāla tvertne
Pilnībā sajaukts	Vertikāli sajaukts
Piemērots vienkāršām izejvielām (šķidrājiem kūtsmēsliem)	Piemērots sarežģītām izejvielām (cietajiem kūtsmēsliem)
Nefermentēto izejvielu daļiņas var sasniegt izeju	Parasti nav saiknes starp ieplūdi un izplūdi; droša sanitācija
Procesu temperatūra 20°-37° C	Procesu temperatūra 35°-55° C
Izturēšanas laiks 30-90 diennaktis	Izturēšanas laiks 15-30 diennaktis

Vertikālie bioreaktori

Praksē lielākā daļa bioreaktoru ir vertikāli. Vertikālie bioreaktori parasti ir uz vietas celtas, apaļas tērauda vai dzelzsbetona tvertnes, bieži ar konisku apakšu, lai vieglāk būtu samaisīt izejvielas un atbrīvoties no smiltīm. Tie ir gaisnecaurlaidīgi, izolēti, apsildīti un aprīkoti ar maisītājiem un sūkņiem. Daudzos gadījumos bioreaktori ir pārsegti ar betona vai tērauda jumtiem, un saražotā biogāze nonāk caurulēs un tiek uzglabāta ārējās uzglabāšanas iekārtās pie bioreaktora. Citos gadījumos jumta konstrukcija var būt no gāznecaurlaidīgas membrānas, sekmējot saražotās biogāzes uzglabāšanu. Membrānu piepūš saražotā biogāze, vai tā var būt piestiprināta pie centrālā masta (skat. 7.19.attēlu).



7.19.att. Vertikālie bioreaktori, kas apsegti ar gāznecaurlaidīgu membrānu (AGRINZ GmbH, 2008 – pa kreisi & RUTZ, 2006 – pa labi)

No dzelzsbetona veidotie bioreaktori ir pietiekami gāznecaurlaidīgi, jo betons piesūcas ar ūdeni no mitruma, ko satur izejvielas un biogāze. Betona tvertnes var uzstādīt pilnībā vai daļēji uz zemes. Nepiemērotas konstrukcijas sekas var būt salūšana, noplūdes, korozija un īpašos gadījumos - bioreaktora sabrukšana. No šīm problēmām var izvairīties, nodrošinot pienācīgu betona kvalitāti un profesionālu bioreaktora plānošanu un izveidi.

Tērauda bioreaktorus uzstāda uz betona pamatnes. Tērauda plāksnes tiek sastiprinātas vai saskrūvētas kopā un arī nostiprinātas. Tērauda bioreaktorus vienmēr uzstāda virs zemes.



7.20.att. Uz vietas izveidots vertikālais betona bioreaktors (RUTZ, 2007)

Viena no vertikālo bioreaktoru priekšrocībām ir, ka zemnieku saimniecībās esošās kūsmēsļu tvertnes var izmaksu ziņā efektīvi pārveidot par biogāzes bioreaktoriem, pievienojot izolāciju un apsildes sistēmu. Kā izolāciju pie tvertnes iekšējām sienām ar tapām piestiprina ūdensnecaurlaidīgas izolācijas plāksnes. Cita bijušo kūsmēsļu tvertņu izolācijas iespēja gāznecaurlaidības nodrošināšanai ir pilnīga tvertnes iekšpuses izklāšana ar putām. Darbs ir jāuztic specializētiem uzņēmumiem. Beigās tvertnes apsedz ar gāznecaurlaidīgu jumtu no vienā vai divos slāņos uzklātas membrānas.

Īpaša fermentācijas sistēma, ko izmanto lauksaimniecības biogāzes stacijās kūsmēsļu apstrādei, ir t.s. akumulācijas nepārtrauktas plūsmas sistēma. Šajā sistēmā visa kūsmēsļu tvertne kalpo vienlaikus arī kā bioreaktors un kūsmēsļu uzglabāšanas ierīce. Šāda veida stacijas tiek uzstādītas zemnieku saimniecībās, kur jābūt uzceltām uzglabāšanas ierīcēm. Maksimālā noslodze tiek sasniegta vasarā pēc pēdējās pārstrādātā substrāta izmantošanas mēsošanai. Rudenī un ziemā bioreaktors tiek piepildīts. Šajā posmā sistēma strādā ar nepārtrauktu plūsmu, lielu izturēšanas laiku un labiem gāzes iznākumiem. Pārstrādātais substrāts plūst uzglabāšanas tvertnē, kas darbojas arī kā pēcfermentācijas tvertne.

Horizontālie bioreaktori

Horizontālajiem bioreaktoriem (skat. 2.21.attēlu) ir horizontāla ass un cilindriska forma. Šis bioreaktoru veids parasti tiek ražots un nogādāts biogāzes stacijā vienā gabalā, tāpēc to lielums un tilpums ir ierobežoti. Standarta veida maza apjoma risinājumi ir horizontālas tērauda tvertnes ar tilpumu 50-150 m³, ko izmanto kā galveno bioreaktoru mazākās biogāzes stacijās vai kā pirmsfermentācijas tvertni lielākās stacijās. Kā alternatīvu var minēt arī betona tuneļveida bioreaktoru, kam var būt lielāks tilpums – līdz pat 1000 m³.

Horizontālie bioreaktori var darboties arī paralēli, lai sasniegtu lielākas caurlaidspējas īpašības. To formas dēļ automātiski tiek izmantota virzuļplūsmas straume. Izejvielas lēni plūst no ieejas puses uz izvadīšanas pusi, veidojot cauri bioreaktoram plūstošu virzuļplūsmu. Samazinās nefermentēta substrāta izvadīšanas risks, un ir garantēts noteikts visa substrāta izturēšanas laiks. Horizontālos nepārtrauktas plūsmas bioreaktoros parasti izmanto tādas izejvielas kā vistu kūsmēsli, zāle, kukurūzas skābarība vai kūsmēsli ar augstu salmu saturu.

Izolētais bioreaktors ir aprīkots ar apkures sistēmu, gāzes kupolu, kūsmēsļu caurulēm un maisītāju. Apkures sistēma sastāv no maisīšanas siltuma caurulēm ar siltā ūdens padeves notek-

cauruli vai diagonāli iebūvētiem radiatoriem. Lēni kustīgā lāpstiņmaisītāja plāksnes ir spirālveidā novietotas uz maisīšanas ass, lai nodrošinātu vienlīdzīgu griezes momenta sadalījumu. Lielais lāpstiņu skaits ļauj transportēt izbirušās smiltis uz notekcauru tvertnēm. Nodrošinot nepārtrauktu izejvielu ieplūšanu un izplūšanu, vidējais izturēšanas laiks ir 15-30 diennaktis. Bioreaktora piepildījuma līmenis vienmēr sasniedz to pašu augstumu, svārstības ir vērojamas gāzes kupola iepildīšanas un maisīšanas laikā. Līmeni regulē izplūdes sifons. Bioreaktors ir aprīkots ar hermētisku pārsegumu vai novietots zem jumta. To var izveidot uz vietas vai saražot kā maza apjoma produkciju. Tērauda un nerūsējošā tērauda bioreaktorus vienmēr izveido virs zemes, novietojot un piestiprinot uz betona pamatnes. Skrūvju savienojumu vietas tiek aizklātas.

Daudztvertņu sistēmas

Liela zemnieku saimniecībām domātas kofermentācijas stacijas parasti sastāv no vairāku tvertņu sistēmām. Tās parasti darbojas kā nepārtrauktas plūsmas sistēmas un satur vienu vai vairākus galvenos bioreaktorus un pēcfermentācijas tvertnes. Bioreaktori var būt tikai vertikāli vai vertikālu un horizontālu bioreaktoru apvienojums. Pārstrādātā substrāta uzglabāšanas tvertnes kalpo arī kā pēcfermentācijas tvertnes, un tām ir vienmēr jābūt pārsegtām ar gāz-necaurlaidīgu membrānu, lai izvairītos no metāna emisijām biogāzes ražošanas procesā, kas notiek pēcfermentācijas tvertnē jau zemākās temperatūrās.



7.21.att. Horizontāls 400 m³ liels plūsmas bioreaktors “EUCO®” Schmack Biogas (RUTZ, 2006)

7.6.3. Bioreaktoru uzturēšana

Atbrīvošanās no bioreaktora nogulsnēm

Nepārtrauktas fermentācijas tipa bioreaktoros var uzkrāties smago materiālu nogulsnes, piemēram, smiltis un citi nefermentējami materiāli. No lielākās šo materiālu daļas var atbrīvoties iepriekšējas uzglabāšanas vai padeves procesa laikā. Tomēr smiltis var būt ļoti cieši savienojušās ar organiskajām substancēm, un tās ir grūti atdalīt pirms fermentācijas. Liela daļa smilšu atbrīvojas bioloģiskās anaerobās fermentācijas laikā bioreaktorā. Kūtsmēsli (cūku virca, vistu mēsli) un arī citi biomasas veidi satur dažādu smilšu daudzumu. Uzkrājot smiltis tvertnēs un bioreaktoros, to daudzums samazinās. Smilšu klātbūtne biomasas plūsmā ļoti noslogo maisīšanas sistēmas, sūkņus un siltummaiņus, kas var izraisīt aizsērējumus, aizsprostojumus un lielu nodilumu. Nogulšņu slāņi var sacietēt, ja no tiem periodiski neatbrīvojas. Tad no tiem var atbrīvoties tikai ar mehāniskām ierīcēm. Nepārtrauktu nogulšņu slāņu izvākšanu no bioreaktoriem var veikt, izmantojot grīdas grābekļus vai grīdas notekcaurules. Ja nogulsnes veidojas pārāk daudz, nogulšņu aizvākšanas sistēma var nefunkcionēt, un šī iemesla dēļ var nākties apturēt bioreaktoru, atvērt to un atkarībā no bioreaktora lieluma izvākt nogulsnes manuāli vai ar mašīnām. Ļoti lielu bioreaktoru (vairāk nekā 10 m) statiskais spiediens var būt pietiekams, lai atbrīvotos no smiltīm, katlakmens un dūņām.

Nogulšņu izraisītās problēmas var samazināt, ja tiek veikti šādi pasākumi:

- regulāra iepriekšējas uzglabāšanas un uzglabāšanas tvertņu iztukšošana;
- pietiekami liela iepriekšējas uzglabāšanas jauda;
- piemērota maisīšanas metode;
- piemērots sūkņēšanas cauruļu novietojums, lai izvairītos no smilšu cirkulācijas;
- izejvielu ar augstu smilšu saturu neizmantošana;
- īpašu metožu izmantošana smilšu izvākšanai no bioreaktoriem.

Pasākumi putu slāņu novēršanai

Putu un peldošo slāņu veidošanās ir atkarīga no piegādātā izejvielu veida, un tie var rasties arī procesa līdzsvara trūkuma dēļ. Šo slāņu esamība uz biomasas virsmas bioreaktorā var izraisīt gāzes līniju aizsērējumus. Lai to novērstu, gāzes līnijas bioreaktorā ir jāuzstāda, cik vien augstu iespējams. Putu uztvērēji var novērst putu iekļūšanu izejvielu caurulēs, kas savienotas ar pēcfermentācijas tvertni un uzglabāšanas baseiniem. Bioreaktora gāzes sektorā var uzstādīt putu sensoru, lai automātiski uzsāktu putu slāpēšanas līdzekļa izsmidzināšanu bioreaktorā, ja uz biomasas virsmas ir izveidojies pārāk daudz putu. Putu slāpēšanas līdzekļi ir jāizmanto tikai ārkārtas gadījumos, jo to sastāvā parasti ir silikāti, kas bojā koģenerācijas staciju.

7.7. Maisīšanas tehnoloģijas

Mīnimālo biomasas maisīšanu bioreaktorā nodrošina pasīvā maisīšana. To panāk, ievietojot svaigas izejvielas un ar tam sekojošām siltuma konvekcijas straumēm, kā arī ar uzpūstiem gāzes burbuļiem. Tomēr pasīvā maisīšana nav pietiekama optimālai bioreaktora darbībai, un maisīšanas process ir aktīvi jāstimulē.

Maisīšanu var veikt mehāniski, hidrauliski un pneimatiski. 85-90% biogāzes staciju tiek izmantotas mehāniskas ierīces.

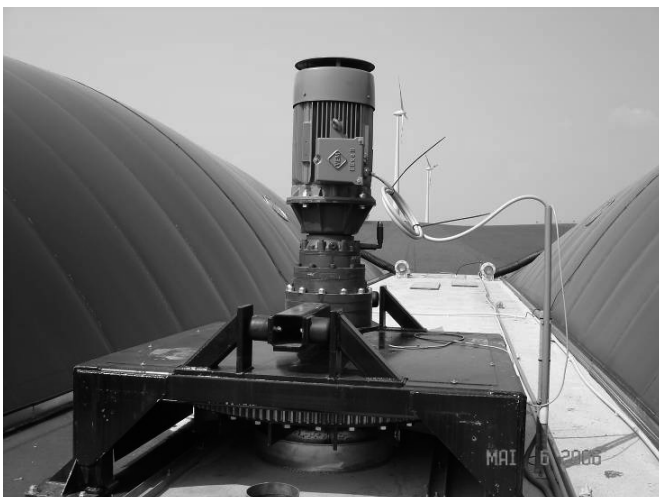
Bioreaktora saturs ir jāmaisā vairākas reizes diennaktī, lai sajauktu jaunās izejvielas ar bioreaktorā esošo substrātu un novērstu peldošu garozu un grimstošu slāņu (nogulšņu) veidošanos, lai pievadītu baktērijas (mikroorganismus) jauno izejvielu daļiņām, lai veicinātu gāzes burbuļu rašanos un padarītu vienmērīgu siltuma un barības vielu sadali.

Maisītāji darbojas nepārtraukti vai noteiktā secībā. Pieredze rāda, ka noteiktā secībā veiktu maisīšanu var uzlabot un pielāgot attiecīgās biogāzes stacijas specifikai (tvertnes lielumam, izejvielu kvalitātei, peldošu slāņu veidošanās tendencei utt.). Pēc sākotnējās izejvielu ievadīšanas un stacijas palaišanas pieredzes un novērojumu rezultātā tiek noteikts maisīšanas secības ilgums un biežums, kā arī koriģēti maisītāji.

Dānijas pieredze rāda, ka agrāk izmantotie iegremdētie, elektriski darbināmie vidēja ātruma maisītāji ir samērā dārgi darbināmi un tiem ir grūti piekļūt, lai veiktu pārbaudes un apkopes. Vienlaidus, lēni rotējoši maisītāji, ko parasti uzstāda bioreaktoru augšdaļas centrā, ir atzīstami par labu alternatīvu, kaut gan to izmantošana prasa korekti noteiktu biomasas līmeni bioreaktorā, lai izvairītos no peldošiem slāņiem.

7.7.1. Mehāniskā maisīšana

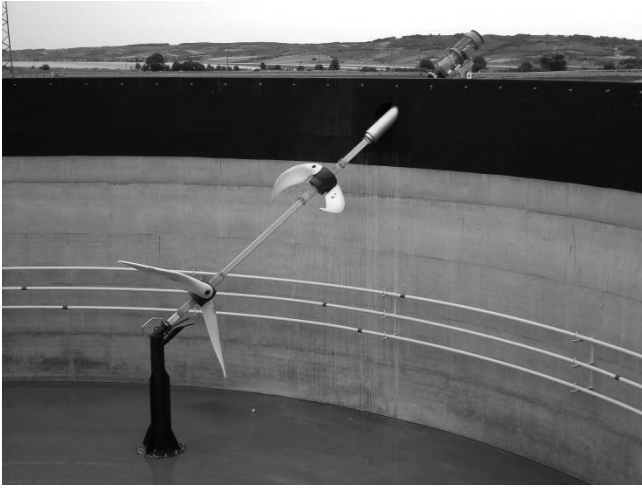
Bioreaktoru mehānisko maisīšanu veic, izmantojot maisītājus, kurus iedala intensīvos ātras darbības maisītājos, vidējas darbības maisītājos un lēnas darbības maisītājos.



7.22.att. Piekārts lāpstīņu maisītājs (pa kreisi) un tā maisīšanas motors (pa labi) (AGRINZ GmbH, 2006)

Vertikālajos bioreaktoros parasti izmanto iegremdējamus motora propellera maisītājus (skat. 7.23.attēlu). Tos darbina bezreduktora elektromotors ar ūdensnecaurlaidīgu korpusu un nekorodējošu pārklājumu, ko dzesē apkārtējā vide. Tie ir pilnībā iegremdēti izejvielās, un parasti tiem ir viens vai divi spārnoti, ģeometriski optimizēti propelleri. To vadāmās cauruļu sistēmas dēļ maisītājiem var mainīt augstumu, slīpumu un puses.

Lāpstīņu maisītājiem ir horizontāla, vertikāla vai diagonāla ass (skat. 7.22. un 7.23.attēlu). Dzinējs ir izvietots ārpus bioreaktora. Savienojumiem, kur vārpsta šķērso bioreaktora pārsegumu, membrānas jumtu vai bioreaktora sienu, ir jābūt ciešiem.



7.23.att. Lāpstiņu maisītājs (pa kreisi) un iegremdējams motora propellera dzinējs (pa labi) (AGRINZ GmbH, 2006)

Vēl viena mehānisko maisītāju alternatīva ir aksiālie maisītāji. Tos bieži darbina nepārtrauktā režīmā. Aksiālos maisītājus parasti uzstāda uz vārpstām, kas atrodas bioreaktora pārseguma centrā. Ārpus bioreaktora novietotā dzinēja ātrumu samazina līdz dažiem apgriezieniem minūtē, izmantojot transmisiju. Tie var radīt stabilu straumi bioreaktorā, kas no apakšas plūst augšup pa sienām.

Horizontālajos bioreaktoros parasti izmanto lēnas darbības lāpstiņu-veltņu maisītājus (bet tos var uzstādīt arī vertikālajos bioreaktoros). Lāpstiņas piestiprina uz horizontālas maisīšanas ass, kas maisa un padod uz priekšu (virzuļplūsmā) anaerobās fermentācijas substrātu. Maisīšanas efektu var sniegt tikai izejvielu vertikāla maisīšana. Horizontālo virzuļplūsmas straumi nodrošina, pievienojot bioreaktorā svaigas izejvielas. Apkures caurules anaerobās fermentācijas izejvielu sildīšanai bieži tiek integrētas darba vārpstās un maisītāja lāpstiņās. Lāpstiņu vai veltņu maisītāji darbojas vairākas reizes diennaktī ar mazu periodiskumu un mazu ātrumu.

7.7.2. *Pneimatiskā maisīšana*

Pneimatiskajā maisīšanā izmanto biogāzi, kas caur biomasas izejvielām nāk no bioreaktora apakšas. Gāzes burbuļi rada vertikālu kustību, tā maisot izejvielas. Šai sistēmai ir priekšrocība – nepieciešamais aprīkojums (sūkņi un kompresori) ir izvietots ārpus bioreaktora, tāpēc tas maz nolietojas. Anaerobās fermentācijas izejvielu pneimatisko maisīšanu lauksaimniecības biogāzes stacijās izmanto daudz retāk. Tehnoloģija nav piemērota peldošo slāņu likvidēšanai, un to var izmantot tikai plānām šķidrām izejvielām, kas neveido peldošus slāņus.

7.7.3. *Hidrauliskā maisīšana*

Ja maisīšana notiek hidrauliski, izejvielas bioreaktorā tiek saspīestas ar sūkņu radīto spiedienu un horizontāliem vai papildus vertikāliem griežamiem vārstiem. Anaerobās fermentācijas izejvielu sūkņēšana un izkraušana ir jāveic tā, lai bioreaktora saturs tiktu maisīts iespējami rūpīgi. Hidrauliski maisītām sistēmām ir noteiktas priekšrocības, jo maisītāju mehāniskās daļas ir izvietotas ārpus bioreaktora, tāpēc tās lēni nolietojas un ir viegli uzturamas. Hidrauliskā

maisīšana tikai dažreiz ir piemērota peldošo slāņu likvidēšanai un, tāpat kā pneimatiskā maisīšana, ir izmantojama tikai plānu šķidro izejvielu, kas neveido peldošus slāņus, gadījumā.

7.8. Biogāzes uzglabāšana

Lai optimizētu biogāzes iznākumu, biogāzes ražošana ir jāuztur iespējami stabila un nemainīga. Bioreaktorā biogāze veidojas mainīgos daudzumos un ar jaudas maksimumiem. Turklāt vajadzība pēc biogāzes, piemēram, koģenerācijas stacijā, arī var mainīties. Lai to kompensētu, ir nepieciešams uz laiku uzglabāt saražoto biogāzi atbilstošās uzglabāšanas iekārtās.

Šobrīd ir pieejamas daudz dažādas biogāzes uzglabāšanas tvertnes. Tās var būt novietotas uz bioreaktora, izmantojot īpašu membrānu, kas darbojas arī kā bioreaktora pārsegums. Lielākām stacijām ir nepieciešamas atsevišķas uzglabāšanas iekārtas. Tās var būt ievietotas uzglabāšanas celtnēs, vai arī tās var būt brīvi stāvošas iekārtas. Biogāzes uzglabāšanas iekārtas var darboties ar zemu, vidēju un augstu spiedienu.

Korekta biogāzes uzglabāšanas sistēmas izvēle un izmēra noteikšana ir būtisks ieguldījums biogāzes stacijas efektivitātē un drošībā. Atbilstoša biogāzes uzglabāšana nodrošina nepieciešamo biogāzes piegādi, samazina biogāzes zaudējumus un veicina biogāzes stacijas drošību.

Visām biogāzes uzglabāšanas ierīcēm ir jābūt gāznecaurlaidīgām un spiedienizturīgām. Ja uzglabāšanas iekārtas neatrodas ēkās, tām ir jābūt noturīgām pret UV, temperatūru un laikapsūkļiem. Pirms stacijas iedarbināšanas ir jāpārbauda gāzes uzglabāšanas tvertņu necaurlaidība. Drošības apsvērumu dēļ tām ir jābūt aprīkotām ar drošības ventiļiem (zema spiediena un pārāk augsta spiediena gadījumos) (skat. 7.24.attēlu), lai novērstu bojājumus un riskus drošībai. Ir jānodrošina arī aizsardzība pret eksplozijām. Turklāt ir nepieciešama ārkārtas biogāzes lāpa, un tvertnei ir jāspēj uzglabāt vienu ceturtdaļu no diennaktī saražotās biogāzes. Parasti iesaka tvertnes ietilpību vienas vai divu diennakšu produkcijas apmērā.



7.24.att. Drošības spiediena ierīces un ventiļi (AGRINZ GmbH, 2006)

7.8.1. Zema spiediena tvertnes

Zema spiediena tvertnes sastāv no membrānām, kam jāatbilst drošības prasībām. Membrānas rezervuāri ir uzstādīti kā ārēji gāzes rezervuāri vai kā gāzes kupoli uz bioreaktora. Visbiežāk izmanto zema spiediena tvertnes ar virsspiediena līmeni 0,05 līdz 0,5 mbar.

Ārējie zema spiediena rezervuāri var būt veidoti membrānas spilvenu formā (skat. 7.25.attēlu). Membrānas spilvenu ievieto ēkās, lai aizsargātu no laikapstākļiem, vai aprīko ar otru membrānu.

Ja bioreaktoru vai pēcfermentācijas tvertni izmanto biogāzes uzglabāšanai, tiem ir jābūt pārsegtiem ar gāznecaurlaidīgas membrānas kupolu (dubultmembrānas rezervuāri), kas ir nostiprināts uz bioreaktora augšējās malas, kā parādīts 7.26.attēlā pa kreisi. Bioreaktorā ir jāuzstāda atbalsta rāmis, kas turēs membrānu, kad tā ir tukša. Membrāna piepūšas atbilstoši tajā esošajam gāzes daudzumam. Lai ierobežotu membrānas piepūšanos, ap to tiek uzlikts īpašs tīkls (skat. 7.26.attēlu pa labi).



7.25.att. Ārējās zema spiediena gāzes uzglabāšanas tvertnes (RUTZ, 2007)



7.26.att. Gāznecaurlaidīga membrāna no tvertnes iekšpuses (pa kreisi) (AGRINZ GmbH, 2006). Bioreaktora pārsegums, kas aprīkots ar izplešanās tīklu (pa labi) (RUTZ, 2006)

7.8.2. Vidēja un augsta spiediena biogāzes uzglabāšana

Biogāzi var uzglabāt vidēja un augsta spiediena rezervuāros (tērauda spiediena tvertnēs un balonos) ar 5 līdz 250 bāru spiedienu. Šāda veida uzglabāšanai ir augstas darbināšanas izmaksas un liels enerģijas patēriņš. Gāzes rezervuāriem līdz 10 bāriem ir nepieciešama enerģija līdz $0,22 \text{ kWh/m}^3$, un augsta spiediena rezervuāriem ar 200 līdz 300 bāriem ir nepieciešama enerģija apmēram $0,31 \text{ kWh/m}^3$. Augsto izmaksu dēļ šāda veida biogāzes uzglabāšanu lauksaimniecības biogāzes stacijās izmanto reti.

7.8.3. Biogāzes lāpas

Ir situācijas, kad ir iegūts vairāk biogāzes, nekā ir vajadzīgs enerģijas ražošanai. Tas var notikt neparasti augstu gāzes ražošanas rādītāju dēļ vai enerģijas ieguves sistēmas bojājumu/ uzturēšanas darbu dēļ. Šādos gadījumos ir nepieciešami rezerves risinājumi, tādi kā papildu biogāzes uzglabāšana vai papildu enerģijas ražošanas sistēmas. Īsu laiku biogāzi var uzglabāt bez saspiešanas, bet uz laiku, kas ir ilgāks par dažām stundām, tas parasti nav iespējams lielā apjoma dēļ, un papildu enerģijas ieguves sistēmas (piemēram, otra koģenerācijas stacija) var būt ļoti dārgas. Šī iemesla dēļ katra biogāzes stacija ir aprīkota ar biogāzes lāpu. Situācijās, kad ir pārāk daudz biogāzes, ko nevar uzglabāt vai izmantot, lāpa ir pēdējais risinājums, lai samazinātu jebkādu riskus drošībai un aizsargātu vidi. Izņēmuma gadījumos lāpas var būt risinājums drošai anaerobās fermentācijas procesā iegūtās biogāzes izmantošanai, kad enerģijas ieguve nav iespējama.

Viena lāpas veida priekšrocības pār otru nosaka sadegšanas process. Tāpat uz sadegšanas procesu tiek balstīti lāpu emisiju standarti un to jaudas kritēriji. Lāpai jābūt tādai, kas palielina metāna pārveidi, lai samazinātu nesadedzināta metāna un citu nepabeigtas oksidācijas produktu, piemēram, oglekļa monoksīda, rašanos. Tomēr tas nav vienīgais nevēlamais biogāzes sadedzināšanas blakusprodukts. Atkarībā no gaisa rādītājiem, temperatūras un sadegšanas reakciju kinētikas var rasties arī citi savienojumi. Lai maksimāli palielinātu vēlamās reakcijas un samazinātu nevēlamās, temperatūrai ir jābūt 850-1200°C robežās un atrašanās laikam ir jābūt vismaz 0,3 sekundes. Šie divi parametri – temperatūra un atrašanās laiks – nosaka veikspējas specifiskāciju lielākajai daļai tehnoloģiski attīstīto lāpu.

Neatkarīgi no lāpu veida, lai tās darbotos droši un uzticami, lāpām ir jāpiemīt noteiktām īpašībām, it īpaši saistībā ar degli un to ietvaru. Galvenās drošības īpašības ir saistītas ar liesmu slāpētājiem, kļūmju drošu ventili, aizdedzes sistēmu un iekšēju liesmu detektoru. Lai palielinātu deglī gāzes spiedienu līdz 3-15kPa, ir svarīgs arī gāzes pūtējs. Gāzes attīrīšanas un kondicionēšanas nepieciešamība ir atkarīga no gāzes kvalitātes un no tā, vai gāze tiek izmantota enerģijas ieguves stacijā, kas nav izturīga pret iekļuvušajām cietajām daļiņām un lielu skaitu skābo gāzu, kas veidojas sadegšanas procesā.

Ir divi galvenie biogāzes lāpu veidi: vaļējas lāpas un slēgtas lāpas.

Vaļējās lāpas pēc būtības ir degļi ar mazu vējsargu, kas pasargā liesmu. Gāzes kontrole ir elementāra – daudzos gadījumos to veic ar vienkāršu, manuāli darbināmu ventili. Bagātīgs gāzes maisījums, izolācijas trūkums un neliela maisīšana rada nepabeigtu sadegšanu un atklātu liesmu, kas bieži ir redzama virs vējsarga. Izstarotā siltuma zudums ir ievērojams, veidojot aukstus apgabalus liesmas malās un slāpējot sadegšanas reakcijas, tā rezultātā radot daudz nevēlamu reakciju produktu.

Pagātnē vaļējās lāpas bija populāras, jo tās ir vienkāršas un lētas, un tajā laikā emisiju standartu ziņā bija primitīva un nepilnīga normatīvā bāze un kontrole. Šobrīd stingrie regulējumi un emisiju kontrole, iespējams, ierobežos to izmantošanu.

