

V. Dubrovskis

M. Niklass

I. Emsis

A. Kārkliņš

BIOGĀZES RAŽOŠANA UN EFEKTĪVA IZMANTOŠANA



V. Dubrovskis, M. Niklass, I. Emsis, A. Kārklīņš

Biogāzes ražošana un efektīva izmantošana

Autori: Vilis Dubrovskis, Mārtiņš Niklass, Indulis Emsis, Andis Kārkliņš

Vāka dizains: STUDIO OSTA, www.studioosta.com

INFORMATĪVAIS MATERIĀLS IR TAPIS AR KLIMATA PĀRMAIŅU FINANSU
INSTRUMENTA FINANSIĀLU ATBALSTU.

Informatīvais materiāls veltīts biogāzes iegūšanas un izmantošanas jautājumiem un adresēts studentiem. Tiek sniegta informācija par anaerobiem procesiem kopumā, biogāzes iekārtu tehnoloģiskiem risinājumiem, biogāzes savākšanu un izmantošanu sadzīves atkritumu poligonos. Informācija pielietojama gan mācībās, gan arī praksē.

Autori ar lielu rūpību ir sagatavojuši šī informatīvā materiāla tekstu un attēlus. Literatūras avoti ir profesionāli atlasīti. Taču nekad nedrīkst izslēgt kļūdas iespēju. Autori un izdevniecība tādejādi norobežojas no gadījumiem, ja nejaušības pēc ir notikusi atsauce uz kļūdainiem datiem.

SATURA RĀDĪTĀJS

	Ievads	6
1	Biogāzes ražošana no lauksaimniecības izejvielām.	9
1.1.	Biogāzes ražošanas iespējas Latvijas laukos	9
1.2.	Process	9
1.3.	Izejvielas	10
1.4.	Biogāzes sastāvs un īpašības	13
1.5.	Gāzes veidošanās procesu ietekmējoši faktori.	14
1.6.	Biogāzes ražošanas tehnoloģijas	15
1.7.	Tehnoloģiskais režīms	19
1.8.	Biogāzes ražotnes tehnoloģiskie aprēķini	20
1.9.	Biogāzes un enerģijas ieguves aprēķins	20
1.10.	Tvertņu tehnoloģiskie aprēķini	21
1.11.	Bioenerģētiskās iekārtas galvenās sistēmas un mezgli	21
1.12.	Mērīšana un kontrole	34
1.13.	Biogāzes un digestāta izmantošana	36
1.14.	Izmantotā literatūra	40
2	Biogāzes ražošana sadzīves atkritumu poligonos	42
2.1.	Ievads	42
2.2.	Normatīvais regulējums, izmantošanas potenciāls Latvijā	42
2.3.	Poligona biogāzes SEG emisiju modelēšana un gāzes daudzuma prognoze un tās izmantošanas iespēju novērtējums	43
2.4.	Sadzīves atkritumu poligonu noglabāšanas paņēmieni	45
2.5.	Poligona biogāzes monitoringa sistēmas	46
2.6.	Poligona biogāzes ieguves sistēmas	47
2.7.	Gāzes savākšanas un utilizācijas iekārtu vispārējais iedalījums	47
2.8.	Biogāzes ekstrakcijas sistēmas izbūve	47
2.9.	Poligona biogāzes kondensāta savākšana un novadīšana	50
2.10.	Kontrole un regulēšana	50
2.11.	Vides un darba aizsardzības prasības	51
2.12.	Poligona biogāzes ekstrakcijas sistēmu ekspluatācija	52
2.13.	Poligona biogāzes utilizācijas sistēmas	52
2.14.	Poligona biogāzes apsaimniekošanas drošības pamati	54
2.15.	Izmantotā literatūra	54
3	Biogāzes attīrīšanas un izmantošanas veidi elektroenerģijas ražošanā, to salīdzinājums	56
3.1.	Biogāzes attīrīšana	56
3.2.	Biogāzes izmantošana koģenerācijas stacijās	60
3.3.	Izmantotā literatūra	64
4	Biogāzes iekārtu būvniecības un ekspluatācijas riski	65
5	Speciālo terminu skaidrojums	74
6	Biogāzes iekārtas Latvijā	76

IEVADS

Šis informatīvais materiāls ir veidots KPFI finansēto projektu konkursa «Sabiedrības izpratnes attīstīšana par siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas nozīmi un iespējām» ietvaros kā Latvijas biogāzes asociācijas pieteiktā projekta «Biogāzes ražošana un efektīva izmantošana — siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanas instruments» viena sadaļa.

Biogāze ir ideāls energoresurss, konkurētspējīgs ar naftas produktiem, atjaunojams un visai tuvā nākotnē visur pieejams. Biogāzes iekārtu uzstādīšanai un ekspluatēšanai ir labas izredzes gan no tautsaimnieciskā, gan vides aizsardzības aspekta.

Fosilo energoresursu aizstāšana ar atjaunojamajiem ir nepieciešams un neapstrīdams izaicinājums Latvijā, Eiropas Savienībā un citviet pasaulē. Fosilo resursu krājumi strauji sarūk, pie kam to sadegšana izraisa emisijas, kuras izsauc globālās klimata izmaiņas. Oglekļa dioksīda CO₂ un citu klimata izmaiņu izraisošo gāzu cilvēka darbības radītais atmosfēras piesārņojums paaugstina temperatūru uz zemes, izraisot ledāju kušanu, tuksnešu platību pieaugumu un piekrastes teritoriju un salu applūšanu.

Biogāzes iekārtās saražotā elektrība un siltums ir ieguldījums klimata izmaiņu bremsēšanā. Tas oglekļa dioksīda apjoms, kurš rodas biogāzes iekārtu darbības rezultātā nav papildus radīts. Tas ir tas pats CO₂, kuru iekārtās izmantotā augu biomasa ir uzkrājusi fotosintēzes procesā piesaistot to no gaisa.

Eiropas Savienība savā Rīcības plānā vēl 2005.gadā plānoja strauju AER (atjaunojamie energoresursi) patēriņa pieaugumu. Proti, bija plānots, ka uz 2010.gadu ap 8% no primārā enerģijas patēriņa iegūs no biomasas. Diemžēl grāmatas autoriem nav izdevies iegūt apstiprinātos datus, vai ES šos plānotos rādītājus ir sasniegusi un tādā veidā novērsusi 209 milj. tonnu CO₂ gāzu emisijas ekvivalentu gadā un izveidojusi ap 300 000 jaunu darbavieta lauksaimniecības un mežsaimniecības nozarē. Taču Eiropas Parlaments un Padome ar Direktīvu 2009/28/EK (2009.gada 23.aprīlis) par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu izvirza 3 nopietnus mērķus:

- 20% atjaunojamo energoresursu saražotas enerģijas īpatsvars kopējā energopatēriņā
- 20% siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājums
- 10% atjaunojamo energoresursu īpatsvars transporta nozarē [1]

Latvija, atsaucoties uz Eiropas parlamenta un Padomes jaunajiem mērķiem, arī izvirzījusi ne mazāk ambiciozus (AER) izmantošanas pieauguma mērķus turpmākam periodam. Līdz 2020. gadam:

- paaugstināt AER izmantošanu kopējā bruto enerģijas gala patēriņā vismaz līdz 40% un turpmāk to palielināt;
- sasniegt 10% AER īpatsvaru transporta sektorā un turpmāk to palielināt [2].

Vācijas Federatīvās Republikas Vides, dabas aizsardzības un reaktoru drošības federālā ministrija (BMU) 2011. gada jūlijā publicēja jaunākos rādītājus par siltumnīcas efektu izraisošo gāzu samazināšanu ar atjaunojamo enerģiju palīdzību. Ir aprēķināts, ka uz katru biogāzes iekārtā saražoto kilovatstundu elektrības ietaupa 565g CO₂ emisijas un vēl papildus 157g CO₂ uz katru izmantoto siltuma kilovatstundu. Šajā aprēķinā vērā ir ņemtas visas Vācijas biogāzes iekārtas, ieskaitot 800 atkritumu poligonu iekārtas Salīdzinoši saules enerģijas iekārtu devums klimata izmaiņu bremsēšanā ir 679g CO₂, vēja enerģijas 709g uz katru saražoto kilovatstundu [3]. Tātad biogāze, saule un vējš uzrāda līdzīgu siltumnīcu gāzu emisiju samazinošo efektu. Pie kam biogāzes iekārtās saražoto enerģiju var piegādāt bāzes slodzē (vienmērīgi un pastāvīgi laikā). To nespēj saules un vēja enerģiju ģenerējošās iekārtas. To saražotā enerģija ir svārstīga, atkarīga no vēja stipruma un saules starojuma.

Turklāt tās pašas EK 28/2009 Direktīvas 12.punktā ir rakstīts: «Lauksaimniecības atkritumu izmantošana, piemēram, kūtsmēsli un vircas, kā arī citu dzīvnieku izcelsmes vai organisku atkritumu izmantošana biogāzes iegūšanai, ņemot vērā lielo siltumnīcefekta gāzu emisijas ietaupījumu, nozīmē ievērojamas priekšrocības attiecībā uz vidi, gan ražojot siltumu un elektroenerģiju, gan izmantojot

tos par biodegvielu. Ņemot vērā biogāzes ražošanas iekārtu decentralizēto raksturu un reģionālo investīciju struktūru, tās var būtiski veicināt lauku teritoriju ilgtspējīgu attīstību, kā arī piedāvāt lauksaimniekiem jaunas ienākumu iespējas» [1].

Latvija, atbilstoši EK 28/2009 Direktīvai ir savā Rīcības plānā paredzējusi, ka Latvijā 2020. gadā biogāzes iekārtu kopējā uzstādītā elektriskā jauda būs 92 MW [2]. Tas nozīmē, ka gadā tiktu iegūts gandrīz 300 milj. m³ biogāzes, no kuras savukārt koģenerācijas stacijās varētu saražot ap 640 GWh elektroenerģijas un vismaz 320 GWh lietderīgi izmantojamas siltumenerģijas, ja pieņem, ka biogāzes iekārtu pašpatēriņā tiktu izlietota apmēram viena puse no iegūtās siltumenerģijas. Tādā veidā gadā tiks iegūta ap 280 000 t CO₂ ekonomija.

Uz 2012. gada maija sākumu Latvijā darbojās 34 biogāzes iekārtas ar kopējo uzstādīto jaudu ap 39 MW, tai skaitā:

- 3 biogāzes iekārtas atkritumu poligonos — SIA «ZAAO», SIA «Liepājas RAS» un SIA «Getliņi-Eko»,
- 1 biogāzes iekārta no komunālo notekūdeņu dūņām — SIA «Rīgas ūdens» NAI «Daugavgrīva»,
- 2 biogāzes iekārtas no pārtikas rūpniecības notekūdeņiem un atlikumproduktiem — Kalsnavas spirta ražošanas rūpnīca «Biodegviela» un AS «Cēsu alus» (biogāzi izmanto tiešā sadedzināšanā apkures katlā),
- 1 koksnes biomasas gazifikācijas iekārta (ar divām izdalītām biogāzes «kvotām») — SIA «Kņavas granulas».
- 27 biogāzes stacijas lauksaimniecībā.

No šo iekārtu biogāzes izmantošanas tikai elektroenerģijas ražošanā gadā vien tiks ietaupītas 120 000–130 000 t CO₂ emisijas. Taču ir jātiecas uz to, lai vismaz 50% no iegūtās siltumenerģijas arī tiktu izmantotas lietderīgi, kas ļaus panākt vēl ievērojamāku CO₂ emisiju ietaupījumu. Bez tam biogāzes iekārtu būvniecība turpinās un pēc Latvijas biogāzes asociācijas prognozēm tuvākajos 2–3 gados varētu tikt uzceltas vēl 20–25 biogāzes iekārtas (gan arī palielinātas esošo staciju jaudas) ar kopējo uzstādīto el. jaudu 18–22 MW.

Biogāzes ražotnes ļauj samazināt organisko atkritumu apjomu, kurš nonāk atkritumu apglabāšanas poligonos. Latvijā plaši tiek lietotas tehnoloģijas, lai biogāzi, kura rodas atkritumu poligonos un slēgtajās izgāztuvēs izmantotu enerģijas ražošanai, būtiski samazinot klimata izmaiņas izraisošās emisijas. Pēc būtības biogāzes ieguves tehnoloģijas ļauj pārvērst gan sadzīves, gan ražošanas organiskos atkritumus enerģijā, papildus iegūstot kvalitatīvu mēslojumu zemkopībai, mazinot augsnes, ūdeņu un gaisa piesārņojumu.

Biogāzes tehnoloģijas paver jaunas iespējas Latvijas enerģētiskās neatkarības stiprināšanā. Biogāze ir piemērota, lai ražotu elektroenerģiju un siltumu. Tā ir laba alternatīva transporta līdzekļu degvielai. Šajā nolūkā, līdzīgi kā balonos saspieztās dabasgāzes tehnoloģijās, biogāzi attīra un saspiež un iepilda ar biogāzi darbināmās automašīnās.

Biogāzi var attīrīt arī līdz tādai pakāpei, lai ar to varētu papildināt tīklos esošo dabasgāzi.

Biogāze ir atjaunojams enerģijas avots, kurš tiek uzturēts, izmantojot vietējās izejvielas un organiskos atkritumus. Lauku attīstībai biogāzes tehnoloģijas paver jaunas, ilgtspējīgas, videi draudzīgas saimniekošanas iespējas.

Fermentēti kūsmēsli, organiskie atkritumi un zaļmasa kļūst par augstvērtīgu un ekoloģiski drošu minerālmēsļu aizvietošanu. Zaļo masu biogāzes iekārtām īpaši nozīmīgi būtu audzēt pamestajās, aizaugušajās aramzemes platībās, tādējādi atgriežot tās saimnieciskajā aprītē un radot jaunas darbavietas.

Vislabākos un stabilākos tautsaimnieciskos un ekoloģiskos ieguvumus uzrāda tās biogāzes iekārtas, kurās tiek izmantoti vietējie, bieži vien pašam saimniekam piederošie resursi (lauki zaļmasas audzēšanai, kūsmēsli) un reģionāli pieejamie organiskie atkritumi, kuru transportēšanas attālums nepārsniedz 20, maksimāli 30 km.

Biogāzes ražošanas un izmantošanas tehnoloģijas strauji attīstās. To ekonomiskā un ekoloģiskā efektivitāte ik gadu pieaug, investīciju atbalsta mehānismi pilnveidojas. Vietējie uzņēmēji piedāvā pašmājās ražotas iekārtas, to mezglus un inženiertehniskos pakalpojumus, radot biogāzes nozarei stabilas un drošas izredzes tagad un nākotnē.

1. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:lv:PDF>
2. [http://www.em.gov.lv/images/modules/items/EMZino_111010_AER\(1\).pdf](http://www.em.gov.lv/images/modules/items/EMZino_111010_AER(1).pdf)
3. [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Stellungnahme_des_Fachverbandes_Biogas_e_V_zum_Hintergrundpapier_des_NABU/\\$file/11-09-30_stn_NABU.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Stellungnahme_des_Fachverbandes_Biogas_e_V_zum_Hintergrundpapier_des_NABU/$file/11-09-30_stn_NABU.pdf)

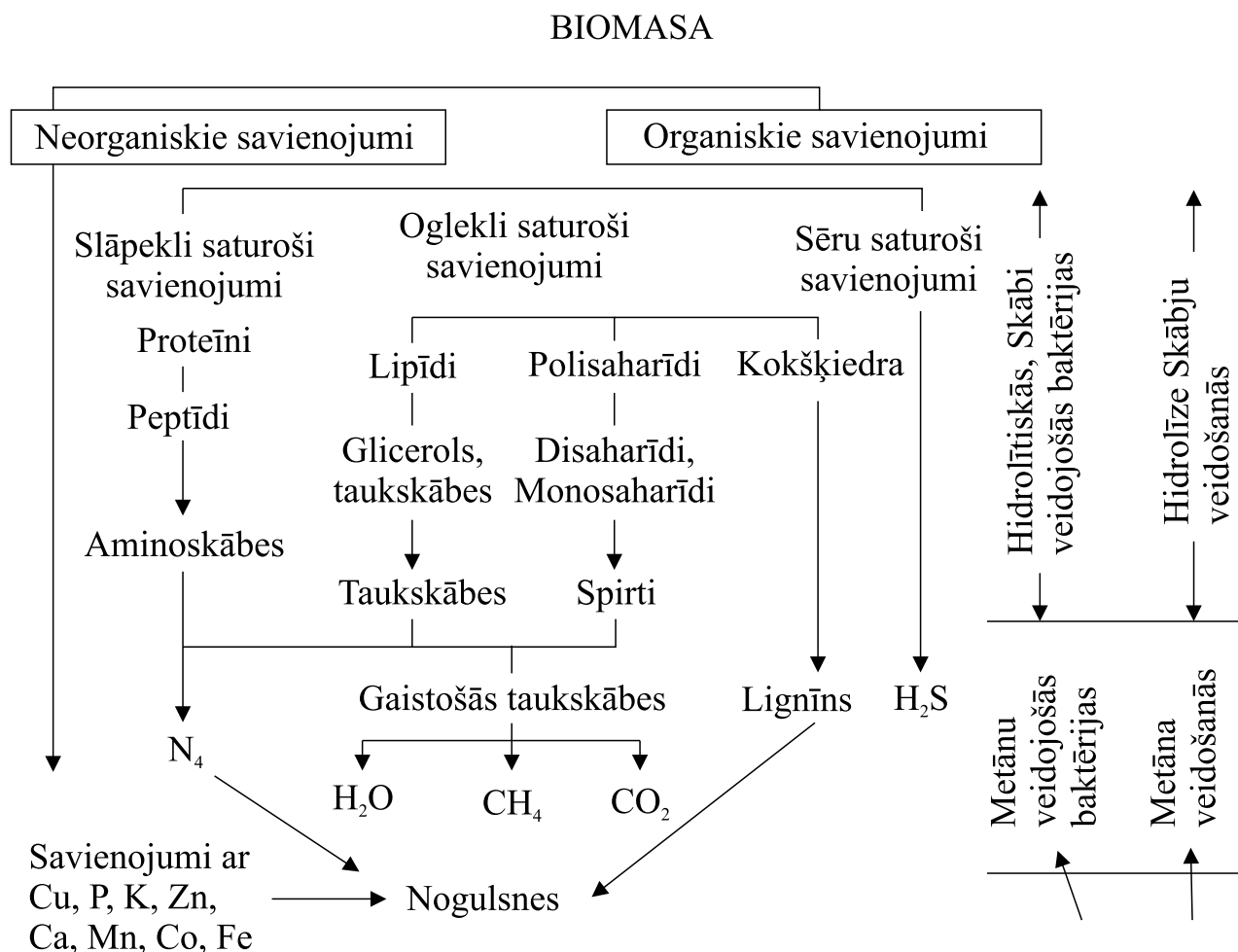
1.BIOGĀZES RAŽOŠANA NO LAUKSAIMNIECĪBAS IZEJVIELĀM

1.1.Biogāzes ražošanas iespējas Latvijas laukos.