Slēgtās lāpas parasti ir uz zemes novietotas, pastāvīgas iekārtas, kurās ir viens deglis vai degļu rinda, kas ir iekļauta no ugunsizturīga materiāla veidotā cilindriskā ietvarā.

Ietvars kavē slāpēšanu, un rezultātā sadegšana ir vienmērīgāka un ir zemas emisijas. Emisiju monitorings ir salīdzinoši tiešs, un kā procesa kontroles līdzeklis var būt izmantots nepārtaukts temperatūras, ogļūdeņražu un oglekļa monoksīda monitorings.

Palielinātā inženiertehniskā un procesu kontrole nodrošina lielāku samazinājuma (minimālā biogāzes plūsma attiecināta uz maksimālo biogāzes plūsmu, kādā ir uzturami apmierinoši darbināšanas apstākļi) nodrošinājumu. Ražotāji parasti atsaucas uz samazinājumu 4-5:1 biogāzei ar kvalitāti 20-60% metāna (attiecinot uz tilpumu). Ir iespējams sasniegt arī lielāku samazinājumu līdz 10:1, bet tikai uz sadegšanas kvalitātes rēķina, kad siltuma zudumi neļauj sasniegt adekvātas temperatūras.



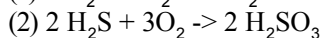
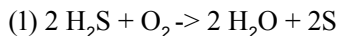
7.27.att. Modernas biogāzes lāpas (RUTZ, 2007)

7.9. *Biogāzes attīrīšana*

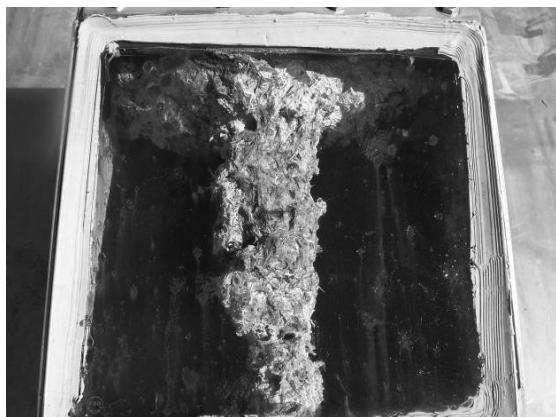
7.9.1. *Gāzes attīrīšana*

Kad biogāze tiek izvadīta no bioreaktora, tā ir piesātināta ar ūdens tvaikiem un satur metānu (CH_4), oglekļa dioksīdu (CO_2) un dažādus sērūdeņraža (H_2S) daudzumus. Sērūdeņradis ir toksisks, ar nepatīkamu, sapuvušām olām līdzīgu smaku un, savienojoties ar biogāzē esošajiem kondensāta pilieniem, veido sērskābi. Skābe pakļauj korozijai koģenerācijas dzinējus un citas iekārtas, piemēram, gāzes cauruļvadu un izplūdes caurules. Šī iemesla dēļ ir nepieciešama biogāzes žāvēšana un desulfurizācija.

Koģenerācijas iekārtu ražotāji nosaka minimālās prasības sadedzināmajai gāzei (skat. 7.2.tabulu). Tās attiecas arī uz biogāzes izmantošanu. Degšanas procesa īpašības ir jāgarantē, lai izvairītos no dzinēju bojājumiem.



Bioloģiskā desulfurizācija bieži tiek veikta bioreaktorā, jo tā ir izmaksu ziņā efektīva metode. Šāda veida desulfurizācijai ir nepieciešams skābeklis un *Sulfobacter oxydans* baktērijas, lai skābekļa klātbūtnē pārveidotu sērūdeņradi vienkāršā sērā. *Sulfobacter oxydans* jau atrodas bioreaktorā (tās nav jāpievieno), jo anaerobās fermentācijas substrāts satur visas to metabolismam nepieciešamās barības vielas. Skābeklis tiek piegādāts, to ievadot bioreaktora augšgalā. To var veikt ar ļoti mazu kompresoru. Gaisa ievadīšanas caurules bioreaktorā ir jānovieto biogāzes izejai pretējā pusē, lai izvairītos no izejas caurules bloķēšanās.



7.28.att. Vienkāršais sērs, kas radies bioreaktorā bioloģiskās desulfurizācijas rezultātā (RUTZ, 2007)

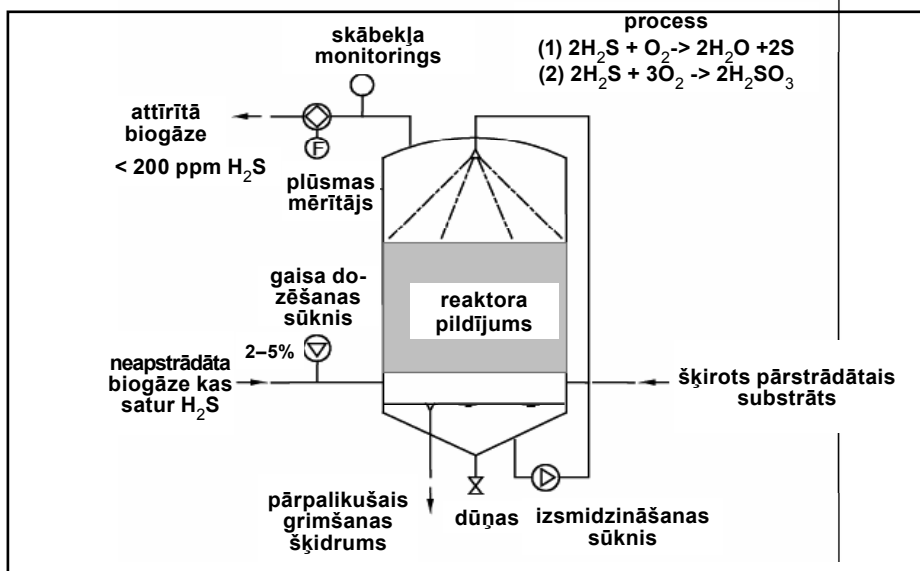
Gaiss tiek ievadīts tieši bioreaktora tukšajā daļā, attiecīgajai reakcijai norisinoties reaktora tukšajā daļā, uz peldošā slāņa (ja tāds ir) un uz reaktora sienām. Produktu skābās dabas dēļ pastāv korozijas risks. Process ir atkarīgs arī no stabila peldoša slāņa esamības bioreaktorā.

Šo izeslu dēļ process bieži notiek atsevišķā reaktorā, kā redzams 7.29.attēlā.

Bioloģiskā desulfurizācija ārpus bioreaktora

Bioloģiskā desulfurizācija var notikt arī ārpus bioreaktora, desulfurizācijas tvertnēs vai desulfurizācijas nodalījumos. Šī metode atvieglo desulfurizācijas procesa kontroli un ļauj precīzi pievienot skābekli.

Praksē iegūtās sēra nogulsnes tiek savāktas un uzglabāšanas tvertnēs sajauktas ar pārstrādāto substrātu, lai uzlabotu pārstrādātā substrāta mēslošanas īpašības.



7.29.att. Bioloģiskās H₂S oksidācijas sistēmas shematisks attēlojums

Reaktors (skat. 7.30.attēlu) ir līdzīgs skruberim un sastāv no poraina pildījuma (reti savienoti plastmasas elementi vai līdzīgi), kur var augt mikroorganismi, grimšanas, sūknēšanas un nosēdumu sistēmas, kas ļauj regulāri laistīt pildījumu. 7.30.attēlā redzamais reaktors ir 80 m³ liels, un tajā var iepildīt 50 m³ materiāla. H₂S tiek oksidēts ar bioloģisko procesu palīdzību skābes produktos vai brīvā sērā, nedaudz ievadot gaisu.



7.30.att. Reaktora tvertne biogāzes attīrīšanai no sērūdeņraža (ANGELIDAKI, 2005)

Laistot tiek izmazgāti skābes produkti un mikroorganismiem piegādātas barības vielas. Grimšanas ir jāsaturs ļoti sārmais šķidrums un svarīgākās barības vielas, kam fermentēti, vislabāk šķīroti kūtsmēsli ir vislabākā izvēle.

Optimāla izvēle ir reaktora slodze ar biogāzi apm. 10 m³/h uz reaktora iepildītāja m³ un procesu temperatūra ap 35°C. Process ir ļoti efektīvs, nodrošinot pietiekamu gaisa ievadi (nedaudz vairāk kā stehiometriski nepieciešams). Grimšanas pH ir jāuztur 6 vai augstāks. Mazgāšanas procedūra, kad iepildītāja elementi tiek mazgāti ar gaisa/ūdens maisījumu, ir jāveic regulāri, lai novērstu brīvā sēra nogulsnes no reaktora iepildītāja aizvēršanas.

Dažos gadījumos, uzglabājot biogāzi vai novadot pārstrādāto substrātu pēc uzglabāšanas, H₂S reaktors tiek iztukšots un tajā tiek iepildīts gaiss. Tīrīšanas pamatā tad ir peldošo slāņu veidošanās pēcuzglabāšanā, kur var augt mikroorganismi, kas veic oksidāciju. Peldošie slāņi parasti uztur, izvēloties mazu maisīšanas intensitāti, bez pārāk lielām problēmām darbinot tvertni kā buferglabātuvī. Šis risinājums ir izmaksu ziņā efektīvs, bet nav pārāk uzticams, un peldošie slāņi ir pārāk nestabili, t.i., iepriekšējā vakarā tie pēkšņi var nogrimt un tad atkal uzpeldēt dažas dienas vēlāk. Tā rodas periodi, kad notiek atbrīvošanās tikai no neliela H₂S daudzuma.

Kīmiskā desulfurizācija bioreaktorā

Desulfurizāciju var veikt arī, izejvielu maisījumam bioreaktorā pievienojot ķīmiskas vielas. Šādā veidā sērs tiek ķīmiski ierobežots izejvielu anaerobās fermentācijas laikā, novēršot sērūdeņraža atbrīvošanos biogāzē. Tādā veidā sērs netiek zaudēts, bet paliek pārstrādātajā substrātā.

Kīmiskā desulfurizācija ārpus bioreaktora

Ķīmiskā biogāzes desulfurizācija var notikt ārpus bioreaktora, izmantojot, piemēram, bāzes (parasti nātrija hidroksīdu). Šai metodei ir nepieciešams speciāls aprīkojums.

Cita ķīmiskā metode sērūdeņraža samazināšanai ir komerciāla dzelzs šķīduma pievienošana izejvielām. Dzelzs savienojumi sasaista šķidrā fāzē esošo sēru nešķīstošā savienojumā, kas novērš gāzveida sērūdeņraža rašanos. Šī metode ir diezgan dārga, jo dzelzs materiāla patēriņš uz stehiometrisko bāzi ir 2-3 reizes lielāks nekā vēlamais gāzveida sērūdeņraža samazinājums (ANGELIDAKI, 2003). Lētāka alternatīva ir piegādāt dzelzi saturošus atkritumus kā kofermentējamu substrātu, un dzelzs piedevas izmantot tikai kā rezerves variantu.

7.9.3 Žāvēšana

Biogāzes absorbētais ūdens daudzums ir atkarīgs no temperatūras. Biogāzes relatīvais mitrums bioreaktorā ir 100%, jo gāze ir piesātināta ar ūdens tvaikiem. Lai aizsargātu enerģijas pārveides iekārtas no nolietojuma un iespējamiem bojājumiem, biogāze ir jāatbrīvo no ūdens.

Daļu ūdens tvaiku var kondensēt, gāzi atdzesējot. Tas daļēji tiek darīts gāzes cauruļvados, transportējot biogāzi no bioreaktora uz koģenerācijas iekārtu. Ūdens kondensējas uz slīpo cauruļu sienām, un to var savākt kondensācijas separatorā zemākajā cauruļvadu punktā.

Efektīvas biogāzes dzesēšanas cauruļvados priekšnosacījums ir pietiekams attiecīgo cauruļu garums. Ja gāzes cauruļvadi ir novietoti zem zemes, tad dzesēšanas efekts ir lielāks. Pazemes caurulēm ir jāatrodas uz stabila pamata, lai nodrošinātu cauruļu slīpumu, ko var ietekmēt grimstoša vai kustīga grunts.

Kondensācijas separatori nedrīkst aizsaldēt, un ir jānodrošina brīva piekļuve separatoram, lai to regulāri iztukšotu. Papildus ūdens tvaikiem kondensācija ļauj atbrīvoties arī no dažām citām nevēlamām substancēm, tādām kā ūdenī šķīstošās gāzes un aerosoli.

Cita biogāzes žāvēšanas iespēja ir elektriski darbināmi gāzes dzesētāji temperatūrā zem 10°C, kas ļauj atbrīvoties no liela mitruma daudzuma. Lai samazinātu relatīvo mitrumu, bet ne absolūto mitrumu, gāzi pēc dzesēšanas var atkal uzsildīt, lai novērstu kondensēšanos gāzes cauruļvados.

7.10. Pārstrādātā substrāta uzglabāšana

Pārstrādāto substrātu uz laiku ir jāuzglabā īpaši uzstādītās uzglabāšanas iekārtās. Eiropas normatīvie akti nosaka pārstrādātā substrāta uzglabāšanas apjomu (arī neapstrādātiem kūtsmēsliem un vircai), lai nodrošinātu optimālu un efektīvu izmantošanu mēslošanai lauksaimniecībā un izvairītos no neefektīvas lietošanas, piemēram, ziemas sezonā.

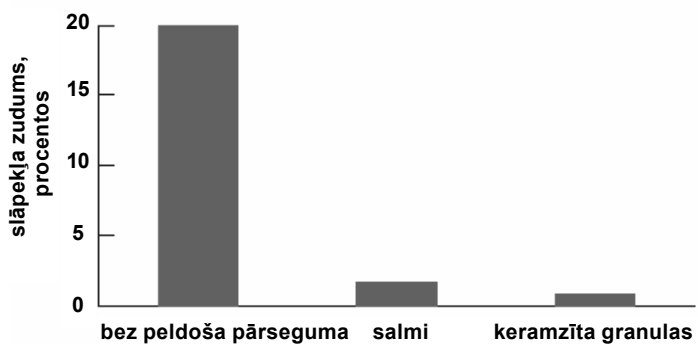
Pārstrādātais substrāts tiek izsūknēts no bioreaktora un transportēts ar īpašām vakuuma cisternām uz pārstrādātā substrāta uzglabāšanas tvertnēm. Kopējai šo tvertņu ietilpībai ir jābūt pietiekamai, lai varētu uzglabāt saražoto substrātu 6 mēnešus (dažās valstīs 9 mēnešus). Tvertņu lielums ir atkarīgs arī no procesa vadības un izmantotajām izejvielām.

Pārstrādāto substrātu var uzglabāt betona tvertnēs, ko sedz dabiski vai mākslīgi peldoši slāņi (skat. 7.31.attēlu pa kreisi) vai membrānas, vai nosēdbaseinos (skat. 7.34.attēlu).



7.31.att. Uzglabāšanas tvertnes ar dabisku peldošu slāni (AL SEADI, 2008)

Dānijas pieredze rāda, ka, izveidojot mākslīgu peldošu slāni uz bioreaktora uzglabāšanas tvertnes, var samazināt amonjaka izgarošanu no 20% līdz pat mazāk par 1% (skat. 7.32.attēlu).



7.32.att. Amonjaka iztvaikošanas no pārstrādātā substrāta uzglabāšanas laikā (DIAS, 2005)



7.33.att. Ar membrānu segtas uzglabāšanas tvertnes (Dānijas Biogāzes asociācija, AL SEADI, 2008)



7.34.att. Atvērti nosēdbaseini pārstrādātā substrāta uzglabāšanai (AGRINZ GmbH, 2006)

Pēc anaerobās fermentācijas ir iespējami metāna un slāpekļa zudumi no pārstrādātā substrāta, bet daudzu gadu garumā īstenotā labā lauksaimniecības prakse parāda vislabākos emisiju, smaku un barības vielu noplūžu samazināšanas veidus. Ļoti svarīgi emisiju un noplūžu novēršanai ir pārstrādātā substrāta atbilstoša uzglabāšana un uzmanīga rīcība ar to.

Pieredze rāda, ka līdz pat 20% no kopējās saražotās biogāzes var atrasties uzglabāšanas tvertnēs ārpus bioreaktora. Lai novērstu metāna emisijas un savāktu papildus radušos gāzi, tvertnēm vienmēr ir jābūt pārsegtām ar gāzniecaurīdīgu membrānu gāzes ieguvei. Kad pārstrādāto substrātu transportē no uzglabāšanas iekārtām uz laukiem, tam arī jābūt vismaz pārsegtam ar dabisku peldošu slāni, lai samazinātu amonjaka izgarošanas risku (skat. 7.32.attēlu).

Modernām biogāzes stacijām vienmēr ir pārsegtas pārstrādātā substrāta uzglabāšanas tvertnes. Tvertnes ir noslēgtas ar gāzniecaurīdīgu membrānu (skat. 7.33.attēlu). Atvērtām iekārtām ir jābūt ar peldošiem slāņiem, kas sedz pārstrādātā substrāta virsmu (skat. 7.34.attēlu), lai kavētu amonjaka un metāna emisijas.

7.11. Kontroles iekārta

Biogāzes stacija ir kompleksa iekārta, veidojot ciešas savstarpējas saites starp visām iekārtas atsevišķajām daļām. Šī iemesla dēļ būtiska visas stacijas darbināšanas daļa ir centralizēts, datorizēts monitorings un kontrole, nodrošinot veiksmīgu darbu un ļaujot izvairīties no neveiksmēm (skat. 7.35. un 7.36. attēlu).

Anaerobās fermentācijas procesa tehnoloģijas standartizācija un tālāka attīstība ir iespējama tikai ar regulāru monitoringu un svarīgu datu dokumentāciju. Monitorings un dokumentēšana ir nepieciešama arī stabila procesa nodrošināšanai, lai atpazītu novirzes no standarta vērtībām. Šādi ir iespējams laikus iejaukties un veikt atbilstošus koriģējošus pasākumus.

Monitorings ietver ķīmisko un fizikālo parametru apkopošanu un analīzi. Lai optimizētu anaerobās fermentācijas procesu un izvairītos no biogāzes ieguves procesa pārtraukšanas, regulāri ir jāveic laboratorijas testi. Kā minimums ir jāuzrauga šādi parametri:

- ievadīto izejvielu veids un daudzums (katru diennakti);
- procesu temperatūra (katru diennakti);
- pH vērtība (katru diennakti);
- gāzes daudzums un sastāvs (katru diennakti);
- īso ķēžu taukskābju saturs;
- aizpildījuma pakāpe.

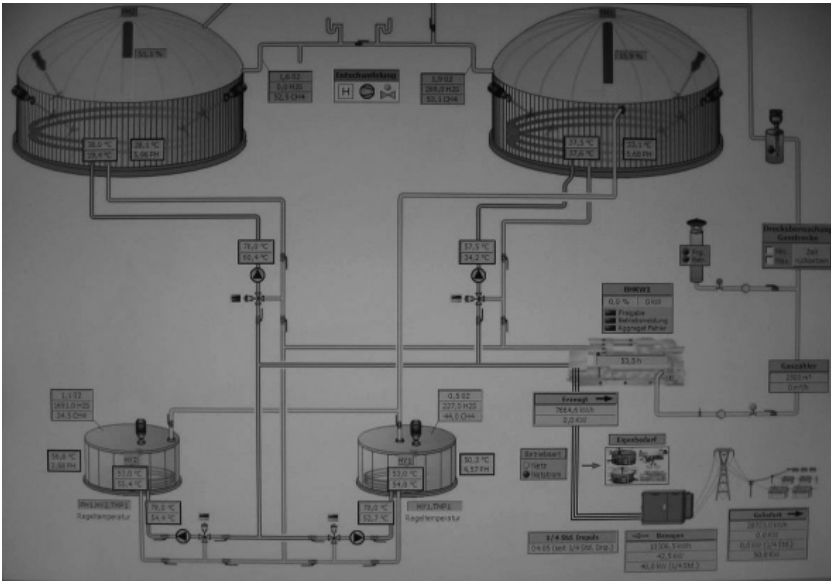
Monitorings ir jānodrošina stacijas uzstādītājam kā pakalpojums pēc stacijas uzstādīšanas.

Biogāzes stacijas kontrole ir lielā mēra automatizēta, izmantojot īpašu datorizētu procesu kontroles sistēmu. Ir iespējama pat bezvadu attālināta kontrole. Kontroles ceļā nosaka šādu komponentu pašreizējo stāvokli:

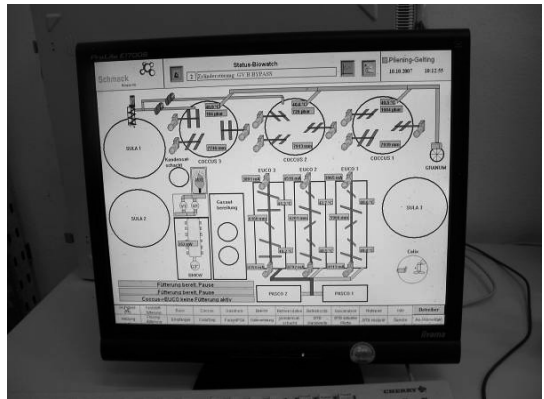
- izejvielu padevi;
- sanitāciju;
- bioreaktora apsildi;
- maisīšanas intensitāti un biežumu;
- nogulšņu izvākšanu;
- izejvielu transportēšanu stacijas iekšienē;

- cietvielu un šķidrumu separāciju;
- desulfurizāciju;
- elektrības un siltuma iznākumu.

Kontroles un monitoringa aprīkojuma veidi mainās, sākot ar vienkāršiem taimeriem līdz datorizēti vizualizētai kontrolei ar attālinātu trauksmes sistēmu. Tomēr praksē ekonomisku apsvērumu dēļ lauksaimniecības biogāzes staciju mērījumu un tehniskās kontroles aprīkojums ir ļoti vienkāršs.



7.35.att. Datorizēts monitoringa plāns lauksaimniecības biogāzes stacijai ar diviem galvenajiem bioreaktoriem (AGRINZ GmbH, 2006)



7.36.att. Datorizēta kontroles sistēma (RUTZ, 2007)

7.11.1. Sūknējamo izejvielu ievades daudzums

Bioreaktorā ievadāmo sūknējamo izejvielu daudzumu var noteikt, izmantojot plūsmas mērījumus. Plūsmas mērītājiem ir jābūt vienkāršiem, un tie nedrīkst kļūt pārāk jutīgi, kad kļūst netīri. Šobrīd tiek izmantoti induktīvi un ietilpības mērītāji, bet arvien vairāk tiek izmantoti arī ultraskaņas instrumenti. Plūsmas mērītāji ar mehāniskām daļām biogāzes stacijām ir mazāk piemēroti.

7.11.2. Kraujamo izejvielu ievades daudzums

Lai noteiktu cieto izejvielu, piemēram, kukurūzas skābbarības, ievades daudzumu, izmanto attiecīgu svēršanas aprīkojumu. Tas ļauj regulēt cieto vielu daudzumu.

7.11.3. Bioreaktora aizpildījuma pakāpe

Bioreaktora un uzglabāšanas konteineru aizpildījuma pakāpes monitoringu veic, izmantojot ultraskaņu vai radaru tehnoloģijas, kas mēra hidrostatisko spiedienu uz bioreaktora grīdas vai attālumu līdz šķidruma virsmai.

7.11.4. Gāzes rezervuāru aizpildījuma pakāpe

Gāzes rezervuāru aizpildījuma pakāpes mērījumi ir svarīgi, piemēram, koģenerācijas staciju darbībai. Ja gāzes ir par maz, tad koģenerācijas stacija automātiski izslēgsies un atkal ieslēgsies, kad aizpildījuma pakāpe būs virs koģenerācijas stacijas darbībai nepieciešamā minimuma. Aizpildījuma pakāpes mērījumus parasti veic ar spiediena sensoriem.

7.11.5. Procesu temperatūra

Bioreaktora iekšienē esošā temperatūra ir jāuztur konstanta, tāpēc tā ir pastāvīgi jāuzrauga. Bioreaktorā ir vairāki mērījumu punkti, lai pārraudzītu visa procesa temperatūru. Izmērītās vērtības tiek nosūtītas uz datorizētu datu savācēju, kur tās var aplūkot. Šie ievadītie dati ļauj arī automātiski regulēt apsildes ciklu.

7.11.6. pH vērtība

pH vērtība nodrošina svarīgu informāciju par anaerobās fermentācijas procesa norisi. pH monitoringu veic, regulāri ņemot raksturīgus bioreaktora satura paraugus un tajos manuāli mērot pH, izmantojot tirdzniecībā pieejamos pH mērītājus.

7.11.7. Taukskābju noteikšana

Taukskābju monitorings ļauj novērtēt anaerobās fermentācijas procesu, tādēļ tiek mērīts īso ķēžu taukskābju spektrs un koncentrācija. Sarežģīto analīžu metožu dēļ ir grūti uz vietas veikt nepārtrauktus mērījumus. Konkrētā procesa bioloģijas novērtējums ir sarežģīts, pat ja paraugi tiek pētīti laboratorijā. Tas ir tāpēc, ka paiet laiks, kamēr paraugs tiek paņemts un nogādāts laboratorijā analīžu veikšanai. Daudzi biogāzes staciju ražotāji un konsultāciju uzņēmumi piedāvā veikt taukskābju analīzes noslēgto līgumu ietvaros. Alternatīvā variantā vai papildus

tauskābju koncentrācijas noteikšanai var nepārtraukti uzraudzīt ķīmiskā skābekļa koncentrāciju.

7.11.8. Gāzes daudzums

Biogāzes daudzuma mērījumi ir ļoti svarīgs līdzeklis, lai novērtētu procesu efektivitāti. Gāzes ražošanas neregularitāte var norādīt uz procesu traucējumiem un veicināt atbilstošus uzstādījumus. Gāzes skaitītāji parasti tiek uzstādīti tieši gāzes līnijās. Mērītais biogāzes daudzums ir jāpieraksta, lai novērtētu tendences un biogāzes stacijas kopējo jaudu.

7.11.9. Gāzes sastāvs

Gāzes sastāvu var nepārtraukti uzraudzīt, analizējot gāzi un izmantojot piemērotas mērīšanas ierīces. Rezultātus var izmantot anaerobās fermentācijas procesa kontrolei un tam sekojošajam gāzes attīrīšanas procesam.

Lai noteiktu gāzes sastāvu, izmanto siltuma absorbciju, siltuma pārvades, infrasarkanu staru absorbcijas, hemosorbcijas un elektroķīmiskos sensorus. Infrasarkanos sensorus izmanto metāna un oglekļa dioksīda koncentrācijas noteikšanai. Elektroķīmiskos sensorus izmanto ūdeņraža, skābekļa un sērūdeņraža saturs noteikšanai.

Gāzes sastāva mērījumus veic manuāli vai automātiski. Manuālās mērīšanas ierīces var sniegt informāciju par pašreizējo gāzes sastāvu, bet šo datu integrācija datorizētā stacijas regulēšanas sistēmā ir apgrūtināta, tādēļ ir ieteicami automātiski gāzes sastāva mērījumi.

8. Biogāzes stacijas plānošana un celtniecība

Šī nodaļa sniedz vispārēju informāciju par biogāzes stacijas izvietojumu, projektēšanu un celtniecību. Latvijai raksturīgo informāciju šajā jomā varat atrast 11.nodaļā.

8.1. Biogāzes stacijas projekta izstrāde

Motivācija biogāzes projekta uzsākšanai var būt dažāda – sākot no vides aizsardzības un atkritumu samazināšanas līdz atjaunojamās enerģijas ražošanai – un var ietvert finansiālus un nefinansiālus stimulus. Parasti biogāzes projektu iniciatori ir zemnieki, organisko atkritumu ražotāji un savācēji, pašvaldības, enerģijas ražotāji utt.

No biogāzes projekta idejas rašanās brīža līdz biogāzes stacijas nojaukšanai tās darba mūža beigās process sastāv no šādiem posmiem:

1. projekta ideja;
2. priekšprojekta pētījumi;
3. tehniski ekonomiskais pamatojums;
4. detalizēta biogāzes stacijas plānošana;
5. atļauju iegūšanas procedūra;
6. biogāzes stacijas celtniecība;
7. darbināšana un uzturēšana;
8. komponentu atjaunošana un aizstāšana;
9. nojaukšana vai renovācija.