Primārā biogāzes ražošanas izejviela laukos noteikti ir šķīdmēsli, kam sekotu pakaišu kūtsmēsli un lauku saimniecībā pieejamie lauksaimniecības atlikumprodukti: bojāti graudi un dārzeņi, neražas gadā neizaugusi labība, lopu uzturā neizlietotā barība, graudu pelavas u.tml. Un tad būtu vērtējams jautājums par biogāzes iegūšanu no speciāli šim nolūkam audzējamiem augkopības kultūraugiem (bietēm, kukurūzas, saulespuķēm, topinambūra, zālaugiem u.c.). Ja no 1 ha apsētas platības var iegūt 5–6 tūkst. m³ biogāzes, tas dod iespēju iegūt 10–12 tūkst. KWh elektroenerģijas un vēl tikpat daudz siltuma enerģijas. Tātad no 300000 ha varētu iegūt 1,5–1,8 miljardus m³ biogāzes vai 3000–3600 GWh elektroenerģijas un apmēram tikpat siltuma enerģijas. No 200000 ha varētu attiecīgi iegūt 1–1,2 miljardus m³ biogāzes vai 2000–2400 GWh elektroenerģijas un vēl aptuveni tikpat daudz siltuma enerģijas. Jo lielāka būs biogāzes ražotne vai bioenerģētiskā iekārta (BEI), jo tā būs ekonomiski izdevīgāka, taču tas nebūt nenozīmē, ka biogāzes ražošanu nevarētu uzsākt salīdzinoši nelielā lauksaimniecības uzņēmumā. Viss būs atkarīgs no pielietotajām izejvielām, tehnoloģijas un iegūtās enerģijas izmantošanas efektivitātes. Tomēr BEI ir visizdevīgāk būvēt pie lielajām fermām un biogāzi ražot kopā no lopkopības un augkopības biomasas.

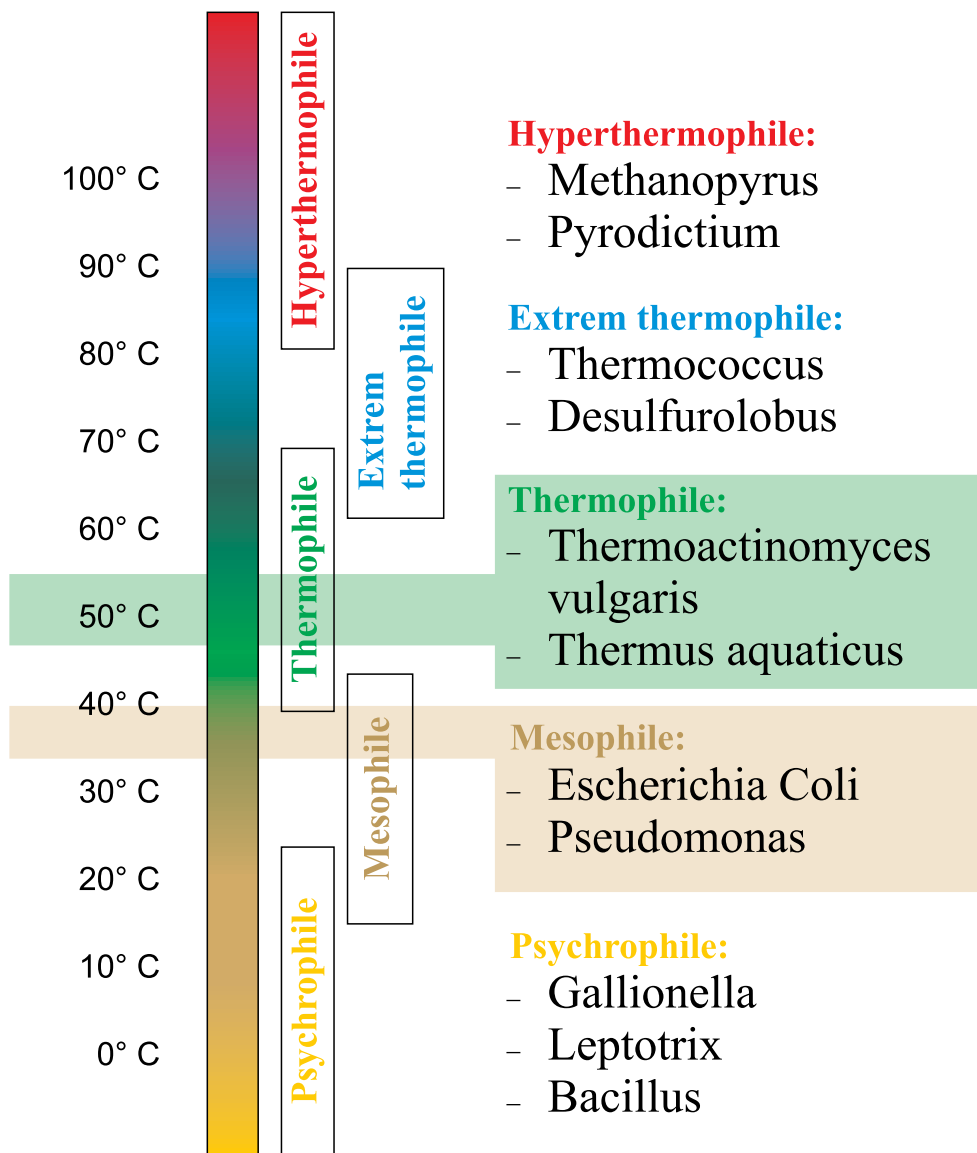
1.2.Process.

Gāzveida enerģijas resursu biogāzi iegūst organiskās vielas (biomasas) anaerobajā pārstrādē vai metānrūgšanas jeb fermentācijas procesā. Metānrūgšana ir sens, dabā izplatīts process, kura laikā baktēriju asociācija sadala organiskās vielas. Kopējā metānrūgšanas shēma parādīta 1.1. attēlā.



1.1.attēls. Anaerobās fermentācijas bioķīmiskā shēma.

Pirmajā fāzē no saliktajām organiskajām vielām ūdens klātbūtnē veidojas skābes, spirti, gāzes, aminoskābes, glicerīns u.c. vielas. Šo sadalīšanu veic parastie saprofīti vai hidrolītiskās baktērijas, kas ir dabā plaši izplatītas, strauji savairojas un dzīvo vidēji vidē ar pH 4,5–7. Šī skābā rūgšana raksturīga ar daudz skābju veidošanos, vides paskābināšanos un nepatīkamu smaku. Otrajā fāzē acetogēnie mikroorganismi (MO) turpina vielu sadalīšanu un metānveidojošie mikroorganismi tālāk trešajā fāzē sadala vielas, kas veidojās iepriekš. Izdalās gan CO_2 , gan CH_4 , H_2 , N u.c. Šajā stadijā darbojas fakultatīvi un stingri anaerobie MO, kas konkurē ar sulfātu reducējošiem MO. Parasti metanogēni ir pārsvarā, tādēļ izdalās tikai neliels daudzums H_2S . Nav vērojamas stingras robežas starp fāzēm, it īpaši starp pirmajām divām, tāpēc bieži pētnieki tās apvieno. Bioreaktorā darbojas daudz dažādu mikroorganismu grupas. Tās klasificē atkarībā no temperatūras, kurā tās dzīvo: psihrofīlās, mezofīlās un termofīlās (1.2. attēls)



1.2.attēls. Mikroorganismu grupu klasifikācija

1.3.Izejvielas.

Kā izejviela anaerobajai pārstrādei var kalpot jebkura organiskā viela. Lietderīgi ir izmantot organiskos atkritumus. Lauku reģionos tie varētu būt kūsmēsli, pārtikas u.c. ražošanas uzņēmumu organiskie atkritumi, augkopības atkritumi, meža un kokapstrādes atkritumi, kūdra, sadzīves organiskie atkritumi, notekūdeņu dūņas, augu zaļā masa u.c. Biogāzes daudzums, ko var iegūt no dažādām izejvielām ir atšķirīgs un nav pastāvīgs lielums. Dažādi pētnieki, strādājot ar līdzīgām izejvielām,

ir ieguvuši dažādus rezultātus. Tie ir atkarīgi no substrāta, anaerobā procesa norises apstākļiem, mikroorganismu sastāva un citiem faktoriem. Vieni no svarīgākajiem faktoriem, kas nosaka biogāzes ieguves potenciālu, ir organiskās vielas (OV) saturs un sastāvs un īpaši trīs galveno OV grupas: ogļhidrātu, proteīnu un lipīdu saturs. Laboratoriju praksē tiek izmantota sekojoša formula biogāzes iznākuma (a) noteikšanai:

$$a = 0,92 l + 0,62 p + 0,34 og$$

kur l; p un og – lipīdu, proteīnu un ogļhidrātu saturs 1 g SOV (sausās organiskās vielas).

Biogāzes veidošanās formulas:

- Ogļhidrātiem

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$
- Lipīdiem (stearīnskābe)

$$C_{18}H_{36}O_2 + 2CO_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$
- Anaerobo baktēriju aktivitāte un veidojas $CH_4 + CO_2$

$$C_6H_{12}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$$

$$C_{18}H_{36}O_2 + 8H_2O \rightarrow 5CO_2 + 13CH_4$$

Projektu aprēķiniem lietderīgāk izmantot vidējos biogāzes iznākumus no dažādiem atkritumiem, kas iegūti gan mūsu pētījumos, gan pēc literatūras un apkopoti tabulā (1.1.tabula).

1.1.tabula. Biogāzes ieguves daudzums no dažādiem lauksaimniecības atkritumiem

Atkritumu produktu nosaukums	Iespējamais biogāzes ieguves daudzums m ³ /kg organiskās sausnas
Cūku mēsli	0,34–0,68, vidēji 0,5
Liellopu mēsli	0,2–0,4, vidēji 0,3
Putnu mēsli	0,37–0,64, vidēji 0,55
Piena ražošanas atkritumi	0,62
Kanalizācijas notekūdeņu dūņas	0,2–0,6, vidēji 0,3
Cūku mēsli un 25% kviešu salmi	0.400

Kūtsmēsli ir biogāzes ražošanai vispiemērotākais materiāls un arī visizplatītākais atkritumu veids lauksaimnieciskā reģionā. To izmantošanu galvenokārt limitē savākšanas iespējas un lietderīgums, vadoties no transportēšanas attāluma līdz pārstrādes vietai. Visvieglāk biogāzi iegūt no liellopu mēsliem, jo tajos ir daudz mikroorganismu, kuri sadala organiskās vielas. Ja lieto daudz pakaišu un tos izvāc ar transportieriem, tad kūtsmēslos ir salīdzinoši liels sausnas saturs. Fermās, kur lieto daudz mazgāšanas ūdeni un arī slaukšanas zāles notekūdeņus sapludina kopējā tvertnē, kūtsmēsli ir šķidri.

Latvijā cūku turēšanai tiek izmantotas dažādas tehnoloģijas, bet visizplatītākā no tām praktiski visās lielajās fermās un kompleksos ir turēšana aizgaldos ar daļēju vai pilnīgu restu grīdu un bez pakaišiem vai ar nelielu to izmantošanu. Mēslu izvākšanai izmanto mēslu kanālus un skrāpju transportierus. Kā likums mēslos ir augsts mitruma saturs. Šādi šķidrmēsli, kuros bez ekskrementiem ir arī barības atliekas un pakaiši ir labi piemēroti biogāzes ražošanai. No mazajām fermām mēslus izmanto pilnībā apkārtējo lauku mēslošanai. Lielām fermām lielo šķidrmēslu apjomu dēļ rodas problēmas ar lietderīgu šķidrmēslu izmantošanu un apkārtējās vides saudzēšanu. Pēc noteikumiem pirms izliešanas uz lauka ir nepieciešama šķidrmēslu izturēšana ne mazāk kā 7 mēnešus, kuru laikā, kā tiek uzskatīts, iet bojā patogēnie mikroorganismi. Tādēļ jābūvē lielas mēslu krātuves. Anaerobā

pārstrāde, īpaši, ja notiek termofilā režīmā mēslus padara nekaitīgus un uzreiz izmantojamus, tādēļ ir īpaši labi pielietojama cūkkopības kompleksu problēmu risināšanai.

Putnu mēsli pēc savām īpašībām arī ir piemēroti biogāzes ražošanai. Tomēr arī ārzemēs tos šim nolūkam izmanto retāk sekojošu apstākļu dēļ:

- putnu mēslus ir daudz procesu traucējošu piemaisījumu, piemēram, grants un spalvas var radīt sūknēšanas traucējumus, ja nelieto īpašus sūkņus;
- C/N attiecība nav metanoģenēzei tik labvēlīga, jo ir daudz N, tāpēc vēlams tos sajaukt ar liellopu mēsliem vai citu vairāk C saturošu biomasu;
- putnu mēsli ir ar lielu sausnas saturu un tāpēc vairāk piemēroti sausā mēslojuma gatavošanai ar vai bez tā žāvēšanas.

Latvijā tiek pielietotas vairākas putnu turēšanas tehnoloģijas- gan būros, gan arī uz grīdas ar pakaišiem un arī jaunputnus tur uz stieplu režģu grīdas. Broileru audzēšanai galvenokārt izmanto turēšanu uz grīdas un kā pakaišus parasti izmanto zāģu skaidas, retāk salmus vai kūdru. Pēc audzēšanas perioda beigām, kad putnus nokauj, kūtis iztīra pilnībā. Iegūtie mēsli ir ar augstu sausnas un pakaišu saturu, bet arī tos var izmantot biogāzes ražošanai. Tagad tie tiek krauti komposta stīrpās. Ja agrāk tos pilnībā izmantoja kā mēslojumu, tad tagad pieprasījums pēc tiem ir samazinājies un sākusies uzkrāšanās. Uzņēmumi meklē labākas utilizācijas iespējas.

Olu ražošanas fermās un fabrikās vēl ir iekārtas, kas mēslu iztīrīšanai izmanto arī ūdeni. Tur mēslu mitrums kopējā savākšanas tvertnē sasniedz 90%. Šādu mēslu pārstrādei ļoti piemērota ir anaerobās pārstrādes tehnoloģija. Arī te biogāzes ražošanas ieviešanu galvenokārt traucē tas, ka uzņēmumiem nav savas zemes, kur pēc tam izmantot šķidro mēslojumu. Tādēļ tie cenšas iegādāties tādas konstrukcijas vīsturēšanas baterijas, kurās žāvē arī mēslus. Tomēr tas nebūt nav vislabākais risinājums no ekonomiskā viedokļa, jo jāpatērē papildus enerģija, kas kļūst arvien dārgāka.

Vislielākais biogāzes ieguves potenciāls Latvijā ir no augkopības produktiem (enerģijas augiem). Biogāzes iznākums atsevišķiem produktiem parādīts 1.2.tabulā [1, 2]

1.2.tabula. Biogāzes iznākums no augkopības produktiem

Nosaukums	biogāze, m ³ /kg SOV*	CH ₄ saturs, %
Skābbarība (kukurūzas)	0,570–0,600	52,0
Salmi, garums līdz 30 mm	0,302	50,0
Salmi, garums līdz 2 mm	0,344	51,0
Zāles skābbarība	0,560	54,0
Cukurbiešu lapas	0,453	55,0
Zāle	0,468	54,0
Koku lapas	0,210–0,294	52,0
Kukurūzas stiebri	0,420	53,0
Kviešu salmi	0,342	53,0
Linu salmi	0,359	52,0
Lopbarības bietes	0,683	51,0
Cūku mēsli un 25% kviešu salmi	0,400	60,3

* — SOV — organisko vielu sausna

Zviedrijā, Lundas universitātē iegūti 1.3.tabulā parādītie rezultāti

1.3.tabula. Biogāzes ieguve no cukurbietēm un zālaugiem

Parametrs	Vienība	Cukurbietes	Zālaugi (<i>trifolium repens</i> , <i>Lolium perenne</i>)
Pilota iekārta 30 d. HRT*			
Metāns	m ³ /kg gaistošā sausna	0,32	0,32
Laboratorijas iekārtā			
Metāns	m ³ /kg gaistošā sausna	0,43 (90 d.)	0,37 (50 d.)
Vidējā ieguve no 1ha			
Metāns	m ³ /ha/gadā	5400	2700
Biogāze	m ³ /ha/gadā	9900	5300
Avots: Lundas (Zviedrija) universitātes pētījums (A.Lehtomaki, L.Bjornsson)			

* — HRT — *hydraulic retention time (angl.)* — hidrauliskais izturēšanas laiks

Dienvīdijā, Hohenheimas universitātē pētot pļavu zāles skābbarības potenciālu, iegūti 1.4.tabulā parādītie rezultāti

1.4.tabula. Biogāzes un enerģijas ieguve no skābbarības

Rādītājs	Mērvienība	Pļavu zāles skābbarība				Kukurūzas skābbarība
		1. pļāvums	2. pļāvums	3. pļāvums	4. pļāvums	
Organiskās sausnas saturs	%	89	89	89	89	94
Neto masa	t kopējā sausna	5,75	7,3	9,0	9,0	13,5
Biogāzes ieguve	m ³ /t kopējā organiskā sausna	540	560	560	580	620
Metāna saturs	%	53	53	53	53	54
Elektriskā enerģija	kWh/t kopējā sausna	866	898	898	930	1070
Elektroenerģija	kWh/ha	4980	6511	8083	8372	14445
Avots: Hohenheimas universitāte						

1.4.Biogāzes sastāvs un īpašības

Biogāzes galvenie komponenti ir CH₄ un CO₂, kuru savstarpējā attiecība ir atkarīga no izejvielas un fermentācijas procesa. Biogāzes sastāvs un īpašības parādītas 1.5.tabulā.

1.5.tabula. Biogāzes sastāvs un īpašības

Biogāzes sastāvs un raksturojums	Biogāzes komponenti					Biogāze
	N	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	
Tilpuma daļa %	Līdz 3	55–70	26–44	1	1	100
Siltumspēja MJ/m ³		35,8		10,8	22,8	21,5

Uzliesmošanas robeža % (saturš gaisā)		5-15		4-30	4-45	5-12
Uzliesmošanas temperatūra °C		650-750		585		650-750
Kritiskais spiediens MPa		4,7	7,6	1,3	3,9	7,5-8,9
Kritiskā temperatūra °C		-82,5	31,0		100	-2,5
Normālais blīvums g/l		0,72	1,98	0,09	1,54	1,2
Kritiskais blīvums g/l		102	468	31	349	320
Blīvums attiecībā pret gaisu		0,55	2,5	0,07	1,2	0,83

1.5. Gāzes veidošanās procesu ietekmējoši faktori

Anaerobie procesi var notikt kūtsmēslos gan ar lielu, gan mazu mitruma saturu. Šķidrajos un sausajos kūtsmēslos anaerobie procesi notiek pēc tām pašām galvenajām likumsakarībām, t.i., vispirms notiek hidrolīze un skābju u.c. vielu veidošanās, tad sākotnējo procesu gala produktu izmanto citi mikroorganismi, un anaerobos apstākļos noteiktajā fermentācijas procesā veidojas biogāze. Bioreaktoros, šķidro atkritumu maisīšanas vai konvekcijas ceļā, notiek viegla mikroorganismu pārvietošanās uz nākošo organisko vielu (barību). Tādēļ te procesi notiek daudz straujāk, jo tiek uzturēti arī mikroorganismiem labvēlīgi nosacījumi: stabila temperatūra un vides reakcija.