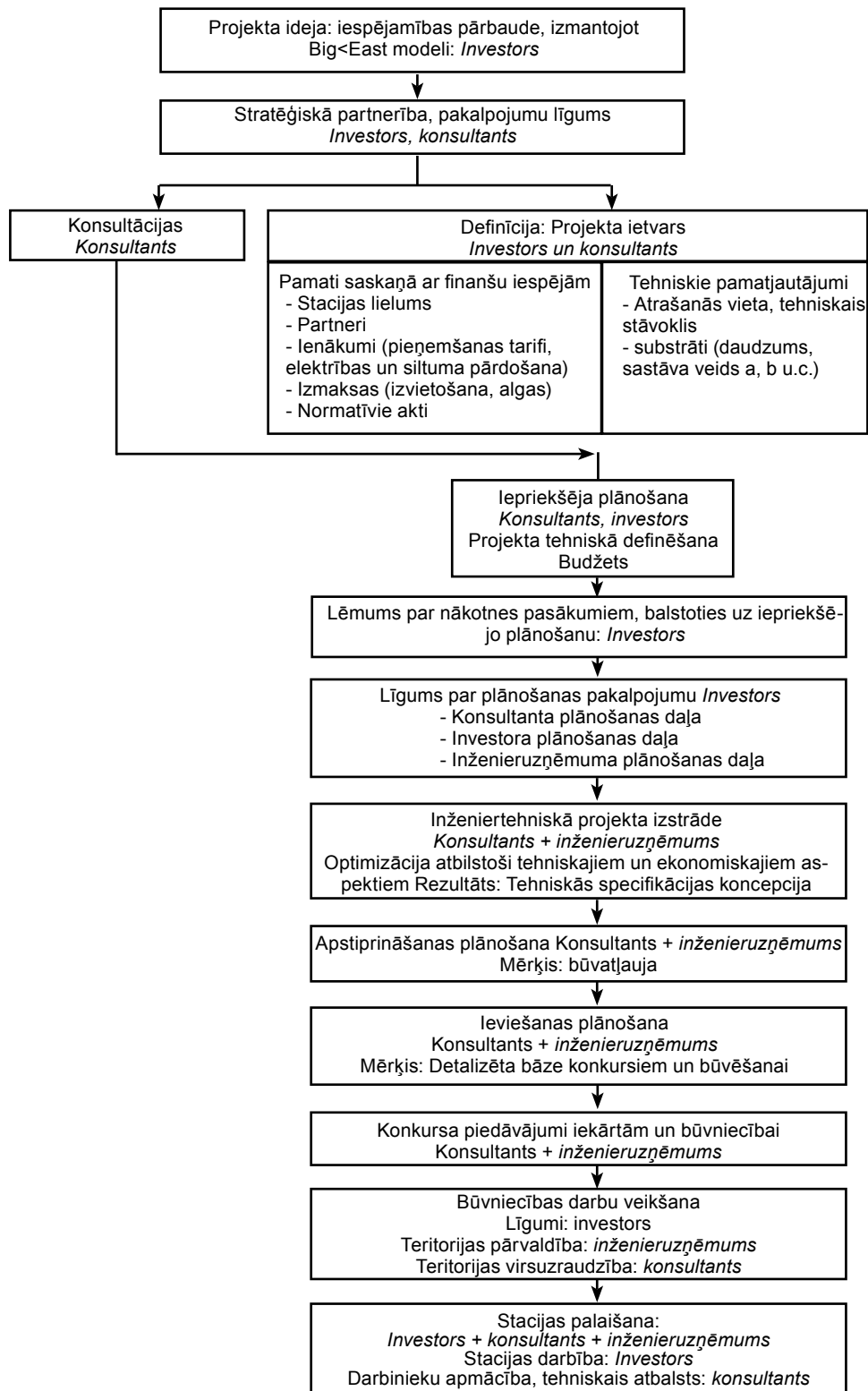
Lai definētu konkrētu biogāzes projekta ideju, ir jāatbild uz šādiem jautājumiem:

1. Kāds ir biogāzes projekta mērķis?
2. Kādas ir manas iespējas īstenot šo projektu?
3. Kā es nodrošināšu nepārtrauktu izejvielu piegādi?
4. Kur es varu uzstādīt biogāzes staciju?

Galvenie biogāzes projekta ieviešanas priekšnoteikumi ir izejvielu piegādes esamība. Turklāt ir jānodrošina iespēja pārdot vai izmantot biogāzes stacijas galaproduktus, galvenokārt biogāzi/biometānu, elektrību, siltumu un pārstrādāto substrātu. Nākamais solis ir novērtēt, vai projekts ir iespējams vietējos apstākļos, tāpēc ir jāapsver šādi jautājumi:

- biznesa plāna un finansēšanas stratēģijas noteikšana un novērtējums;
- pieredzējuša plānošanas uzņēmuma iesaiste;
- citu svarīgu dalībnieku, piemēram, vietējās varas institūciju, papildu izejvielu piegādātāju, finansēšanas uzņēmumu, investoru, pašvaldību, iesaistīšana.

Atkarībā no izejvielu pieejamības un investoru finansiālajām iespējām ir iespējami dažādi veiksmīgi biogāzes staciju uzstādīšanas modeļi. Katra situācija ir individuāla, tāpēc ir vajadzīga individuāla pieeja.



8.1.att. Biogāzes stacijas projekta galvenie posmi

Biogāzes stacijas projekts sākas ar projekta ideju un pirmo projekta iespējamības pārbaudi, ko var veikt ar Big>East aprēķina modeli. Ja projekta iniciators vai investors ir nonācis līdz lēmuma pieņemšanai, ir jāiesaista arī pieredzējis biogāzes konsultāciju uzņēmums. Turklāt varētu būt nepieciešama arī inženieruzņēmuma, piemēram, kā ģenerālu uzņēmēja, palīdzība.

Paralēli šiem projekta posmiem ir jāizstrādā finansēšanas shēma. Kā jau ikviens iniciators un investors zina, konkrētais finansiālais stāvoklis nosaka iespējamus veicamos pasākumus. Visbiežāk projekts līdz pat gatavam iepriekšējam plānam tiek finansēts bez banku vai citu ārēju finansētāju palīdzības. Ja tas nav iespējams, rodas šaubas par pašu projektu vai par investora uzticamību. Investoram ir arī jāparedz investīciju priekšrocības un riski.

Iepriekšējās plānošanas rezultāti apkopo visus robežapstākļus (tehnoloģiskos aspektus un investīciju budžetu), kas ir svarīgi ārējiem finansētājiem. Šāds plāns ir arī jāiesniedz potenciāliem finansētājiem. Ir ieteicams parakstīt konfidencialitātes līgumu. Potenciālie finansētāji var būt bankas, ieguldītājinstitūcijas, privātpersonas vai privātpersonu grupas utt.

Finansiālās iespējas ir lielā mērā atkarīgas no vietējās situācijas un projekta iniciatora situācijas, tāpēc šajā gadījumā nevar dot universālas vadlīnijas. Tomēr daži paskaidrojumi un vispārīgi aspekti ir atrodamī šīs rokasgrāmatas 10.nodaļā.

8.2. Kā nodrošināt nepārtrauktu izejvielu piegādi

Pirmais solis, attīstot biogāzes projekta ideju, ir veikt pārbaudi par reģionā pieejamajiem organisko izejvielu veidiem un daudzumiem.

Ir divas galvenās biomasas resursu kategorijas, ko var izmantot kā biogāzes stacijas izejvielas. Pirmā kategorija ietver lauksaimniecības produktus, tādus kā kūtsmēsli un vircas, enerģētiskās kultūras (piemēram, kukurūzu, zāles skābarību, augu atliekas, lauksaimniecības blakusproduktus un zemnieku saimniecībā radušos atkritumus). Otrā kategoriju veido liels derīgu organisko atkritumu skaits, piemēram, ēdināšanas atkritumi, cietie sadzīves atkritumi un atkritumi no pārtikas, dzīvnieku barības un farmācijas ražotnēm. Visu izejvielu veidu piemērotība ir jānovērtē saistībā ar to metāna potenciālu, fermentējamību, iespējamo piesārņojumu ar ķīmiskiem, bioloģiskiem un mehāniskiem piesārņotājiem, kā arī to ekonomiskais aspekts (piemēram, enerģijas iepirkuma cena, savākšanas un transportēšanas izmaksas).

Pieejamo izejvielu daudzums un nemainīga izejvielu piegāde, kā arī biogāzes stacijas lielums, ir cieši saistīti, izstrādājot biogāzes stacijas projektu. Specifisku izejvielu piegādes cena vienmēr ir jāiekļauj novērtējumā par to piemērotību anaerobajai fermentācijai.

Apspriežot izejvielu piegādi biogāzes stacijai, var noderēt 8.2.1. un 8.2.2. nodaļā raksturotās izejvielu īpašības.

8.2.1. Zemnieku saimniecību izejvielām paredzētas stacijas izmēra raksturojums

Kūtsmēsli un enerģētiskās kultūras ir starp lauksaimniecības biogāzes stacijās visbiežāk izmantotajām izejvielām. To raksturojums ir redzams 8.1.tabulā.

Virknes zemnieku saimniecību piegādāto izejvielu raksturīgie dati
(FINSTERWALDER, 2008)

	Sausnas saturs [%]	Organiskās sausas saturs [%]	Biogāzes iznākums [m ³ /t oDM]	Biogāzes iznākums [m ³ /t FF]	Metāna saturs [%]
Liellopu kūstmēsli	10	75	340	25	55
Cūku kūstmēsli	8	75	400	24	58
Zāles skābbarība	40	85.6	656	225	55
Kukurūzas skābbarība	32	95.4	611	187	53

Lai noteiktu piemērotu stacijas lielumu, piemēram, elektroenerģijas iznākumā, ir svarīgi apsvērt pieejamās izejvielas. Tālāk minētie divi piemēri raksturo, kā viegli aprēķināt piemērotu uzstādīto kapacitāti kW_{el} iznākumā.

Piemērs, kā noteikt biogāzes stacijas, kas izmanto kūstmēslus, lielumu/uzstādīto jaudu:

Ir jānosaka ikdienas kūstmēslu daudzums (m³/ diennaktī).

Ir jānosaka kopējais cietvielu daudzums kūstmēslos/vircā (sausna %).

Ja kūstmēslu/vircas sausas saturs ir 9-10%, potenciālā elektroenerģijas kapacitāte tiek aprēķināta, sareizinot ikdienas kūstmēslu daudzumu ar 2,4 kW_{el} dn/m³.

Zemniekam, kuram ir 200 piena govju, būs apmēram 10 m³/diennaktī govju vircas/kūstmēslu ar sausas saturu 10%.

Uzstādītās elektriskās jaudas aprēķins būs:

$$10 \text{ m}^3/\text{dn} \times 2,4 \text{ kW}_{\text{el}}/\text{m}^3 = 24 \text{ kW}_{\text{el}}$$

Piemērs, kā noteikt biogāzes stacijas, kas fermentē enerģētiskās kultūras, lielumu:

Ir jānosaka hektāros (ha) šo kultūru audzēšanai pieejamās teritorijas.

Elektriskās jaudas potenciāls uz hektāru un gadā (kW_{el}/ ha/ gadā) tiek novērtēts, balstoties uz vidējo augsnes kvalitāti un laikapstākļiem.

Pieņemot, ka katrs hektārs dod 2,5 kW_{el} elektroenerģijas gadā, iespējamo elektroenerģijas kapacitāti aprēķina, reizinot enerģētisko kultūru audzēšanas teritorijas lielumu ar 2,5 kW_{el}/ ha.

$$200 \text{ ha} \times 2,5 \text{ kW}/\text{ha} = 500 \text{ kW}_{\text{el}}$$

Rezultāti kūstmēslu un enerģētisko kultūru gadījumā tiek summēti, un summa parāda nākamās biogāzes stacijas elektroenerģijas ražošanas potenciālu.

Lauksaimniecības biogāzes stacijām ir izmēru priekšrocības. Pašreizējā Vācijas pieredze rāda, ka, izmantojot enerģētiskās kultūras kā izejvielas, biogāzes stacijām, kuru lielums ir zem 250

kW uzstādītās elektriskās jaudas, ir nepieciešams īpašs atbalsts, lai tās būtu ekonomiski dzīvotspējīgas. Ja pēc pirmās pārbaudes biogāzes stacijas lielums ir pārāk mazs, varbūt ir vērts apsvērt iespēju kooperēties ar citiem zemniekiem, lai sasniegtu ekonomiski izdevīgu lielumu. Šī ir ļoti tipiska situācija Vācijā, kur ir biogāzes stacijas, kuru darbību kooperējoties organizē vairāk nekā 15 zemnieki.

8.2.2. Rūpnieciskajiem/sadzīves atkritumiem paredzētas stacijas izmēra raksturojums

Ir daudzas lauksaimniecības biogāzes stacijas, kas kofermentē rūpnieciskos organiskos atkritumus un šķirotus sadzīves organiskos atkritumus. Daudzos gadījumos pašvaldībām un atkritumu savācējiem ir jāapsaimnieko atkritumi, ko tie jau ir savākuši vai savāks.

Ja tiek apsvērta šādu atkritumu piegāde nākamajai biogāzes stacijai, tad pirmais solis ir izejvielu kvalitātes un metāna potenciāla novērtēšana. Tad potenciālās stacijas lielums ir jānovērtē atbilstoši šiem datiem. Potenciālais substrātu gāzes iznākums var atšķirties atkarībā no ražotāja, tehnoloģijām un izejmateriāla. Tomēr dažus pamatskaitļus var redzēt 8.2.tabulā.

8.2.tabula

Dažu anaerobajā fermentācijā bieži izmantotu atkritumu veidu raksturīgie dati (FINSTERWALDER, 2008)

	Sausnas saturs [%]	Organiskās sausas saturs [%]	Biogāzes iznākums [m ³ /tzoDM]	Biogāzes iznākums [m ³ /t FF]	Metāna saturs [%]
Koksnes atkritumi	27	92	720	179	65
Bioatkritumi	40	80	454	145	60
Tauku ekstrakcija (pirms atūdeņošanas)	36	69	1200	298	61

Organisko atkritumu kvalitāte dažādās valstīs un reģionos atšķiras, jo ir atkarīga no vietējo iedzīvotāju paradumiem. Pat pieredzējis konsultants nevarēs novērtēt atkritumu biogāzes iznākumu, tikai vizuāli apskatot atkritumus. Pēc konkrētā izejvielu veida pieejamības pārbaudes ir jāveic gāzes iznākuma un kvalitātes testēšana ar eudiometru, lai noteiktu piemērotu nākamās biogāzes stacijas lielumu. Eudiometrs ir laboratorijas stikla trauks, kas ar ķīmiskas reakcijas palīdzību mēra gāzes maisījuma apjoma izmaiņas. To izmanto gāzu analīzei, lai noteiktu atšķirības ķīmiskajās reakcijās.

Ņemot vērā augstāk minētos priekšnoteikumus, katram konkrētajam gadījumam specifiskus aprēķinus var veikt, izmantojot aprēķina modeli, kas ir atrodams <http://www.big-east.eu/>.

8.2.3. Izejvielu piegādes shēmas

Veiksmīga biogāzes projekta plānošana ietver izejvielu piegādes shēmu izstrādi. Ir divi piegādes shēmu veidi: vienam piegādātājam un vairākiem piegādātājiem.

1. Vienam piegādātājam, piemēram, zemnieku saimniecībai, organisko atkritumu ražotājam, ir pietiekami daudz kūtsmēslu, organisko atkritumu, lauksaimniecības zemes vai viss iepriekš minētais, lai nodrošinātu biogāzes stacijas darbināšanai nepieciešamās izejvielas.

2. Vairāki piegādātāji, piemēram, mazākas zemnieku saimniecības, organisko atkritumu ražotāji, darbojas kopā konsorciņā (piemēram, kooperatīvā, biedrībā), lai uzceltu un darbinātu biogāzes staciju un piegādātu izejvielas tās vajadzībām.

Abos gadījumos ir svarīgi nodrošināt nemainīgu un ilgtermiņa anaerobajai fermentācijai nepieciešamo izejvielu piegādi. Tas ir diezgan vienkārši paveicams, ja piegādātājs ir viena zemnieku saimniecība ar atbilstošu apstrādājamo zemes platību. Īpašnieku un izejvielu piegādātāju konsorciņa gadījumā katram piegādātājam ir jāparaksta ilgtermiņa līgums, kurā ir atrunāti vismaz šādi jautājumi:

- līguma darbības termiņš;
- garantētais izejvielu piegādes apjoms vai kultūraugu audzēšanas platība;
- garantēta piegādātās biomasas kvalitāte;
- maksājumi atkarībā no piegādāto izejvielu daudzuma un kvalitātes.

Situācijā, kad izejvielu piegādātāji ir arī biogāzes stacijas investori vai kopīpašnieki, ar katru no viņiem ir jāapspiež atsevišķs līgums, atrunājot viņu pienākumus un atbildību.

8.3. Kur uzstādīt biogāzes staciju

Otrais plānošanas solis biogāzes projekta idejas izstrādē ir atrast biogāzes stacijas uzstādīšanai piemērotu vietu. Zemāk ir uzskaitīti tie apsvērumi, kas jāņem vērā pirms nākamās stacijas teritorijas izvēles.

- Teritorijai ir jāatrodas piemērotā attālumā no apdzīvotām vietām, lai izvairītos no neērtībām, apgrūtinājumiem un konfliktiem, kas saistīti ar smakām un palielināto satiksmes intensitāti uz biogāzes staciju un no tās.
- Ir jāņem vērā valdošo vēju virziens, lai izvairītos no vēja nestām smakām, kas sasniedz apdzīvotas vietas.
- Teritorijā ir jābūt vieglai piekļuvei infrastruktūrai, piemēram, elektriskajiem tīkliem, lai atvieglotu elektroenerģijas pārdošanu, un transporta ceļiem, lai atvieglotu izejvielu un pārstrādātā substrāta transportēšanu.
- Pirms būvniecības uzsākšanas ir jāizpēta teritorijas grunts.
- Potenciālā teritorija nedrīkst atrasties plūdu skartās zonās.
- Teritorijai ir jāatrodas relatīvi tuvu (centrāli izvietotai) lauksaimniecības izejvielām (kūtsmēsliem, vircām, enerģētiskajām kultūrām), lai samazinātu izejvielu transportēšanas attālumus, laiku un izmaksas.
- Izmaksu efektivitātes dēļ biogāzes stacijai jāatrodas iespējami tuvu potenciālajiem saražotā siltuma patērētājiem. Alternatīvajā variantā var pārceļt citus potenciālos siltuma patērētājus, piemēram, ražotnes, siltumnīcas u.c., tuvāk biogāzes stacijas teritorijai.
- Teritorijas lielumam ir jābūt pietiekamam veiktajām aktivitātēm un piegādātās biomasas daudzumam.

Biogāzes stacijai nepieciešamo platību nevar noteikt vienkāršotā veidā. Pieredze rāda, ka biogāzes stacijai ar 500 kW_e jaudu ir nepieciešama apmēram 8000 m² liela teritorija. Šo skaitli var izmantot kā atsauces vērtību, bet konkrētais teritorijas lielums ir atkarīgs no izvēlētās tehnoloģijas.

Zemāk raksturotais piemērs parāda biogāzes stacijas, kurā kā izejvielu izmanto enerģētiskās kultūras, lieluma vispārīgu novērtējumu. Zemāk redzamā kalkulācija nosaka tvertnes (bunkurveida tvertnes) lielumu, kas nepieciešams izejvielu glabāšanai.

Kalkulācija ir izmantojama gadījumā, kad tvertnes piepildījuma augstums ir apmēram trīs metri. Kā piemērs ir izmantota plānotā biogāzes stacijas kapacitāte 250-750 kWel elektriskās jaudas. Konkrētajam biogāzes projektam nepieciešamās teritorijas platība vienmēr būs detali-zētu plānošanas aprēķinu rezultāts.

$$AS = MS / (DF * HS)$$

MS: tvertnē uzglabāto izejvielu masa	[t]
DF: tvertnē esošo izejvielu blīvums	[t/m ³]
HS: tvertnes augstums	[m]
AS: tvertnes laukums	[m ²]

Sākotnēji novērtējot, biogāzes stacijai ir nepieciešams divas reizes lielāks laukums nekā ir tvertnes laukums. Tas nozīmē:

$$AB = 2 * AS$$

AB: biogāzes stacijas laukums
AS: tvertnes laukums

8.4. Būvatļauju iegūšana

Biogāzes stacijas būvatļaujas iegūšanas procedūra, kritēriji un dokumenti katrā valstī atšķiras. Latvijai raksturīgā informācija atrodama 11.nodaļā.

Lai saņemtu būvatļauju, investoram ir dokumentāri jāapliecina projekta atbilstība nacionālajiem normatīvajiem aktiem jautājumos, kas skar rīcību ar kūsmēsliem un to pārstrādi, emisiju, izplūdes emisiju, trokšņu un smaku robežvērtības, ietekmi uz virszemes ūdeņiem, ainavu aizsardzību, darba drošību, celtniecības drošību u.c.

Pieredze rāda, ka ir ļoti svarīgi iesaistīt vietējās varas institūcijas jau projekta sākotnējā stadijā, sniegt viņiem pirmajiem informāciju un lūgt palīdzību atļaujas iegūšanas procesā un projekta ieviešanā.

Atkarībā no vietējās situācijas var būt lietderīga un nepieciešama pieredzējuša plānošanas uzņēmuma iesaistīšana būvatļaujas iegūšanā. Daži celtniecības uzņēmumi izsaka vēlmi šādu darbu veikt par zemu cenu, cerot noslēgt celtniecības līgumu.

8.5. Biogāzes stacijas palaišana

Biogāzes stacijas celtniecība ir līdzīga kā celtniecības darbi citās biznesa nozarēs, bet biogāzes stacijas palaišana ir darbība, kas jāveic pieredzējušiem cilvēkiem, kuri pārzina stacijas uzbūvi un anaerobās fermentācijas procesa mikrobioloģiju.

Biogāzes stacijas palaišana vienmēr ir jāveic uzņēmumam, kas konstruēja un uzbūvēja staciju. Palaišanas laikā stacijas pārvaldnieks un darbinieki, kas turpmāk būs atbildīgi par stacijas darbību, tiek apmācīti staciju darbināt un uzturēt. Šī darba veikšanas veids katrā gadījumā atšķiras.

Pirms biogāzes stacijas palaišanas stacijas īpašniekam ir jāpārbauda, vai ir veikti visi būvatļaujā ietvertie pienākumi.

Nākamais solis ir piepildīt bioreaktorus ar kūtsmēsliem vai pārstrādāto substrātu, vislabāk to ņemot no kādas citas labi funkcionējošas biogāzes stacijas. Jau strādājošas biogāzes stacijas pārstrādātā substrāta izmantošana ļauj bagātināt jauno bioreaktoru ar anaerobās fermentācijas procesam nepieciešamajiem mikroorganismiem. Pirms padeves sistēmas iedarbināšanas izejvielas ir jāuzkarsē līdz procesa temperatūrai.

Uz vienu zemnieku saimniecību balstītas biogāzes stacijas ar 500 kW elektrisko jaudu darbināšanai un uzturēšanai ir nepieciešamas apmēram četras stundas diennaktī. Atkritumu apstrādes staciju gadījumā darbināšanas un uzturēšanas laiks tiek noteikts sākotnējās pārrunās starp stacijas izstrādātāju un klientu.

9. Biogāzes staciju drošība

Biogāzes stacijas būvniecība un darbināšana ir saistīta ar vairākiem nopietniem drošības jautājumiem, kurus ignorējot var rasties potenciāli riski un apdraudējums cilvēkiem, dzīvniekiem un videi.

Atbilstošu piesardzības un drošības pasākumu veikšanas mērķis ir izvairīties no riskiem un bīstamām situācijām un nodrošināt drošu stacijas darbību.

Būvatļaujas iegūšana ir atkarīga arī no drošības prasību izpildes un šādiem preventīviem un bojājumu kontroles pasākumiem:

- sprādzienu novēršana;
- ugunsgrēku novēršana;
- mehāniski apdraudējumi;
- skaņas necaurļaidīga konstrukcija;
- elektrodrošība;
- aizsardzība pret zibeni;
- apsildes drošība;
- trokšņu emisiju novēršana;
- asfiksijas, saindēšanās novēršana;
- higiēnas un veterinārā drošība;
- gaisu piesārņojošo emisiju novēršana;
- noplūžu pazemes un virszemes ūdeņos novēršana;
- piesārņotāju, kas rodas, atkritumus uzglabājot, novēršana;
- plūdu drošība.

9.1. Ugunsgrēku un sprādzienu novēršana

Kā jau tika minēts, noteiktos apstākļos biogāze savienojumā ar gaisu var veidot sprādzienbīstamu gāzes maisījumu. Ugunsgrēku un sprādzienu risks ir ievērojami augstāks bioreaktoru un gāzes rezervuāru tuvumā. Tādēļ biogāzes stacijas celtniecības un darbināšanas laikā ir jāveic īpaši drošības pasākumi. 9.1. un 9.2.tabula salīdzina biogāzi un tās galvenos komponentus ar citām gāzēm sprādzienbīstamības aspektā.

9.1.tabula

Gāzu īpašības (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

	Mērvienība	Biogāze	Dabagāze	Propāns	Metāns	Ūdeņradis
Sadegšanas siltums	kWh/m ³	6	10	26	10	3
Blīvums	kg/m ³	1,2	0,7	2,01	0,72	0,09
Blīvuma attiecība: gāze pret gaisu		0,9	0,54	1,51	0,55	0,07
Aizdeģšanās temperatūra	°C	700	650	470	600	585
Sprādzienbīstamības intervāls	Vol.-%	6 – 12	4,4 – 15	1,7 – 10,9	4,4 – 16,5	4 - 77

Biogāzes komponentu īpašības (TLV = robežvērtības¹)
(INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

	Mērvienība	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	CO	H
Blīvums	kg/m ³	0,72	1,85	1,44	1,57	0,084
Blīvuma attiecība gāze pret gaisu		0,55	1,53	1,19	0,97	0,07
Aizdeģšanās temperatūra	°C	600	-	270	605	585
Sprādzienbīstamības intervāls	Vol.-%	4,4 – 16,5	-	4,3 – 45,5	10,9 – 75,6	4 - 77
Robežvērtība	ppm	Nav vērtības	5.000	10	30	Nav vērtības

Saskaņā ar Eiropas direktīvu 1999/92/EC bīstamās vietas tiek iedalītas zonās (ex-zonās), balstoties uz eksplozīvas atmosfēras veidošanās biežumu un ilgumu. Šajās zonās ir jāveic atbilstoši pasākumi, lai izvairītos no negadījumiem. Šie pasākumi ir raksturoti direktīvā.

Zona 0

Vietā, kurā eksplozīva atmosfēra, kas sastāv no gaisa maisījuma ar uzliesmojošām substancēm (gāzes, tvaikiem, miglas), ir nepārtraukti ilgu laiku vai bieži. Šīs zonas parasti biogāzes stacijās neveidojas.

Zona 1

Vieta, kurā eksplozīva atmosfēra, kas sastāv no gaisa maisījuma ar uzliesmojošām substancēm (gāzes, tvaikiem, miglas), iespējams, brīžiem radīsies normālos darbības apstākļos.

Zona 2

Vieta, kurā eksplozīva atmosfēra, kas sastāv no gaisa maisījuma ar uzliesmojošām substancēm (gāzes, tvaikiem, miglas), normālos darbības apstākļos bieži neradīsies, bet, ja radīsies, tas uz īsu brīdi.

Kaut gan eksplozijas var notikt tikai noteiktos apstākļos, vienmēr ir ugunsgrēka risks atklātu liesmu, elektroierīču īssavienojuma vai zibens spēriena gadījumā.

9.2. Saindēšanās un asfiksijas riski

Ja biogāzi ieelpo pietiekami lielā koncentrācijā, tā var izraisīt saindēšanos vai asfiksijas simptomus un pat nāvi. It īpaši sērūdeņraža (H₂S) klātbūtne no sēra neattīrītā biogāzē var būt ļoti toksiska, pat mazā koncentrācijā.

It īpaši slēgtās, zemās telpās, piemēram, pagrabos, pazemes telpās utt., ir asfiksijas riski, biogāzei izspiežot skābekli. Biogāze ir vieglāka par gaisu, ar relatīvo blīvumu apmēram 1,2 kg/m³, bet tai ir tendence sadalīties sastāvdaļās. Oglekļa dioksīds, kas ir smagāks (ρ=1,85 kg/m³), nosēžas zemāk, kamēr metāns, kas ir vieglāks (ρ=0,72 kg/m³), paceļas atmosfērā. Šī iemesla dēļ slēgtās telpās ir jāveic drošības pasākumi, nodrošinot pietiekamu ventilāciju. Turklāt, strādājot potenciāli bīstamās vietās, ir jāizmanto drošības aprīkojums, piemēram, gāzes brīdinājuma ierīces, gāzmaskas u.c.

¹ Ķīmisko substāncu robežvērtības ir līmenis, kurā ir pieņemts, ka darbinieks bez kaitējuma veselībai var atrasties katru dienu visu darba mūžu

Sērūdeņraža toksiskums (INSTITUTE FOR ENERGETIC UND UMWELT GmbH, 2005)

Koncentrācija (gaisā)	Efekts
0,03 – 0,15 ppm	Uztveramības robežvērtība (puvušu olu smaka)
15 – 75 ppm	Acu un elpceļu kairinājums, nelaba dūša, vemšana, galvassāpes, bezsamaņa
150 – 300 ppm (0,015 – 0,03 %)	Ožas nervu paralīze
> 375 ppm (0,038 %)	Nāve saindēšanās rezultātā (pēc vairākām stundām)
> 750 ppm (0,075 %)	Bezsamaņa un nāve 30 līdz 60 minūtēs elpošanas apstāšanās dēļ
no 1000 ppm (0,1 %)	Ātra nāve dažās minūtēs elpošanas paralīzes rezultātā

9.3. Veselības un nelaimes gadījumu riski

Bez saindēšanās un asfiksijas riskiem citi potenciāli nelaimes gadījumu avoti ir draudi nokrist no kāpnēm vai nenorobežotām vietām, piemēram, padeves piltuvēm, uzturēšanas atverēm, vai draudi savainoties ar stacijas kustīgajām daļām, piemēram, maisītājiem.

Tāds aprīkojums kā maisītāji, sūkņi, padeves aprīkojums tiek darbināts ar augstsprieguma strāvu. Šī aprīkojuma nepareiza darbināšana vai koģenerācijas stacijas defekti var izraisīt nāvējošu elektrisko triecienu vairāku simtu voltu elektrības un augstsprieguma strāvas dēļ.

Biogāzes stacijas apsildes un dzesēšanas sistēmas, piemēram, dzinēju dzesētāji, bioreaktora apkure, siltuma sūkņi, rada ādas apdegumu riskus. Tas attiecas arī uz koģenerācijas stacijas daļām un gāzes lāpām.

Lai izvairītos no šāda veida nelaimes gadījumiem, uz attiecīgajām stacijas daļām ir jābūt izvietotiem skaidriem brīdinājumiem un personālam ir jābūt apmācītam.

9.4. Sanitācijas, patogēnu kontroles un veterinārie aspekti

9.4.1. Biogāzes staciju higiēnas aspekti

Kūtsmēslu un biogēno atkritumu anaerobā fermentācija var radīt jaunus patogēnu un slimību izplatības ceļus starp dzīvniekiem, cilvēkiem un vidi:

- cilvēki: infekcijas slimības, gļotādas iekaisumi, bronhīts, astma, alerģija;
- mājdzīvnieki un savvaļas dzīvnieki: zoonoze un citas izplatītas slimības.

Anaerobajā fermentācijā izmantojamie dzīvnieku un cilvēku izcelsmes atkritumi satur daudzas patogēnas baktērijas, parazītus un vīrusus. Patogēnie īpatņi, kas parasti atrodas kūtsmēšlos, vircās un mājdzīvnieku atkritumos, ir baktērijas, piemēram, *Salmonellae*, *Enterobacter*, *Clostridiae*, *Listeria*, parazīti, piemēram, *Ascaris*, *Trichostrangylidae*, *Coccidae*, vīrusi un sēnītes. Lopkautuvju un zivju apstrādes atkritumu, notekūdeņu dūņu un bioatkritumu koģenerācijas potenciāli palielina patogēnu dažādību, kas var izplatīties apkārtņē un nokļūt cilvēku un dzīvnieku barības ķēdēs.

Biogāzes stacijas pārstrādātais substrāts parasti tiek izmantots kā mēslojums lauksaimniecības laukos, kas pieder vairākām individuālajām zemnieku saimniecībām. Patogēnu izplatības risks ar pārstrādātā substrāta izmantošanu ir jānovērš, ieviešot standartizētus veterinārās drošības pasākumus.

Zemāk uzskaitītie sanitārie pasākumi ļauj efektīvi kontrolēt patogēnus un citas infekciozas vielas anaerobajā fermentācijā.

- Lopu veselības kontrole. Nedrīkst piegādāt slimu lopu kūtsmēslus un vircas.
- Izejvielu kontrole. Biomasu ar augstu patogēnu piesārņojuma risku nedrīkst izmantot anaerobajā fermentācijā.
- Dažādu izejvielu kategoriju atsevišķa iepriekšēja sanitācija ir obligāta, kā noteikts Eiropas regulā EC 1774/2002². Atkarībā no izejvielu kategorijas regula nosaka pasterizāciju (70°C vienu stundu) vai sterilizāciju spiediena ietekmē (vismaz 133°C 20 minūtes un absolūto tvaika spiedienu vismaz 3 bārus).
- Kontrolēta sanitācija. To izejvielu kategoriju gadījumā, kurām saskaņā ar EC regulu 1774/2002 nav nepieciešama atsevišķa iepriekšēja sanitācija, anaerobās fermentācijas procesa temperatūra kombinācijā ar minimālo noteikto izturēšanas laiku bioreaktorā nodrošinās efektīvu patogēnu samazināšanu/neitralizēšanu pārstrādātajā substrātā.
- Patogēnu samazināšanas efektivitātes kontrole pārstrādātajā substrātā, izmantojot indikatororganismus. Patogēnu samazināšanas efektivitāti nevar vienkārši pieņemt, bet tā ir jāpārbauda, izmantojot kādu no akreditētajām indikatororganismu metodēm, piemēram, FS log10. 9.4.3. nodaļā atrodama sīkāka informācija par indikatororganismiem un patogēnu samazināšanas efektivitāti anaerobās fermentācijas procesā.

9.4.2 Biogāzes staciju higiēnas parametri

Efektīva patogēnu samazināšana pārstrādātajā substrātā tiek veikta, izmantojot atsevišķu iepriekšējās sanitācijas procesu tiem izejvielu veidiem, kuriem ir nepieciešama īpaša sanitācija, piemēram, lopkautuvju atkritumiem, pārtikas un sabiedriskās ēdināšanas atkritumiem, flotācijas dūņām utt. Tiem izejvielu veidiem, kuriem nav nepieciešama atsevišķa sanitācija (kūtsmēsliem, vircām, enerģētiskajām kultūrām, visu veidu augu atlikumiem u.c.), sanitāciju un patogēnu samazināšanu nodrošina pats anaerobās fermentācijas process. Dažiem procesa parametriem, tādiem kā temperatūra, izturēšanas laiks bioreaktorā, pH u.c., ir tieša vai netieša ietekme uz anaerobās fermentācijas procesa sanitācijas efektivitāti.

Temperatūra

Procesa temperatūrai ir sanitācijas efekts uz piegādātajiem substrātiem. Izejvielu priekšapstrādes gadījumā, palielinoties temperatūrai, patogēnu samazināšanas efektivitāte pieaug.

Izturēšanas laiks

Ja biogāzes stacija apstrādā kūtsmēslus un vircas, augu biomasas no zemnieku saimniecībām vai citus neproblemātiskus izejvielu veidus, sanitācija ir temperatūras un minimālā nodrošinātā izturēšanas laika kombinācijas rezultāts.

² (EC)No1774/2002, "ar ko nosaka veselības aizsardzības noteikumus attiecībā uz dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, kuri nav paredzēti cilvēku uzturam", pilnu tekstu var lejupielādēt no www.big-east.eu

Temperatūras un minimālā nodrošinātā izturēšanas laika ietekme uz patogēnu neitralizēšanu ir atspoguļota 9.4. tabulā, parādot dažu tipisku vircās esošu patogēnu veidu masveida bojāejas laikus. Piemēram, *Salmonella typhi* murium gadījumā 90% populācijas bioreaktorā iznīkst 0,7 stundās, ja tas strādā 53°C temperatūrā (termofīlā fermentācija), 2,4 diennaktīs, ja bioreaktors strādā 35°C temperatūrā (mezofīlā fermentācija), bet dažas salmonellas var atrasties neapstrādātā vircā no 2 līdz 6 nedēļām āra gaisa temperatūrā.

pH vērtība

Mikroorganismu (baktēriju) samazināšana var notikt skābā vai sārmainā vidē. Šī iemesla dēļ konkrētu biomasas veidu iepriekšēja hidrolīze rada nozīmīgu pH vērtības kritumu un samazina mikroorganismus līdz 90% (ko izraisa organisko skābju toksiskais efekts).

9.4.tabula

Dažu patogēno baktēriju bojāejas laiks (T-90)*, salīdzinot vircas anaerobo fermentāciju un neapstrādātu vircu (BENDIXEN, 1999)

Baktēriju veids	Anaerobi fermentēta virca		Neapstrādāta virca	
	53°C (termofīlā procesa temperatūra) stundas	35°C (mezofīlā procesa temperatūra) diennaktis	18-21 °C nedēļas	6-15 °C nedēļas
<i>Salmonella typhi murium</i>	0,7	2,4	2,0	5,9
<i>Salmonella dublin</i>	0,6	2,1	-	-
<i>Escherichia coli</i>	0,4	1,8	2,0	8,8
<i>Staphilococcus aureus</i>	0,5	0,9	0,9	7,1
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i>	0,7	6,0	-	-
<i>Coliform bacteria</i>	-	3,1	2,1	9,3
<i>D-Streptococi grupa</i>	-	7,1	5,7	21,4
<i>Streptococcus faecalis</i>	1,0	2,0	-	-

* Bojāejas laiks T-90 ir aplūkoto mikroorganismu izdzīvošanas laiks. Bojāejas laiks T-90, ko definēja Šlunts (Schlundt (1984)), ir laiks, kas vajadzīgs, lai dzīvotspējīgas populācijas skaits samazinātos par vienu logaritmisko vienību, kas ir ekvivalenta 90% samazinājumam.

Šķidro kūtsmēslu izcelsme

Patogēnu mūža ilgums ir atkarīgs no šķidro kūtsmēslu izcelsmes. Piemēram, *Salmonellae* visilgāk izdzīvo liellopu vircā, bet, savukārt, cūku virca lielāka lopu blīvuma un patogēnu esamības barībā dēļ satur vairāk infekciozu organismu.

Pozitīvie/negatīvie efekti

Mikroorganismu (baktēriju) drošības aglomerāciju var pagarināt ar patogēnu neitralizēšanas procesu.

Sausnas saturs

Dažas salmonellas var ilgāk izdzīvot, ja sausnas saturs ir vairāk nekā 7%.

Amonjaka saturs

Patogēnu neitralizācija ir daudz efektīvāka substrātos ar augstu amonjaka saturu. Tā kā amonjaka koncentrācija pārstrādātajā substrātā ir augstāka nekā neapstrādātā vircā, patogēnu neitralizācijas efektivitāte attiecīgi ir augstāka.

Bioreaktora sistēma

Pilnībā sajauktos bioreaktoros svaigas izejvielas vienmēr var piesārņot jau sanitētus substrātus. Pat virzulplūsmas reaktorā, kur daļiņas kustas tikai caur reaktoru, nevar novērst šādus negadījumus. Tādēļ sajauktajos reaktoros nevar nodrošināt minimālo izturēšanas laiku. To var nodrošināt tikai periodiskas fermentācijas tipa sistēmā, kur bioreaktors vispirms tiek piepildīts un tad pēc fermentācijas pilnībā iztukšots, piemēram, nepārtrauktas sausās anaerobās fermentācijas sistēmā.

9.4.3. Indikatororganismi

Nav iespējams izanalizēt pārstrādāto substrātu uz visām baktērijām, kas tajā varētu būt, tāpēc ir prasība noteikt indikatororganismus, kurus var droši izmantot, lai novērtētu patogēnu samazināšanas efektivitāti pārstrādātajā substrātā.

Viena no visbiežāk izmantotajām metodēm ir FS log10, kas balstīta uz *Faecal Streptococci* mērījumiem pārstrādātajā substrātā. Vairāku veterinārās izpētes programmu ietvaros Dānijā ir pētīta baktēriju, vīrusu un parazītu oļiņu izdzīvošana kūtmēslos dažādos uzglabāšanas un anaerobās apstrādes apstākļos. Indikatororganisms *Faecal streptococci (enterococci)* (FS) tika izvēlēts tāpēc, ka šis streptokoku veids izdzīvo termiskajā apstrādē visilgāk no visām patogēnajām baktērijām, vīrusi un parazītu oļiņas iet bojā vai zaudē savu dzīvotspēju.

Vācijā pētīja notekūdeņu dūņu un bioatkritumu kā anaerobās kofermentācijas stacijas izejvielu piegādi higiēnas/sanitācijas aspektā. Kā vadlīnijas tika izmantotas jau ieviestās prasības, kas skar aerobā komposta ražošanas higiēnas aspektus, un daudzi potenciālie indikatororganismi, ko izmanto sabiedrības veselības mikrobioloģijā, tika noraidīti to pārsvara augsnes un ūdens vidē dēļ. Attiecībā uz bioatkritumu kofermentāciju tika secināts, ka salmonellu klātnesamība ir labākais efektīvas sanitācijas indekss anaerobās kofermentācijas stacijās. *Salmonella sp.* bija atrodama >90% bioatkritumu paraugos. Atšķirībā no FS log10 metodes, ko izmanto Dānijā, salmonellas testa procedūra prasa iepriekšējas bagātināšanas un bagātināšanas kultivēšanas stadijas buferētā peptona ūdenī un selektīvu vidi pozitīvai identifikācijai.

Fitohigiēnas nodrošināšanas nepieciešamība tika pētīta arī Vācijā. Atšķirībā no bakteriālās sistēmas šeit nav noteikti potenciālo augu patogēnu esamības indikatororganismi. Vienīgais indikators, kas ir plaši izplatīts māsaimniecību bioatkritumos, ir tomātu sēklas. Attiecīgi Vācijā terminu „fitohigiēniskā drošība” definē kā vairāk nekā divu dīgtspējīgu tomātu sēklu un/vai augu vairotiesspējīgu daļu trūkums vienā litrā apstrādātu atkritumu vai notekūdeņu.

Līdzīgi pētījumi parādīja temperatūras ietekmi uz vīrusu neitralizāciju. Lielākajā daļā testēto vīrusu karstums bija vienīgais vissvarīgākais pretvīrusu līdzeklis. Parvovīrusu pilnīgu dzīvotspējas zudumu būtiski ietekmē citi faktori, nevis karstums. Tas ir saskaņā ar citu pētnieku atklājumiem, kas parāda, ka tādi faktori kā augsts pH, amonjaks, mazgāšanas līdzekļi un mikrobu metabolīti ļauj neitralizēt vīrusus.

Indikatororganismu izmantošana, lai novērtētu potenciālo patogēnu iznīcināšanu, balstās uz testēšanas organismu aktivāciju, augšanu un infekciozitāti.

9.4.4. Sanitācijas prasības

Daudzās Eiropas Savienības valstīs nacionālā līmenī ir noteiktas prasības saistībā ar higiēnas/sanitācijas standartiem biogāzes stacijām, kas fermentē kūtsmēslus no vairākām zemnieku saimniecībām vai kofermentē kūtsmēslus un organiskos atkritumus.

Viena no vissvarīgākajām Eiropas regulām, kas skar anaerobo fermentāciju ir t.s. Dzīvnieku blakusproduktu regula **EC 1774/2002**, kas skar dzīvnieku izcelsmes atkritumu apstrādi un pārstrādi. Regula nosaka trīs galvenās dzīvnieku izcelsmes blakusproduktu kategorijas un nosaka apstrādes un sanitācijas prasības, nepieciešamo aprīkojumu utt.

Saskaņā ar 9.5.tabulu 1.kategorijas dzīvnieku izcelsmes blakusproduktu apstrāde biogāzes stacijās nav atļauta.

Izņemot šķidros kūtsmēslus, kuņģa un zarnu saturu (atsevišķi no kuņģa un zarnām), pienu un jaunpienu (nav nepieciešama priekšapstrāde, jo nepastāv nopietnu slimību izplatības draudi), visi 2. kategorijas dzīvnieku izcelsmes blakusprodukti pirms apstrādes biogāzes stacijā ir jāsterilizē tvaika spiediena ietekmē $\geq 133^{\circ}\text{C}$, ≥ 3 bāriem, un vismaz 20 minūtes pēc 133°C temperatūras sasniegšanas ir jāveic termiskā apstrāde šim mērķim domātā iekārtā. Apstrādātā substrāta daļiņu lielumam jābūt < 50 mm.

9.5.tabula

Dzīvnieku izcelsmes blakusprodukti, kas nav paredzēti cilvēku uzturam: kategorijas un to izmantošanas noteikumi saskaņā ar EC1774/2002 (AL SEADI, 2002)

Kategorija un apraksts	Izmantošanas noteikumi
1. Dzīvnieki, kas var būt inficēti ar TSE, īpaša riska materiāli. - Dzīvnieki, kas nav zemnieku saimniecību vai savvaļas dzīvnieki, īpaši mājdzīvnieki, zooloģisko dārzu un cirku dzīvnieki. - Sabiedriskās ēdināšanas atkritumi no starptautiski strādājošiem transportlīdzekļiem.	Vienmēr iznīcināšana – sadedzināšana
2. Kūtsmēsli no visiem dzīvniekiem un fermentējams zīdītāju trakta saturs. - Visiem dzīvnieku izcelsmes materiāliem, kad savākti, apstrādājot atkritumus no lopkautuvēm vai 2. kategoriju apstrādājošām stacijām, izņemot 1. kategorijas lopkautuvju notekūdeņu attīrīšanas stacijas. - Dzīvnieku izcelsmes produkti, kas satur veterināro zāļu atlikumus. Mīruši dzīvnieki, kas nav atgremotāji.	Lai substrātus izmantotu anaerobajai fermentācijai, tie ir jāsterilizē spiediena ietekmē 20 minūtes 133°C temperatūrā un 3 bāros. NB: Kūtsmēslus un fermentējamu trakta saturu var izmantot anaerobajā fermentācijā bez priekšapstrādes.
3. Visas nokauto dzīvnieku daļas, ko drīkst izmantot cilvēki vai kurām nav slimību pazīmju. - Zvērādas, ādas.	Pirms anaerobās fermentācijas atsevišķās tvertnēs ir jāveic sanitācija 1 stundu 70°C temperatūrā.

Virtuves un pārtikas atkritumiem un agrākajiem pārtikas produktiem, kas nav bijuši kontaktā ar neapstrādātiem dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, ir noteiktas nacionālās prasības. Citu 3. kategorijas dzīvnieku izcelsmes blakusproduktu apstrādei ir noteiktas šādas prasības: termiskā pasterizācija ir jāveic 60 minūtes 70°C temperatūrā. Apstrādātā substrāta daļiņu lielumam jābūt < 12 mm.

Papildus obligātajai termiskajai apstrādei Dzīvnieku izcelsmes blakusproduktu regula nosaka daudz citus obligātus biogāzes stacijas darbības apstākļus un galaprodukta higiēnas prasības. Ja ir veikta pienācīga sanitācija (skat. 9.6.tabulu), atbildīgās nacionālās institūcijas var 3. kategorijas virtuves un pārtikas atkritumu gadījumā atļaut izņēmumus no augstāk minētajiem novērtējumiem un procesu apstākļiem. Galvenais alternatīvu apstrādes metožu atļaušanas nodrošinājums ir pierādījums, ka ir veikta pasterizēšanai ekvivalenta visu patogēno baktēriju iznīcināšana.

9.6.tabula

Dānijas piemērs – kontrolēta sanitācija, kas ir ekvivalenta 1 stundai 70°C temperatūrā (BENDIXEN, 1995)

Temperatūra	Minimālais garantētais izturēšanas laiks termofīlā bioreaktora tvertnē ^{a)}	Minimālais garantētais izturēšanas laiks, apstrādājot atsevišķā sanitācijas tvertnē ^{b)}	
		Pirms vai pēc fermentācijas termofīlā reaktora tvertnē ^{c)}	Pirms vai pēc fermentācijas mezofīlā reaktora tvertnē ^{d)}
52,0°C	10 stundas		
53,5°C	8 stundas		
55,0°C	6 stundas	5,5 stundas	7,5 stundas
60,0°C		2,5 stundas	3,5 stundas

Apstrāde ir jāveic bioreaktora tvertnē termofīlā temperatūrā vai sanitācijas tvertnē, apvienojot ar fermentāciju termofīlā vai mezofīlā tvertnē. Ir jāievēro īpaša temperatūras un minimālā garantētā izturēšanas laika kombinācija.

- a) Šajā gadījumā termofīlā fermentācija 52°C temperatūrā. Izturēšanas laikam bioreaktorā jābūt vismaz 7 diennaktis.
- b) Fermentācijai jānotiek pirms vai pēc pasterizācijas.
- c) Skat. a)
- d) Mezofīlajai fermentācijai jābūt no 20 °C līdz 52 °C. Izturēšanas laikam jābūt vismaz 14 diennaktis.

Sanitācijas prasības atšķiras atkarībā no biogāzes stacijas veida (termofīlā vai mezofīlā procesa). Turklāt dažādu kategoriju materiālu vienlaikus apstrādei ir noteiktas visstingrākās piemērojamās prasības.

Virtuves, pārtikas un agrākajiem pārtikas produktiem, kas nav bijuši kontaktā ar neapstrādātiem dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem, ir jānodrošina šādi anaerobās fermentācijas termofīlā procesa parametri: temperatūra $\geq 55^{\circ}\text{C}$, izturēšanas laiks 20 diennaktis ar nodrošināto minimālo izturēšanas laiku 24 stundas, daļiņu lielums ≤ 12 mm.

Mezofīlajās biogāzes stacijās (temperatūra apmēram 37°C) termiskā sanitācija notiek tikai ierobežotā apjomā. Te sanitāciju nodrošina, veicot visu to materiālu siltumapstrādi, kas satur sadzīves virtuves atkritumus, vai līdzvērtīgi nodrošinot pietiekamu patogēno ierosinātāju samazināšanu.

Lai novērstu infekciju riskus, regula nosaka stingri nodalīt lopkopības un biogāzes stacijas atrašanās vietu. Transports, starpuzglabāšana, nepieciešamā priekšapstrāde (malšana, daļiņu lieluma samazināšana) un arī apstrāde biogāzes stacijā tiek stingri regulēta. Tas pats attiecas uz nepieciešamajiem tīrīšanas sektoriem, tīrīšanas ierīcēm, dezinfekcijas vietām, kaitēkļu kontroli, pienākumu pierakstīšanu un dokumentēšanu, higiēnas kontroli un visu iekārtu pienācīgu uzturēšanu un visu mērinstrumentu kalibrēšanu. Turklāt visām biogāzes stacijām ir jābūt oficiāli atzītai laboratorijai vai jāizmanto ārējas oficiāli atzītas laboratorijas pakalpojumi paraugu analizēšanai un patogēnu samazināšanas efektivitātes testu veikšanai. Biogāzes stacijas teritorijai ir jābūt iedalītai tīrajā un piesārņotajā zonā. Šīm zonām ir jābūt stingri nošķirtām. Ir jābūt uzstādītām arī transportlīdzekļu un vakuuma cisternu tīrīšanas un darbinieku mazgāšanās iekārtām. 9.1.attēls parāda biomasas transportlīdzekļu tīrīšanas standarta procedūras piemēru Ribe biogāzes stacijā Dānijā. Lai izvairītos no braukšanas ar tukšu tvertni, vakuuma tvertnes transportē svaigu vircu no zemniekiem uz biogāzes staciju un pārstrādāto substrātu no biogāzes stacijas zemniekiem. Lai izvairītos no piesārņojuma starp svaigu un fermentētu vircu, cisterna pēc katras transportēšanas ir jātīra saskaņā ar augstāk aprakstīto procedūru. Piesārņojums starp divām zemnieku saimniecībām tiek novērsts, apkalpojot vienā reizē tikai vienu zemnieku saimniecību un nebraucot uz vairākām zemnieku saimniecībām.

- **Vircas transportēšanas līdzekļu tīrīšanas standarta procedūra:**
- kad biomasas saturs ir pilnībā izvadīts no vakuuma cisternas, visas cisternas iekšējās virsmas izskalo ar krāna ūdeni, līdz ūdeņi ir pilnīgi tīri;
- kad cisterna ir tukša un izskalota, visas iekšējās virsmas apstrādā ar 0,2% NaOH šķīdumu – vismaz 200 litru lielākai cisternei un 150 litru mazākai;
- pēc 2 minūšu pauzes cisterna ir gatava uzpildei ar fermentētu biomasu;
- kamēr notiek dezinfekcija, visas cisternas ārējās daļas un pats transportlīdzeklis tiek noskalots un dezinficēts, it īpaši riteņi.



9.1.att. Standarta tīrīšanas procedūra Ribe biogāzes stacijā Dānijā (AL SEADI, 2000)

10. Biogāzes staciju ekonomika

10.1. Biogāzes projekta finansēšana

Biogāzes projektiem ir nepieciešamas lielas investīcijas, tādēļ finansējums ir galvenais projekta dzīvotspējas nodrošināšanas elements. Biogāzes stacijas finansēšanas shēmas katrā valstī atšķiras, bet kopumā tiek izmantoti ilgtermiņa aizdevumi ar zemām procentu likmēm. Indeksētie periodisko maksājumu aizdevumi ir aizdevumi ar mazām procentu likmēm, kas nodrošina investoru pret inflāciju, pārvērtējot nenomaksātā parāda summu atbilstoši inflācijas rādītājiem. Atmaksāšanas laiks ir vairāk nekā 20 gadi. Šis aizdevumu veids ir visatbilstošākais biogāzes staciju projektiem, jo atbilst šādām prasībām: ilgs atmaksas termiņš, zemi procenti un zemas sākotnējās iemaksas. Šādu aizdevumu trūkumi: tie paaugstinās ar vienkāršu sais-

tību pārdošanu par fondu biržas cenu, ietverot nolietojuma risku, kas var radīt nenoteiktību plānošanas fāzē.

Dānijā biogāzes projekts tiek finansēts, piemēram, ar pašvaldību garantētu indeksētu periodisko maksājumu aizdevumu palīdzību. Daudzi bijušie biogāzes projekti ir saņēmuši arī papildu valsts subsīdijas, kas veido 30% no projekta investīciju izmaksām.

10.2. Biogāzes stacijas projekta ekonomiskā prognoze

Viens zemnieks, zemnieku konsorcijs vai pašvaldība parasti ir tie uzņēmēji, kas vēlas ieviest veiksmīgus biogāzes projektus. Projekta veiksmīgu iznākumu ietekmē daži ar stratēģiskiem lēmumiem kontrolējami un ietekmējami faktori, piemēram:

- investīciju izmaksas;
- darbības izmaksas.

Izvēlēties labāko tehnoloģiju investīciju lieluma un darbības izmaksu lieluma aspektā ir ļoti grūti. Ja izsludināsiet konkursu biogāzes stacijas izveidei, neaizmirstiet par tādām darbības izmaksām kā:

- koģenerācijas stacijas darbības izmaksas, ietverot pakalpojumus un rezerves daļas (daudzums /kWh);
- biogāzes stacijas kopējās uzturēšanas izmaksas (% no investīcijām/gadā);
- elektroenerģijas pašpatēriņš, ietverot koģenerācijas stacijas vajadzības (kWh/gadā);
- darbinieku vidējais darba ilgums stundās/dienās (uzturēšana un padeve sistēmā).

Projekta veiksmīgu iznākumu ietekmē daži nekontrolējami faktori, piemēram:

- procentu likmes;
- piekļuve tīklam un īpašie iepirkuma tarifi;
- izejvielu (piemēram, enerģētisko kultūru) pasaules tirgus cenas;
- konkurence par izejvielām no citu sektoru pusēs.

Rūpniecisko atkritumu savācēji saskaras ar ilgtermiņa izejvielu pieejamības nodrošināšanas problēmu. Tā var būt problēma, jo atkritumu pārstrādes tirgū ir liela konkurence un līgumi ar atkritumu ražotājiem reti ir ilgāki par pieciem gadiem.

Diezgan bieži, pirms banka piedāvā finansēt biogāzes stacijas projektu, ar rentabilitātes izpēti/aprēķiniem ir jāpierāda projekta ilgtermiņa dzīvotspēja. Aprēķinus parasti veic pieredzējis plānošanas/konsultāciju uzņēmums, bet daudzos gadījumos, it īpaši vienas zemnieku saimniecības īstenota projekta gadījumā, šo darbu veic pats projekta attīstītājs. Tam ir divas priekšrocības: projekta attīstītājs/partneri ir spiesti ļoti sīki aplūkot dažādus projekta aspektus un projekta atcelšanas gadījumā nerodas ārēji izdevumi.

Biogāzes staciju, kur apstrādā sadzīves atkritumus, gadījumā ir ieteicams nolīgt pieredzējušu konsultāciju uzņēmumu. Atkritumus apstrādājošās stacijas ir daudz sarežģītākas izejvielu apstrādes, sistēmas bioloģiskās stabilitātes un visas stacijas projektēšanas ziņā, salīdzinot ar lauksaimniecības biogāzes stacijām.

Konkrētiem ekonomiskās prognozes aprēķiniem ir izstrādāts aprēķina modelis, kas ļauj iepriekš novērtēt izmaksas, stacijas izmērus, tehniskās aprises utt. Aprēķina modelis ir atrodams <http://www.big-east.eu>

10.2.1. Biogāzes stacijas projekta ekonomiskās prognozes secinājumi

Izdarot iepriekšējus aprēķinus, izmantojot Big<East aprēķina modeli, kā ieteikts šajā nodaļā, rezultātā iegūst projekta ekonomikas novērtējumu.

Kā aprakstīts iepriekš, darbības un investīciju izmaksas var ietekmēt stratēģiski lēmumi, piemēram, vislabāk piemērotās tehnoloģijas izvēle. Tātad, ja jūsu valstī ir lēts darbaspēks, tad varētu būt izdevīgāk algot vairāk cilvēku, nekā tērēt naudu stacijas automatizācijai.