Temperatūra. Bez atkritumu sastāva, procesu ietekmē arī citi faktori. Viens no galvenajiem faktoriem, kurš ietekmē metānrūgšanas procesu ir temperatūra. Pieņemts uzskatīt, ka ir trīs dažādi temperatūras režīmi: psihrofilais +15–30°C, mezofilais +31–42°C un termofilais +48–60°C, kur darbojas katrai temperatūrai piemērojušies mikroorganismi. Daudzi pētnieki temperatūru pārejā no mezofilā uz termofilu norāda uz izdalītā biogāzes daudzuma samazināšanos diapazonā +43–48°C. Latvijā veiktajos laboratorijas pētījumos, raudzējot cūku mēslus temperatūrās no +25–60°C ar 2°C intervālu, šādu biogāzes samazinājumu nenovēroja. Pie augstākām temperatūrām gāzes ieguve ir straujāka. Tās samazināšanās tika novērota no +58°C un pie +60°C jau ar diezgan strauju kritumu. Joprojām vēl tiek diskutēts par to, kurš temperatūras režīms ir labāks: mezofilais vai termofilais. Termofilais patērē vairāk siltuma procesa temperatūras uzturēšanai, bet dod lielāku biogāzes ieguvi īsākā laikā un, it sevišķi, kas ir ļoti svarīgi — nodrošina pilnīgu pārstrādāto mēslu sanitāciju. Latvijā veiktajos pētījumos ir konstatēts, ka runas par termofilā režīma nestabilitāti nav pamatotas, ja metānrūgšanas procesu kārtīgi kontrolē, tad tas ir stabils.

Mitrums. Otrs svarīgākais faktors, kas ietekmē biogāzes ieguvi ir mitrums. Procesu straujāk notiek šķidrums. Sausajiem atkritumiem mitrums (ūdens) ir jāpievada papildus.

Fermentācijas procesa stabilitāte ir ļoti atkarīga no pareizas biomasas organiskās vielas koncentrācijas bioreaktorā un tā ir saistīta ar masas izturēšanas laiku bioreaktorā.

Citi faktori. Vēl procesu ietekmē biomasas svaigums vai sadalīšanās pakāpe, vides reakcija — pH, cieta daļiņu klātbūtne un arī oglekļa attiecība pret slāpekli (C:N) attiecība u.c. faktori. Pēc dažādu autoru datiem C:N attiecība izejvielā apkopota 1.6.tabulā.

1.6.tabula. C:N attiecība dažādos kūtsmēslos un atkritumos

Atkritumi	C:N attiecība	Atkritumi	C:N attiecība
Cūku mēsli	4-15	Asinis	3
Govs mēsli	9-20	Salmi	150
Zirgu mēsli	25	Rīsu salmi	83,5
Skābbarības sula	10	Linu atliekas	58
Vistu mēsli	7-15	Slapjas zāģu skaidas	208
Kautuves atkritumi	2		

Par optimālu tiek uzskatīta C:N attiecība izejvielā no 15:1 līdz 20:1, bet Latvijas pētnieki ilgstoši sekmīgi praksē ir strādājuši arī ar C:N 8:1 līdz 10:1. Baktērijām ir milzīgas adaptācijas spējas, tās ātri pielāgojas. C:N attiecības uzlabošanai parasti lieto dažādu atkritumu sajaukumu.

Vides reakcija pH. Metānrūgšanas process notiek pie mainīga pH. Sākumā pēc svaigā produkta iepildīšanas pH samazinās, jo notiek skābju veidošanās, bet, ja metānu veidojošās baktērijas (metanogēni) ir pietiekošā vairumā, tad tie izmanto procesā izdalītās skābes, ātri neitralizē vidi, un process optimāli notiek pie pH 7–7,2 līdz pat pH=8, kad sākas jau procesa inhibēšanās, ja netiek bioreaktorā padota jauna biomasa.

Maisīšana. Procesu ietekmē bioreaktora konstrukcija un substrāta maisīšana. Lēna (4–20 apgr/min) maisīšana procesu paātrina un nav nepieciešama straujāka maisīšana, kas patērē vairāk enerģijas.

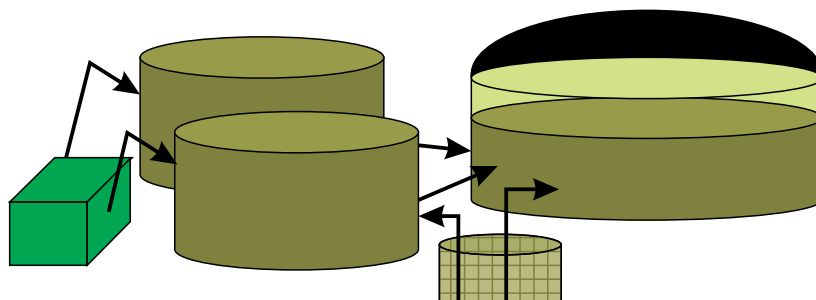
Substrāta izturēšanas laiks bioreaktorā. Tas ir atkarīgs no organisko vielu sastāva, koncentrācijas, procesa temperatūras. Kūtsmēslu pārstrāde noris straujāk kā daudzu citu, celulozi un it īpaši lignīnu saturošu, materiālu (salmu, meža atkritumu, zaļmasas u.c.) pārstrāde. Visātrāk var pārstrādāt pārtikas ražošanas uzņēmumu atkritumus ar nelielu sausnas saturu.

Inhibitori. Procesu var inhibēt vielas, kas atrodas izšķīdusā stāvoklī. Ja olbaltumvielu saturs izejvielās ir liels, tad ir iespējama paaugstināta NH_3 koncentrācija. Uzskata, ka, ja tā pārsniedz 2000 mg/l, tad process inhibējas. Procesu var inhibēt arī metāli, sulfīdi, nitrāti, ja to daudzums pārsniedz kritisko koncentrāciju.

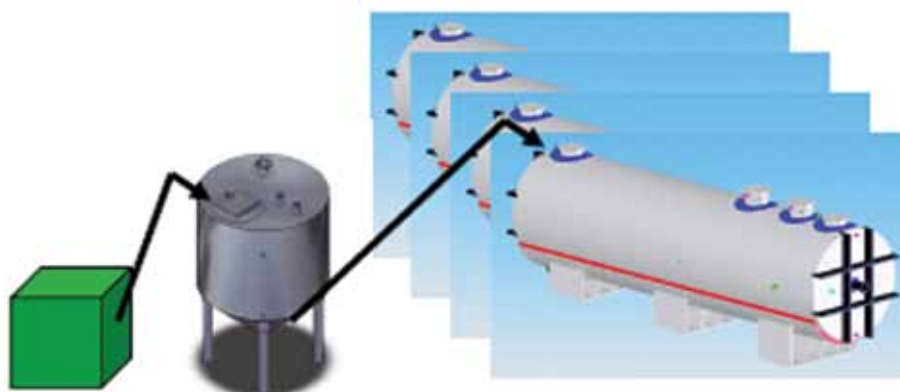
Latvijas zinātnieki ir pārbaudījuši cūkkopības kompleksā lietoto antibiotiku un dezinfekcijas līdzekļu ietekmi uz biogāzes produkciju. Ja tās ir nelielās koncentrācijās, tad process neinhibējas.

1.6. Biogāzes ražošanas tehnoloģijas.

Biogāzes ražošanas tehnoloģijas ir atkarīgas no izejvielas mitruma un mitruma bioreaktorā. Ja sausnas saturs bioreaktorā nepārsniedz 10%, tad process sekmīgi var notikt tradicionālajos liela tilpuma bioreaktoros, kur notiek mitrā fermentācija. Bioreaktori var būt novietoti gan vertikāli (1.3.attēls), gan horizontāli (1.4.attēls).



1.3.attēls. Shēma ar vertikāliem bioreaktoriem



1.4.attēls. Shēma ar horizontāliem bioreaktoriem

Ja sausna bioreaktorā ir 30% un vairāk, tad lietderīgi ir pielietot sauso fermentāciju. Sausās anaerobās fermentācijas īpatnības ir sekojošas:

- Tiek fermentēta biomasa ar lielu sausnas saturu — dabīgi pļauta, sausna 20–30%,
- Svaigo izejvielu jāsajauc ar fermentēto masu, lai apsētu ar baktērijām,
- Mitrumu pievada papildus, parasti izsmidzinot no augšas,
- No infiltrāta arī iegūst gāzi otrā reaktorā, infiltrātu recirkulē uz izejvielu.

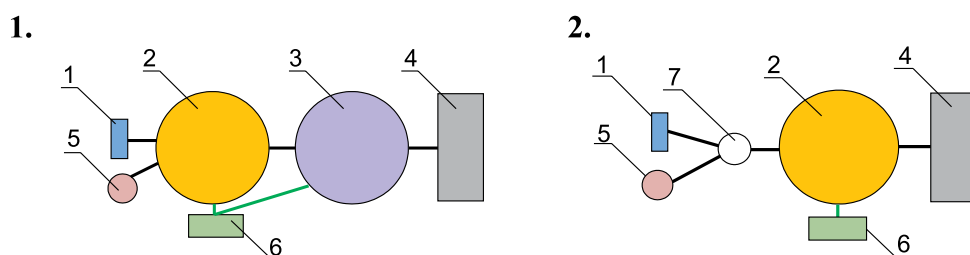
Arī sausajai fermentācijai ir vairākas tehnoloģijas. Viena no visvairāk pielietotajām ir kameru tipa tehnoloģija. Pēc šīs tehnoloģijas atsevišķās rūgšanas kamerās izejviela tiek iepildīta vienreizējas iepildīšanas režīmā un tā tiek turēta tik ilgi, kamēr no izejvielas izdalās biogāze. Tikai pēc tam, kad izejviela (substrāts) ir pārstrādāta, tā tiek izkrauta (atšķirībā no nepārtrauktas darbības iekārtām, kur izejviela tiek pildīta un izkrauta katru dienu). Kameras tipa iekārta parādīta 1.5.attēlā.

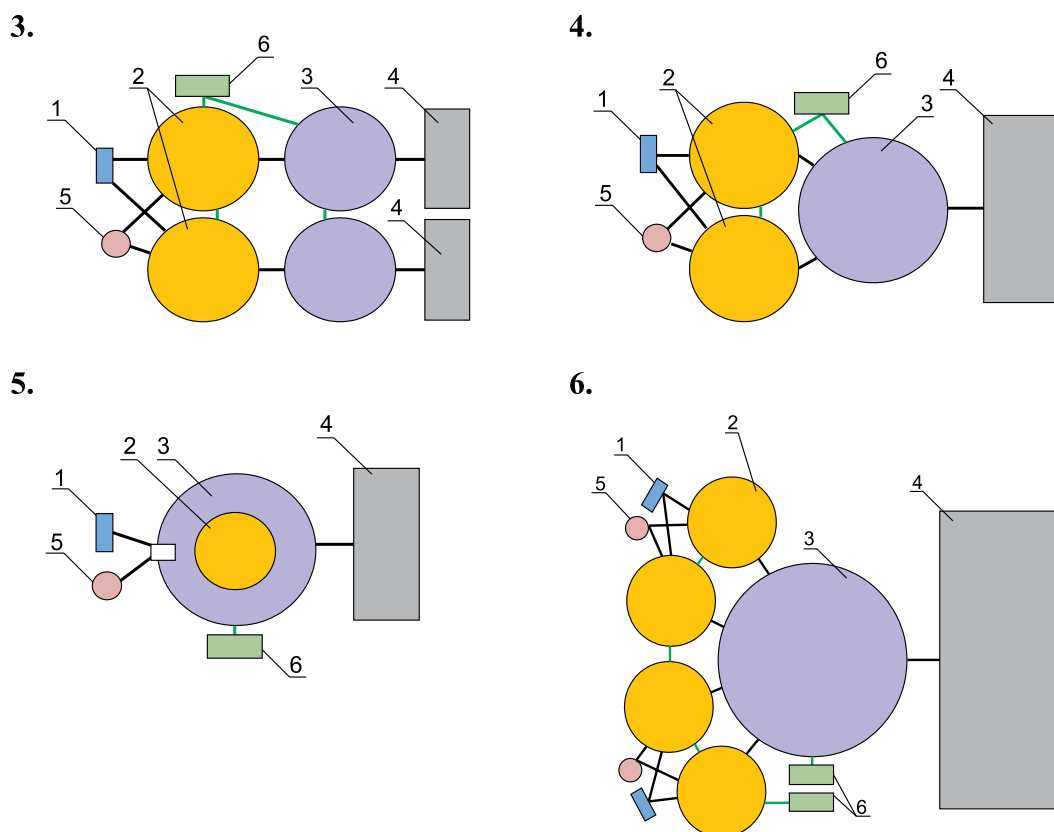


1.5.attēls. Kameras tipa sausās fermentācijas iekārta

Tehnoloģiskās shēmas.

Biogāzes ražošanai no lauksaimniecības izejvielām Latvijā tiek pielietotas sekojošas principālās tehnoloģiskās shēmas (1.6.attēls):





1.6.attēls. Biogāzes ražotņu principiālās shēmas

kur 1 — cietās biomasas padeves iekārta; 2 — bioreaktors; 3 — pēcfermentācijas tvertne; 4 — digestāta krātuve; 5 — šķidrās biomasas padeves iekārta; 6 — koģenerācijas iekārta; 7 — sajaukšanas tvertne.

1. shēma ir salīdzinoši vienkārša, tās priekšrocības ir relatīvi zemās būvniecības izmaksas, un tā vairāk piemērota mazām ražotnēm. Tās trūkums ir tas, ka tehnoloģiskajā shēmā nav pēcfermentācijas tvertnes, kurā pārstrādātais substrāts pabeigtu fermentēties, kā arī tādā veidā būtu iespēja iegūt papildus biogāzes daudzumu.
2. shēmas priekšrocība ir pilnīgāka biomasas samaisīšanas un apsēšanas iespēja ar baktērijām. Biomasu no cietās biomasas padeves iekārtas tiek padota uz samaisīšanas un smalcināšanas iekārtu, tajā tiek iepildīta arī šķidrā izejviela, kas uzlabo substrāta sajaukšanos, tā samazinot noslāņošanās iespēju bioreaktorā. Ja biomasu tiek sasmalcināta, tad nav jāgaida ilga sadalīšanās process, kad biomasu dabiskā ceļā sadalās, jo smalkāk sadalītām biomasas daļiņām ir lielāks virsmas laukums, kā rezultātā baktērijām ir vairāk piekļuves vietas organiskajai vielai. Rezultātā straujāk norit biogāzes ražošanas process. Priekšrocība ir tā, ka ar sajaukšanās tvertnes palīdzību, iespējams padot bioreaktorā viendabīgu substrātu, kā arī ar sajaukšanas tvertnē esošiem svāriem iespējams precīzāk dozēt iepildāmās biomasas apjomus. Sekojot līdz bioreaktorā notiekošajam procesam, iespējams aprēķināt iepildāmās svaigās biomasas apjomus, kuru, precīzi dozējot, iegūst stabilu bioreaktora darbību. Trūkums: Sajaukšanas tvertnes būvniecība rada papildus izmaksas ražotnes būvniecībā un ekspluatācijas laikā. Smalcināšanas procesā jāpatērē papildus enerģija, kas ievērojami palielina ražotnes ekspluatācijas izmaksas.
3. shēmas priekšrocība, pielietojot divus paralēlos bioreaktorus, ir tā, ka ir iespējams stabilizēt vienā bioreaktorā notiekošo procesu, izmantojot otru bioreaktoru. Tas ir, procesa problēmas gadījumā, pastāv substrātu pārsūkņēšanas iespēja no/uz inhibēto bioreaktoru. Trūkums:

nepieciešama papildus iekārta, kas prasa papildus ieguldījumus un rada papildus ekspluatācijas izmaksas.

- shēmas priekšrocības ir vienas pēcfermentācijas tvertnes izmantošana kas samazina kapitālieguldījumus. Izmantojot divus bioreaktorus, iespējams stabilizēt vienā bioreaktorā notiekošo procesu, izmantojot otru bioreaktoru.

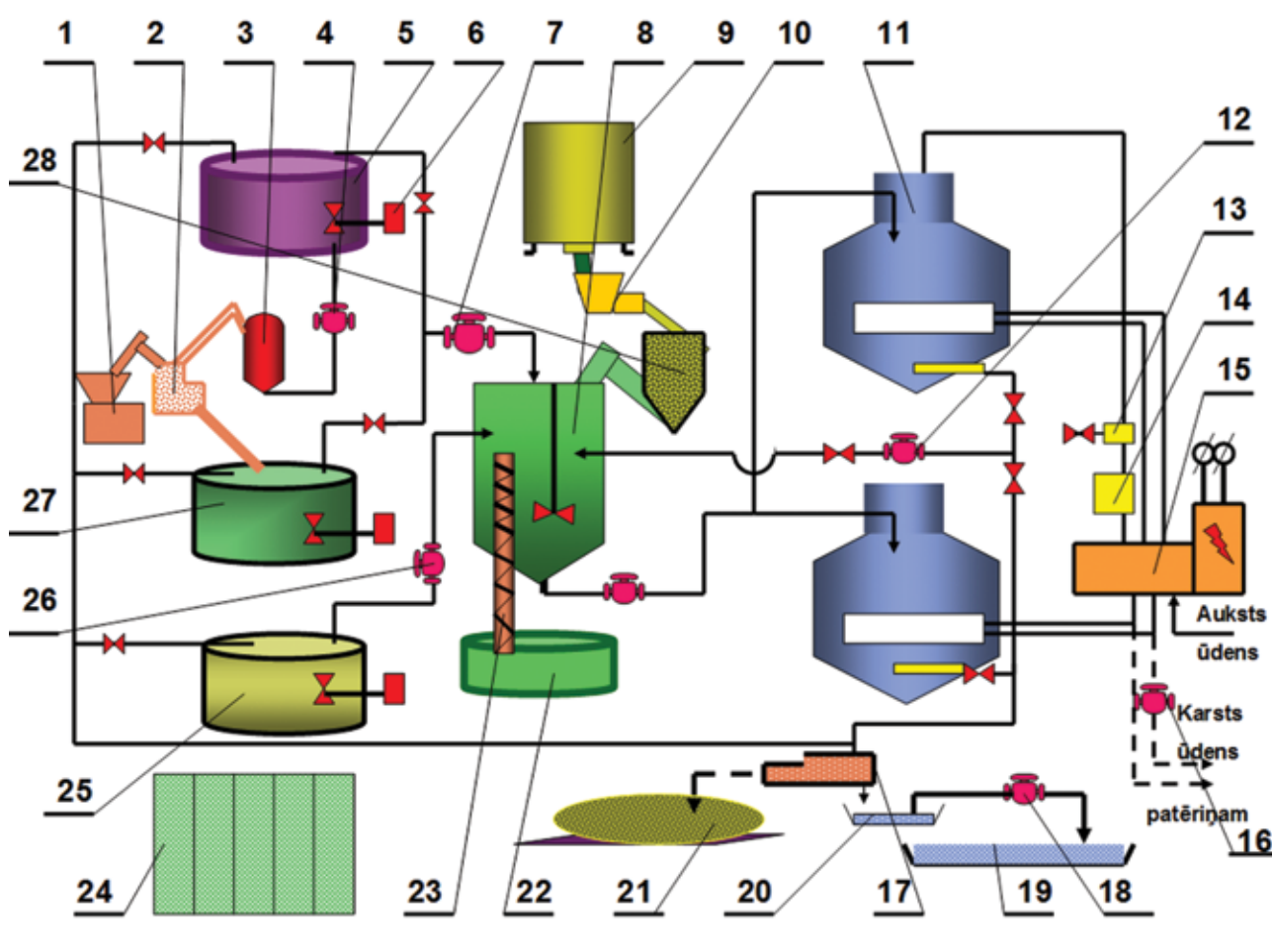
Trūkums: Divi bioreaktori izmaksā dārgāk kā viens.

- shēmas priekšrocības ir, ka bioreaktors un pēcfermentācijas tvertne ir zem viena jumta, kas samazina siltumenerģijas patēriņu. Biomasas konversijas process ir sadalīts fāzēs, jo ir izveidota īpaša priekšskābēšanas tvertne. Tas dod iespēju efektīvāk izmantot bioreaktora kopējo tilpumu.

Šīs ražotnes komplektācijā ietilpst maisīšana ar gāzi, kur iegūtā biogāze ar kompresora palīdzību tiek padota bioreaktora apakšā un, gāzei plūstot cauri biomasai, paredzēta tās samaisīšanās.

- shēmu izmanto lielas jaudas biogāzes ražotnēs, tādēļ tiek izmantoti vairāki paralēli strādājoši bioreaktori. Biogāzes ražotnes izmaksu samazinājumam viena kopēja biomasas padeves iekārta var apkalpot vairākus bioreaktorus. Trūkums: tiek izmantota salīdzinoši liela pēcfermentācijas tvertne, kurā ir grūti realizēt efektīvu maisīšanu un tādēļ ir nepieciešams uzstādīt papildus maisītājus.

Lauksaimniecības reģionā biogāzes ražotnē būtu lietderīgi pārstrādāt visus tuvākajā apkārtnē esošos organiskos atkritumus. Tad var izmantot 1.7.attēlā parādīto tehnoloģisko shēmu.



1.7.attēls. Kompleksa organisko atkritumu anaeroba pārstrāde

1 — pieņemšanas bunkurs ar transportieri; 2 — drupinātājs ar transportieri; 3 — sterilizācijas iekārta; 4 — sūknis; 5 — pieņemšanas tvertne; 6 — tvertnes maisītājs; 7 — sūknis-smalcinātājs; 8 — sajaucējs un dozators; 9 — graudu bunkurs; 10 — dzirnavas; 11 — bioreaktori; 12 — sūknis; 13 — kondensāta atdalītājs; 14 — H₂S filtrs; 15 — koģenerācijas iekārta; 16 — ūdens sūknis; 17 — frakcionēšanas iekārta; 18 — sūknis; 19 — lagūna; 20 — šķidrās frakcijas tvertne; 21 — cietās frakcijas krātuve; 22 — skābbarības pieņemšanas tvertne; 23 — transportieris; 24 — skābbarības glabātuve; 25 — dūņu tvertne; 26 — sūknis; 27 — pārtikas atkritumu tvertne; 28 — miltu bunkurs.

Tehnoloģijas apraksts.

Izejvielas pieved ar mobilo transportu un iepilda kādā no pieņemšanas tvertnēm 5, 27, 25. Ja tiek izmantoti kautuves vai citi atkritumi, kam nepieciešama sterilizācija, tad tos iepilda pieņemšanas bunkurā 1, tālāk drupina drupinātājā 2 un sterilizē atbilstoši sanitārajām prasībām (vismaz 1 stundu iztur +70°C temperatūrā) sterilizatorā 3. No pieņemšanas tvertnēm atšķaidītas ar digestāta šķidro frakciju izejvielas ar sūkni 7 vai 26 iesūknē sajaucējā-dozatorā, kur katra frakcija tiek nosvērta un reģistrēta. Ja tiek izmantota zaļā masa vai skābbarība, tad to no tvertnes 22 uz sajaucēju padod ar transportieri 23. Ja tiek izmantoti zemas kvalitātes graudi, kuri uzkrāti bunkurā 9, tad tie tiek samalti dzirnavās 10 un no miltu bunkura 28 iepildīti sajaucējā-dozatorā. No sajaucēja izejvielu pārsūknē uz kādu no bioreaktoriem (metāntenkiem) 11. Saražotā biogāze caur kondensāta atdalītāju 13 un filtru 14 nokļūst koģenerācijas iekārtā 15, kur sadeg iekšdedzes dzinējā, kas savienots vienā korpusā ar ģeneratoru. Saražoto elektrību realizē caur transformatoriem centrālajā elektrības tīklā. Karsto ūdeni izmanto metāntenku pastāvīgas temperatūras uzturēšanai, sterilizācijas temperatūras nodrošināšanai, un pārpalikumu padod ar sūkni 16 tālākai izmantošanai (ēku apsildīšanai u.c. vajadzībām).

Pārrūgušo digestātu sadala frakcijās iekārtā 17. Biezā frakcija tiek uzkrāta krātuvē 21 un tiek izmantota lauku mēslošanai. Šķidrā frakcija no savākšanas tvertnes 20 ar sūkni 18 tiek padota uz lagūnu 19 un tālāk attiecīgajos periodos izvesta lauku mēslošanai.

Zaļā masa tās plaušanas periodā tiek izmantota svaiga, bet ziemas periodam tiek gatavota skābbarība krātuvē 24.

1.7. Tehnoloģiskais režīms

Lai bioenerģētiskā iekārta (BEI) stabili darbotos, ir nepieciešams pareizs tehnoloģiskais režīms. Tā galvenie parametri ir: izejvielas iepildīšanas režīms un organiskās vielas koncentrācija, stabila temperatūra un pareizi izvēlēts bioreaktora aprites laiks. Izšķir vienreizējas (periodiskas) iepildīšanas, adaptācijas un nepārtrauktas darbības režīmus.

Lai noskaidrotu, cik pareizi noris process, to ir jākontrolē gan ar stacionāriem mērinstrumentiem, kas ievietoti iekārtās, gan arī ir regulāri jāņem substrātu paraugi un tos jāanalizē laboratorijā.

Kontrolējamie parametri. Savulaik zinātnieku aprindās tika runāts, ka anaerobās fermentācijas optimālai vadīšanai būtu jākontrolē vismaz 47 parametri, taču praksē analizē un kontrolē tikai galvenos:

- pH izejvielai un digestātam un substrātam bioreaktorā,
- Izejvielas iepildīšanas doza un organisko vielu koncentrācija,
- Taukskābju koncentrācija,
- Buferkapacitāte,
- Procesa temperatūra,
- Gāzes daudzums un sastāvs,
- C/N attiecība,
- Ekspresmetodei izmanto iekārtas FOS/TAC vai Biogas Pro.

1.8. Biogāzes ražotnes tehnoloģiskie aprēķini.

Biogāzes ražotnes būvēšanas priekšnoteikumi ir sekojoši:

1. stabila un lēta izejvielu bāze,
2. stabils un ekonomiski izdevīgs saražotās enerģijas patēriņš,
3. digestāta utilizācijas iespējas.

Izejvielu aprēķins:

- Kā izejvielas jāizmanto visus tuvākā apkārtnē pieejamos organiskos atkritumus,
- Latvijas apstākļiem vispiemērotākie: kūtsmēsli, zaļā masa, skābbarība, notekūdeņu dūņas, zemas kvalitātes graudi, pārtikas rūpniecības atlikumi, augkopības un augļkopības atlikumi, pārtikas atliekas, salmi, kartupeļi, spirta ražošanas atlikums-šķiedrenis, glicerīns u.c.

Latvijas laukos visvairāk pieejamās izejvielas ir kūtsmēsli, zaļā masa un skābbarība.

Liellopu kūtsmēslu daudzumu gadā B_g tonnās (t) aprēķina

$$B_g = D_g \times M_{dn} \times D_{dz},$$

kur D_g — dienas gadā, kad rodas kūtsmēsli; M_{dn} — kūtsmēslu daudzums diennaktī, t; D_{dz} — dzīvnieku skaits kūtī.

Zaļās biomasas daudzums gadā $B_z(t)$ atkarīgs no ražas no ha/g

$$B_z = R \times n,$$

kur R — raža no t/ha; n — ha daudzums, jāaprēķina ir arī sausna S_z

$$S_z = B_z \times s\%,$$

kur $s\%$ — sausnas saturs zaļajā masā %

Skābbarības biomasas $B_{sk}(t)$:

$$B_{sk} = B_z - z,$$

kur z — zudumi ražojot skābbarību (parasti 8–12%)

Skābbarības sausna:

$$S_{sk} = B_{sk} \times s\% \times t,$$

kur $s\%$ — sausnas saturs dotajā izejvielā (vidēji 30–35%)

Sausā organiskā viela izejvielā (t):

$$S_{ov} = S \times o\%,$$

kur $o\%$ — organiskās vielas saturs saussnā % nosaka laboratorijas analīzes katrai konkrētai izejvielai (liellopu mēsliem vidēji 85%)

1.9. Biogāzes un enerģijas ieguves aprēķins.

Biogāzes iegūstamais daudzums ir atkarīgs no konkrētās izejvielas īpatnējā biogāzes potenciāla P_b , kurš savukārt ir atkarīgs no izejvielas sastāva (proteīnu, lipīdu, ogļhidrātu satura)

Biogāzes daudzumu R_b (m^3) aprēķina:

$$R_b = P_s \times S_{ov},$$

kur P_b nosaka eksperimentāli, aptuvenās vērtības tabulās

Enerģijas ieguves iespējas (KWh) aprēķina:

$$E_b = R_b \times e,$$

kur e — energoietilpība (siltumspēja) atkarīga no gāzes sastāva (metāna — CH_4 satura, pie $CH_4 = 60\%$ aptuveni 6 KWh/ m^3)

Elektroenerģijas E_e (kWh) ieguves iespējas aprēķina, atņemot no kopējā siltumu E_s un zudumus E_z :

$$E_e = E_b - E_s - E_z$$

Saražotās elektroenerģijas apjoms ir atkarīgs no izvēlētajā koģenerācijas iekārtas jaudas un tipa (35–45 % no visas enerģijas).

1.10. Tvertņu tehnoloģiskie aprēķini.

Pieņemšanas tvertnes tilpumu izvēlas atkarībā no BEI jaudas ar aprēķinu, lai tajā būtu iespējams iepildīt 1–2 dienu izejvielu daudzumu. Tas dotu iespēju iegūt laiku remontam un arī iepildīt izejvielu izdevīgā un īsā laikā 1 maiņā.

Bioreaktoru tilpumu (m^3) izvēlas atkarībā no izejvielu izturēšanas laika tajos:

$$V_b = L \times B_{al},$$

kur L — iepildāmais izejvielas daudzums dnn; B_{al} — bioreaktora aprites laiks dnn.

Atkarībā no izejvielas satura un tehnoloģijas B_{al} ir ļoti dažāds (10–100 diennaktis), vācu iekārtās, kur pamatā tiek pārstrādāti kūtsmēsli un skābbarība, tas ir vidēji 40–60 dienas.

Bioreaktora aprites laiku limitē organiskā slodze O_s (kg/m^3), tas ir ikdienas bioreaktorā iepildāmais organiskās sausas vielas daudzums L_{ov} , attiecināts pret bioreaktora darba tilpumu V_d :

$$O_s = L_{ov}/V_d$$

Būtiski ir nepārsniegt organisko slodzi, optimālais slodzes lielums lauksaimniecības substrātiem ir 3. Kaut arī īpašas konstrukcijas bioreaktorus, strādājot ar viegli noārdāmiem pārtikas rūpniecības atlikumproduktiem un notekūdeņiem, organiskā slodze var būt arī 8–8,5.

1.11. Bioenerģētiskās iekārtas galvenās sistēmas un mezgli.

BEI sastāv no sekojošām galvenajām sistēmām:

- izejvielu sagatavošana un padošana bioreaktorā;
- bioreaktors ar pastāvīgas temperatūras uzturēšanas un maisīšanas ierīcēm;
- biogāzes attīrīšana, uzglabāšana un izmantošana;
- digestāta izkraušana, glabāšana, apstrāde un izmantošana.

Izejvielu sagatavošana un padošana bioreaktorā.

Lai intensificētu biogāzes ražošanas procesu, kūtsmēslus pirms iepildīšanas bioreaktorā jāapstrādā. Apstrāde atkarīga no kūtsmēsļu stāvokļa un piejaukumu daudzuma. Garus salmus jāsasmalcina. To var izdarīt ar īpašiem sūkņiem-macerātoriem, kas ir aprīkoti ar īpašiem griezējnažiem (1.8.attēls).



1.8.attēls. Dažādu marku sūkņi-maceratori.

Kūsmēslus ar citu biomasu parasti samaisa homogenizācijas tvertnē. Ja homogenizācijas tvertni izmanto jau daļējai substrāta hidrolīzei, tad vēlams to ierīkot ar vāku, lai neizplatītos nepatīkamās smakas un apsildīšanas sistēmu. Uzsildīto substrātu iepildot bioreaktorā, tas mazāk ietekmē bioreaktora mikroorganismus un tie ātrāk uzsāk svaigi iepildītā substrāta fermentāciju.

No homogenizācijas tvertnes substrātu padod uz bioreaktoru ar sūkni.

Cietās biomasas padeves iekārtas tiek izmantotas skābbarības, zaļās masas u.c. cietas biomasas padošanai bioreaktorā. Tām ir daudz un dažādas konstrukcijas. Parasti sastāv no tvertnes ar kustīgu grīdu ar vai bez samaisīšanas iekārtas un gliemežtransportieriem, kas novietoti slīpi vai vertikāli (1.9–1.11.attēli).



1.9.attēls. Lielām ražotnēm piemērota cietās biomasas padeves iekārta.



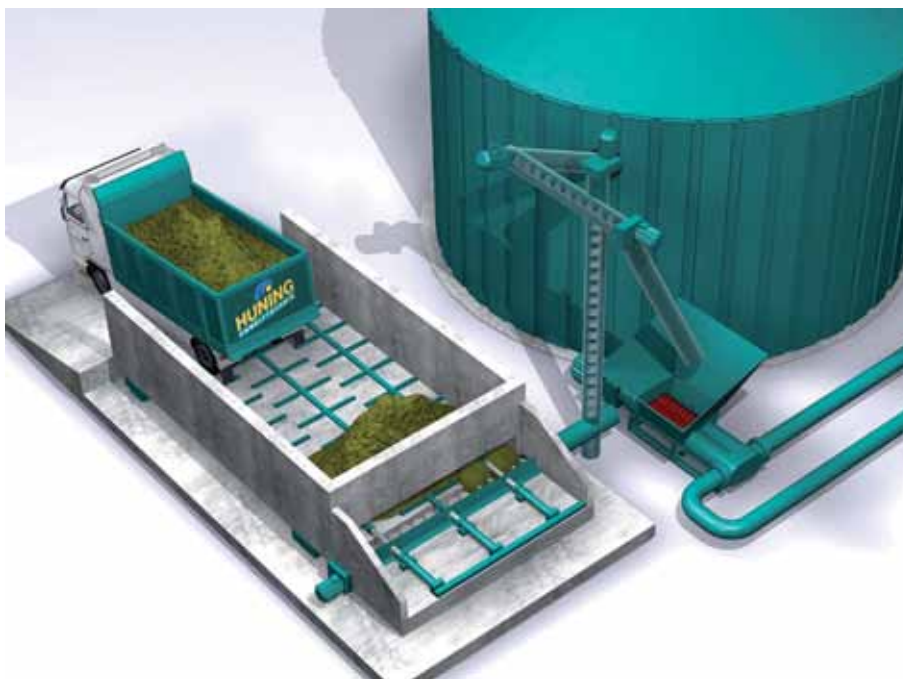
1.10.attēls. Cietās biomasas padeves iekārta ar sajaucēju.



1.11.attēls. Cietās biomasas padeves iekārta

1.11.attēlā parādītajai iekārtai trūkums ir tvertnes salīdzinoši nelielais tilpums un tādēļ tā ir biežāk jāuzpilda ar izejvielu (reizēm pat vairākas reizes diennaktī).

1.12.attēlā ir parādīta iekārta, kur bioreaktorā tiek iepildīta cietā un slapjā biomasa vienlaicīgi. Tas dod iespēju labāk samitrināt cieto biomasu un samazināt skābbarības pH un samazina iespējas daudz ietekmēt bioreaktora mikroorganismus.



1.12.attēls. Cietās un slapjās izejvielas vienlaicīgas padeves iekārta (Avots: <http://www.huning-umwelttechnik.de/bereiche/biogas/index.html>.)

Sajaukšanas tvertne.

Sajaukšanas tvertnē dažāda veida iepildāmās izejvielas tiek sajauktas kopā un homogenizētas. Tvertne (1.13.attēls) ir aprīkota ar vairākiem izejvielu iepildīšanas pieslēgumiem un pārplūdes aizsardzības slēdži, kā arī ir lūka pārbaudes, apkopes un, protams, arī kontroles veikšanai, sajaukšanas procesā.



1.13.attēls. Izejvielu sajaukšanas tvertne.

Piederumi: tvertne ir aprīkota ar maisītāju, svēršanas sistēmu, līmeņa sensoru, lūku, cauruļvadu pieslēgumu vietām.

Sūknētās un transportētās ienākošās biomasas izejvielas tiek samaisītas, ja nepieciešams, atšķaidītas ar digestātu un homogenizētas sajaukšanas tvertnē ar maisītāja palīdzību. Sajaukšanas laiks, izejvielu sastāvs un ikdienas deva ir mainīgi un var tikt mainīti ar datora (PC) palīdzību. Pēc maisīšanas izejvielas tiek sūknētas uz fermenteri ar sūkni, pirms kura atrodas smalcināšanas mehānisms. Izejvielu padošanas procesu kontrolē ar datorprogrammas palīdzību (PLC-System). Zem sajaukšanas tvertnes kājām ir novietoti automātiskās mērīšanas svāri, kas tiek izmantoti precīzas devas noteikšanai katrai izejvielai.

Sajaukšanas tvertne ir noslēgta un darbojas bez spiediena un ir aprīkota ar apkopes lūku.

Sajaukšanas tvertnes priekšrocības:

- Aizsargāta pret sala iedarbību, atrodas ēkā;
- Izejvielas smalcināšana un malšana ar Rota-cut sūkni smalcinātāju;
- Maisījumu pārvietošana ar Rota-cut;
- Viendabīga maisījumu nodrošināšana fermenterī;
- Pasargāta pret šķidruma izdalījumiem no fermentera, ja bojāta padeves sistēma;
- Neaizsprostojas iepildāmā izejviela;
- Iespējams savienot ar vairākiem fermenteriem, ja ražotne paplašinās;
- Sausā materiāla ievadīšana bez gaisa;
- Iepildāmo izejvielu precīza svēršana.

Cietās biomasas sasmalcināšanas iekārta Bio cut ir parādīta 1.14.attēlā.



1.14.attēls. Bio cut smalcināšanas iekārta (Avots: <http://www.engineered-to-work.com/Presse/Fotoarchiv/BioCut.html>).

Bioreaktors ar apsildīšanas un maisīšanas ierīcēm.