Projekta ienākumus ir grūti ietekmēt. Speciālos iepirkuma tarifus nosaka valdība. Atkritumu apstrādes stacijas gadījumā atkritumu utilizācijas tarifs ir atkarīgs no tirgus cenas.

Ir vēl citas iespējas palielināt ienākumus:

- saražotā siltuma izmantošana/pārdošana;
- pārstrādātā substrāta kā mēslojuma pārdošana.

Ja projekta iekšējā peļņa (IRR) ir mazāka par 9%, katram ir vēlreiz jāapsver visi projekta priekšnoteikumi un daži no tiem jāuzlabo. Ja IRR ir augstāks par 9%, priekšnoteikumi ir labi un ir vērts turpināt projektu, virzoties uz nākamo plānošanas posmu. Ir svarīgi visu laiku salīdzināt pieņēmumus ar realitāti. Tas arī nozīmē iegūt reālu biogāzes stacijas ideju, stacijai nepieciešamo platību, tās pašreizējo izmēru un reālās būvniecības izmaksas.

Aprēķina modelis ir noderīgs, lai nodrošinātu aptuvenu informāciju un datus, kas nepieciešami konkrētas plānošanas uzsākšanai. Lai veiktu nākamās biogāzes projekta izstrādes soļus, ir nepieciešams piesaistīt uzticamu un neatkarīgu plānošanas partneri (skat. 8.1.nodaļā aprakstītos projekta posmus).

11. Biogāzes ražošana un izmantošana Latvijā

11.1. Likumdošana un atbalsta instrumenti biogāzes ražošanai Latvijā

Šajā nodaļā dotās likumdošanas un atbalsta instrumentu apskats ir informatīvs un ir spēkā rokasgrāmatas tapšanas laikā (2008.-2009.gada sākums).

11.1.1. Likumdošana

Balstoties uz Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādņēm 2006.-2013.gadam, Klimata pārmaiņu samazināšanas programmu 2005.-2010.gadam un Nacionālo politikas plānu 2004.-2008.gadam Latvijas Republikas Vides ministrija izstrādāja Biogāzes ražošanas un izmantošanas attīstības programmu, kas ir nozīmīgākais plānošanas dokuments attiecībā uz biogāzi Latvijā. Programma tapusi balstoties uz sekojošiem likumdošanas aktiem:

- Likumi:
 - o Vides aizsardzības likums (apstiprināts 02.11.2006);
 - o Enerģētikas likums (apstiprināts 03.09.1998);
 - o Likums par piesārņojumu (apstiprināts 15.03.2001);
 - o Atkritumu apsaimniekošanas likums (apstiprināts 14.12.2000);
 - o Elektroenerģijas tirgus likums (apstiprināts 05.05.2005);
 - o Biodeģvielas likums (apstiprināts 17.03.2005).
- Politikas plānošanas dokumenti:
 - o Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādnes 2006. - 2013.gadam (apstiprinātas 31.10.2006);
 - o Nacionālais attīstības plāns 2007.-2013.gadam (apstiprināts 04.07.2006);
 - o Latvijas ilgtspējīgās attīstības pamatnostādnes (apstiprinātas 15.08.2002);
 - o Klimata pārmaiņu samazināšanas programma 2005.-2010.gadam (apstiprināta 06.04.2005);
 - o Kopīgi īstenojamo projektu realizācijas stratēģija 2002.-2012.gadam (apstiprināta 07.11.2002);
 - o Atkritumu apsaimniekošanas valsts plāns 2006. - 2012.gadam (apstiprināts 29. 12. 2005);
 - o Enerģētikas attīstības pamatnostādnes 2007. - 2016.gadam (apstiprinātas 01. 08. 2006).
- Ministru Kabineta noteikumi:
 - o Ministru Kabineta noteikumi Nr.29 “Elektroenerģijas ražošanas jaudu uzstādīšanas un izvietošanas kārtība, ja elektroenerģijas ražošanai izmanto reģeneratīvos energoresursus” (apstiprināti 15.01.2002);
 - o Ministru Kabineta noteikumi Nr.695 “Noteikumi par atļaujām elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšanai vai jaunu ražošanas iekārtu ieviešanai” (apstiprināti 29.08.2006);
 - o Ministru Kabineta noteikumi Nr.921 “Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu koģenerācijā” (apstiprināti 06.11.2006);
 - o Grozījumi Ministru Kabineta noteikumos Nr.772 “Noteikumi par biodeģvielas kvalitātes prasībām, atbilstības novērtēšanu, tirgus uzraudzību un patērētāju informēšanas kārtību” (apstiprināti 18.10.2005);
 - o Ministru Kabineta noteikumi Nr.503 “Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu, izmantojot atjaunojamus energoresursus” (apstiprināti 24.07.2007).

Saskaņā ar Atjaunojamo energoresursu izmantošanas pamatnostādņēm 2006. -2013.gadam galvenie atjaunojamie energoresursi Latvijā ir enerģētiskā koksne un hidroresursi, mazākā mērā tiek izmantota vēja enerģija, biogāze un salmi. Elektroenerģijas tirgus likumā un Biodegvielas likumā ir nostiprināti mērķi šo resursu īpatsvara palielinājumam elektroenerģijas un transporta degvielu patēriņā, taču trūkst vienotas stratēģijas šo mērķu sasniegšanai. Tāpēc galvenais mērķis attiecībā uz atjaunojamajiem energoresursiem ir optimāla Latvijas atjaunojamo energoresursu potenciāla izmantošana, ņemot vērā ekonomiskās, ģeogrāfiskās un tehniskās iespējas, kā arī vadoties no vides un enerģētikas attīstības aspektiem, vienlaikus ņemot vērā starptautiskos un Eiropas Savienības politikas mērķus un prasības attiecībā uz atjaunojamajiem energoresursiem. Attiecībā uz atjaunojamo resursu īpatsvaru kopējā primāro energoresursu bilancē AER izmantošanas pamatnostādņēs izvirzīts mērķis palielināt šo īpatsvaru līdz 35% 2010.gadā, un sasniegt 37% līdz 2016.gadam.

Biogāzes ražošana ļauj ieviest likuma „Par piesārņojumu” prasības, kas reglamentē piesārņojošo darbību iedalījumu un to veikšanas nosacījumus. Attiecīgi, ar biogāzes tehnoloģiju palīdzību iespējams tehniski un ekonomiski efektīvi risināt uzdevumus kūtsmēsli un bioloģiski noārdāmo atkritumu apsaimniekošanā, ko nosaka MK Nr.294 „Kārtība, kādā piesakāmas A, B un C kategorijas piesārņojošas darbības un izsniedzamas atļaujas A un B kategorijas piesārņojošo darbību veikšanai” (pieņemts 26.07.2005.).

Prasības augsnes un ūdens aizsardzībai ir noteiktas sekojošos Ministru Kabineta noteikumos:

- MK noteikumi Nr.531 „Par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskas darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem” (pieņemts 18.12.2001.)
- Ministru kabineta 2002. gada 22. janvāra noteikumi Nr. 34 „Noteikumi par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī”,
- Mēslošanas līdzekļu aprites likums,
- Likums „Par Konvenciju par robežšķērsojošo ūdensteču un starptautisko ezeru aizsardzību un izmantošanu”.

Biogāzes ražošanas attīstībai ir būtiska loma šo normatīvo aktu izpildes nodrošināšanā. Biogāzes ražošana ir labs risinājums cieto bioloģisko atkritumu daudzuma samazināšanā, ko regulē sekojoši Latvijas likumdošanas akti:

- Ministru Kabineta 2001.gada 19.jūnija noteikumi Nr.258 "Noteikumi par atkritumu klasifikatoru un īpašībām, kuras padara atkritumus bīstamus”;
- Ministru Kabineta 2001.gada 9.oktobra noteikumi Nr.432 "Atkritumu apsaimniekošanas atļauju izsniegšanas, pagarināšanas un anulēšanas kārtība”;
- Ministru Kabineta 2006.gada 13.jūnija noteikumi Nr.474 „Atkritumu poligonu ierīkošanas, atkritumu poligonu un izgāztuvju apsaimniekošanas, slēgšanas un rekultivācijas noteikumi”
- Likums Par ietekmes uz vidi novērtējumu;
- Atkritumu apsaimniekošanas likums.

Biogāzes ražošana ir viens no efektīvākajiem notekūdeņu dūņu apsaimniekošanas veidiem. Tā ļauj veikt dūņu sanitāciju, kas ir nepieciešama saskaņā ar:

- MK noteikumiem Nr.365 "Noteikumi par notekūdeņu dūņu un to kompostu izmantošanu, monitoringu un kontroli" (pieņemts 20.08.2002);
- Lauksaimniecības likumu.

Biogāzes ražošana, nodrošinot metāna savākšanu, dod iespēju realizēt Latvijas starptautiskās saistības Apvienoto Nāciju Organizācijas Vispārējās konvencijas par klimata pārmaiņām Ki-

oto protokola prasību ieviešanai. Biogāzes ražošanā tiek savākts ievērojams daudzums SEG, kas izmantojot citas bioloģiski noārdāmo materiālu apsaimniekošanas metodes (kūtsmēslu uzglabāšanas atklātās tvertnēs, aerobā kompostēšana, atkritumu noglabāšana u.c.) tiešā veidā nonāk atmosfērā. Tiek novērsta arī gāzu emisija no attiecīgā daudzuma siltuma un elektroenerģijas ražošanas, tos aizvietojo ar enerģiju, kas iegūta no biomasas.

Biogāzes ražošanas un izmantošanas attīstības programmas mērķis ir attīstīt biogāzes ražošanu un izmantošanu Latvijā, vienlaicīgi kompleksi risinot ražošanas, apstrādes un pārstrādes procesu radīto bioloģiski noārdāmo blakusproduktu apsaimniekošanas jautājumus; mazinot augšnes, ūdeņu un gaisa piesārņojuma risku, kā arī iespējamo apdraudējumu cilvēku veselībai. Programmā ir analizētas iespējas biogāzes ražošanai no lauksaimniecības blakusproduktiem, rūpniecības procesu atlikumiem un citiem organiskajiem atkritumiem.

Programmā tiek apskatītas galvenās problēmas, kas jārisina, lai palielinātu biogāzes ražošanas apjomus, kā arī noteikts biogāzes potenciāls un ieskicēti dažādi biogāzes ražošanas un izmantošanas modeļi. Biogāzes attīstības programmas galvenie mērķi ir:

- Atbalstīt lauksaimniecības un pārtikas produktu ražošanas uzņēmumu piemērošanu ES un
- Latvijas tiesības aktu prasību ievērošanai, kas attiecas uz dzīvnieku izcelsmes atkritumu apsaimniekošanu un integrēto piesārņojuma novēršanu un kontroli;
- Sekmēt Latvijas tiesību aktu prasību ievērošanu, uzlabojot kūtsmēslu apsaimniekošanas praksi un metodes;
- Veicināt lauku attīstības procesus, radot jaunas darba vietas un uzlabojot vides kvalitāti.

11.1.2. Atbalsta instrumenti

Valsts atbalsts elektroenerģijas ražošanai no AER (t.sk., biogāzes) tiek nodrošināts ar Ministru Kabineta noteikumiem Nr.503 „Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu no atjaunojamiem energoresursiem”. Noteikumi ietver virkni kritēriju biogāzes elektroenerģijas ražotājiem, lai tie kvalificētos obligātajam elektroenerģijas iepirkumam un garantētu, ka elektroenerģijas ražotājs varēs pārdot elektroenerģiju par noteiktu cenu.

Saskaņā ar augstākminētajiem noteikumiem katra AER veida procentuālais sadalījums obligātajam iepirkumam ir dots 11.1.tabulā.

11.1.tabula

Latvijas elektroenerģijas galalietotāju kopējā patēriņa daļa, kas obligāti nosedzama ar tādu elektroenerģiju, kura ražota, izmantojot atjaunojamus energoresursus

Atjaunojamo energoresursu veids	2007	2008	2009	2010
Hidroelektrostacijas ar jaudu virs 5 MW _e	41,28 %	39,32 %	37,35 %	35,39 %
Hidroelektrostacijas ar jaudu līdz 5 MW _e	1,04 %	1,06 %	1,08 %	1,10 %
Vēja elektrostacijas	1,48 %	2,78 %	4,08 %	5,37 %
Biogāzes elektrostacijas	0,38 %	1,07 %	1,77 %	2,46 %
Biomases elektrostacijas un elektrostacijas, kurās biomasu izmanto kopā ar fosilo kurināmo	0,44 %	1,95 %	3,46 %	4,97 %
<i>KOPĀ</i>	44,62 %	46,18 %	47,74 %	49,30 %

Noteikumi nosaka arī formulu, pēc kuras tiek aprēķināta no biogāzes ražotās elektroenerģijas pārdošanas cena turpmākajiem 10 gadiem sākot no pirmās biogāzes stacijas darbības dienas:

$$C = \frac{T_g \cdot k}{9,2} \cdot 3,5$$

kur

C – cena bez pievienotās vērtības nodokļa, par kādu publiskais tirgotājs iepērk no elektrostacijas elektroenerģiju (Ls/MWh)

T_g – regulatora apstiprinātais dabasgāzes tirdzniecības gala tarifs bez pievienotās vērtības nodokļa, kas noteikts dabasgāzes patēriņam no 126 tūkst.n.m³ līdz 1260 tūkst.n.m³ gadā (Ls/tūkst.n.m³), ja dabasgāzes siltumspēja ir 7900 kcal/n.m³

k – cenas diferencēšanas koeficients, kas minēts šo noteikumu 6.pielikumā un 11.2.tabulā.

11.2.tabula

Koeficienta k vērtības atkarībā no elektrostacijā uzstādītās elektriskās jaudas

Elektrostacijā uzstādītā elektriskā jauda, MW_e	Koeficienta k vērtības
<0,08	1,240
>0,08 - 0,15	1,231
>0,15 - 0,20	1,202
>0,20 - 0,40	1,131
>0,40 - 0,60	1,086
>0,60 - 0,80	1,072
>0,80 - 1,00	1,055
>1,00 - 1,50	1,035
>1,50 - 2,00	1,008
>2,00 - 2,50	0,992
>2,50 - 3,00	0,982
>3,00 - 3,50	0,974
>3,50	0,965

Kopā ar speciālo elektroenerģijas iepirkuma tarifu sistēmu, lai veicinātu elektroenerģijas ražošanu no biomasas, Latvijā tiek izmantoti sekojoši atbalsta instrumenti:

- Zemkopības ministrija piedāvā līdzfinansējumu no ES finansu atbalsta instrumentiem biomasas audzēšanas projektiem, kas paredzēta elektroenerģijas ražošanas mērķiem.
- Ekonomikas ministrija piedāvā līdzfinansējumu no ES finansu atbalsta instrumentiem projektiem, kuros paredzēta elektroenerģijas ražošana no biomasas.
- Vides ministrija ir izstrādājusi vēl vienu atbalsta shēmu „Zaļo investīciju shēma”, kas ir ilgtermiņa finansēšanas sistēma, ieguldot ienākumus no SEG emisiju samazinājuma vienību pārdošanas vides un energoefektivitātes pasākumos, kas vērsti uz klimata pārmaiņu samazināšanu. Šie pasākumi ietver biomasas izmantošanas veicināšanu, t.sk., biomasas izmantošanu koģenerācijas iekārtās, biogāzes iegūšanu un lietošanu, kā arī biodegvielu lietošanas veicināšanu.

Atbalsts enerģētisko kultūraugu audzēšanai ir viens no instrumentiem kā sasniegt ES Bioenerģijas Stratēģijā izvirzītos mērķus. Maksājuma galvenais uzdevums ir atbalstīt lauksaimniekus, kas audzē enerģētiskos augus ar augstu enerģētisko vērtību un ar mērķi tos izmantot enerģijas – siltuma,

elektroenerģijas, biodegvielu utt. ražošanai. Atbalsta piešķiršanas procedūru nosaka Ministru Kabineta noteikumi Nr.808 „Kārtība, kādā atzīst Eiropas Savienības enerģētisko kultūraugu savācējus, pirmos pārstrādātājus un lauksaimniekus, kuri savā saimniecībā izmanto vai pārstrādā enerģētiskos kultūraugus” (spēkā kopš 04.10.2008).

Lauksaimnieki var iegūt atbalstu, ja tie ir noslēguši līgumu ar apstiprinātu savācēju vai pirmo pārstrādātāju. Praktiski šī sistēma ir veidota tā, lai tradicionālo kultūraugu (graudaugu un rapša) audzētāji, ja tie savu produkciju pārdod pārtikas ražošanai, nevarētu vienlaicīgi saņemt atbalstu kā enerģētisko augu audzētāji. Šāda sistēma neierobežo daudzgadīgo enerģētisko augu audzēšanu, jo gan tehnoloģijas īpašnieks, kas veic ražas novākšanu un smalcināšanu, gan patērētājs (piemēram, biogāzes stacija) var reģistrēties kā savācējs vai pirmais pārstrādātājs.

11.2. Atļauju saņemšana

11.2.1. Biogāzes stacijas būvniecība

Lai uzsāktu biogāzes stacijas būvniecību, ir jāsaņem būvatļauja un ar to saistītie plānošanas uzdevumi no attiecīgās pilsētas vai rajona būvvaldes un iesaistītajām institūcijām. Būvniecības atļaujas saņemšanas procedūru Latvijā reglamentē MK not. Nr.112 „Vispārīgie būvnoteikumi” (Rīga, 01.04.1997). Šie noteikumi nosaka prasības visu veidu būvju projektēšanas sagatavošanai, būvprojekta izstrādāšanai un būvdarbu veikšanai, kā arī būves nojaukšanai, kā arī minēto procesu norises kārtību.

Tā kā biogāzes stacijas projekts ir komplicēts, visticamāk būvatļaujas saņemšanai ir jāriko projekta sabiedriskā apspriešana. Būves sabiedriskās jeb publiskās apspriešanas kārtība ir noteikta MK not. Nr.331 „Paredzētās būves publiskās apspriešanas kārtība” (Rīga, 22.05.2007).

Būvniecības procesa principiālā shēma dota 11.1.attēlā.

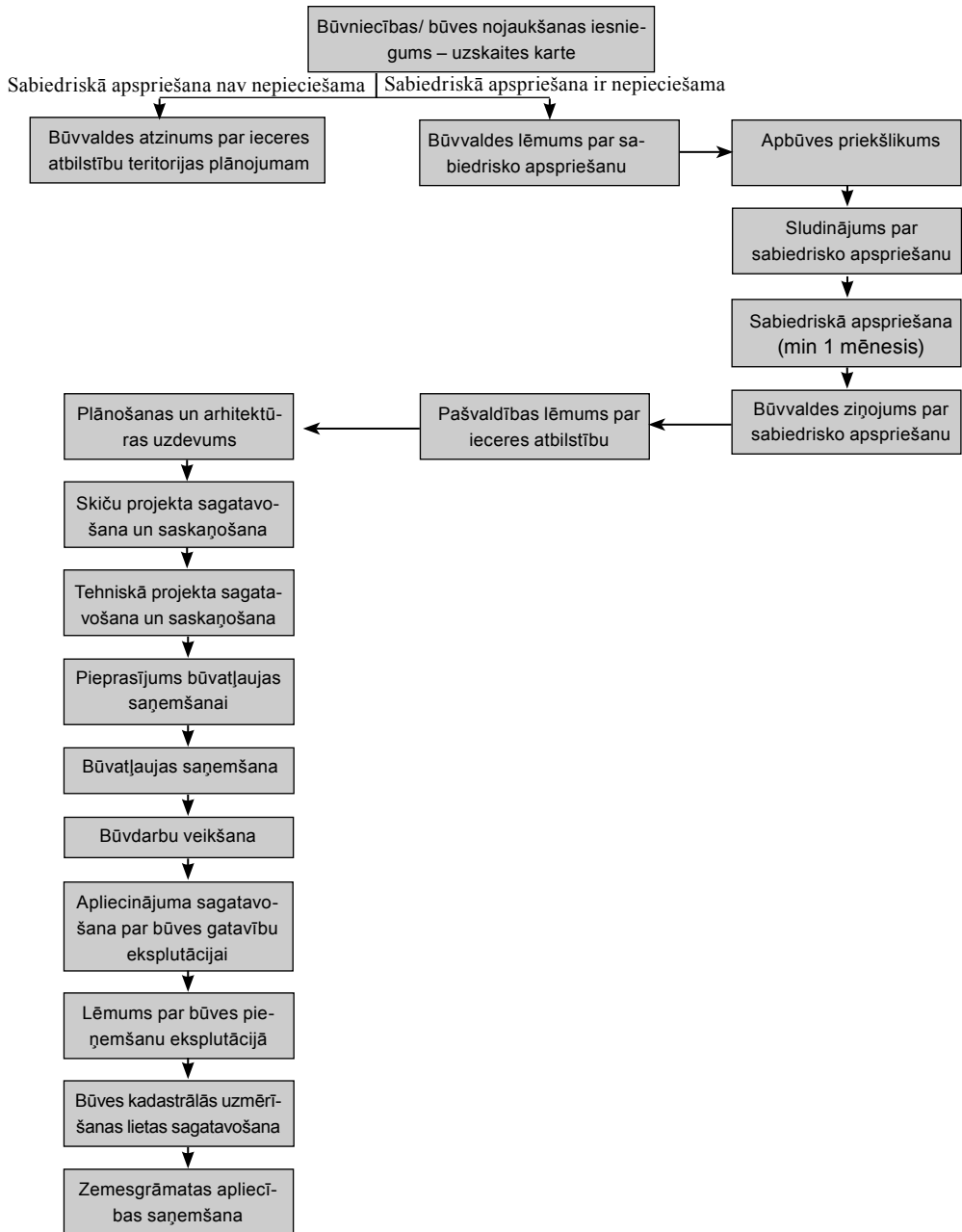
11.2.2. Elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošana un pārdošana

Lai varētu pārdot biogāzes stacijā saražoto elektroenerģiju un siltumu, ir jāveic virkne procedūru, gan saistībā ar atļauju saņemšanu enerģijas ražošanai un pārdošanai, gan praktiski – elektroenerģijas pieslēguma izveidei.

Lai iegūtu tiesības uzstādīt jaunu elektroenerģijas ražošanas jaudu, biogāzes stacijas īpašniekam ir jāsaņem atļauja jaunu elektroenerģijas ražošanas jaudu ieviešanai. Atļauju izsniedz LR Ekonomikas ministrija. Prasības, kas jāizpilda, lai elektroenerģijas ražotājs saņemtu atļauju elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšanai vai jaunu ražošanas iekārtu ieviešanai, kā arī atļaujas izsniegšanas, anulēšanas un derīguma termiņa pagarināšanas kārtību nosaka MK noteikumi Nr.695 „Noteikumi par atļaujām elektroenerģijas ražošanas jaudu palielināšanai vai jaunu ražošanas iekārtu ieviešanai” (Rīga, 29.08.2006).

Ja biogāzes stacijā saražoto elektroenerģiju un siltumu plānots pārdot patērētājiem, stacijas īpašniekam ir pienākums saņemt licenci. Valsts regulējamās nozarēs sabiedrisko pakalpojumu sniegšanu licencē Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisija, bet pašvaldību regulējamās nozarēs — attiecīgais pašvaldības regulators. Licences saņemšanas procedūru un iesniedzamos dokumentus nosaka MK noteikumi Nr.664 „Sabiedrisko pakalpojumu licencēšanas noteikumi” (Rīga, 30.08.2005).

Lai praktiski realizētu elektroenerģijas pārdošanu, ir jāizveido pieslēgums kopējam elektroenerģijas tīklam. Elektroenerģijas sistēmas pieslēguma noteikumi elektroenerģijas ražotājiem ir izdoti saskaņā ar Elektroenerģijas tirgus likuma 8.panta otro daļu un apstiprināti ar Sabiedrisko pakalpojumu regulēšanas komisijas padomes lēmumu Nr.264 (20.08.2008).



11.1.att. Būvniecības procesa principiālā shēma

No biogāzes ražoto elektroenerģijas pārdošanu saskaņā ar Latvijā spēkā esošo likumdošanu ir iespējams realizēt divos veidos:

- Valsts obligātā iepirkuma ietvaros, saskaņā ar MK not. Nr.921 „Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu koģenerācijā” (Rīga, 06.11.2006);
- Par īpašo iepirkuma tarifu kā elektroenerģiju, kas ražota izmantojot atjaunojamus energoresursus – saskaņā ar MK not. Nr. 503 „Noteikumi par elektroenerģijas ražošanu no atjaunojamiem energoresursiem” (Rīga, 24.07.2007).

Pieteikuma procedūras apraksts un prasības, kas tiek izvirzītas biogāzes koģenerācijas stacijas operatoram ir noteiktas augstāk minētajos Ministru kabineta noteikumos.

11.2.3. Vides aizsardzības prasības

Projektējot jaunu biogāzes staciju, ir jāveic sākotnējais ietekmes uz vidi novērtējums (IVN). To nosaka likuma „Par ietekmes uz vidi novērtējuma” 2.pielikums „Darbības, kurām nepieciešams sākotnējais izvērtējums”. Lai veiktu sākotnējo ietekmes uz vidi izvērtējumu, biogāzes stacijas īpašnieks iesniedz attiecīgajā Valsts Vides dienesta reģionālajā pārvaldē iesniegumu, kas veic tālākas darbības saskaņā ar likumā „Par ietekmes uz vidi novērtējuma” noteikto procedūru.

Lai nodrošinātu vides aizsardzības prasību ievērošanu biogāzes stacijas būvniecības projektā, reģionālā vides pārvalde izdod tehniskos noteikumus. Noteikumu izdošanu reglamentē MK not. Nr.91 „Kārtība kādā reģionālā vides pārvalde izdod tehniskos noteikumus paredzētajai darbībai, kurai nav nepieciešams ietekmes uz vidi novērtējums” (Rīga, 17.02.2004).

Pirms jaunās biogāzes stacijas darbības uzsākšanas, operatoram ir jāsaņem A vai B kategorijas piesārņojošās darbības atļauja. Atļaujas saņemšanas kārtību nosaka MK not. Nr.294 „Kārtība, kādā piesakāmas A, B un C kategorijas piesārņojošās darbības un izsniedzamas atļaujas A un B kategorijas piesārņojošo darbību veikšanai” (Rīga, 09.07.2002).

Ja ir plānots veikt biogāzes ražošanai nepieciešamo izejvielu (atkritumu) pārvadāšanu, ir jāsaņem atkritumu apsaimniekošanas atļauja. Šī atļauja ir jāsaņem tikai tādā gadījumā, ja atkritumu savākšanas, pārkraušanas, šķirošanas vai uzglabāšanas nosacījumi nav iepriekš iekļauti A vai B kategorijas piesārņojošās darbības atļaujā. Atkritumu apsaimniekošanas atļaujas saņemšanas procedūra noteikta MK not. Nr.613 „Atkritumu apsaimniekošanas atļauju izsniegšanas, pagarināšanas, pārskatīšanas un anulēšanas kārtība” (Rīga, 29.07.2008).

11.3. Biogāzes izmantošana Latvijā

Biogāzes izmantošanu Latvijā pēdējo desmit gadu laikā var uzskatīt par aizsākuma periodu. Tiek meklēti dažādi risinājumi biogāzes izmantošanai, lai izpildītu Eiropas Savienības prasības un vienlaicīgi tās ekonomiski un ekoloģiski pamatotu.

Tādēļ svarīgi ir saprast, kādi risinājumi ir iespējami ne tikai īstermiņā, bet arī ilgtermiņā. Iespējamos risinājumus var klasificēt, vadoties no biogāzes avota:

1. alternatīva. Atkritumu poligoni
2. alternatīva. Notekūdeņu attīrīšanas saimniecības
3. alternatīva. Pārtikas uzņēmumu atkritumu pārstrāde
4. alternatīva. Cūku un liellopu fermas

5. alternatīva. Biomasas kultūraugi un zemkopības pārpalikumi
6. alternatīva. Kombinēti biogāzes avoti

Tomēr daudz svarīgāk ir saprast, kādam mērķim tiek ražota biogāze, kāds būs gala produkts, un kur to varēs tālāk izmantot. Tādēļ cita biogāzes ražotņu klasifikācija Latvijas apstākļiem ir iespējama pēc to izmantošanas iespējām:

- A. scenārijs. Siltumenerģijas ražošana
- B. scenārijs. Elektroenerģijas ražošana
- C. scenārijs. Elektroenerģijas un siltuma ražošana
- D. scenārijs. Biogāzes ievadīšana dabasgāzes cauruļvadu sistēmā
- E. scenārijs. Biogāzes izmantošana transportā
- F. scenārijs. Biodeņģraža ražošana

Galvenais jautājums ir kādi mērķi tiks uzstādīti biogāzes izmantošanai.