Lai svaigais substrāts ātrāk tiktu izmantots, to ir jā sajauc ar bioreaktorā esošo substrātu un jānodrošina pēc iespējas labāka mikroorganismu piekļūšana svaigajai organiskajai vielai. Pielieto sekojošas maisīšanas metodes:

- 1.ar mehānisko maisītāju-lāpstiņām
- 2.ar propellera tipa maisītāju
- 3.ar biogāzi
- 4.hidrauliskā maisīšana ar sūkni

Atkarībā no bioreaktora konstrukcijas un lieluma ir dažādas maisīšanas ierīces. Horizontālos, nelielos bioreaktoros lieto: mehānisko maisīšanu ar lāpstiņām, mehānisko ar vertikālas vai slīpas ass propelleru, maisīšanu ar biogāzi un maisīšanu sūknējot substrātu no vienas bioreaktora zonas uz otru. Vertikālos bioreaktoros arī lieto mehānisko maisīšanu ar propelleru un lāpstiņu palīdzību, kuras izvietotas lielajos bioreaktoros vispirms vietās, kur ieplūst un izplūst substrāts.

1.15.un 1.16.attēlos parādīts propellera maisītājs, kuru var pārvietot pa vertikālo asi un tas dod iespēju samaisīt gan tvertnes dibenā, gan virspusē esošo substrātu.



1.15.attēls. Propellera tipa maisītājs.



1.16.attēls. Bioreaktorā iegremdēti propellera maisītāji.

Dažas firmas piedāvā slīpasu maisītāju, kas ar lāpstiņām maisa substrātu netālu no pamatnes un ar otru lāpstiņu virsējo kārtu (1.17.attēls). Šādas konstrukcijas priekšrocība ir tā, ka elektromotors ir izvietots bioreaktora ārpusē un ir viegli maināms.



1.17.attēls. Slīpasu maisītājs.

Lielos bioreaktoros maisīšanu ar biogāzi lieto retāk.

Hidraulisko maisīšanu ar sūkni dažās konstrukcijās pielieto arī, lai substrātu izlejot uz virsmas, izjauktu biezo virskārtu. Svarīgi ir, lai svaigi iepildītais substrāts paliktu bioreaktorā tehnoloģiskajā režīmā paredzēto laiku un mikroorganismi paspētu to noārdīt. Tādēļ daudzas praksē izbūvētās maisīšanas iekārtas, kas tikai iegriež substrātu, ir maz efektīvas, nereti tās pat samazina potenciālo biogāzes ieguvi.

Katrai maisīšanas sistēmai ir savas priekšrocības un trūkumi. Labākā ir pareizi ierīkota lokālā mehāniskā maisīšana. Nav nepieciešams liels maisīšanas ātrums. Jau 4–10 apgr./min. nodrošina substrāta sajaukšanos, ja lāpstiņas un maisītāji ir pareizi izvietoti. 1.18.attēlā parādīts lāpstiņu maisītājs, kur lāpstiņas izvietotas dažādos līmeņos.



1.18.attēls. Lāpstiņu mehāniskais maisītājs

Bioreaktors.

Pazīstami ļoti daudz un dažādu formu bioreaktori. Kūtsmēsļu pārstrādei visbiežāk izmanto vertikālu, cilindriskas formas dzelzsbetona vai tērauda bioreaktoru (1.19.attēls). Pēdējā laikā ir populāri izbūvēt bioreaktora augšējo daļu no bieza elastīga, necaurlaidīga materiāla, visbiežāk divās kārtās, kas vienlaicīgi kalpo arī kā gāzes uzkrāšanas tvertne (gāzholders).



1.19.attēls. Vertikālais bioreaktors ar izbūvētu dubultmembrānas biogāzes krātuvi (Binowa Umwelttechnik un Biolak Baltic).

Temperatūras nodrošināšana bioreaktorā.

Pastāvīgai temperatūrai bioreaktorā ir svarīga nozīme procesa stabilitātes nodrošināšanai. Tādēļ bioreaktoriem jāierīko siltumizolācija, kas nodrošina mazus temperatūras zudumus (1.20.attēls).



1.20.attēls. Bioreaktora siltumizolācijas ierīkošana.

Temperatūras uzturēšanai bioreaktorā pielieto sekojošas tehnoloģijas:

1. sildīšana bioreaktorā
2. sildīšana īpašos siltummaiņos bioreaktoru ārpusē ar karstu ūdeni
3. sildīšana īpašos siltummaiņos ar tvaiku
4. sildīšana siltummaiņos ar gāzes degli
5. sildīšana ar dūmgāzēm un bioreaktorā
6. sildīšana ar tvaiku izejvielas plūsmā
7. sildīšana ar elektrību

Atkarībā no bioreaktora konstrukcijas tiek izmantotas dažādas apsildīšanas ierīces. Plašāk izmanto sildelementu izvietojumu bioreaktora iekšpusē, pa kuru cirkulē karstais ūdens. Mazāku izmēru vai laboratorijas bioreaktoru apsildīšanai izmanto arī elektrisko sildvadu bioreaktora ārpusē, ja bioreaktors izgatavots no metāla kā arī izgatavo dubultsienu, kur ārējā apvalkā cirkulē siltumnesējs. Agrāko laiku konstrukcijās izmantoja arī substrāta uzsildīšanu, iepūšot tvaiku tieši substrātā. Substrātu var uzsildīt arī ārpus bioreaktora un nodrošināt pastāvīgu temperatūru tajā, ja substrātu sūknē caur īpašu siltummaiņi, kur to uzkaršē karsts ūdens vai tvaiks. Šādas konstrukcijas ir piemērotas šķidriem substrātiem, jo citos gadījumos pastāv liels cauruļu aizsērēšanas risks. Dažās konstrukcijās substrātu uzsilda ar dūmgāzēm. Bioreaktorus krāsas un lielas (vairāk kā 2°C) temperatūras svārstības nav pieļaujamas, jo šādas svārstības izsauc gāzes ražošanas samazināšanos.

Lauksaimniecības biogāzes ražotnēs visplašāk izmanto karstā ūdens, kurš nāk no koģenerācijas iekārtas, cirkulāciju pa tērauda vai siltumizturīgas plastmasas caurulēm (1.16.un 1.17.attēli), kuras iebūvētas bioreaktora iekšpusē.

Lai samazinātu siltuma zudumus, bioreaktora sienas ir papildus izolētas vismaz ar 100 mm biezu WLГ 035 (W/mk).

Jumts ar gāzes krātuvi (gāzholderi)

Gāzes krātuve ir telpa bioreaktora augšpusē un ir aprīkota ar gāzes necaurlaidīgām lūkām, apkopes vai remontu veikšanai. Gāzes krātuvei ir jābūt hermētiski noslēgtai. Jebkāda gāzes noplūde nav pieļaujama. Gāzes noplūdes testi ir jāizdara pēc celtniecības beigām. Gāzes krātuves augšējā daļā ir iestiprinātas caurules biogāzes savākšanai. 1.21.attēlā parādīts tradicionālais bioreaktors ar elastīgu augšējo daļu (membrānu) gāzes uzkrāšanai.



1.21.attēls. Bioreaktors ar membrānu gāzes uzkrāšanai.

Ja biogāzes ražotnē ir bioreaktori ar dzelzsbetona pārsegumu (jumtu), tad parasti ir maz telpas gāzes uzkrāšanai. Tādēļ izvēlas īpašas atsevišķi izvietotas gāzes krātuves, kuras var būt dažādas konstrukcijas, ar mainīgu un nemainīgu tilpumu. Pēdējā laikā visplašāk pielieto lodes formas gāzes krātuves ar dubultmembrānu (1.22.attēls).



1.22.attēls Atsevišķi stāvoša gāzes krātuve ar dubultmembrānu.



1.23.attēls. Atsevišķi stāvoša no tērauda izgatavota biogāzes krātuve

Bioreaktora drošības ierīces.

Fermenterī ir iebūvēti pārplūdes un zema līmeņa sensori, kā arī temperatūras un spiediena sensori.

Virsspiediena iekārta.

Virš un zem spiediena kontroles iekārta, kas izgatavota no nerūsējoša tērauda, ir piemontēta uz apkalpošanas platformas, kas atvieglo kontroles un ekspluatācijas iespējas.

Apskates stikli/Stiklotas uzraudzības lūkas/uzraudzība ar videokameru.

Lai varētu sekot fermentācijas procesam un redzēt, kā izskatās raudzējamā substrāta virskārta bioreaktorā, ir vairāki risinājumi. Jumta lūkā vai bioreaktora sānā tiek ierīkotas stiklotas uzraudzības lūkas. Pie galvenās apkalpošanas platformas sienā parasti ir ierīkoti divi apskates logi. Apskates logi un uzraudzības lūkas ir aprīkotas ar mehānisko stikla tīrīšanu no fermentera iekšpuses. Pēdējos gados vairākas firmas nereti piedāvā alternatīvu risinājumu: bioreaktorā izvietotas videokameras, kas ļauj redzēt bioreaktora iekšpusi jau biroja datorā.

Biogāzes izmantošana sadedzināšanai koģenerācijas iekārtā.

Lai biogāzi varētu izmantot sadedzināšanai iekšdedzes dzinējā, to iepriekš jāsgatavo. Sagatavošanas iekārta parādīta 1.24.attēlā.



1.24.attēls. Gāzes sagatavošanas iekārta.

Vispirms jākontrolē H_2S saturs tajā un parasti tas ir jāsamazina.

Tradicionālajās lauksaimniecības biogāzes ražotnēs pielieto izejvielas, kuras raudzējot, sērūdeņraža nav daudz, tomēr tā koncentrācija bieži pārsniedz pieļaujamos 100–150 ppm.

Tagad plaši izmanto metodi, kad bioreaktora gāzes telpā ievada nelielu gaisa daudzumu ar automātiski kontrolējamu kompresoru. Taču šī metode būs derīga, ja biogāzē sērūdeņraža koncentrācija nepārsniedz 400–500 ppm.

Kompresors atsērošanai.

Gaiss tiek pastāvīgi iesūkņēts biogāzes krātvē ar kompresoru. Skābekli izlieto īpašas baktērijas, kuras izmanto sēru bioloģiskajos procesos. Gaisa daudzums ir atkarīgs no biogāzes daudzuma un katru dienu tiek kontrolēts un regulēts ar vārstu.

Skābekļa daudzums nekad nedrīkst pārsniegt 4% no biogāzes daudzuma. Šo lielumu nepārtraukti kontrolē programma.

Piederumi: plūsmas indikators ar regulēšanas vārstu, cauruļvadi ar atpakaļvārstu un noslēgvārstu.

Ja H_2S koncentrācija ir augstāka, tad jāizmanto cita samazināšanas metode. Visvienkāršākā no tām ir aktīvās ogles filtra uzstādīšana.

Sarežģītākas metodes ir H_2S koncentrācijas samazināšana ķīmiskā ceļā ar dzelzs hlorīdu vai dzelzs sulfātu.

Ja biogāzē ir augsta H_2S koncentrācija, tad nereti tiek pielietota ar sērūdeņraža attīrīšana bioloģiskajos filtros.

Gāzes kompresors.

Lai iegūto gāzi varētu lietot, tās plūsma ir jāstabilizē ar kompresoru, kas ir aprīkots ar frekvenču pārveidotāju un manometru. Kompresors ir uzstādīts tehniskajā ēkā, un drošībai kompresora priekšā ir paredzēts liesmu slāpētājs cauruļvadiem.

Piederumi: liesmu slāpētājs, temperatūras slēdzis, gāzes droša konstrukcija, frekvenču pārveidotājs.

Kombinētā siltuma un elektroenerģijas ražošanas iekārta.

Kombinētajā siltuma un elektroenerģijas ražošanas iekārtā (koģenerācijas iekārtā CHP) biogāze tiek sadedzināta iekšdedzes dzinējā, kas saistīts ar ģeneratoru. Gaiss degšanas procesam tiek ņemts no ārpusē, kas ienāk dzinēja telpā. Maksimālā āra temperatūra nedrīkst pārsniegt 30°C, savādāk gaiss ir jādzesē. Izplūdes caurule caur dūmeni ar skaņas līmeņa samazināšanu, izvada izlietotās gāzes ārā caur dūmeni, kas ir ierīkots pie tehniskās ēkas blakus koģenerācijas iekārtai un ir 10 m garš, un montēts uz betonētas pamatnes.

Klusināšanas izolācija ir apbūvēta apkārt koģenerācijas iekārtai, lai samazinātu trokšņa līmeni tehniskajā telpā. Klusinātāja izolācijas iekšpusē ir izvietoti sensori dūmu un gāzes trauksmei.

Koģenerācijas iekārtā, gāzei degot un ģeneratoram griežoties, radītā strāva tiek novadīta ar transformatoru palīdzību kopējā sadales tīklā. Siltais ūdens, kas radies motora dzesēšanas laikā tiek novadīts bioreaktora sildīšanai un atlikušo, neizmantoto, siltumu var izmantot citiem siltuma patērētājiem. Ja siltuma patērētāja nav, tad tas tiek izvadīts ārā caur dzesēšanas sistēmu, kura ir izvietota pie tehniskās ēkas.

Piederumi: klusinātāja apvalks, gāzes drošības ierīce, ugunsdrošības ierīce, siltummainis, 10m garš dūmenis, dzesējamā ūdens siltummainis, biogāzes kontroles ierīce ar liesmu slāpētāju, plūsmas mērītājs, spiediena drošības ierīce, dzinēja kontroles panelis, tīkla iekārta, ikdienas eļļas tvertne, eļļas maiņas stacija ar sūkni, gaisa kondicionieris ar frekvences regulējošiem ventilatoriem un trokšņa slāpētāju līdz 25 dBA, avārijas dzesētājs, motora dzesētājs, temperatūras kontroles sensors.



1.25.attēls. Firmas Pro2 koģenerācijas iekārta

Ieplūdes ventilators.

Radiālais gaisa ieplūdes ventilators koģenerācijas iekārtai nodrošina gaisa apmaiņu koģenerācijas iekārtas telpā (klusinātāja izolācijā). Ventilators ir saistīts ar drošības ierīci, ja nostrādā gāzes trauksme.

Dzinēja dzesētājs.

Atgāzu dzesēšanai tiek izmantots siltummainis, kas parasti tiek izvietots pie tehniskās ēkas un atrodas netālu no koģenerācijas iekārtas, un ir montēts uz betona pamatnes vai arī uz koģenerācijas stacijas jumta. Kapacitāte: atbilstoši koģenerācijas iekārtai.

Avārijas dzesētājs.

Avārijas dzesētājs tiek lietots, lai atdzesētu motoru, ja nav cita siltuma patērētāja. Tas atrodas netālu no koģenerācijas iekārtas, un ir montēts uz betona pamatnes vai arī uz koģenerācijas stacijas jumta. Tas var arī strādāt, ja pārējās atdzesēšanas iekārtas pēkšņi atteikušās strādāt (1.26.attēls). Kapacitāte: atbilstoši koģenerācijas iekārtai, trokšņa līmenis 65 dBA,



1.26.attēls. Avārijas dzesētājs.

Gāzes lāpa.

Nepieciešama, lai sadedzinātu biogāzi, kuru nevar uzkrāt vai arī tās sastāvs ir neatbilstošs dzinēja normālai darbībai. Gāzes lāpa ieslēdzas automātiski, kad spiediens gazholderī ir pārsniedzis atļauto normu. Caurule pirms lāpas ir aprīkota ar liesmas slāpētāju, lai aizsargātu sistēmu. Gāzes lāpas izvietojumam ir zināmi drošības nosacījumi (sprādzienbīstamās zonas – Ex-zonas), kas jāievēro no ugunsdrošības viedokļa, taču tas nebūt nenozīmē, ka gāzes lāpa nevar atrasties piemēram uz bioreaktora dzelzsbetona jumta (1.27.attēls)

Piederumi: kontroles un apgaismošanas iekārta, regulējama gāzes līnija, liesmas slāpētājs.



1.27.attēls. Biogāzes lāpa uz bioreaktora jumta.

Gāzes sastāva mērīšana.

Apvada caurule ir savienota ar sienā iemontētu gāzes kontroles paneli, kas ir aprīkots ar biogāzes cauruli un mērierīci, kurā nepārtraukti tiek mērīts biogāzes sastāvs. Šī mērierīce kontrolē metāna sastāvu biogāzē un arī procesu bioreaktorā, jo jebkādas metāna sastāva izmaiņas, nozīmē, ka mainās fermentēšanas process pašā fermenterī. No otras puses tā ir drošības ierīce biogāzes ražotnei, jo tiek noskaidrotas sekojošās vērtības biogāzē:

- Metāns CH_4 ;
- Sērūdeņradis H_2S ;
- Skābeklis O_2 .

Biogāzes sastāva mērījumi ir redzamas tieši iekārtas un arī datora displejā. Ja skābekļa vērtība ir virs 4% pēc kopējā tilpuma, tad iedarbojas gāzes trauksmes signāls.

Sērūdeņraža un metāna vērtības arī tiek reģistrētas, kuras kontrolē tehniskās ēkas sensori, un trauksme tiek izziņota, kad tās pārsniedz atļautās normas.

Pieplūdes ventilators.

Radiālais ventilators gaisa pieplūdes nodrošināšanai kontroles istabā ir iemontēts sienā.

Nosūces ventilators.

Radiālais ventilators paredzēts gaisa apmaiņai tehniskā ēkā. Īpaša caurule izsūc gaisu no grīdas līmeņa. Ventilators ir saistīts ar drošības ierīci, ja nostrādā gāzes trauksme.

1.12.Mērīšana un kontrole.

Biogāzes ražotnes kontrole.

Visas iekārtas un ražotne kopumā tiek vadīta automātiski ar centrālo slēdžu paneli un tehnoloģijas kontroles sistēmu. Tajā skaitā ietilpst maisītāju un sūkņu vadība, gāzes spiediena kontrole priekš

koģenerācijas stacijas, un gāzes lāpas darbināšana. Arī darbību attēlošanu uz datora displeja — ON (ieslēgt)/OFF (izslēgt)/ FAILURE (trauksme). Visas iekārtas var vadīt automātiskā vai manuālā režīmā. Programma:

- Dati par visu darbību;
- Dati par izejvielām;
- Dati par gāzes ražošanu;
- Mērījumi; līmeņi tvertnēs, spiediens gāzes krātuvē;
- Trauksme, pārsniedzot atļautās normas;
- Dati par sterilizācijas procesu;
- Tālvadības uzraudzība;
- Procesu vizualizācija.

Ražotnes automātiskai darbībai seko dažādas mērīšanas un kontroles sistēmas.

Mēslu krātuve: nepārtraukta šķidruma līmeņa mērīšana ar attēlošanu uz ekrāna. Pārplūdes aizsardzība ar trauksmi.

Kustīgā grīda: gliemežtransportieris ar aizsardzību.

Gliemežkonveijers: strādā, kā aizsargātājs no svešķermeņiem.

Sajaukšanas tvertne: svēršanas sistēma ar trauksmi. Ienākošais un izejošais substrāts tiek svērts, un rezultāts tiek attēlots uz displeja. Pārplūdes aizsardzība ar traukmes signālu.

Padeves sūknis: ar nosprūšanas aizsardzību. Temperatūras sensors sūknī darbojas kā nosprūšanas aizsardzība, īpaši rotoram.

Smalcinātājs: tiešais slēdzis kā kontakta aizsardzība.

Pneimatiski darbināmi vārsti: tiešais slēdzis ar attēlošanu uz displeja. Sūkšanas un spiediena cauruļvados ir dažādi vārsti, kas aprīkoti ar ierobežošanas vai darbības uzsākšanas slēdžiem. Signāls ieslēgts/izslēgts būs uz displeja. Izslēgšana sekos pēc traukmes nekavējoshi.

Substrāta caurules: spiediena sensors ar trauksmi barošanas līnijā izslēgs sūkni ar slēdža palīdzību, ja spiediens būs par lielu.

Tehniskā ēka: metāna un sērūdeņraža sensors ar attēlošanu uz displeja. Ja tiek pārsniegtas pieļaujamā normas, tad ieslēdzas drošības trauksme. Pārplūdes aizsardzība ar trauksmi sūkņa bedrē. Darbības kontrole ventilācijas sistēmai.

Bioreaktors: temperatūras mērīšana un kontrole ar attēlošanu uz displeja. Temperatūra bioreaktora iekšienē tiek pierakstīta, lai, kontrolējot sildīšanas procesu, panāktu optimālu fermentēšanas procesu.

Gāzes spiediena sensors, dati uz displeja, 2 spiediena sensori ar 3 izslēgšanas punktiem ir iebūvēti fermenterī, kur tos izmanto, lai darbinātu koģenerācijas iekārtu un gāzes lāpu.

Pārplūdes aizsardzība un zema līmeņa kontrole ar attēlošanu uz displeja.

Recirkulācijas šahta (ja tāda ir pēc tehnoloģijas): zemākā līmeņa kontroles datu attēlošana uz displeja.

Digestāta krātuve: pārplūdes aizsardzība ar attēlošanu uz displeja.

Kondensāta tvertne: peldoša līmeņa slēdzis ar sūkņa kontroles iespējām — izslēgt, ieslēgt, minimāli, maksimāli.

Biogāzes cauruļvadi: gāzes daudzuma plūsmas mērīšana, tad skābekļa, sērūdeņraža un metāna analīzes biogāzes sastāvā, un ar attēlošanu uz displeja un trauksme ar drošības pasākumiem, ja skābeklis pārsniedz pieļaujamās normas, kā arī spiediena mērītājs līnijā, kas iet uz koģenerācijas iekārtu.

Koģenerācijas iekārtas telpa: metāna sensors ar datu attēlošanu uz displeja un trauksmi ar drošības pasākumiem, ja metāns pārsniedz pieļaujamās normas. Uguns sensors ar trauksmi;

temperatūras kontrole; temperatūras un spiediena limita slēdzis, sūces pārbaudīšana gāzes sistēmā; ventilācijas sistēmas darbības kontrole.

Tehniskā telpa: metāna sensors ar attēlošanu uz displeja un trauksmi, ja tiek pārsniegta pieļaujamā norma.

Uguns sensors ar trauksmi; sūces pārbaudīšana gāzes sistēmā; ventilācijas sistēmas darbības kontrole.

Gāzes lāpa: liesmas un darbības kontrole ar attēlošanu uz displeja.

Kontroles paneļa telpa: uguns sensors ar trauksmi, ventilācijas sistēmas darbības kontrole.

Pārslodzes aizsardzība: jāievēro nepieciešamās minimālās prasības, lai realizētu drošu iekārtu darbību.

Apgaismojuma aizsardzības nav.

1.13. Biogāzes un digestāta izmantošana.

Attīrīšana.

Biogāze satur daudz ūdens tvaiku un tā kā, izejot no bioreaktora, tās temperatūra ir ievērojami augstāka kā cauruļvadu un citu ierīču temperatūra, tad veidojas kondensāts. To atdala īpašās ierīcēs — kondensāta uztvērējos, kuru konstrukcijas ir dažādas, bet pamatprincips ir aizvadīt kondensātu no gāzes līnijas. Kondensātu nedrīkst ievadīt atklātos ūdens baseinos, jo tas satur netīrumus un kaitīgu vielu daļiņas. Ja tas veidojas daudz, tad tas ir jāievada atpakaļ kūtsmēsļu tvertnē vai uz attīrīšanas iekārtām, ja maz, tad var ievadīt gruntī, kur tas attīrās un to izmanto augsnes baktērijas. Jo vairāk kūtsmēslos ir tauku un proteīnu, jo vairāk biogāze satur H_2S . Ja tā saturs pārsniedz 100–150 ppm, tad sērūdeņradi no biogāzes ir jāattīra. Ir vairākas attīrīšanas metodes: ar aktivētā oglekļa filtru; ar mitro filtrēšanu; ar sauso filtru; ar katalizēto filtru; ar membrānām; bioloģiskā attīrīšana īpašā biofiltrā un ķīmikāliju pievienošana bioreaktorā. No minētajām metodēm visplašāk izmanto aktivētā oglekļa filtrus, tie ir samērā lēti, bet trūkums, ka bieži jāmaina aktivētā ogle, jo filtri piesārņojas. Par biogāzes attīrīšanas tehnoloģijām sīkāks apraksts meklējams 3.nodaļā. Pēdējā laikā H_2S samazināšanai pielieto nelielu (līdz 3%) gaisa skābekļa pievienošanu biogāzei gāzes telpā virs bioreaktora. Tomēr tas ir ieteicams tikai tādās bioenerģētiskās iekārtās, kur ir automatizēta, pilnīgi droša gāzes satura nepārtraukta kontroles sistēma. Skābekli pārdozējot, iekārtu bojājumu vai neprecīzas darbības dēļ var izveidoties sprādzienbīstams (5–15% O_2 saturs) maisījums.

Uzglabāšana.

Biogāzes uzglabāšana ir atkarīga no tā, kur tālāk to izmantos. Biogāzes ražošana nenotiek pilnīgi vienmērīgi, bet iekšdedzes dzinējam vai apkures katla deglim ir būtiska pastāvīga gāzes plūsma. Lai nodrošinātu vienmērīgu gāzes padevi to uzkrāj lielākos tilpumos vai īpašās gāzes krātuvēs (gāzholderos). Katrā bioreaktorā ir telpa, kas paredzēta gāzei (10–30%), pēcfermentācijas tvertni bieži paredz arī gāzes uzkrāšanai un tur gāzes telpa sasniedz pat 50%. Gāzes krātuvēm ir dažāda konstrukcija — gan apaļas, ovālas vai cita veida tvertnes, kur gāzi iepilda ar zemu un arī vidēju spiedienu un arī slapjā tipa, kur gāze uzkrājas peldošā tvertnē, un tai izplūst neļauj šķidrums.

Izmantošana.

1. karsta ūdens un tvaika ražošanai,
2. elektroenerģijas un siltuma ražošanai,
3. kā degvielu transporta līdzekļos,
4. pēc frakcionēšanas, CO_2 siltumnīcās,
5. CO_2 regulējamai gāzes videi l/s produktu konservēšanai.

Biogāzi var izmantot siltuma un elektroenerģijas ražošanai. Ražojot siltumu, biogāzi sadedzina līdzīgi kā dabas gāzi katlu kurtuvēs, izmantojot īpaši pielāgotus, parasti zemspiediena vai difūzijas degļus. Rodas salīdzinoši mazāk kaitīgo izmešu, labi aprīkotam katlam slāpekļa oksīdi ir ap 35–50 mg/MJ, kas ir apmēram puse no tā, kas rodas sadedzinot šķidro kurināmo. Ja biogāzi lieto sadedzināšanai katla kurtuvē, tai nav nepieciešama cita attīrīšana, kā tikai kondensāta novadīšana. Vienīgi gadījumos, kad gāzē ir ļoti augsts sērūdeņraža saturs, to nepieciešams attīrīt. Tomēr pēdējos gados biogāzi visplašāk izmanto koģenerācijas iekārtās, kas reizē ražo elektroenerģiju un siltumu. Sadalījums starp siltuma un elektroenerģijas ražošanu vidēji ir 35–41% elektrība un 43–50% siltums, un no tā kopējie zudumi nepārsniedz 15%. Kaitīgo izmešu no iekšdedzes dzinējiem gan ir vairāk kā no katliem, bet mazāk kā lietojot šķidro degvielu. Pirms sadedzināšanas biogāzi jāžāvē un parasti nepieciešama arī iekārta sērūdeņraža atdalīšanai.

Arvien vairāk biogāzi sāk pielietot kā transporta līdzekļu degvielu. Sevišķi plaši to dara Zviedrijā, kur ir daudz biogāzes uzpildes staciju. Parasti pirms iepildīšanas transporta līdzekļos, biogāzi attīra no ogļskābās gāzes, sērūdeņraža un citiem piemaisījumiem līdz dabas gāzes standarta līmenim. Attīrīšanas iekārtas ir dažādas konstrukcijas, pēdējā laikā gan Zviedrijā, gan Vācijā vairākas firmas šīs iekārtas izvietojušas konteineros, kas ir viegli transportējami un uzstādāmi.

Linčopingas pilsētā Zviedrijā satiksmes autobusi lieto biogāzi, ko uzpilda balonos naktī (1.28.attēls.).



1.28.attēls. Biogāzes uzpilde Linčopingas pilsētas satiksmes autobusus

Sakarā ar straujo gāzes cenu kāpumu dažās valstīs ir uzsākta biogāzes padošana dabas gāzes tīklā. Pirms tam biogāzi ir jāattīra. Normāli biogāzi no bioreaktora iepildīšanai tīklā sagatavo četros soļos: attīrīšana no sērūdeņraža, mitruma atdalīšana, saspiešana un CO₂ atdalīšana. Ogļskābās gāzes atdalīšanu var izdarīt ar sekojošām metodēm: oglekļa molekulāro sietu metode, kura pamatojas uz metāna un ogļskābās gāzes molekulu atšķirību; filtrēšana, kas izmanto CO₂ un H₂S šķīdību ūdens vidē, metode, kur izmanto fizikālos filtru aģentus, kā ūdeni vai polietilēna glikola dimetil ēteri un ķīmiskās absorbcijas metodes. Kā ķīmiskos šķīdinātājus lieto mono un dietanolamīnu, diglikolamīnu, diisopropanol amīnu un metil dietanol amīnu. Ķīmiskās attīrīšanas metodes nodrošina ļoti augstu gāzes tīrību (99%) un mazus CH₄ (<0,1) zudumus.

Pārraudzētā substrāta izkraušana un transportēšana.

Bioenerģētiskajās iekārtās pielieto vairākas pārstrādātā substrāta (digestāta) izkraušanas metodes. Vienkāršākā no tām ir digestāta pārlīšana. Kad tiek bioreaktorā iepildīta jauna izejvielas porcija, līmenis ceļas, un digestāts pārlīst pēcfermentācijas tvertnē vai uzglabāšanas tvertnē. Vēl digestāta izkraušana izmanto sūkņus vai gliemeža tipa transportierus. Transportierus parasti izmanto lielos bioreaktoros biežās frakcijas izkraušana.

Digestāta pārvietošanai visbiežāk izmanto dažāda tipa sūkņus, kas piemēroti biezas, lipīgas masas pārvietošanai. No krātuvēm digestātu transportē, iesūcot traktora vai automašīnas cisternā. Ja digestātu sadala frakcijās, tad biezo frakciju uz turpmākās izmantošanas vietu var izvest traktora piekabē.

Digestāta izmantošana.

Pārrūgušais digestāts satur ievērojamu daudzumu barības elementu un ir piemērots izmantošanai lauku mēslošanai un par piedevu dzīvnieku barībai. Sastāvs ir atkarīgs no izejvielu ķīmiskā sastāva un tehnoloģiskā procesa. Pārstrādājot cūku šķidrmēslus tika iegūti 1.7.tabulā parādītie rezultāti.

1.7.tabula. Digestāta sastāvs

Nosaukums	Mērvienība	Dati
pH	6,3–8,1	6,3–8,1
Gaistošās taukskābes	mg/kg	411–1065
Sausna	%	3,3–7,1
Organiskā viela	%	2,9–5,3
Fosfors P	%	0,1–0,4
Kalcijs Ca	%	0,2–0,8
Magnijs Mg	%	0,06–0,24
Dzelzs Fe	mg/kg	26,8–425
Kopējais slāpeklis N_{kop}	%	0,2–1,2

Digestāts sastāv no šķidruma, kurā daudz minerālvielu un nesadalījušās organiskās vielas, kurā ir baktēriju šūnas un vielas, kur daudz lignīna. Digestātā ir saglabājušies visi galvenie biogēnie elementi (N, P, K), bet N ir daļēji pārgājis augiem vieglāk uztveramā — amonija formā. Digestāts salīdzinoši ar nepārstrādātiem kūtsmēsliem dod augstākas ražas. Ja šķidro digestātu iestrādā augsne ar virskārtu uzirdinošo metodi, tad N zudumi ir niecīgi.

Digestāta apstrādes metodes:

1. frakcionēšana nogulsnešanās tvertnēs, centrifūgās, ar presēm vai citu iekārtu
2. bez frakcionēšanas
3. žāvēšana
4. šķidrās frakcijas bioloģiskā attīrīšana

Digestāta žāvēšanai izmanto dažādas metodes. Žāvēšana ar siltu gaisu siltumnīcā parādīta 1.29.attēlā.



1.29.attēls. Digestāta žāvēšana ar siltu gaisu siltumnīcā. (Avots: <http://joule.agrarheute.com/gaerrestrocknung-thermo-system>)

Nereti digestāta žāvēšanai izmanto speciālas lentveida kaltes, taču visbiežāk tomēr digestāts tiek tikai atūdeņots ar preses palīdzību un tad izmantotas šķidrā un mitrā frakcija atsevišķi. Latvijā, gan šobrīd vairumā gadījumu, nenotiek arī pat šī atūdeņošana. Tas būtu skaidrojams ar tālāk nepieciešamajām papildus investīcijām divējādas mēslu iestrādes tehnikas iegādei.

Digestāta izmantošana:

1. mēslošanai, izkliešot ar mobilo transportu
2. sauso frakciju samaisot ar kompostu, šķidro — lauku mēslošanai
3. sauso kā dzīvnieku barības piedevu, šķidro — siltumnīcā
4. sauso kā dzīvnieku barības piedevu, šķidro — lauku laistīšanai
5. sauso kā dzīvnieku barības piedevu, šķidro — ūdens hiacintēm

Digestāta iestrādāšanas augsnē iekārta parādīta 1.30.attēlā.



1.30.attēls. Iekārta digestāta iestrādāšanai augsnē.

Mēģinājumi izmantot digestātu kā barības piedevu bija sekmīgi. Pievienojot līdz 10% pēc svara nobarojamo bulļu barībai cūku mēslu digestātu, bulļu diennakts dzīvsvara pieaugumi nepazeminājās. Arī cāļi, kurus baroja ar digestātu ar paaugstinātu vitamīna B₁₂ saturu pieņēma svarā par 20,4% ātrāk kā kontroles grupas cāļi.

Digestāta izkraušana, glabāšana, apstrāde un izmantošana.

Separators.

No digestāta tiek atdalīts sausais materiāls, ar spiedes separatoru, kas ir aprīkots ar vāku, kurš ir ar spiedienu darbināms, kamēr substrāts nāk no recirkulācijas bedres. Iekārta ir piemontēta pie metāla konstrukcijas 3 m (1.31.attēls) augstumā. Pamatni un uzkrāšanas laukumu, kur novietot atūdeņoto materiālu, sagatavo ar asfalta vai betona pārklājumu.

Piederumi: vibrējošais motors, iepildīšanas piltuve, līmeņa kontroles slēdzis, siets.



1.31.attēls. Digestāta separators.

Separatora sūknis.

Ar šo sūkni substrāts vairākas reizes dienā tiek sūknēts no recirkulācijas bedres uz separatora piltuvi. Sūknis, no sala iedarbības aizsargāts, un brīvi pieejams apkopes vai remonta veikšanai. Ar uzmavas palīdzību sūknis ir savienots ar cauruļvadu.

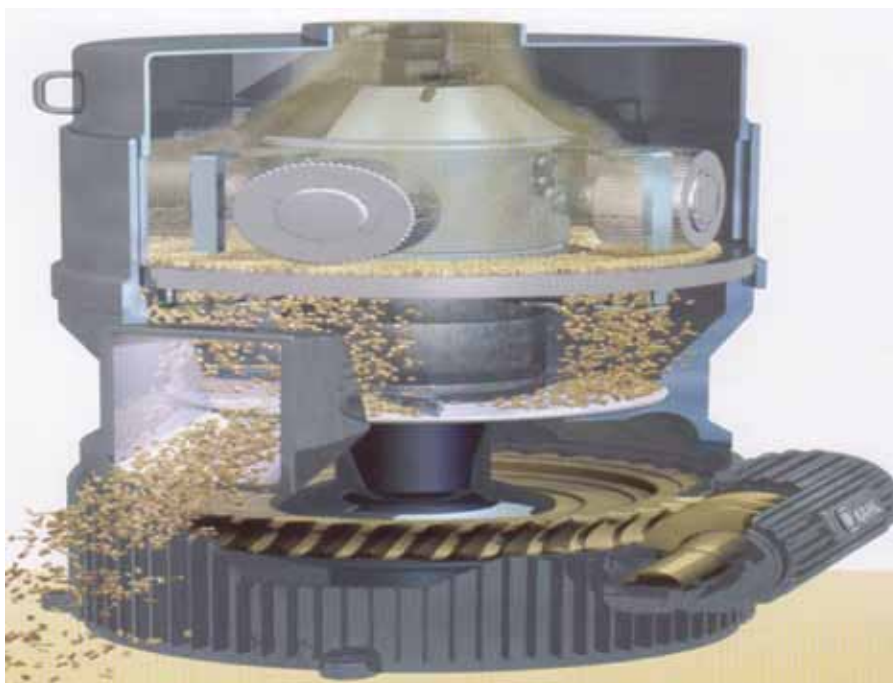
Piederumi: kompensātors, t^o aizsardzība, tukšgaitas aizsardzība.

Filtrēšanas sūknis.

Ar šo sūkni filtrējamais šķidrums, kas tiek uzkrāts separēšanas bedrē tiek transportēts uz filtrēšanas bedri, kur tas tiek filtrēts. Sūknis, no sala iedarbības aizsargāts un brīvi pieejams apkopes vai remonta veikšanai. Ar uzmavas palīdzību sūknis ir savienots ar cauruļvadu.

Piederumi: kompensātors, t^o aizsardzība, tukšgaitas aizsardzība.

Izzāvēto digestātu visērtāk transportēt, ja tas tiek granulēts. Granulators parādīts 1.32.attēlā. Digestāta granulas var izmantot arī kā kurināmo, kura siltumspēja daudz neatpaliek no koksnes granulu siltumspējas.



1.32.attēls. Granulēšanas ierīce.

1.14.Izmantotā literatūra:

1. Directive 2009/28/EC «on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC», *Official Journal of the European Union*, L 140, Vol. 52, 2009, p. 148.
2. Adamovičs A., Agapovs J., V. Dubrovskis u.c. *Enerģētisko augu audzēšana* (Growing and utilization of energy crops). Rīga: SIA Vides projekti, 2007. 190.lpp.
3. Dr. Claudius da Costa Gomez. Biogas in change. 16th annual meeting of the German Biogas Association. 31–2.02. 2007.
4. www.biogas.org
5. Dubrovskis V., Plume I. Forecasting of GHG emissions from biomass energy usage in Latvia. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development»*. Jelgava: LLU, 2009, lpp. 14–20. ISSN 1691-5739.