- Vai iesim attīstības valstu ceļu un uzstādīsim aprobētas iekārtas ar ne pārāk augstu efektivitāti. Piemēram, 4B un 5B varianti paredz nelielos apjomos saražotu biogāzi, kuru izmanto viena veida enerģijas iegūšanai ar zemu efektivitāti (elektroenerģijas ražošanas efektivitāte elektrostacijā nepārsniedz 35%). Šis variants ir vienkāršāks un lētāks, bet grūti ekonomiski pamatojams un svarīgi ir arī atzīmēt, ka rezultāts nav uzskatāms par ilgtspējīgu.
- Vai arī realizēsīm ilgtermiņa tehnoloģiskos risinājumus, mēģinot ielekt inovatīvo tehnoloģiju izmantotāju vidū. Piemēram, 6C variants paredz vairāku biomasas resursu no dažādām fermām un laukiem piegādi centralizētai biogāzes ražošanai, kura tālāk tiek izmantota koģenerācijas stacijā vienlaicīgai elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai. Cits perspektīvs ražošanas un izmantošanas veids (1D un 6D varianti) ir biogāzes ražošana lielos apmēros un attīrīšana pirms ievadīšanas dabasgāzes cauruļvados. Šie varianti dod iespēju īstenot modernas idejas, izmantojot Dānijas, Vācijas un Zviedrijas valstu pieredzi.

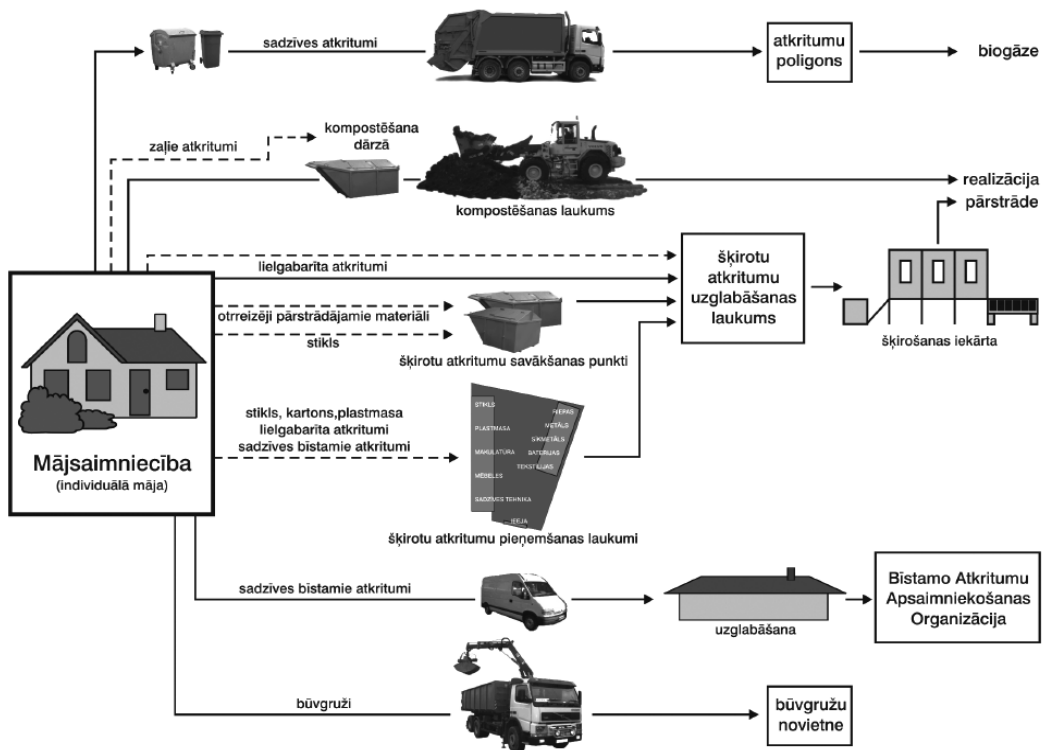
Pirmie pētījumi par biogāzes ražošanas iespējām Latvijā tika veikti pagājušā gadsimta 80.gados, kad Latvija vēl bija Padomju Savienības sastāvā. 2008.gada sākumā Latvijā darbojās trīs biogāzes koģenerācijas iekārtas. To kopējā uzstādītā elektroenerģijas ražošanas jauda ir 7.5 MW_e.

11.3.1. Atkritumu apsaimniekošana Latvijā

Atkritumu apsaimniekošanas likumdošana nosaka, ka īpašnieki ir atbildīgi par atkritumu apsaimniekošanas organizēšanu savā īpašumā. Parasti īpašnieki noslēdz līgumu par atkritumu izvešanu tieši ar apsaimniekošanas uzņēmumu. Tomēr ir arī dažas pašvaldības, kas ir uzņēmušās atbildību par atkritumu apsaimniekošanu savā teritorijā. Šādā gadījumā īpašnieki atkritumu izvešanā sadarbojas tieši ar pašvaldību. Atkritumu apsaimniekošanas līgumi parasti ietver sekojošu informāciju:

- atkritumu savākšanas laika grafiku;
- izmantoto atkritumu tvertņu un savākšanas iekārtu aprakstu;
- atkritumu savākšanu un transportēšanu uz attiecīgo pārstrādes vai noglabāšanas vietu.

Parastā mājāsaimniecības atkritumu savākšanas un utilizācijas sistēma ir redzama 11.2.attēlā (Latvijas Zaļais punkts (www.zalais.lv)).



11.2.att. Mājsaimniecības atkritumu savākšanas un utilizācijas sistēmas shēma Latvijā

Pilsētās tiek organizēta vienota atkritumu savākšanas sistēma, kurā atkritumu radītāji slēdz līgumu ar atkritumu savākšanas organizācijām un vispārīgā gadījumā pašvaldība šo procesu koordinē un pārrauga. Parasti atkritumu savākšanai izmanto speciālas atkritumu tvertnes, tomēr vēsturiskajā Rīgas centrā un dažās citās vietās, kur nav iespējams novietot tvertnes, atkritumi tiek savākti tieši no iedzīvotājiem, kas gaida uz ielas pēc noteikta grafika garām braucošo atkritumu savākšanas mašīnu. Šāda veida savākšanas sistēma ir ļoti neērta un šī situācija ierobežo tālāku atkritumu apsaimniekošanas un šķirošanas sistēmas attīstību.

Lauku reģionos katrai mājsaimniecībai ir atsevišķa atkritumu savākšanas tvertne un savākšana tiek veikta balstoties uz noslēgto līgumu starp mājas īpašnieku un atkritumu savākšanas uzņēmumu. Atkritumu izvešanas biežums svārstās starp reizi nedēļā līdz divām reizēm mēnesī. Atkritumu savākšanas biežumu ietekmē dažādi faktori:

- starp konkrēto pašvaldību un atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumu noslēgtā līguma nosacījumi;
- starp konkrēto ēkās īpašnieku un atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumu noslēgtā līguma nosacījumi;
- izmantoto atkritumu tvertņu tilpums.

Atkritumu savākšana no uzņēmumiem tiek veikta trīs dažādos veidos:

- Uzņēmumiem, kuru biroju telpas atrodas vai ir reģistrētas dzīvojamās ēkās nav atsevišķu atkritumu savākšanas līgumu un to atkritumi nonāk ēkas kopējās sadzīves atkritumu savākšanas tvertnēs;
- Liela daļa uzņēmumu līgumu par atkritumu savākšanas un izvešanas pakalpojumiem slēdz tieši ar atkritumu apsaimniekošanas organizāciju;

- Ierobežota daļa uzņēmumu atkritumu savākšanu veic paši. Ir grūti noteikt precīzu pašu savākto atkritumu daudzumu, jo starp šiem uzņēmumiem ir plaši izplatīta savstarpējas sadarbības prakse.

Latvijā mājsaimniecības rada vairāk kā pusi (aptuveni 54%) no kopējā sadzīves atkritumu daudzuma (Vides Ministrija (www.vidm.gov.lv)). Atlikušo daudzumu veido uzņēmumu un organizāciju atkritumi. Saskaņā ar Valsts aģentūras “Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra” informāciju pārskatā par atkritumiem 2006.gadā, kopējais Latvijā radītais sadzīves atkritumu daudzums 2006.gadā bija vairāk kā 900 000 tonnas. Aptuveni 40% visu sadzīves atkritumu tika nogādāti Rīgas reģionālajā atkritumu poligonā “Getliņi”.

Pārskats par šķirotajiem bioloģiski noārdāmiem atkritumiem ir dots 11.3.tabulā (LVĢMA, Pārskats par bioloģiski noārdāmiem atkritumiem un materiāliem 2006.gadā).

11.3.tabula

Latvijā savākto bioloģiski noārdāmo un sadzīves atkritumu daudzums 2006.gadā

Atkritumu veids	Savāktais atkritumu daudzums, t
Papīrs un kartons	14601
Bioloģiskie virtuves atkritumi	50
Pārtikas eļļa un tauki	240
Atkritumi no tirgus laukumiem	546
Citi bioloģiskie atkritumi	17608
Kopā	33045
Nešķiroti sadzīves atkritumi	884691

Informācija par nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu tika iegūta no pētījuma, kas tika veikts 2004.gadā. Šī pētījuma rezultāti rāda, ka organiskā materiāla saturs nešķirotos sadzīves atkritumos Latvijā ir aptuveni 57%.

Šobrīd Latvijā neeksistē atsevišķa virtuves organisko atkritumu savākšanas sistēma. Pamatā virtuves atkritumi nonāk nešķirotos sadzīves atkritumos. Tikai atsevišķos gadījumos organiskie virtuves atkritumi tiek savākti atsevišķi. Restorāni un viesnīcas par atkritumu izvešanu maksā saskaņā ar vispārpieņemto atkritumu apsaimniekošanas praksi, kas tiek noteikta atkritumu apsaimniekošanas līgumos.

Tikai dažiem lielveikaliem ir noslēgti līgumi ar kādu no pārtikas produktu atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumiem. Termiski apstrādātie pārtikas atlikumi un atkritumi saskaņā ar līgumu tiek nogādāti atkritumu poligonā vai ļoti nelielos atsevišķos gadījumos atkritumi no lielveikaliem tiek izbaroti kažokzvēriem (nereproduktīviem dzīvniekiem). Ārkārtas gadījumos (piemēram, vētras vai ilglaicīgi elektroenerģijas piegādes pārtraukumi) visa pārtikas produkcija tiek nogādāta specializētā pārstrādes uzņēmumā iznīcināšanai.

Pārtikas produkcijas, kurai beidzies derīguma termiņš, lietošanu nosaka EK Regula 1774/2002. Saskaņā ar regulas nosacījumiem termiski apstrādātu pārtiku ir atļauts apglabāt atkritumu poligonā, izbarot to kažokzvēriem vai iznīcināt specializētās atkritumu pārstrādes iekārtās. Termiski neapstrādātu pārtiku, kurai ir beidzies derīguma termiņš atļauts izbarot nereproduktīviem dzīvniekiem vai iznīcināt specializētās atkritumu pārstrādes iekārtās. Termiski neapstrādātas pārtikas nogādāšanas atkritumu poligonā ir aizliegta.

Pārtikas atkritumu izbarošana nav atļauta produktīvajiem dzīvniekiem (piem., cūkām). Piena produktus, kuriem beidzies derīguma termiņš, ja tie atbilst mikrobioloģiskajiem standartiem, drīkst izmantot tikai tādu dzīvnieku barošanai, kas nav paredzēti nobarošanai vai pārtikas ražošanai.

11.3.2. Atkritumu poligoni Latvijā

Šobrīd galvenais biogāzes avots mūsu valstī ir sadzīves atkritumu poligoni. 2008.gadā biogāzi ražoja divos sadzīves atkritumu poligonos - „Getliņos” Rīgas rajonā un „Ķīvītēs” Liepājas rajonā. Abu Latvijas lielo pilsētu nešķirotu sadzīves atkritumu poligonu biogāzes ražošanas un izmantošanas raksturojumi doti 11.4.tabulā.

11.4.tabula

Divu nešķirotu sadzīves atkritumu poligonu raksturojumi

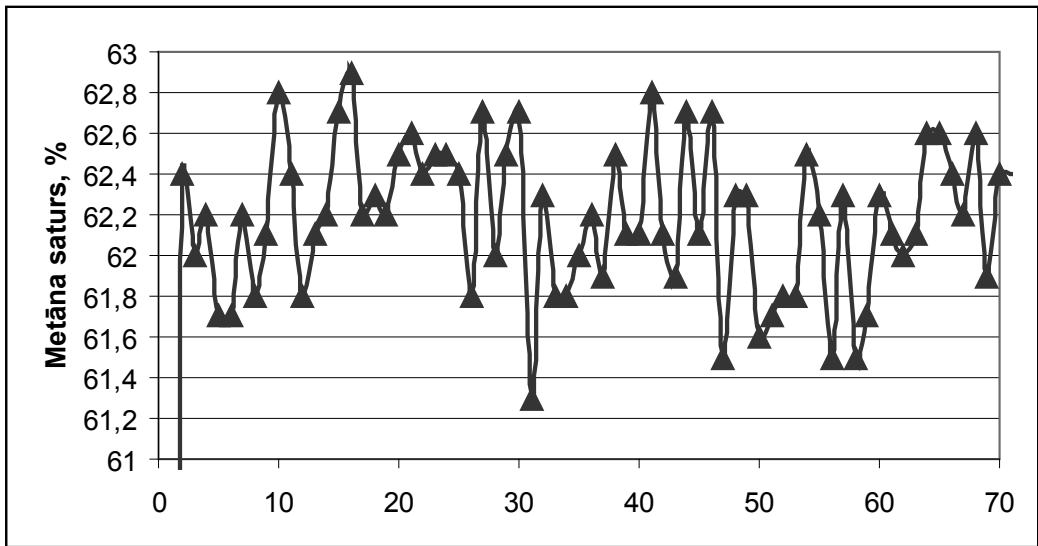
Nosaukums	Īpašnieks	Atrašanās vieta	Darbības uzsākšanas gads	Izejvielu apjoms, t/diennaktī	Biogāzes ieguve, m ³ /diennaktī	Koģenerācijas jauda, MW _e
Poligons “Getliņi”	SIA “Getliņi Eko”	Rīgas rajons	2002	~1370	~ 50 000	5,24
Poligons “Ķīvītes”	SIA “Liepājas RAS”	Liepājas rajons	2003/ 2004	~ 80	~ 8 800	0,45

Šobrīd biogāze tiek izmantota koģenerācijas stacijās vienlaicīgi elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai. Kaut arī šādas iekārtas ir uzstādītas, tām ir neiespējami strādāt pilnā koģenerācijas režīmā, jo trūkst siltumenerģijas patērētāju. Tādēļ var teikt, ka atkritumu poligonos strādā termoelektrostacijas, kuru gada vidējais lietderības koeficients ir 40 ... 60%. Tas nozīmē, ka liela daļa biogāzes enerģijas netiek izmantota lietderīgi.

Abu atkritumu poligonu koģenerācijas staciju darbināšanas pieredze rāda, ka uzstādītā ģeneratoru jauda pilnībā netiek izmantota. Kā galvenais iemesls tiek minēts nepietiekamais gāzes daudzums, kas tiek iegūts no esošā sadzīves atkritumu sastāva.

Šādus biogāzes koģenerācijas projektus nedrīkst uzskatīt par ilgtspējīgiem. Biogāzes ražošanu poligonos ir jāuzskata par videi un klimatam draudzīgu, ja lietderīgi tiek izmantotas teritorijas un atmosfērā nenonāk siltumnīcefekta gāze – metāns. Ļoti svarīgi ir izvēlēties atbilstošu biogāzes izmantošanas shēmu un izskatīt jautājumus par tajā esošā metāna lietderīgu izmantošanu. Latvijai vieni no perspektīvākajiem risinājumiem varētu būt poligonu biogāzes novadīšana uz pilsētu centralizētās siltumapgādes sistēmas energoavotu vai biogāzes metāna ievadīšanu dabasgāzes tīklos.

2009.gada maijā biogāzes koģenerācijas staciju plānots uzstādīt sadzīves atkritumu poligonā “Daibe” Cēsu rajonā. Biogāzes veidošanās apjomu un metāna koncentrāciju biogāzē ir atkarīga no dažādiem faktoriem, kas ir saistīti gan ar atkritumu sastāvu, temperatūru anaerobās fermentācijas procesā, ar kolektoru sistēmas konstruktīvajiem parametriem un citiem faktoriem, kuri ir aplūkoti rokasgrāmatas iepriekšējās nodaļās. Metāna koncentrācijas izmaiņas biogāzē Daibes poligonā trīs diennakšu laikā ilustrētas 11.3.attēlā. Mērījumi veikti 2008.gada jūlijā ar laika intervālu viena stunda (Ģ.Kuplais, D.Blumberga, I.Veidenbergs. Biogāzes izmantošanas izpēte/ RTU rakstu krājums2009 (iesniegts publicēšanai)).



11.3.att. Metāna koncentrācijas izmaiņas biogāzē

Detalizētāka informācija par biogāzes izmantošanas projektu dota 11.5.tabulā.

11.5.tabula

Sadzīves atkritumu poligona “Daibe” biogāzes projekta raksturojums

Izmantojamā izejviela	Nešķiroti sadzīves atkritumi
Plānotais gāzes ieguves apjoms	1.2 miljoni m ³ /gadā
Atkritumu gāzes izmantošana	Koģenerācijas iekārta
Elektriskā jauda	170 kW _{el}
Projekta statuss 2008.g. jūnijā	Iekārtas palaišana plānota 2009.gada maijā
Nākotnes plāni	Nākotnē ir iespējams uzstādīt vēl divus tādas pašas jaudas dzinējus. Biogāzi varētu izmantot arī kā transporta degvielu uzņēmuma automašīnās.

Eiropas Savienība ar direktīvas palīdzību ir noteikusi, ka atkritumi ir jāšķiro un jādedzina viss, ko var sadedzināt un neveido bīstamas un kaitīgas emisijas dūmgāzēs un pēc tam gaisā. Tādēļ Latvijā arvien vairāk uzmanības tiek pievērsts atkritumu šķirošanas un dedzināšanas tehnoloģijām.

Saskaņā ar Latvijas atkritumu apsaimniekošanas plānu 2006.-2012.gadam, Latvijā plānots izveidot 10 līdz 12 reģionālos atkritumu poligonus un slēgt un rekultivēt esošās prasībām neatbilstošās atkritumu izgāztuves. Procesu plānots veikt sekojošos soļos:

- Līdz 2009.gadam – reģionālo atkritumu poligonu izbūve saskaņā ar Direktīvas 1993/31/EK prasībām;
- Līdz 2009.gadam – esošo atkritumu izgāztuvju slēgšana un to pilnīga rekultivēšana līdz 2012.gadam;
- Atkritumu savākšanas, šķirošanas un pārstrādes iekārtu uzstādīšana jaunajos poligonos.

Latvija ir sadalīta 11 atkritumu apsaimniekošanas reģionos. Katram reģionam ir jāizstrādā atsevišķs atkritumu apsaimniekošanas plāns, kurš jāapstiprina Ministru Kabinētā.

Neskatoties uz jauno poligonu veidošanu, Latvijā organiskā frakcija pagaidām netiek atšķirotā no kopējās atkritumu plūsmas. Teorētiski visi reģionālie atkritumu poligoni ir potenciālie biogāzes ražotāji, ja gāze tiktu iegūta no atšķirotiem organiskiem atkritumiem. Pārskats par reģionālajiem atkritumu poligoniem ir dots 11.6.tabulā.

11.6.tabula

Reģionālie atkritumu poligoni Latvijā

Atkritumu poligons	Atrašanās vieta	Projekta statuss
Atkritumu poligons "Getliņi"	Rīgas rajons	darbojas
Atkritumu poligons "Ķīviķes"	Liepājas rajons	darbojas
Atkritumu poligons "Daibe"	Cēsu rajons	darbojas
Atkritumu poligons "Pentuli"	Ventspils rajons	darbojas
Atkritumu poligons "Auziņas"	Dobeles rajons	darbojas
Atkritumu poligons "Kaudzītes"	Gulbenes rajons	pabeigšanas stadijā
D Latgales reģionālais atkritumu poligons	Daugavpils rajons	būvniecības stadijā
A Latgales reģionālais atkritumu poligons	Rēzeknes rajons	būvniecības stadijā
Piejūras reģiona atkritumu poligons "Janvāri"	Talsu rajons	projekta stadijā
Vidusdaugavas reģiona atkritumu poligons	Jēkabpils rajons	projekta stadijā

11.3.3. Notekūdeņu attīrīšanas saimniecības

A/S "Rīgas ūdens" īpašumā Rīgā Daugavgrīvā pilsētas notekūdeņu attīrīšanas stacijā esošā biogāzes koģenerācijas iekārta kā izejvielu izmanto notekūdeņu attīrīšanas dūņas. Biogāzes ražošanas un izmantošanas raksturojums ilustrēts 11.7.tabulā.

11.7.tabula

Biogāzes ražošanas un izmantošanas raksturojums

Nosaukums	Darbības uzsākšanas gads	Izejvielas		Biogāzes ieguve, m ³ /diennaktī	Biogāzes izmantošana		Substrāta izmantošana
		Tips	Apjoms, t/diennaktī		Tips	Jauda, MW _e	
Notekūdeņu attīrīšanas iekārtas "Daugavgrīva"	2004	Notekūdeņu attīrīšanas dūņas	~70 (SM=25%)	~ 11 000	Koģenerācija	2.096	Mēslojums

11.3.4. Pārtikas rūpniecības atkritumu pārstrāde

Lai raksturotu pārtikas rūpniecības stāvokli Latvijā, 11.8.tabulā dots uzņēmumu un vidējais nodarbināto skaits katrā pārtikas ražošanas nozarē 2008.gadā (Latvijas Centrālā statistikas pārvalde (www.csb.gov.lv)).

Latvijas pārtikas rūpniecības profils

Pārtikas ražošanas nozare	Uzņēmumu skaits	Vidējais nodarbināto skaits
Gaļas ražošana un pārstrāde	123	6154
Zivju ražošana un pārstrāde	112	7509
Augļu un dārzeņu pārstrāde	32	842
Augu un dzīvnieku izcelsmes eļļu un tauku ražošana	6	200
Piena produktu ražošana	52	4242
Miltu un cietes ražošana	25	728
Dzīvnieku barības ražošana	12	490
Maizes ražošana	253	8161
Konditorejas izstrādājumu ražošana	19	781
Spirta ražošana	9	1014
Alus ražošana	19	1629
Minerālūdens un bezalkoholisko dzērienu ražošana	23	1104
Citu pārtikas produktu ražošana	20	1262

Pārtikas ražošanas rezultātā pieejamo organisko atkritumu daudzums 2006.gadā ir dots 11.9.tabulā (Pārskats par bioloģiskajiem atkritumiem un materiāliem 2006.gadā).

Pārtikas ražošanas organiskie atkritumi Latvijā 2006.gadā

Atkritumu veids	Atkritumu daudzums, t
Dzīvnieku aužu atkritumi	18 256
Lauksaimniecības, dārzkopības, mežsaimniecības un zvejsaimniecības atkritumi	66
Gaļas, zivju un citu dzīvnieku izcelsmes pārtikas produktu ražošanas un apstrādes atkritumi	11 792
Mazgāšanas, tīrīšanas, mizošanas un atdalīšanas atkritumi	1 916
Patēriņam un pārstrādei neizmantojamie materiāli	115
Augļu, dārzeņu, graudaugu, pārtikas eļļu ražošanas un apstrādes atkritumi	1 713
Piena produktu ražošanas atlikumi	42 586
Maizes ceptuvju atlikumi	28
Spirta ražošanas atlikumi	3 078
<i>Kopā</i>	<i>79 550</i>

Šobrīd katrs pārtikas ražošanas uzņēmums ir atbildīgs par ražošanas atlikumu apsaimniekošanu. Vairāk kā puse no pieejamā organisko pārtikas rūpniecības atkritumu daudzuma (skat. 11.7.tabulu) rodas piena produktu ražošanā.

- Suliņas un sūkulas galvenokārt izmanto liellopu un cūku barošanai. Pārpalikums tiek sajaukts ar kūtsmēsliem un izmantots kā mēslojums.
- Dzīvnieku aužu atlikumi un citi gaļas un zivju ražošanas atkritumi tiek nodoti sertificētām atkritumu apsaimniekošanas kompānijām tālākai to pārstrādei.

- Atkritumi no augļu un dārzeņu apstrādes, balstoties uz noslēgtiem līgumiem, tiek pārdoti zemnieku saimniecībām lopu barošanai.
- Atkritumu pārtikas eļļas tiek izmantotas dzīvnieku barības ražošanai.
- Atkritumi no alus ražošanas un spirta ražošanas tiek izmantoti dzīvnieku barošanai vai kā mēslojums. Balstoties uz katra atsevišķa līguma nosacījumiem, šie atkritumi tiek pārdoti vai arī atdoti bez maksas.

Tāpēc šobrīd vērojama pārtikas rūpniecības biomasas trūkums biogāzes ražošanai Latvijā. Pārtikas ražošanas atkritumu apsaimniekošanas shēmas reorganizācija var veidot noteiktu daļu biomasas biogāzes ražošanai. Piemēram, Kalsnavas spirta rūpnīcas īpašnieks SIA “Lako” gatavojas uzstādīt biogāzes koģenerācijas staciju, kura izmantotu atkritumus no spirta ražošanas. Detalizētāka informācija par biogāzes izmantošanas projektu dota 11.10.tabulā.

11.10.tabula

Kalsnavas spirta rūpnīcas biogāzes projekta raksturojums

Izmantojamā izejviela	Spirta rūpniecības atlikumi
Biogāzes izmantošana	Koģenerācijas iekārta
Elektriskā jauda	4-4.5 MW _{el}
Projekta statuss 2008.g. jūnijā	Tehniskais projekts – sagatavošanā Atļauju saņemšanas procedūra – sagatavošanā Partneru meklēšana būvniecības darbiem

11.3.5. Cūku un liellopu fermas

Cūku un liellopu fermu mēsļu krātuves ir lielisks biogāzes avots. Tomēr ir ļoti svarīgi saprast, kas tiks ražots no biogāzes, kura ir iegūta no lopu mēsliem un vircas, un kādos apjomos tā tiks iegūta.

Biogāzes enerģijas izmantotājs var būt gan koģenerācijas stacija, gan elektrostacija, gan biogāzes bagātināšanas gadījumā transports. Gadījumā, ja siltumenerģijas patērētāja nav, nepieciešams aplūkot variantu par tāda izveidi stacijas tuvumā vai arī meklēt risinājumu biogāzes kvalitātes paaugstināšanai. Elektrostacijas uzstādīšana ir ekoloģiski un ekonomiski grūti pamatojama, jo tādā gadījumā vairāk nekā puse no izmantojamās biogāzes enerģijas netiek izmantota.

1983.gadā tika uzbūvēta pirmā eksperimentālā biogāzes ražošanas iekārta ar diviem bioreaktoriem cūkkopības kompleksā “Ogre”. Iegūtā biogāze tika izmantota apkures vajadzībām un cūku barības sagatavošanai. Šī biogāzes iekārta darbojās vairākus gadus. Kā izejvielas izmantoja cūku mēslus. Iekārta darbojās termofilos apstākļos (54°C temperatūrā) un izejvielām bija īss uzglabāšanas laiks (aptuveni 5 dienas).

Lauksaimniecības biogāzes izejvielu tirgus šobrīd Latvijā ir piesātināts, tomēr vienlaicīgi ierobežots. Kūtsmēslus īpašnieki vairumā gadījumu ar papildus izmaksām un bez iepriekšējas pārstrādes izved uz laukiem. Vienlaikus daudziem pastāv problēmas – attiecīgu krātuvju trūkums, lai kūtsmēslus uzglabātu likumdošanā noteiktajā kārtībā. Sliktākajā gadījumā – nav pietiekamas zemes platības mēsļu izvešanai. Tiek maksāts dabas resursu nodoklis par emisijām. Potenciālie kūtsmēsļu piegādātāji biogāzes ražotnēm varētu būt lielie lauksaimniecības uzņēmumi, kam nepieciešamas A kategorijas atļaujas piesārņojošās darbības veikšanai. Biogāzes tehnoloģija šiem uzņēmumiem viennozīmīgi dod iespēju samazināt noteču riskus, emisijas

atmosfērā, kā arī smaku izplatīšanos. Kūstmēslu pieejamības ierobežotību nosaka faktors, ka lauksaimnieki vienlaicīgi apzinās mēslojuma vērtību, kas īpaši pieaug strauji augošo minerāl-mēslojuma cenu ietekmes rezultātā. Tādējādi šie uzņēmumi nav ieinteresēti nodot kūstmēslus pārstrādei citam uzņēmumam bez maksas.

Pārskats par liellopu un cūku fermu lielumiem (lopu skaitu) un fermu skaitu Latvijā ir dots 11.11.tabulā.

11.11.tabula

Fermu struktūra Latvijā 2007.gadā (Centrālā statistikas pārvalde (www.csg.gov.lv))

Fermas izmērs, liellopu skaits	Liellopu fermu skaits	Fermas izmērs, cūku skaits	Cūku fermu skaits
1	12 311	1	6 155
2	9 775	2	10 470
3-5	10 702	3-4	4 496
6-9	3 868	5-9	1 595
10-19	3 952	10-19	959
20-29	1 435	20-49	591
30-49	1 318	50-99	225
50-99	808	100-199	116
100-199	307	200-399	57
200-299	75	400-999	28
300-499	45	1000-1999	11
>= 500	48	2000-4999	11
-	-	>= 5000	22

2007.gadā Latvijā bija tikai 34 zirgu fermas, kurās ir vairāk kā 20 dzīvnieku. Tādējādi zirgu mēsli netiek uzskatīti kā vērā ņemami izejvielu biogāzes ražošanai.