6. Dubrovskis V., Plume I., Kotelenets V., Straume I. 2009. Investigation of biogas production from relatively dry biomass. *Proceedings of the 8th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development»*. Jelgava: LLU, 2009, lpp. 239–242. ISSN 1691-5739.
7. Adamovics A., Dubrovskis V., Plume I. Biogas yield from energy crops in Latvia. *Proceedings of the 17th European Biomass Conference «From research to industry and markets»*. Florence: Eta-Florence Renewable Energies [DVD], 2009, lpp.1509–1511. ISBN 978-88-89407-57-3.
8. Adamovics A., Dubrovskis V. and Plume I. Biogas production from energy grasses. *In: «Alternative Functions of Grassland». Grassland Science in Europe*. Ed. by B. Cagaš, R. Machač, J. Nedelnik. Vol. 14, Brno, Czech Republic, 2009, lpp.181–184.
9. V. Dubrovskis, I. Plūme, I. Straume Anaerobic fermentation of broiler litter manure. *Proceedings of 7th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development»*—ISSN 1691-3043, Jelgava: LLU, 57–61pp.
10. V. Dubrovskis Biogas from landfills in Latvia International workshop Utilization of landfill gas for energy production Kaunas 2001.
11. V. Dubrovskis, I. Plume, V. Kotelenecs, E. Zabarovskis Anaerobic digestion of sewage sludge Engineering for Rural Development. *Proceedings of the 9th International Scientific Conference*, Jelgava, Latvia, 27–28 May.
12. Vilis Dubrovskis, Imants Plūme, Vladimirs Koteļņecs, Eduards Zabarovskis. Latvia University of Agriculture, Institute of Agricultural Energetics BIOGAS PRODUCTION AND BIOGAS POTENTIAL FROM AGRICULTURAL BIOMASS AND ORGANIC RESIDUES IN LATVIA. *Proceedings of International conference Biogas in Progress 2* 29.03–1.04.2011.

2.POLIGONU BIOGĀZES IEGŪŠANA UN IZMANTOŠANA

Nodaļā sniegtā informācija nav paredzēta kā tehniskā ekspluatācijas rokasgrāmata vai arī akadēmiska publikācija. Poligona biogāzes sistēmu izveide un ekspluatācija ir jāveic atbilstoši apmācītiem speciālistiem un ir saistīta ar specifisku drošības prasību ievērošanu, ko nosaka normatīvie akti, tehniskie standarti un iekārtu piegādātāja/būvnieka nodrošinātas ekspluatācijas un drošības instrukcijas.

2.1.Ievads.

Sadzīves atkritumu apsaimniekošanas procesā visbūtiskākais SEG emisiju avots ir atkritumu izgāztuves un atkritumu poligoni. Būtiskākās SEG emisijas veidojas to ekspluatācijas laikā, gan arī pēc to slēgšanas, ja netiek nodrošināta gāzes necaurlaidīga pārklājuma izveide un efektīva biogāzes savākšanas sistēma un lietderīga izmantošana. Sadzīves atkritumu anaerobas sadalīšanās rezultātā veidojas biogāze, kas sastāv no permanentu gāzu maisījuma: metāna (CH_4), oglekļa dioksīda (CO_2), slāpekļa (N_2), skābekļa (O_2) un ūdeņraža (H_2). Bez minētām gāzēm poligona biogāzes sastāvā ir vesela virkne citu ķīmisku savienojumu, t.sk. sērūdeņradis, sulfīdi, merkaptāni, organometāli, ēteri, esteri, piliaromātiskie ogļūdeņraži, monoaromātiskie ogļūdeņraži, ketoni, hlorinētie savienojumi, hlorfluorogļūdeņraži, siloksāni un citi savienojumi. Šo piemaisījumu īpatsvars poligona biogāzē ir atkarīgs no atkritumu sastāva.

2.2.Normatīvais regulējums, izmantošanas potenciāls Latvijā.

Nepienācīga sadzīves atkritumu apsaimniekošana veicina SEG un smaku emisijas, gruntsūdeņu piesārņojumu, patogēnu ierosinātu slimību izplatību, augsnes eroziju, ūdens tilpņu eutrofikāciju. Lielākā daļa no atkritumu apsaimniekošanas nozares kopējām SEG emisijām, veidojas no nepienācīgas organisko atkritumu apsaimniekošanas, galvenokārt metāna (CH_4) veidā. Saskaņā ar Eiropas Padomes 1999.gada 26.aprīļa direktīvu 1999/31/EK par atkritumu poligoniem kā **bioloģiski noārdāmie atkritumi tiek klasificēti tie organiskie atkritumi, kas spēj sadalīties aerobos vai anaerobos vides apstākļos.**

Eiropas Savienības direktīva par atkritumu poligoniem 1999/31/EC, kas Latvijā ir transponēta ar LR Ministru kabineta noteikumiem Nr.474. Atkritumu poligonu ierīkošanas, atkritumu poligonu un izgāztuvju apsaimniekošanas, slēgšanas un rekultivācijas noteikumi nosaka, ka: «Poligona gāzu savākšanas sistēmu projektē visiem sadzīves atkritumu poligoniem, kuros pieņem bioloģiski noārdāmus atkritumus. Poligona gāzes savāc, apstrādā un izmanto tā, lai neradītu draudus cilvēka veselībai vai videi. Ja savākto gāzi nevar izmantot enerģijas iegūšanai, to sadedzina» [6].

Minētos noteikumos ir iekļauti kvantitatīvie mērķi bioloģiski noārdāmo atkritumu apglabāšanas samazināšanai:

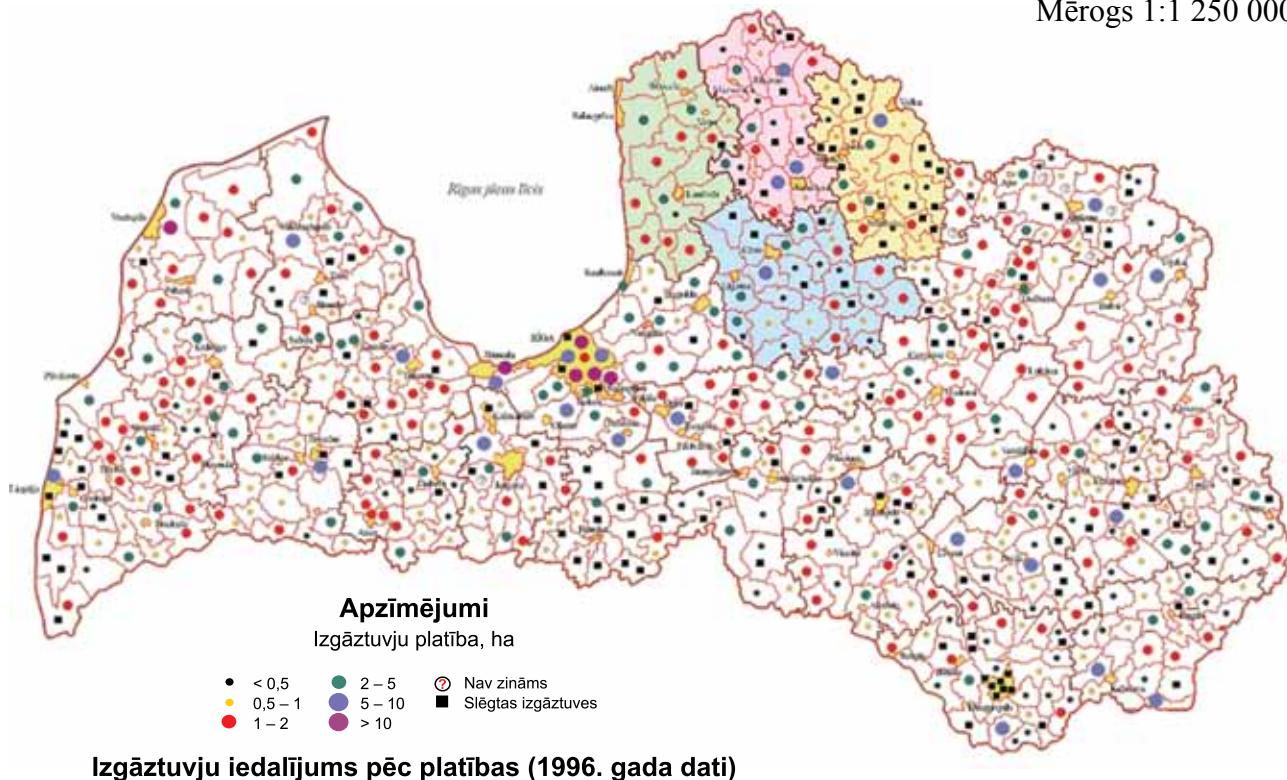
Izpildes termiņš	BNA samazināšanas apjoms attiecībā pret 1995. gadu
16.07.2010.	25%
16.07.2013.	50%
16.07.2020.	65%

Jāņem vērā, ka bioloģiski noārdāmo atkritumu nodalīšana no sadzīves atkritumu plūsmas samazinās poligona biogāzes ieguves potenciālu, tai pašā laikā palielinot potenciālo pieejamo biomasas daudzumu anaerobās fermentācijas iekārtu operatoriem.

Saskaņā ar pastāvošiem atkritumu apsaimniekošanas politikas plānošanas dokumentiem Latvijā ir izveidoti 10 reģionālie sadzīves atkritumu noglabāšanas poligoni, kuros saskaņā ir minētiem tiesību aktiem biogāzes savākšanas ir obligāta. Bez tam kā potenciālās poligonu biogāzes ieguves vietas var kalpot slēgtās izgāztuves. Lai biogāzes ieguve no slēgtām izgāztuvēm būtu ekonomiski pamatota, iepriekš ir jāveic to gāzu sastāva monitorings. Izvērtējot potenciālo biogāzes ieguvi no slēgtas izgāztuves jāņem vērā:

- atkritumu sastāva morfoloģiskā analīze;
- atkritumu noglabāšanas laika periods;
- noglabāto sadzīves atkritumu apjoms;
- izgāztuves platība.

Mērogs 1:1 250 000



2.1.attēls. Atkritumu izgāztuves Latvijā pēc to platības.

2.3. Poligona biogāzes SEG emisiju modelēšana un gāzes daudzuma prognoze un tās izmantošanas iespēju novērtējums.

Poligona biogāzes kopējo emisiju un iespējamās praktiskā ieguves daudzuma modelēšanai ir būtiska nozīme, lai novērtētu atkritumu poligona ietekmi uz apkārtējo vidi, kā arī plānojot biogāzes savākšanas sistēmas izveidi.

Galvenie faktori, kas ietekmē poligona biogāzes veidošanos:

- Atkritumu kopējais apjoms un kvalitatīvais sastāvs — organisko atkritumu īpatsvars, iespējamie inhibitori;
- Atkritumu deponēšanas stratēģija — krātuves izmēri, inerto atkritumu veidu nodalīšana, atkritumu blietēšana, atkritumu krātuves pārklājums u.c.;
- Klimatiskie apstākļi — gaisa temperatūra, nokrišņu daudzums, atmosfēras spiediens.

Lai sekmīgi prognozētu poligona biogāzes emisiju veidošanos un praktiskās ieguves iespējas, nepieciešams veikt atkritumu poligonā ievesto atkritumu uzskaiti pa atkritumu veidiem, kā arī periodiski veikt atkritumu sastāva morfoloģisko analīzi. Vides politikas plānošanas dokumentos un dažādu nozares publikāciju dati par atkritumu sastāvu ļoti atšķiras. Vadoties no praktiskās pieredzes

Latvijas atkritumu poligonos bioloģiski noārdāmie atkritumi veido 30–60% no kopējā sadzīves atkritumu sastāva. Piemēram, SIA «ZAAO» apsaimniekotā sadzīves atkritumu poligona «Daibe» atkritumu sastāva morfoloģiskā praktiskā analīze atkarībā no atkritumu kravas savākšanas ģeogrāfiskās lokalizācijas uzrāda organisko atkritumu sastāva izkliedi 35–69% robežās. Lauku reģionos, kur ir lielāks privāto mājāsaimniecību īpatsvars, bioloģiski noārdāmie atkritumi tiek vairāk kompostēti, līdz ar to proporcija sadzīves atkritumos ir zemāka nekā pilsētu sadzīves atkritumos.

Atkritumu sastāva prognozes nav viennozīmīgas un tās var tikt uzskatītas tikai par orientējošām. Veicot biogāzes sastāva lauka mērījumus no jau esošajiem kontrolurbumiem, iespējams precīzāk prognozēt biogāzes sastāvu un apjomu, kā arī veikt biogāzes savākšanas sistēmas projektēšanu.

Lai modelētu poligona biogāzes ķīmisko sastāvu un ieguves apjomus pastāv daudz un dažādas aprēķinu metodes. Biogāzes ieguves matemātiskā modelēšanā datu ievadei parasti tiek izmantota informācija:

- par atkritumu sastāvu;
- krātuves vecumu;
- plānoto/reālo izmantošanas laiku;
- ievesto/plānoto atkritumu tonnāžu katrā gadā.

Zemāk viena no poligona biogāzes ieguves modelēšanas aprēķina formulām:

$$Q = 2 \times \sum_{i=1}^n M_i \times k \times L_0 \times e^{-kt},$$

Apzīmējumi:

Q — saražotais izgāztuvju gāzes daudzums gada laikā ($\text{m}^3/\text{gadā}$),

n — izgāztuves darbības laiks (gados),

M_i — deponētais atkritumu daudzums dotajā izgāztuvē ($\text{t}/i\text{-tajā gadā}$),

k — procesa ātruma konstante, nešķirotiem 0,04, šķirotiem 0,05,

L_0 — metāna ģenerēšanas potenciāls no atkritumiem (m^3/t), nešķirotiem 100, šķirotiem 170,

t — izgāztuves vecums (gados).

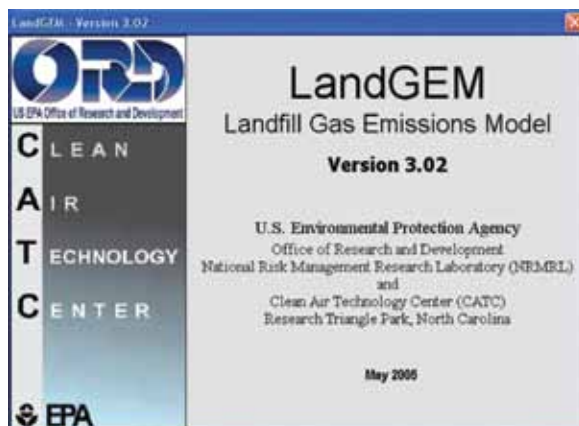
Kā alternatīvu poligona biogāzes sastāva matemātiskās modelēšanas veidni min ASV Vides aizsardzības aģentūras (EPA — Environmental Protection Agency) izstrādāto «Izgāztuves gāzu emisiju modelis», vers. 3.02. Dotā modeļa «Microsoft Excel» veidnes un lietotāja rokasgrāmata detāli ir brīvi pieejami internetā, lietojot meklēšanas vārdu «LandGem» (skat.2.2.attēlu).



United States
Environmental Protection
Agency

EPA-600/R-05/047
May 2005

Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide



2.2.attēls. EPA izstrādātais «Izgāztuves gāzu emisiju modelis» internetā

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 kL_0 \left(\frac{M_i}{10} \right) e^{-kt_{ij}}$$

Apzīmējumi

Q_{CH_4} = gadskārtējās metāna emisijas, aprēķina ($m^3/gadā$)

$i = 1$ - gadu pieaugums

n = (aprēķina gads) - (atkritumu pieņemšanas uzsākšanas gads)

$j = 0.1$ - gadu laika pieaugums

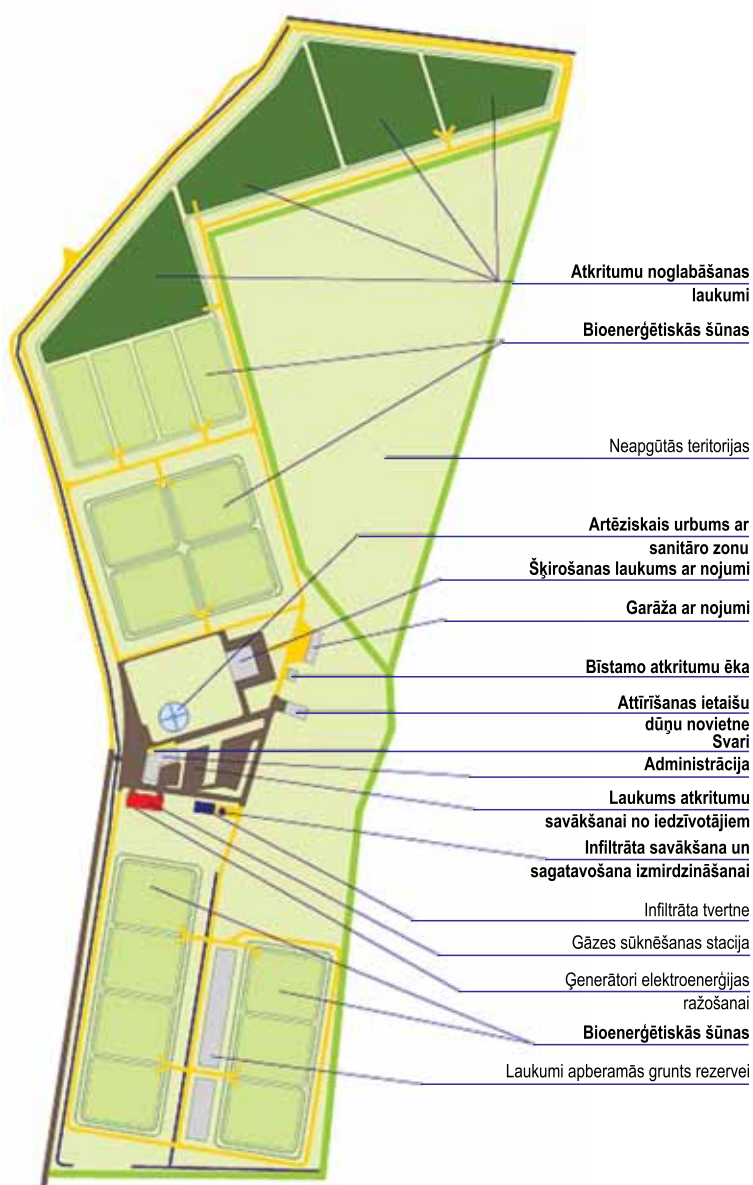
k = metāna ģenerēšanas koeficients ($gads^{-1}$)

L_0 = potenciālā metāna ģenerēšanas kapacitāte (m^3/Mg)

M_i = pieņemto atkritumu masa i^n gadā (Mg)

t_{ij} = atkritumu j^n daļas masa M_i kas pieņemta noglabāšanai i^n gadā

2.4.Sadzīves atkritumu poligona noglabāšanas paņēmieni.