Lauksaimniecības produkcijas un pārtikas pārstrādes ražošanas atkritumi tikai neliela daļa tiek savākti šķiroti no kopējās atkritumu masas un nogādāti kādai pārstrādei. Tādējādi, arī šie materiāli, kas ir piemēroti biogāzes ražošanai un kuri saskaņā ar atkritumu likumdošanu tuvāko gadu laikā poligonos būs noglabājami ierobežotā apjomā būs pieejami biogāzes ražošanai. Tirgus situācija Latvijā šobrīd ir dažāda – atkarībā no vienošanās un individuālajiem apstākļiem, materiālu piegādātāji vai nu saņem samaksu, vai maksā paši par materiālu pārstrādi. Būtisks apstāklis šī izejmateriāla tirgus attīstībai ir atšķirošanas un loģistikas sistēmas izveidošana.

Iepriekš veikti pētījumi par potenciālajām biogāzes stacijām Latvijā rāda, ka gandrīz visas lielās cūku un putnu fermas Latvijā ir potenciāli biogāzes ražotāji. Lielo fermu saraksts ar atrašanās vietām ir dots 11.12.tabulā.

11.12.tabula

Potenciālās biogāzes ražošanas fermas Latvijā

Ferma	Atrašanās vieta	Fermas tips
SIA "Vistako"	Alūksnes rajons	Putnu ferma
SIA "Uzvara – Strauti"	Bauskas rajons	Cūku ferma
A/S "Balticovo"	Bauskas rajons	Putnu ferma

Ferma	Atrašanās vieta	Fermas tips
SIA "Lielzeltiņi"	Bauskas rajons	Putnu ferma
SIA "Gaižēni", ferma „Smurģi“	Cēsu rajons	Cūku ferma
A/S "Latgales bekons"	Daugavpils rajons	Cūku ferma
SIA "Daugavpils putni"	Daugavpils rajons	Putnu ferma
SIA "Baltic Agro Contractor", ferma „Avoti“	Dobeles rajons	Cūku ferma
SIA "LatviDanAgro", ferma "Ošlejas"	Dobeles rajons	Cūku ferma
SIA "PF Vecauce"	Dobeles rajons	Cūku ferma
SIA "Rīgas kombinētās lopbarības rūpnīca", ferma "Kroņauce"	Jelgavas rajons	Cūku ferma
SIA "Sēļi", ferma "Stiebriņi"	Jēkabpils rajons	Cūku ferma
A/S "Jēkabpils labība", ferma "Miķelāni"	Jēkabpils rajons	Cūku ferma
A/S "Šķaunes bekons"	Krāslavas rajons	Cūku ferma
SIA "Korkalns"	Kuldīgas rajons	Cūku ferma
SIA "Nīcas rukši"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "Vaiņodes Bekons"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "Ozolāji cūkaudzētava"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "GDG Holding"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "Nygaard International", ferma "Apriķi Bacon"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "Nīca – 1"	Liepājas rajons	Cūku ferma
SIA "Nīckrasti"	Liepājas rajons	Putnu ferma
SIA "Cirmas Bekons"	Ludzas rajons	Cūku ferma
A/S "Madona"	Madonas rajons	Putnu ferma
SIA "Daugavieši"	Rēzeknes rajons	Cūku ferma
SIA "Kantinieku bekons"	Rēzeknes rajons	Cūku ferma
SIA "Ulbroka"	Rīgas rajons	Cūku ferma
SIA "Baltic Pork"	Rīgas rajons	Cūku ferma
A/S "Putnu fabrika Ķekava"	Rīgas rajons	Putnu ferma
SIA "Druvas Unguri", ferma "Krasti"	Saldus rajons	Cūku ferma
SIA "Druvas Unguri", ferma "Jaunstraumēni"	Saldus rajons	Cūku ferma
SIA "Druvas Unguri", ferma "Unguri"	Saldus rajons	Cūku ferma
SIA "Starteris", ferma „Brīvkalni“	Talsu rajons	Cūku ferma
SIA "Mārupes lauksaimniecības centrs"	Tukuma rajons	Putnu ferma
SIA "Sprīdītis", ferma "Kalna Eķītes"	Valkas rajons	Cūku ferma

Apjomi ir atkarīgi no lopu skaita, no fermu attīstības prognozēm, no piena vai gaļas tirgus attīstības un to slēgšanas riskiem.

1.piemērs

Kādai zemnieku saimniecībai ir 3 lieli ganāmpulki. Katrā ganāmpulkā pa 100 govīm. Šobrīd govīs ganās uz lauka un fermā pavada tikai laiku no vēla rudens līdz agram pavasarim. Lai izveidotu nepārtrauktu biogāzes ražošanu, nepieciešams govīs atstāt fermā visu gadu. Tam ir savi plusi un mīnusi.

Pozitīvie aspekti

Iespējams savākt kūtsmēslus un ražot biogāzi. Biogāzi izmantot elektroenerģijas ražošanai.

Ja kūtsmēsļu/vircas sausnas saturs ir 9-10%, potenciālā elektroenerģijas jauda tiek aprēķināta, sareizinot ikdienas kūtsmēsļu daudzumu ar $2,4 \text{ kW}_e \text{ dn/m}^3$ (skat. iepriekšējās nodaļas).

Zemnieku saimniecībai, kurai ir 300 piena govju, būs apmēram $15 \text{ m}^3/\text{diennaktī}$ govju vircas/kūtsmēsļu ar sausnas saturu 10%.

Koģenerācijas stacijas uzstādītās elektriskās jaudas aprēķins būs neliels:

$$15 \frac{\text{m}^3}{\text{dn}} \cdot 2,4 \frac{\text{kW}_e \text{ dn}}{\text{m}^3} = 36 \text{ kW}_e$$

Negatīvie aspekti

Saražotā biogāzes enerģija netiks izmantota ar augstu efektivitāti, jo fermas tuvumā nav siltumenerģijas patērētāja.

Govju turēšana kūtī visu cauru gadu prasīs papildus izdevumus barības piegādei vasaras laikā, kad govīs ganās pļavās.

Varētu pasliktināties arī piena un gaļas produkcijas kvalitāte, kas laika gaitā varētu tikt klasificēta kā modificēts produkts.

11.3.6. Biomases kultūraugi un zemkopības pārpalikumi

Saskaņā ar Latvijas Republikas Centrālās statistikas pārvaldes datiem, kukurūzas skābbarības ražība ir 182 – 239 centneri uz vienu hektāru, tas ir, 18,2 – 23,9 t/ha.

Kukurūzas skābbarība ir viena no plašāk izmantotajām biogāzes iegūšanas izejvielām tās biogāzes ražošanai atbilstošo īpašību dēļ. Metāna saturs biogāzē, kas iegūta no kukurūzas skābbarības, ir ap 52% un biogāzes iznākums ir 187-202 m^3 (skat. iepriekšējās nodaļas) no zaļās masas tonnas. Latvijā speciālisti dažreiz vērtē, ka šis skaitlis var sasniegt 250 m^3/t . No kukurūzas skābbarības iegūtās biogāzes zemākais sadegšanas siltums ir ap 21,5 MJ/ m^3 .

Inženiertehniskie aprēķini

Saražotās biogāzes daudzums no kultūraugiem ir aprēķināms ar šāda vienādojuma palīdzību

$$B_{\text{biogaze}} = B \cdot K, \quad \frac{\text{m}^3}{\text{gadā}}$$

kur

$B_{biogaze}$ biogāzes daudzums, $m^3/gadā$;
 B pieejamās izejvielas daudzums, $t/gadā$;
 K biogāzes iznākuma faktors, m^3/t .

Izmantojot datus par biogāzes daudzumu un tā zemāko sadegšanas siltuma vērtību (zemākais sadegšanas siltums biogāzei tiek pieņemts $5,97 \text{ MWh}/1000m^3$), iespējams aprēķināt ar biogāzi ievadīto enerģijas daudzumu:

$$Q_{iev} = \frac{B_{biogaze} \cdot Q_z^d}{1000}, \text{ MWh}/\text{gadā}$$

kur

Q_{iev} elektrostacijā ievadītais enerģijas daudzums, $MWh/gadā$;
 $B_{biogaze}$ elektrostacijā izmantotais biogāzes daudzums, $m^3/gadā$;
 Q_z^d kurināmā zemākais sadegšanas siltums, $MWh/1000m^3$.

Gada laikā potenciālo izstrādātās elektroenerģijas daudzumu spēkstacijā nosaka, izmantojot šādu formulu:

$$Q_{el} = Q_{iev} \cdot \eta, \text{ MWh}_{el}/\text{gadā}$$

kur

Q_{el} gada laikā izstrādātās elektroenerģijas daudzums spēkstacijā, $MWh_{el}/gadā$;
 η elektrostacijas stacijas elektriskais lietderības koeficients (Otto dzinējs – 33%).

Zinot potenciālo izstrādātās elektroenerģijas daudzumu un elektrostacijas darbības stundu skaitu gadā, iespējams noteikt potenciālo spēkstacijas elektrisko jaudu, ar nosacījumu, ka spēkstacija tiek darbināta ar pilnu jaudu:

$$N_{el} = \frac{Q_{el}}{\tau}, \text{ MW}$$

kur

N_{el} potenciālā spēkstacijas elektriskā jauda, MW ;
 τ spēkstacijas darbības stundu skaits gadā, h

Ekonomiskie aprēķini

Ekonomiskie aprēķini, kas tiek veikti biogāzes elektrostacijai, balstās uz šādu investīciju nepieciešamību:

- projekta izstrādei – plānošanas un projektēšanas darbiem;
- tehnoloģijām – elektrostacijas iekārtai, transportēšanas tehnikai, tehniskajam aprīkojumam;
- celtniecībai – būvniecības un iekārtu uzstādīšanas izmaksu segšanai;
- savienojuma ar elektrotīklu izveidei – izmaksas transformatora pielāgošanai un elektrotīkla izveidei;
- neparedzētiem izdevumiem - ~ 5% no kopējām investīcijām.

Elektrostacijas investīciju izmaksu vērtības var iegūt, lietojot līmeņatzīmes metodiku, izmantojot datus no līdzīgiem projektiem.

2.piemērs

Izejas dati:

- Kukurūzas skābbarības produkcija no z/s “Zīles” lauksaimniecības zemes – 4000 t/gadā;
- Papildus kukurūzas skābbarības potenciālā produkcija no citām saimniecībām – 3500 t/gadā;
- Graudkopības pārpalikumi (salmi) no z/s “Zīles” lauksaimniecības zemēm – 200 t/gadā;
- Graudkopības pārpalikumi (salmi) no citām saimniecībām – 200 t/gadā;
- Biomasas kopējais apjoms būtu 7900 t/gadā;
- Spēkstacijas darba laiks gadā – 8400 stundas;
- Vidējā transportēšanas distance biomasas kultūraugu produkcijai līdz spēkstacijas atrašanās vietai – 15 km;
- Attālums līdz 0,4kV sadales līnijai – 100 m.

Aprēķini:

Tehnoloģiskās iekārtas izvēle: Gāzes – Otto dzinējs

Elektroenerģijas ražošanas lietderības koeficients – 33%

Gada laikā saražotās biogāzes daudzums:

No kukurūzas skābbarības $B_{biogaze_kuk} = 1515000 \text{ m}^3/\text{gadā}$

No salmiem $B_{biogaze_salmi} = 100000 \text{ m}^3/\text{gadā}$

Kopējais biogāzes daudzums $B_{biogaze} = B_{biogaze_kuk} + B_{biogaze_salmi} = 1615000 \text{ m}^3/\text{gadā}$

Elektrostacijā ievadītais enerģijas daudzums:

$$Q_{iev} = 9640 \text{ MWh/gadā}$$

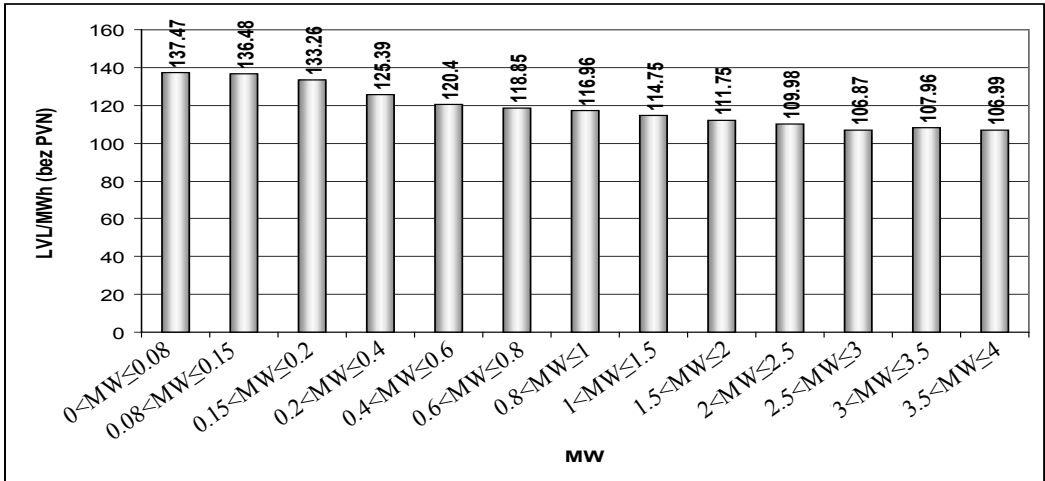
Potenciālais izstrādātās elektroenerģijas daudzums:

$$Q_{iev} = 3180 \text{ MWh}_e/\text{gadā}$$

Potenciālā biogāzes elektrostacijas uzstādītā jauda:

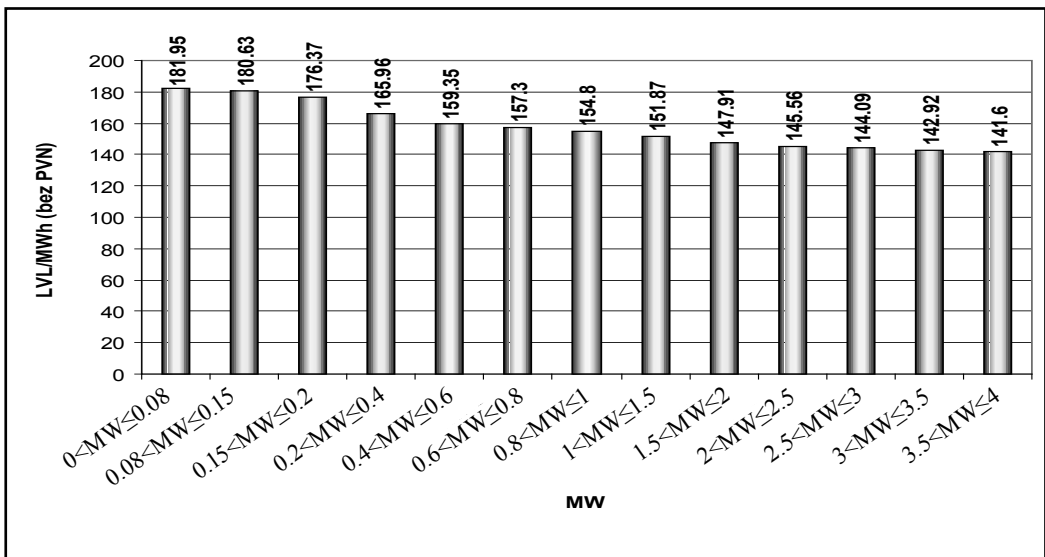
$$N_{ei} = 400 \text{ kW}$$

Elektroenerģijas iepirkuma tarifus nosaka ar Ministru Kabineta noteikto metodiku biogāzes elektrostacijām atkarībā no elektrostacijas jaudas un izmantošanas ilguma. 11.4.attēlā parādīta elektroenerģijas obligātā iepirkuma cena atkarībā no biogāzes spēkstacijā uzstādītās elektriskās jaudas, ja spēkstacijas vecums ir mazāks par 10 gadiem.



11.4.att. Obligātā iepirkuma cena biogāzes spēkstacijai, kas darbojas mazāk kā 10 gadus

11.5.attēlā parādīta elektroenerģijas obligātā iepirkuma cena atkarībā no biogāzes spēkstacijā uzstādītās elektriskās jaudas, ja spēkstacija darbojas vairāk kā 10 gadus.



11.5.att. Obligātā iepirkuma cena biogāzes spēkstacijai, kas darbojas vairāk kā 10 gadus

2.piemēra turpinājums. Ekonomiskie aprēķini

Elektrostacijas būvei nepieciešamās izmaksas ir 2,4 miljoni Ls.

Tarifu līmeņi un kurināmā izmaksas, kas izmantotas ekonomiskajiem aprēķiniem, dotas 11.13.tabulā.

11.13.tabula

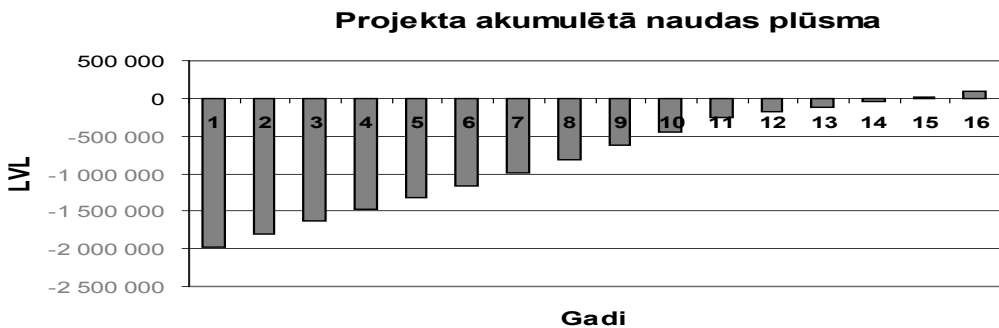
Tarifi un kurināmā izmaksas

Energijas tarifi	Mērvienība	
Dabas gāzes tarifs (126-1260 (1000m ³))	Ls/1000m ³	159.15
Elektroenerģijas tarifs	Ls/kWh	0,06694
Elektroenerģijas pārdošanas tarifs – ievadītā jauda 0.4<MW<0.6	Ls/kWh	0,15935
Kukurūzas skābbarība	Ls/t	22,5
Biogāzes zemākais sadegšanas siltums	MWh/1000m ³	5,97

Lai noteiktu projekta rentabilitāti, kukurūzas skābbarības (izejvielu) cena tiek noteikta vienāda ar tirgus cenu. Tiek noteiktas izmaksas darbaspēka apmaksai 40 tūkstoši Ls/gadā.

Projekta ekonomiskie aprēķini tika veikti 15 gadu periodam, piemērojot diskonta likmi 6% gadā.

Pamatojoties uz augstākminētajiem izejas datiem, šai alternatīvai tika veikti naudas plūsmas aprēķini. 11.6.attēlā grafiski attēlota projekta akumulētā naudas plūsma 15 darbības gados.



11.6.att. Projekta akumulētā naudas plūsma

Projekta rentabilitāte tika noteikta pamatojoties uz naudas plūsmas aprēķiniem, pielietojot neto pašreizējās vērtības (NPV) metodi. Piemērā aplūkotajai biogāzes ražošanai NPV ir negatīvs (-550 tūkstoši Ls). Tas nozīmē, ka z/s „Zīles” projekts nav ekonomiski izdevīgs un ir jāmeklē citas alternatīvas biogāzes ražošanai un izmantošanai.

11.3.7. Kombinēta biogāzes ražošana no lauksaimnieciskās ražošanas

Kombinēta biogāzes ražošana no lauksaimnieciskās ražošanas ietver triju veidu izejvielu izmantošanu dažādās kombinācijās biogāzes ražošanai:

- fermu kūtsmēsli un virca;
- lauksaimniecības kultūraugi;
- ātraudzīgie krūmi vai krūmi no laukiem, kuri ir aizlaisti atmatā.

Pēdējo izmantošana saistīta ar specifisku nosacījumu izpildi, kas tiek izvirzītas krūmiem, lai anaerobas fermentācijas process noritētu veiksmīgi un dotu vēlamus rezultātus.

Kombinēta biogāzes ražošana no lauksaimnieciskās ražošanas ir perspektīvākais risinājums, jo spēj nodrošināt stabilu biogāzes ražošanu, ja tehnoloģiskās iekārtas ir izvēlētas atbilstoši izejvielu prasībām.

2008.gadā tika pabeigta tikai viena biogāzes iekārta. Stacija atrodas Latvijas Lauksaimniecības universitātes mācību pētījumu saimniecībā (MPS) "Vecauce". Tā ir pirmā lauksaimniecības biogāzes stacija Latvijā. Šīs biogāzes ražošanas un izmantošanas stacijas galvenie raksturlielumi ilustrēti 11.14.tabulā.

11.14.tabula

MPS "Vecauce" konstruējamās biogāzes stacijas raksturojums

Saimniecības izmērs	~ 1000 liellopi (t.sk. 400 slaucamas govīs)
Zemes platība	1804 ha
Izmantojamās izejvielas	Kūtsmēsli + kultūraugi (zāles un kukurūzas skābbarība)
Plānotais biogāzes ieguves apjoms	1.3 miljoni m ³ /gadā
Biogāzes izmantošana	Koģenerācijas iekārta
Siltuma patērētāji	Tuvumā esošais ciemats
Siltums pašu patēriņam	~ 30%

MPS "Vecauce" biogāzes iekārta ir paredzēta kā demonstrācijas projekts nākotnes lauksaimniecības biogāzes staciju attīstītajiem. Rokasgrāmatas gatavošanas stadijā būvniecības darbi bija praktiski pabeigti, un iekārta pamazām uzsāka darbību, novēršot visas tehniskās problēmas un pārvarot birokrātiskos šķēršļus, kas radās pieredzes un zināšanu trūkuma dēļ šādas iekārtas darbībai Latvijas apstākļos.

11.3.8. Bioūdeņraža ražošana

Bioūdeņradis ir ūdeņradis, kas tiek ražots no biomasas vai biogāzes. Tam, ka bioūdeņradis ir nākotnes kurināmais, ir divas būtiski svarīgas iezīmes:

- to izmantojot, netiek veicinātas klimata pārmaiņas,
- to ražo no atjaunojamiem energoresursiem.

Tas nozīmē, ka šāds dubultarguments spiež uzņemt arvien straujākus tempus bioūdeņraža iegūšanas tehnoloģiju attīstībā. Šobrīd izkristalizējušies divi galvenie šo konkrēto klimata tehnoloģiju virzieni: termokīmiskais un bioķīmiskais.

Vistālāk bioūdeņraža fermentācijas sistēmas praktiskā un komerciālā lietojumā ir paviszījušies Nīderlandes zinātnieki (Reith J.H., Wijffels R.H., Barten H. Bio-methane& Bio-hydrogen. Hague. Dutch Biological Hydrogen foundation, 2006). Tumšās fermentācijas procesa galvenie rādītāji ir sniegti 11.15.tabulā.

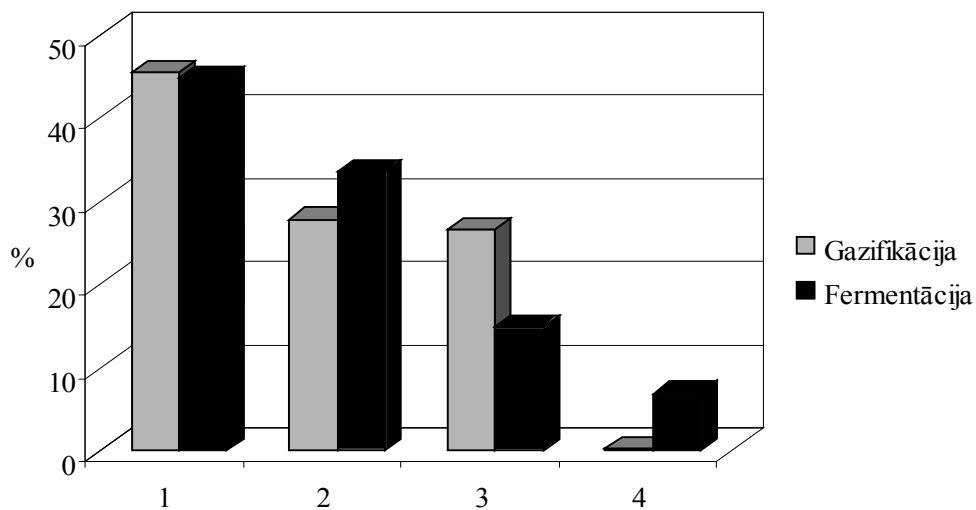
11.15.tabula

Bioūdeņraža ražošanas tehnoloģiju izejas dati

Izejvielas	Gazifikācija	Fermentācija
	sausā biomasa (W=30 %)	šķiedrvielu biomasa
Izejvielu daudzums	80 t/h 428 MWt	1 t/h 5.4 MWt
Izejvielu augstākais sadegšanas siltums	19.28 MJ/kg	19.28 MJ/kg
Izejvielu bāzes cena (vidējā)	2.78 LVL/GJ 53.60 LVL/t	2.78 LVL/GJ 53.60 LVL/t
Iekārtu noslodze	8000 h/gadā	8000 h/gadā
Saražotais H ₂ daudzums	6.6. t/h 259.2 MW	0.04 t/h 1.54 MW
H ₂ augstākais sadegšanas siltums	142 MJ/kg	142 MJ/kg
Ražošanas procesa efektivitāte	60.5 %	28.5 %
Elektroenerģijas cena	45 LVL/MWh	45 LVL/MWh
Iepirktā elektroenerģija	0.7 MW	0.55 MW
Kredīta procentu likme	10 %	10 %
Iekārtu ekonomiskais dzīves ilgums	15 gadi	15 gadi

Tieši ekonomiskie rādītāji būs tie, kas noteiks, kad tautsaimniecībā ienāks bioūdeņraža ražošana. Latvijai ir izejvielu ieguves priekšrocības salīdzinājumā ar citām valstīm, tomēr bioūdeņraža ražotņu darbības uzsākšanu kavē gan tehnoloģiju nepilnības, gan augstās izmaksas. Lai prognozētu bioūdeņraža nākotni Latvijā, noteiktas ražošanas izmaksas, salīdzinot divas dažādas tehnoloģijas ūdeņraža iegūšanai no biomasas. Bioķīmiskā un termokīmiskā procesa izmaksu salīdzinājumam apkopotie ievaddati atspoguļoti 11.15.tabulā.

Veiktā ekonomiskā optimizācija ļauj spriest par ražošanas izmaksu komponentēm un veikt to salīdzinājumu (skat 11.7.attēlu). Izmaksu procentuālais sadalījums katrai no tehnoloģijām ļauj pārskatāmi salīdzināt finansiālo līdzekļu sadalījumu un īpatsvaru gazifikācijas un fermentācijas tehnoloģijām Latvijā (V.Seškēna. S.N.Djomo Bioūdeņraža ražošanas ekonomiskā izpēte // RTU rakstu krājums Sērija 4, sējums 14, 2006). Katrai no tehnoloģijām lielāko izmaksu daļu veido kopējas ikgadējās kapitālizmaksas, kas, neskatoties uz iegādājamo iekārtu dažādību, katrai no ražotnēm pārsniedz 40% robežu. Šādu tendenci var izskaidrot ar to, ka tirgū piedāvātās iekārtas ir jaunas un to sākotnējā cena ir augsta.



11.7.att. Biūdeņraža ražošanas izmaksu sadalījuma salīdzinājums divām dažādām tehnoloģijām 1 – kopējās ikgadējās kapitālizmaksas; 2 – ekspluatācijas izmaksas, 3 – biomasas izejvielu izmaksas, 4 – elektroenerģijas izmaksas

Pielikumi

1. pielikums. Vārdnīca, mērvienības un saīsinājumi

Vārdnīca

Skāba vide:	tradicionāli jebkurš ķīmisks savienojums, kura šķīduma ūdenī pH vērtība ir mazāka par 7,0.
Amonjaks:	ūdeņraža un slāpekļa gāzveida maisījums NH_3 ar asu smaržu un garšu.
Anaerobā baktērija:	mikroorganismi, kas dzīvo un vairojas vidē, kurā nav brīva vai izšķīduša skābekļa. Izmanto anaerobajā fermentācijā.
Anaerobā fermentācija (Sin. fermentācija):	mikrobioloģisks organisko vielu sadalīšanās process, kas norit bezskābekļa vidē un ko saskaņoti veic plašs mikroorganismu loks. Anaerobajai fermentācijai ir divi galvenie galaprodukti: biogāze (gāze, kas sastāv no metāna (70%), oglekļa dioksīda un citu gāzu un mikroelementu maisījuma) un pārstrādātais substrāts (fermentētais substrāts). Anaerobās fermentācijas process ir sastopams daudzās dabiskās vidēs un mūsdienās tiek izmantots, lai ražotu biogāzi gaisnecaurīdīgās reaktora tvertnēs, ko parasti sauc par bioreaktoriem
Naftas ekvivalenta barels (boe):	enerģijas daudzums, ko satur barels jēlnaftas, t.i., apmēram 6,1 GJ, kas ir ekvivalents 1,700 kWh. Naftas barels ir šķidrums mērvienība, kas atbilst 42 ASV galoniem (35 imperiālie galoni jeb 159 litri); apmēram 7,2 bareli atbilst 1 tonnai naftas (metriskajā sistēmā).
Bāze:	tradicionāli jebkurš ķīmisks savienojums, kura šķīduma ūdenī pH vērtība ir lielāka par 7,0.
Periodiska padeve:	process, kurā reaktors tiek piepildīts ar izejvielām atsevišķās porcijās, nevis nepārtraukti.
Bioķīmiskā pārveide:	anaerobās fermentācijas izmantošana, lai ražotu kurināmos un ķīmiskus savienojumus no organiskiem avotiem.
Bioenerģija (Sin. biomasas enerģija):	lietderīga, atjaunojama enerģija, kas ražota no organiskajām vielām. Salikto ogļhidrātu pārveidošana organiskās vielās un tad enerģijā. Organiskās vielas var izmantot arī tieši kā kurināmo vai pārstrādāt šķidrums un gāzēs.
Biogāze:	deggāze, kas radusies no anaerobos apstākļos sadalītiem bioloģiskiem atkritumiem. Biogāzes sastāvā parasti ir 50-60% metāna.
Bioloģiskais skābekļa patēriņš(BOD):	ķīmiska procedūra, lai noteiktu, cik ātri bioloģiskie organismi iztērē skābekli ūdenstilpnē.
Biomasas izejviela:	atjaunojamas organiskas vielas. Biomasu ietver mežu atlikumus, lauksaimniecības kultūras un atkritumus, koksni un koksnes atkritumus, dzīvnieku atkritumus, lopkopības atkritumus, ūdens augus, ātraudzīgus kokus un citus augus un sadzīves un rūpnieciskos atkritumus.

Bioreaktors:	ierīce biomasas un/vai kūtsmēslu anaerobās fermentācijas organizēšanai un, iespējams, biogāzes pārstrādei enerģijas iegūšanai.
Maksimālā jauda:	maksimālā jauda, ko iekārta vai sistēma var radīt vai droši izturēt. Maksimālais tūlītējais resursu iznākums noteiktos apstākļos. Ražošanas aprīkojuma jaudu izsaka kilovatos(kW) vai megavatoss(MW).
Šķelda:	koksnes materiāls, kas sacirsts īsās, plānās plāksnītēs. Šķeldu izmanto kā izejmateriālu celulozes iegūšanā un kokskaidu plātņu ražošanā vai kā biomasas kurināmo.
Centralizēta anaerobā fermentācija:	virvas piegāde no vairākām dzīvnieku fermām uz centrāli novietotu biogāzes staciju, lai virvu kofermentētu ar citām piemērotām izejvielām.
Zaļie sertifikāti:	tirgojams produkts, kas pierāda, ka konkrētā elektroenerģija ir ražota no atjaunojamajiem enerģijas avotiem. Parasti viens sertifikāts apzīmē 1 elektrības megavatstundas saražošanu.
Koģenerācija: Siltuma un elektrības vienlaikus ražošana (Sin. koģenerācija):	skat. Siltuma un elektrības vienlaikus ražošana secīga elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošana no viena kurināmā avota. Industriālo procesu neizmantoto augsta potenciāla siltumu var izmantot elektriskajā ģeneratorā (pamatscikls). Otrādi siltuma atlikums no elektrostacijām ir izmantojams ražošanas procesos, telpu apkurei un ūdens uzsildei (priekšcikls).
CO₂ ekvivalenti:	CO ₂ ekvivalents ir vienība, ko izmanto standartizētiem mērījumiem. Piemēram, tonna uz tonnu. Metāns ir siltumnīcefekta gāze, kas ir 21 reizi spēcīgāka nekā oglekļa dioksīds, izraisot globālo sasilšanu, tādēļ viena tonna metāna apzīmē 21 tonnu CO ₂ ekvivalenta.
Īpašas enerģētiskās kultūras:	kultūraugi, kas tiek īpaši audzēti to kurināmā vērtības dēļ. Tie ir pārtikā izmantojamie kultūraugi, piemēram, kukurūza un cukurbietes, un pārtikā neizmantojami augi, piemēram, papeles un kārkli. Pašlaik divas enerģētiskās kultūras atrodas attīstības stadijā: īslaicīgas rotācijas koksnes kultūras, kas ir ātraudzīgi cietas koksnes koki, ko nocērt 5 līdz 8 gadus, un zaļes enerģētiskās kultūras, tādas kā daudzgadīga zāle, ko var novākt katru gadu, ļaujot 2-3 gadus sasniegt pilnīgu produktivitāti.
Pārstrādātais substrāts: (Sin. anaerobās fermentācijas atlikumi)	anaerobās fermentācijas procesā apstrādātie/fermentētie notekūdeņi.
Fermentācija:	skat. anaerobā fermentācija.
Izplūde: (Sin. izvads)	šķidrums vai gāze, ko izvada no procesa vai ķīmiskā reaktora, parasti satur pārstrādāto substrātu no procesa.
Emisijas:	dūmi vai gāzes, kas izplūst no skursteņiem un izpūtējiem, noplūst no iekšējām ražotnēm vai nokļūst atmosfērā tieši no lāpām, atkritumu izgāztuvēm, pūstošiem augiem un trūdošiem kokiem un citiem avotiem.
Energobilance: Izejviela:	procesā izmantotās un saražotās enerģijas daudzums. jebkurš materiāls, kas tiek pārveidots citā formā vai produktā.

Vieglie pelni:	mazas pelnu daļiņas, kas atrodas sadegšanas produktu suspensijā.
Fosilā degviela:	cietie, šķidrie vai gāzveida kurināmie, kas radušies zemē miljonu gadu laikā augu un dzīvnieku atlieku ķīmisku un fizikālu pārmaiņu rezultātā augstas temperatūras un spiediena ietekmē. Fosilie kurināmie ir jēlnafta, dabasgāze un ogles.
Kurināmā elements:	ierīce, kas kurināmā enerģiju tieši pārveido elektroenerģijā un siltumā bez sadedzināšanas.
Gāzes turbīna (sin. iekšdedzes turbīna):	turbīna, kas karstu, saspiestu gāzu enerģiju (kas rodas, sadedzinot kurināmo saspiegtā gaisā) pārveido mehāniskajā enerģijā. Parasti kā kurināmo izmanto dabasgāzi vai naftas pārstrādes produktus.
Gazifikācija:	process, kurā cietie kurināmie tiek pārveidoti gāzē; pazīstama arī kā pirolītiskā pārtvaice jeb pirolīze.
Gigavats (GW_e):	elektriskās jaudas mērvienība, kas vienāda ar 1 miljardu vatu (W _e), jeb 1 miljonu kilovatu (kW _e).
Globālā sasilšana:	pakāpeniska Zemes atmosfēras sasilšana, kuru izraisa fosilo kurināmo dedzināšana un rūpnieciskie piesārņotāji.
Generators:	ierīce mehāniskās enerģijas pārveidei elektroenerģijā.
Siltumnīcas efekts:	noteiktu gāzu ietekme uz Zemes atmosfēru, aizturot saules siltumu.
Siltumnīcefekta gāze:	gāzes, kas aiztur saules siltumu Zemes atmosfērā, radot siltumnīcas efektu. Divas galvenās siltumnīcefekta gāzes ir ūdens tvaiki un oglekļa dioksīds. Citas siltumnīcefekta gāzes ir metāns, hlorfluorogļūdeņraži un slāpekļa oksīds.
Tīkls:	elektrosaimniecības uzņēmuma pārvades un izplatīšanas sistēma, kas ar augstsprieguma pārvades līnijām (110 kilovolti (kV) līdz 765 kV) savieno elektrostacijas ar patērētājiem; augstsprieguma tiešie pakalpojumi ražošanas vajadzībām un sabiedriskā transporta sistēmām (23 kV-138 kV); vidējā sprieguma tiešie pakalpojumi uzņēmumu un ražošanas vajadzībām (4 kV līdz 35 kV); un netiešie pakalpojumi komerciāliem un vietējiem patērētājiem (120 V līdz 480 V). Tīkls attiecas arī uz pilsētas vai ciema gāzes sadales sistēmu, kur caurules iet abos virzienos un ir savienotas starpsekcijās.
Tīkla sistēma:	elektrolīnijas, kas savieno elektrostacijas un patērētājus lielā teritorijā.
Siltummainis:	ierīce, kas izveidota efektīvai siltuma nodošanai no viena šķidrums (vai gāzes) otram, kad šķidrums ir atdalīti ar cietām sienām tā, ka tie nekad nesajaucas, vai kad šķidrums ir tiešā kontaktā.
Energoefektivitāte:	Saražotais siltums (elektroenerģija) pret kurtuvē ievadīto siltumu (enerģiju)
Sadegšanas siltums:	maksimālais enerģijas daudzums, ko var dot vielas sadegšana.
Uzstādītā jauda:	elektriskās ražošanas ierīces kopējā jauda elektrostacijā vai sistēmā.

Džouls (J):	enerģijas metriskā mērvienība, kas ir ekvivalenta darbam, kas veikts ar 1 Ņūtona spēku 1 metra distancē (= 1 kg m ² /s ²). 1 džouls (J) = 0,239 kalorijas (1 kalorija = 4,187 J).
Kilovolts (kV):	1000 volti. Elektriskais spriegums pārvades līnijās, kas tiek mērīts kilovoltos.
Kilovats (kW):	elektriskās jaudas mērvienība, kas ir vienāda ar 1000 vatiem. 1 kW = 3,413 Btu/hr = 1,341 zirgspēki.
Kilovatstunda (kWh):	visbiežāk izmantotā enerģijas (siltumenerģijas vai elektroenerģijas) patēriņa mērvienība. Tas nozīmē, ka 1 kilovats enerģijas tiek piegādāts vienu stundu.
Mezofīlā fermentācija:	notiek optimāli apmēram 37°-41°C temperatūrā vai apkārtējās vides temperatūrā 20°-45°C, kur galvenokārt atrodas mezofīlie organismi.
Metāns (CH₄):	uzliesmojoša, eksplozīva, bezkrāsaina, bezgaršīga gāze bez smaržas, kas viegli šķīst ūdenī un šķīst alkoholā un ēterī; uzvārās 161,6°C un sasilst 182,5°C. Tā veidojas dūksnājos un purvos no trūdošām organiskajām vielām un ir galvenais sprādzienbīstamais drauds pazemē. Metāns ir galvenā dabasgāzes sastāvdaļa (līdz pat 97%), un to izmanto kā naftas ķīmisko produktu avotu un kā kurināmo.
Mikroturbīna:	maza iekšdedzes turbīna ar 25 līdz 500 W jaudu. Mikroturbīnas sastāv no kompresora, sadegšanas kameras, turbīnas, maiņstrāvas ģeneratora, rekupratora un ģeneratora. Līdzīgi kā citās maza izmēra spēkstacijū tehnoloģijās, mikroturbīnām ir vairākas priekšrocības: mazs kustīgo detaļu skaits, mazs svars, kompakts izmērs, lielāka efektivitāte, mazākas emisijas, mazākas elektroenerģijas izmaksas, zemu izmaksu potenciāls masveida ražošanā un iespējas izmantot atkritumu kurināmos.
Vietējais tīkls:	integrēta, lokāla ražošanas, pārvades un sadales sistēma, kas apkalpo vairākus patērētājus.
Cietie sadzīves atkritumi:	jebkura organiska viela, ieskaitot notekūdeņus, notekūdeņu dūņas, ražošanas vai komerciālos atkritumus un šo vielu maisījumus ar neorganiskajiem atkritumiem no jebkuras valsts vai privātas sadzīves atkritumu savākšanas un uzglabāšanas sistēmas vai līdzīgu atkritumu plūsmām (citas plūsmas, ko veido lauksaimniecības atkritumi vai atliekas, koksnes atkritumi vai mežizstrādes vai meža produktu ražošanas atliekas).
Elektroenerģijas neto izstrāde:	bruto saražotā enerģija, atņemot ražošanas stacijas patērēto enerģiju.
Darba spiediens:	gāzes sistēmas vai bioreaktora spiediens normālas darbības laikā.
Naftas ekvivalents (toe)	naftas ekvivalenta tonna ir enerģijas mērvienība - enerģijas daudzums, kas atbrīvojas, sadedzinot vienu tonnu jēlnaftas, apmēram 42 GJ.
Fotosintēze:	process, kurā hlorofilu saturošās augu šūnas pārveido krītošo gaismu ķīmiskā enerģijā, uztverot oglekļa dioksīdu ogļhidrātu formā.

Eksperimentāla modeļa mērogs:	sistēmas lielums starp mazu laboratorijas mēroga modeli un pilna mēroga sistēmu.
Jauda:	veiktā darba daudzums vai pārvadītā enerģija laika vienībā.
Procesu siltums:	siltums, ko izmanto rūpnieciskajiem procesiem, nevis telpu apkurei vai citām mājsaimniecību vajadzībām.
pH:	bāzes intensitātes vai skābes indikators ūdenī izteiksme. Vērtību robežas ir 0-14, kur 0 ir visskābākā, bet 14 ir visbāziskākā, 7 ir neitrāla.
Stacija:	iekārta, kas satur elektroģeneratorus un citas elektrības ražošanas ierīces.
Atjaunojamie resursi:	dabiski atjaunojami, bet plūsmas ziņā ierobežoti enerģijas resursi. Tie patiesībā ir neizsmeļami laikā, bet ierobežoti ar enerģijas daudzumu, kas ir pieejams laika vienībā. Biomasas un ģeotermālais siltums ir izejvielu ziņā ierobežoti resursi, jo izejvielas izsīkst izmantošanas ceļā, bet dekāžu vai varbūt gadsimtu laikā tos iespējams atjaunot. Atjaunojamie enerģijas avoti ir biomasas, ūdens, ģeotermālais siltums, saule, vējš. Atjaunojamo resursu izmantošana ietver lieljaudas elektroenerģijas ražošanu, dalītas elektroenerģijas ražošanu, tīklam nepievienotu ražošanu un patēriņa samazinājuma (energoefektivitātes) tehnoloģijas.
Atjaunojamā enerģija:	skat. bioenerģija.
Dūņas:	biocietvielas, kas apstrādes procesā atdalītas no šķidrumiem. Var saturēt ūdeni 97% no tilpuma.
Substrāts:	skat. biomasas izejvielas.
Ilgspējīga ekosistēma:	Ekosistēmas stāvoklis, kurā visu laiku tiek uzturēta bioloģiskā dažādība, atjaunojamība un resursu produktivitāte.
Kopējās cietvielas	(Sin. sausās cietvielas): Atlikumi, kas paliek, kad ūdens ir iztvaikojis no atlikumiem un izžuvis siltuma ietekmē.
Termofīlā fermentācija:	anaerobā fermentācija, kas notiek optimāli apmēram 50°-52°C temperatūrā, bet arī paaugstinātās temperatūrās līdz pat 70°C, kur piedalās termofīlie mikroorganismi (baktērijas).
Turbīna:	ierīce, kas pārveido tvaika vai augstas temperatūras gāzi mehāniskajā enerģijā. Turbīnā liela ātruma tvaika vai gāzes plūsma iziet caur secīgām radiālu turbīnas lāpstiņu rindām uz centrālo vārpstu.
Gaistošās vielas:	tās vielas ūdenī vai citos šķidrumos, kas izdalās šķidrā vai cietā kurināmā, to karsējot.
Gaistošās taukskābes:	tās ir skābes, ko skābbarībā rada mikrobi no cukuriem un citiem ogļhidrātu avotiem. Pēc definīcijas tās ir gaistošas, kad nozīmē, ka tās izgaisīs atkarībā no temperatūras. Tas ir pirmais anaerobās fermentācijas sadalīšanās produkts pirms metāna rašanās.
Volti:	elektriskā sprieguma mērvienība. Tas ir elektrodzinēj spēks, kas, ja to nepārtraukti pievada ķēdei ar vienu oma pretestību, ražos vienu ampēru strāvas.
Vats (W):	Tā ir arī standarta elektriskās jaudas mērvienība (SI sistēmā). Termins 'kW' nozīmē "kilovats" jeb 1000 vati. Termins 'MW' nozīmē "megavats" jeb 1 000 000 vati.

Mērvienības

Kilovats (kW) = 1000 vati

Megavats (MW) = 1000 kW

Gigavats (GW) = 1 miljons kW

Teravats (TW) = 1 tūkstotis miljonu kW

1 džouls (J) = 1 vats*sekunde = 278×10^{-6} Wh

1Wh = 3600 J

1 cal = 4,18 J

1 britu termiskā vienība (BTU) = 1055 J

1 kubikmetrs (m³) = 1000 litri (L)

1 bārs = 100000 paskāli (Pa)

1 milibārs = 100 Pa

1 psi = 6894,76 Pa

1 torr = 133,32 Pa

1 milimetrs dzīvsudraba (0°C) = 133,322 Pa

1 hektopaskāls (hPa) = 100 Pa

Saīsinājumi

AD – Anaerobic Digestion – anaeroba fermentācija

BOD – Biological Oxygen Demand – bioloģiskais skābekļa patēriņš

CHP – Combined Heat and Power – koģenerācija

C:N ratio – carbon to nitrogen ratio – oglekļa/slāpekļa attiecība

COD – Chemical Oxygen Demand – ķīmiskais skābekļa patēriņš

DM – Dry Matter – sausa viela (sausna)

FF – Fresh Feedstock – svaiga izejviela

GHG – Greenhouse Gases – siltumnīcefekta gāzes

HRT – Hydraulic Retention Time – hidrauliskais uzglabāšanas (izturēšanas) laiks

kW – kilowatt – kilovats

kWe – electrical kilowatt – elektroenerģijas kilovats

MGRT – minimum guaranteed retention time – minimālais garantētais uzglabāšanas laiks

oDM – organic fraction of Dry Matter – organiskā frakcija uz sauso masu

ppm – parts per million (1ppm = 0.0001%) – miljondaļa

RD&D – Research Development and Demonstration – izpētes attīstība un demonstrācijas projekts

TLV – Threshold Limit Value – robežvērtība

TS – Total Solids – kopējās cietvielas

VFA – Volatile fatty Acids – gaistošas taukskābes

VS – Volatile solids – gaistošās vielas

2. pielikums.

Literatūra par biogāzi

Starptautiskās publikācijas

Agapitidis I. and Zafiridis C. (2006). 'Energy Exploitation of Biogas: European and National perspectives'. 2nd International Conference of the Hellenic Solid Waste Management Association.

Al Seadi, T.: Good practice in quality management of AD residues from biogas production. Report made for the International Energy Agency, Task 24- Energy from Biological Conversion of Organic Waste. Published by IEA Bioenergy and AEA Technology Environment, Oxfordshire, United Kingdom, 2001.

Amon, T.; et al.: Optimierung der Methanerzeugung aus Energiepflanzen mit dem Methanenergieerzeugungssystem
Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2006.

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Moitzi, G.; Buga, S.; Lyson, D. F.; Hackl, E.; Jeremic, D.; Zollitsch, W.; Pötsch, E.: Optimierung der Biogaserzeugung aus den Energiepflanzen Mais und Kleegrass.
Published by Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien, Austria, 2003

Amon, T.; Kryvoruchko, V.; Amon, B.; Schreiner, M.: Untersuchungen zur Wirkung von Rohglycerin aus der Biodieselerzeugung als leistungssteigerndes Zusatzmittel zur Biogaserzeugung aus Silomais, Körnermais, Rapspresskuchen und Schweinegülle.
Published by Südsteirische Energie- und Eiweißherstellung Reg.Gen.m.b.H., Mureck, Austria, 2004

Amon, T.; Machmüller, A.; Kryvoruchko, V.; Milovanovic, D.; Hrbek, R.; Eder, M. W.; Stürmer, B.: Optimierung der Methanausbeute aus Zuckerrüben, Silomais, Körnermais, Sonnenblumen, Ackerfutter, Getreide, Wirtschaftsdünger und Rohglycerin unter den Standortbedingungen der Steiermark.
Published by Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft in collaboration with Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Wien, Graz, Austria, 2007

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit: Technische Grundlage für die Beurteilung von Biogasanlagen.
Published by Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Wien, Austria, 2007

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (STMUGV) (2004) Biogashandbuch Bayern. - www.ustmugv.bayern.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (2007) Biogashandbuch Bayern - Materialband.
- <http://www.lfu.bayern.de/abfall/fachinformationen/biogashandbuch/index.htm>

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2006) Handreichung Biogasgewinnung und – Nutzung. – 3. überarbeitete Auflage; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe edt.; ISBN 3-00-014333-5

Rutz D., Janssen R., Epp C., Helm P., Grmek M., Agrinz G., Prassl H., Sioulas K., Dzene I., Ivanov I., Dimitrova D., Georgiev K., Kulisic B., Finsterwalder T., Köttner M., Volk S., Kolev N., Garvanska S., Ofiteru A., Adamescu M., Bodescu F., Al Seadi T. (2008) The Biogas Market in Southern and Eastern Europe: Promoting Biogas by Non-technical Activities. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; Valencia, Spain; ISBN 978-88-89407-58-1

Hornbachner, D.; Hutter, G.; Moor, D.: Biogas-Netzeinspeisung – Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich.
Published by Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien, Austria, 2005

Kirchmeyr, F.; Kraus, J.: Mit Biogas in das Erdgasnetz – Erste ö. Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage in Pucking.
Published by ARGE Kompost & Biogas Österreich in collaboration with erdgas OÖ, Linz, Austria, 2005

Krachler, M. M.; Dissemond, H.; Walla, C.: BIOGAS - eine ökologische, volks- und betriebswirtschaftliche Analyse.
Published by NÖ Landesakademie Bereich Umwelt und Energie, St. Pölten, Austria, 2003

LandesEnergieVerein Steiermark: Bauherrnmappe Biogas
Published by LandesEnergieVerein Steiermark, Graz, Austria, 2003

Metcalf and Eddy, Inc.: Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal, McGraw-Hill, New York, 1979.

Padinger, R.; Stiglbrunner, R.; Berghold, H.; Roschitz, C.; Kleinhappl, M.; Stutterecker, W.; Kirchmayr, R.: Biogas Pilotanlage - Teilprojekt 1 - Stoffstromanalyse im Rahmen großtechnischer Versuche sowie quantitative und qualitative Bewertung der Einsatzstoffe.
Published by Joanneum Research - Institut für Energieforschung, Graz, Austria, 2006

Petz, W.: Auswirkungen von Biogasgülledüngung auf Bodenfauna und einige Bodeneigenschaften. Published by Amt der Oberösterreichischen Landesregierung Landesrat für Wasserwirtschaft Dr. Achatz, Hallwang, Austria, 2000

Wolfsgruber, S.; Löffler, G.; Gross, R.: ENERGIE AUS BIOGAS - Leitfaden für landwirtschaftliche Biogasanlagen. Published by Umwelt.Service.Salzburg in collaboration with Land Salzburg, Salzburg, Austria, 2005

Nacionālās publikācijas

Kuplais Ģ., Liepiņš M., Prols J., Infiltrāta attīrīšanas prakse atkritumu poligonos Latvijā // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas” 13.sēr., 1.sēj., R.: RTU izdevniecība, 2008, 52.-60.lpp.

Denafas G., Buinevičius K., Cieto sadzīves atkritumu apstrādes alternatīvu enerģētiskie un vides aspekti: sadedzināšana un/vai mehāniski bioloģiskā apstrāde // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas” 13.sēr., 1.sēj., R.: RTU izdevniecība, 2008, 41.-51.lpp.

Vološčuka A., Blumberga D., Veidenbergs I., Mazās koģenerācijas stacijas ekonomiskā un ekoloģiskā analīze // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Vides un klimata tehnoloģijas” 13.sēr., 1.sēj., R.: RTU izdevniecība, 2008, 140.-148.lpp.

Kuplais Ģ., Sadzīves atkritumu poligonu infiltrāta sastāvs un tā attīrīšanas iespējas // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika” 4.sēr., 21. sēj., R.: RTU izdevniecība, 2007, 131.-140. lpp

Dubrovskis, V., Plūme, I., Spidāns, A., Straume, I.: Biogas Producing Technologies in Latvia. 6.International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”, Jelgava: LLU, 2007., p.68-173.

Dubrovskis, V.: Biogas in Latvia. Proc. International workshop Biogas in Change 2.02.2007., Congress Center, Leipzig.

Autoru kolektīvs: Enerģētisko augu audzēšana un izmantošana. Valsts SIA “Vides projekti”, 2007.

Kalniņš A.: Biogāzes iespējas un tās kā transportlīdzekļu degvielas izmantošana. LR Ekonomikas ministrija, 2007.

Poulsens T.G., Kuligovskis K., Dzīvnieku mēslu enerģētiskais potenciāls, izmantojot alternatīvās attīrīšanas metodes // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika” 4.sēr., 21. sēj., R.: RTU izdevniecība, 2007, 47.-53.lpp.

Njakou Djomo S., Blumberga D., Ūdeņraža saimniecības izredzes Latvijā // RTU Zinātnisko rakstu krājums „Enerģētika un elektrotehnika” 4.sēr., 21. sēj., R.: RTU izdevniecība, 2007, 209.-216.lpp.

3. pielikums.

Noderīgas adreses

BiG>East projekta kontaktinformācija

SIA “Ekodoma”

Noliktavas 3-3, Rīga

LV-1010, Latvija

Tālr.: +371 6 7323212

Fakss: +371 6 7323210

E-pasts: ekodoma@ekodoma.lv

Mājas lapa: www.ekodoma.lv

Kontaktpersona: M.Sc.ing. Ilze Dzene (e-pasts: ilze@ekodoma.lv)

University of Southern Denmark, Centre for Bioenergy

Niels Bohrs Vej 9-10

DK-6700 Esbjerg

Denmark

Tālr.: (+45) 6550 4165

Fakss: (+45) 6550 1091

Mājas lapa: www.sdu.dk/bio

Kontaktpersona: Teodorita Al Seadi (e-pasts: tas@bio.sdu.dk)

WIP Renewable Energies

Sylvensteinstr. 2

D-81369 Munich

Germany

Tālr.: +49 89 720 12739

Fakss: +49 89 720 12791

Mājas lapa: www.wip-munich.de

Kontaktpersonas: Dipl.-Ing. Dominik Rutz M.Sc.

(e-pasts: dominik.rutz@wip-munich.de) un

Dr. Rainer Janssen

Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG

Mailing Weg 5

83233 Bernau / Hittenkirchen

Germany

Tālr.: +49 (0) 8051-65390

Telefakss: +49 (0) 8051-65396

Mājas lapa: www.fitec.com

Kontaktpersona: Dipl.-Ing. Tobias Finsterwalder (e-pasts: info@fitec.com)

German Society for Sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO)

FnBB e.V. - Geschäftsstelle
Am Feuersee 8D - 74592 Kirchberg/Jagst
Germany

Tāl.: + 49 (0) 7954 921 969

Fakss: +49 (0) 7954 926 204

Mājas lapa: www.fnbb.com

Kontaktpersonas: Michael Köttner, Silke Volk (e-pasts:office@fnbb.org)

Ing. Gerhard Agrinz GmbH

Tāl.: +43 3452/73997-0

Fakss: +43 3452/73997-9

Emmerich-Assmann-Gasse 6

A-8430 Leibnitz

Austrija

e-pasts: office@agrinz.at

Mājas lapa: www.agrinz.at

Kontaktpersona: Mag. Heinz Ptraßl (e-pasts: prassl@agrinz.at)

Center for Renewable Energy Sources

Marathonos Ave, 19009,

Pikermi Attiki

Greece

Tāl.: +30210 6603300

Fakss: +30210 6603301/302

e-pasts: cres@cres.gr

Kontaktpersona: Konstantinos Sioulas

Biogāzes izpētes un valsts sektora organizāciju adreses

Rīgas Tehniskā universitāte, Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Tāl.: +371 6 7089908

Fakss: +371 6 7089908

e-pasts: info@videszinatne.lv

Kronvalda bulvāris 1, Rīga

LV-1010, Latvija

Mājas lapa: www.videszinatne.lv

Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Lauksaimniecības enerģētikas institūts

Tāl.: +371 6 3022242

e-pasts: tflei@llu.lv

J.Cakstes bulvāris 5, Jelgava

LV-3001, Latvija

Mājas lapa: www.tf.llu.lv

Latvijas Biogāzes Asociācija

Tāl. +371 2 6410882

E-pasts: vilisd@inbox.lv

LR Vides Ministrija, Klimata un Atjaunojamo Energoresursu departaments

Tālrs.: +371 6 7026567

e-pasts: valdis.bisters@vidm.gov.lv

Peldu 26/28, Rīga

LV-1494, Latvija

Mājas lapa: www.vidm.gov.lv

LR Zemkopības Ministrija, Lauksaimniecības departaments, Augkopības nodaļa

Tālrs.: +371 6 7878710

Fakss: +371 6 7027514

e-pasts: zane.lide@zm.gov.lv

Republikas laukums 2-2022, Rīga

LV-1981, Latvija

Mājas lapa: www.zm.gov.lv