2.3.attēls. Atkritumu poligona «Ķīvītes» shēma ar bioenerģētiskām šūnām

Poligona biogāzes ieguves apjoms un efektivitāte ir cieši saistīta ar atkritumu deponēšanas tehnoloģiju. Lai uzlabotu poligona biogāzes ieguves apjomu un efektivitāti, atkritumus pirms to deponēšanas nepieciešams nodalīt pēc to veida vai morfoloģiskā sastāva un deponēt atsevišķās poligona krātuvēs vai sektoros. Lai veicinātu atkritumu degradācijas intensitāti, atkritumus ir vēlams papildus mitrināt. Mitrināšanai var izmantot, recirkulējot no atkritumu krātuves drenāžas sistēmas savāktos atmosfēras nokrišņus (infiltrātu). Ja poligonā ekspluatācijas laikā jau tiek izbūvēta horizontālā biogāzes savākšanas cauruļu sistēma, vēlams, lai virs caurulēm tiktu veidots pilnīgi vai daļēji hermētisks krātuves starpslāņa pārklājums. Veicot papildus pasākumus un investīcijas, kas saistītas ar poligona biogāzes ieguves apjoma un efektivitātes palielināšanu, iepriekš ir jāveic reālistiski ekonomiski aprēķini, lai samērotu veiktās investīcijas ar sagaidāmiem ekonomiskiem un vides ieguvumiem.

Piemēram, SIA «Liepājas RAS» atkritumu poligonā «Ķīvītes» tiek veidotas tā saucamās «Bioenerģētiskās šūnas» (skatīt attēlu 2.3.), koncentrējot atkritumus maza izmēra krātuvēs un jau deponēšanas gaitā vidēji ik pa 6 mēnešiem, ierokot biogāzes savākšanas cauruļu tīklus. Tomēr, ņemot vērā, salīdzinoši mazo atkritumu deponēšanas apjomu un morfoloģisko sastāvu, dotajā poligonā sākotnēji prognozētais biogāzes ieguves apjoms netika sasniegts. Līdzīgu efektu var panākt sadzīves atkritumus nodalot pēc to veida (piemēram, būvniecības un inertos atkritumus) atsevišķos sektoros vienas krātuves (šūnas) ietvaros, kā to, piemēram, dara atkritumu poligona «Getliņi» operators. Būtisks ir arī atkritumu krātuves piepildīšanās intensitāte, lai nodrošinātu atkritumu strauju sablīvēšanu un anaerobās degradācijas ķīmisko reakciju sākšanos. Ja krātuve piepildās lēni, vai arī atkritumi ir izklaidēti lielā teritorijā, tiem viegli piekļūst skābeklis un paralēli notiek atkritumu aerobās sadalīšanās process, kura rezultātā galvenokārt tiek emitēts oglekļa dioksīds un kavēts metāna veidošanās process.

2.5. Poligona biogāzes monitoringa sistēmas

Neatņemams sadzīves atkritumu poligona ekspluatācijas nosacījums ir poligona biogāzes monitorings, ko vairumā gadījumu nosaka Valsts vides dienesta izdotā piesārņojošās darbības atļauja. Biogāzes mērījumus nodrošina informāciju par gāzes veidošanas sastāvu, apjomu, spiedienu, temperatūru, lokalizāciju, potenciāli migrēšanu krātuves teritorijā. Monitoringa sistēmas iedala pēc to automatizācijas pakāpes, iegūto datu veida. Monitoringa iekārtas var būt izveidotas pastāvīgi vai arī pārvietojamas.

Saskaņā ar LR Ministru kabineta noteikumiem Nr.474. Atkritumu poligonu ierīkošanas, atkritumu poligonu un izgāztuvju apsaimniekošanas, slēgšanas un rekultivācijas noteikumiem. gāzu sastāva kontrolei nosakāmie parametri ir sekojoši:

- metāns (CH_4);
- slāpeklis (N_2);
- ogļskābā gāze (CO_2);
- skābeklis (O_2);
- sērūdeņradis (H_2S);
- ūdeņradis (H_2);
- atmosfēras spiediens [6].

Gāzes daudzumu nosaka, izmantojot stacionāras iekārtas vai veicot gāzes atsūkņēšanu (poligoniem), vai aprēķina (izgāztuvēm), izmantojot specializētās programmas atkritumu gāzes daudzuma aprēķinam. Bez noteikumos minētiem parametriem ir lietderīgi zināt gāzes veidošanās relatīvo spiedienu. Ja biogāzi ir plānots izmantot iekšdedzes dzinēju, mikroturbīnu, gāzes turbīnu darbināšanai, tad ir vēlams veikt gāzes sastāva pilnu ķīmisko analīzi akreditētā laboratorijā, nosakot sulfīdu, organometālu, hlorinēto savienojumu, hlorfluorogļūdeņražu, siloksānu un citu savienojumu klātbūtni, kas var ietekmēt iekārtu ekspluatācijas mūžu. Kā piemēru portatīvām poligona biogāzes monitoringa iekārtām var minēt firmas «Landtec» gāzu analizatorus «GA2000» un «GEM2000», kas

nodrošina iepriekšminētos noteikumos noteiktu parametru lauka mērījumus. Šī pati firma piedāvā arī lāzera diodes «TDL-500» mēriekārtas, kas spēj detektēt metāna noplūdi no atkritumu krātuves virsmas **0–10 000 ppm** robežās.



2.4.attēls. «Landtec» poligona biogāzes lauka analizators «GA2000»

2.6.Poligona biogāzes ieguves sistēmas.

Poligona biogāzes ieguves sistēmas atkarībā no ekstrakcijas cauruļu novietojuma iedala 2 grupās:

- vertikālās biogāzes ieguves sistēmas (šahtas);
- horizontālās biogāzes ieguves sistēmas;
- kombinētās biogāzes ieguves sistēmas.

Izvēloties biogāzes ekstrakcijas sistēmu, ņem vērā krātuves izmērus, noglabāto atkritumu slāņa biezumu, infiltrāta līmeni krātuvē, to vai atkritumu krātuves papildīšana ir pabeigta, vai arī tā tiks turpināta biogāzes ekstrakcijas procesa laikā.

2.7.Gāzes savākšanas un utilizācijas iekārtu vispārējais iedalījums.

Gāzes savākšanas un utilizācijas iekārtu sistēma sevī parasti ietver:

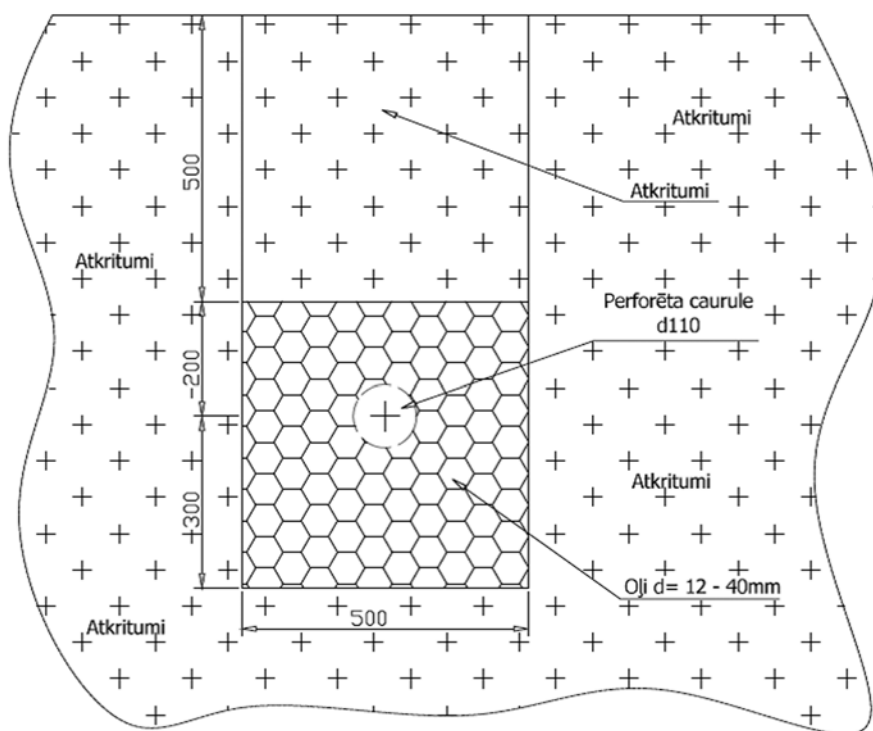
- biogāzes ekstrakcijas cauruļu ieguldīšanu vai šahtu urbšanu;
- biogāzes novadīšanas cauruļu savienošana ar regulēšanas staciju;
- kondensāta novadīšanas mezgla montāža;
- atkritumu mitrināšanas sistēmas izbūve;
- biogāzes padeves regulēšanas un sūkņu stacijas izveide;
- biogāzes koģenerācijas iekārtu izbūve.

2.8.Biogāzes ekstrakcijas sistēmas izbūve.

Poligona biogāzes savākšanas horizontālā cauruļu sistēma.

Gāzes savākšanai jau poligona krātuves ekspluatācijas (piepildīšanas) laikā parasti izmanto horizontālās gāzes cauruļu līnijas. Horizontālās caurules atkritumos izvieto vairākos līmeņos ar vertikālo soli 5m–10m. Pirmajam līmenim parasti ir jābūt pietiekamā augstumā no krātuves pamatnes, virs maksimālā infiltrāta veidošanās līmeņa krātuvē. Gāzes savākšanas trašu tranšējas rok ar vismaz 1% slīpumu gāzes plūsmas virzienā dziļumā no 1 līdz 2 metriem. Katru nākamo gāzes cauruļu trašu līmeni plāno «šaha» novietojumā attiecībā pret iepriekšējo.

Rokot tranšeju sānos ierīko koka, plastmasas vai metāla izņemamos veidņus. Tranšeju iztīra no lielpazītiem vai citiem atkritumiem, izlīdzina atbilstošā līmenī un ieber rūpīgi mazgātus tīrus oļus 12 līdz 40 mm diametrā ≥ 30 cm biezā slānī. Veidņu ārmalā jābūt iepildītiem atkritumiem, lai tos izņemot, iebērtie oļi neizplūstu. Tranšejas vidū ievieto perforēto cauruli, parasti D 110/10. Perforācija tiek veikta vai nu uz vietas, vai rūpnieciskos apstākļos. Netiek izslēgta iespēja pielietot tipveida perforētu cauruli. Caurules sastiprina savā starpā, tās saskrūvējot vai pielietojot tipveida dubulto uznavu, tās sametinot. Caurules galā ieskrūvē vai citādi piestiprina korķi, kas nodrošina, ka caurulē pa galu netiek iesūkti atkritumi. Cauruli apber ar oļiem, lai slānis uz visām pusēm virs tās nebūtu mazāks par 20 cm. Uztādītos veidņus izņem, sekojot, lai uzbērtie oļi neizplūstu un nezaudētu prasīto slāņa biezumu. Otru perforētās caurules galu savieno ar gāzes cauruli, parasti PEH 90 to iebīdot līdz 5 metriem gāzes perforētajā caurulē HDPE 110/10. Šāda sablīvēšana — cauruli caurulē — izslēdz papildus sprieguma rašanos caurulēs atkritumu kalna slīpās daļas sēšanās vai slīdēšanas rezultātā. Ļoti svarīgi veikt precīzu ģeodēzisko piesaisti, lai nākotnē, veidojot nākošo kārtu būtu iespējams izveidot gāzes ieguves urbumus. Pēc uzmērīšanas un apbēšanas ar oļiem, tranšejas aizber ar mīksti noblīvētiem atkritumiem. Jāseko, lai šajā atkritumu slānī nebūtu atkritumi, ar kuriem pēc kalna pārklāšanas varētu sabojāt gāzes ekstrakcijas līniju, kā arī atkritumi, kas varētu aizkavēt gāzes ekstrakciju (lielas plāksnes, plēves u.t.t.).



2.5.attēls. Biogāzes ekstrakcijas horizontālās cauruļu sistēmas tranšejas šķērs griezumus.

Poligona biogāzes ekstrakcijas vertikālo šahtu sistēma.

Poligona biogāzes ekstrakcijas vertikālo šahtu sistēmas parasti izbūvē jau slēgtās un rekultivētās izgāztuvēs vai poligonos. Vertikālās ekstrakcijas sistēmas ir efektīvas krātuvēs, kur atkritumu slāņa biezums ≥ 20 m. Plānojot vertikālās ekstrakcijas sistēmas, ir jāņem vērā maksimālo infiltrāta līmeņa augstumu krātuvē, vai arī jāparedz efektīva infiltrāta atsūkšanās no vertikālās šahtas perifērijas. Lai nebojātu krātuves pamatni, veicot vertikālās šahtas urbšanu, jāparedz distances rezerve ekstrakcijas caurules vertikālai sēšanai. Atkarībā no krātuves atkritumu slāņa biezuma $1/3 - 1/2$ no ekstrakcijas caurules garuma tiek perforēta. Līdzīgi kā horizontālās sistēmās, ekstrakcijas caurules perforētā daļā caurule tiek apbēta ar skalotiem oļiem. Krātuves virskārtas tuvumā ekstrakcijas caurule (šahta) tiek hermētiski blīvēta, lai novērstu skābekļa piekļuvi biogāzes ekstrakcijas sistēmā. Parasti

blīvēšanai izmanto bentonītu. Starp caurules perforēto daļu un gludsienu daļu iemontē kompensācijas savienojumu. Ap ekstrakcijas cauruļvada izvadu virszemē izveido PE vai dzelzsbetona grodu aku, kurā ievieto gāzes plūsmas regulēšanas ventili un noslēgarmatūru.

Poligona biogāzes ieguves regulēšana.

Pēc gāzes ieguves sistēmas izveidošanas, visi savienojošie cauruļvadi jāapvieno vienā sistēmā — gāzes regulēšanas stacijā. Gāzes regulēšanas stacijā tiek ievilkti gāzes vadi no katras atsevišķās gāzes ekstrakcijas trases un pievienoti kolektoram. Gāzes regulēšanas stacijā uzstāda kolektoru.

Gāzes regulēšanas stacijas pamatuzdevums ir savākt gāzi no atkritumu šūnas pievadlīnijām kolektorā, padot gāzi uz patērētāju (lāpa, katls, iekšdedzes dzinējs, gāzes turbīna) un kontrolēt gāzes sastāvu. Frekvenču pārveidotāja vadīts, gāzes sūknis nodrošina nemainīgu gāzes spiedienu padevē uz gāzes patērētāju.

Katru gāzes ekstrakcijas līnijas pievadu vēlams aprīkot ar rotametu — pastāvīgas gāzes plūsmas mērīšanai līnijā, regulēšanas krāniem un ventili ar uzgali, kas paredzēts gāzes analizatora pievienošanai. Rotametrus iespējams izmantot tikai pie nosacījuma, kad gāzes plūsma stacijā tiek ievadīta virzienā no apakšas uz augšu. Gāzes sastāva mērīšanas iespēja ir jāparedz arī kolektora vadā. Staciju iespējams aprīkot ar manuālu vai automātisku mērīšanas un regulēšanas automātiku.

Regulēšanas pamatmērķis ir atrast tādu plūsmu, lai ilgtermiņā metāna saturs kolektora vadā būtu stabils un nekristos. Lai saprātīgi izmantotu atkritumu krātuves gāzes resursus, ir ieteicams neņemt vairāk par ~75% no maksimāli iespējamās plūsmas. Maksimāli iespējamā plūsma ir tāda plūsma, pie kuras metāna saturs gāzē nekļūst mazāks par 50%, ilgākā laika periodā. Vēlams, lai gāzes regulēšanas vai arī gāzes sūkņu stacija būtu aprīkota ar automātisku gāzu analizatoru.

Atbilstoši optimālai gāzes plūsmai tiek pieņemts lēmums par patērētāja darbības jaudu. Gāzes utilizācijas iekārtām (lāpām, ūdenssildāmo katlu degļiem, iekšdedzes dzinējiem, mikroturbīnām u.c.), kas tiek darbināti ar poligona gāzi, ir ražotāja noteikts minimālais metāna saturs gāzē un patērējamais gāzes daudzums darbinot iekārtu uz 100% slodzi. Biogāzes lāpa jau var tikt darbināta, ja CH₄ koncentrācija biogāzē ir $\geq 10\%$. Iekšdedzes dzinējiem parasti zemākā CH₄ koncentrācija biogāzē ir pieļaujama $\geq 50\%$.



2.6.attēls. Automātiskā poligona biogāzes regulēšanas stacija, SIA Getliņi Eko poligonā.

2.9. Poligona biogāzes kondensāta savākšana un novadīšana.

Kondensāts veidojas gāzes vados temperatūras starpības dēļ. Gāze ir mitra, pat līdz 100%. Atkritumu anaerobās degradācijas rezultātā, 1 Nm³ gāzes piesaista līdz 0,496 litri mitruma. Gāzes kondensāta savācēja kolektora sistēma, darbojas kā «sifons», kas kondensātu savāc un novada atpakaļ atkritumos vai arī uz attīrīšanas iekārtām. Gadījumā, ja gāzes regulēšanas stacijas rotamētrs uzrāda lielu kondensāta daudzumu, sistēma jāaptur to noslēdzot ar ventili, kamēr «nomierinās» un aizplūst uzkrājušais kondensāts. Kondensāta novadīšanas ierīci pievieno tās zemākajā punktā ar cauruļvada slīpumu uz ierīces pusi.

Atkritumu mitrināšanas sistēmas izbūve.

Lai palielinātu biogāzes iegūšanas efektivitāti un paātrinātu biodegradācijas procesu, atkritumi krātuvē ir vienmērīgi jāmitrina, izmantojot no krātuves novadīto infiltrātu, kura deficīta gadījumā izmanto savāktu atmosfēras nokrišņu virszemes ūdeni. Mitrināšanas sistēma jāpieslēdz pie esošās infiltrāta savākšanas un uzkrāšanas sistēmas. Mitrināšanas šķidrums tiek novadīts uz kalna virsmām, kur atzarojoties uz sadales kolektoru tas tiek novadīts uz perforēto cauruļu atzarojumiem. Rokot tranšējas perforētajām mitrināšanas caurulēm, tranšējas pamatni nenoblīvē un veido ar kritumu ūdens tecēšanas virzienā. Kritums netiek limitēts. Minimālais cauruļu ieguldīšanas dziļums 0,7 m ar kritumu līdz 1 m. Sadales cauruli un mitrināšanas sistēmu veido vairākām sekcijām, kuras tiek manuāli darbinātas pārmaiņus, atslēdzot sekciju ar pazemes nerūsējošo ventiļu palīdzību. Ap noslēgierīcēm izveido polietilēna aizsargredzenus, tos izvadot virs kalna plaknes un nosedzot ar polietilēna vāku. Mitrināšanas caurules perforē, izvietojot 1 caurumu uz 1 tekošo metru, bet ne vairāk kā 45 caurumus uz 40 m. Perforācijas caurumu no ārpuses apfrēzē ar konusveida frēzi leņķī 135°. Perforētās caurules ievieto uz izlīdzinātiem, nenoblietētiem atkritumiem tranšējas pamatnē, veidojot kritumu uz kalna malu ar perforācijas caurumiem uz leju. Sadales kolektors paredzēts plūsmas sadalīšanai. Polietilēna akām ir jānosargā pazemes ventiļu kāti, to atrašanās vietā un šīs akas ir jāiedziļina.

2.10. Kontrole un regulēšana.

Ļoti svarīgi ir veikt vienmērīgu atkritumu mitrināšanu. Šo pasākumu apgrūtina tas fakts, ka atkritumu krātuvē noglabāti nešķiroti, dažādu izmēru atkritumi, kurus praktiski nav iespējams vienmērīgi noblīvēt. Līdz ar to automatizētas un dārgas mitrināšanas sistēmas var būt neefektīvas. Regulēšana ar manuālu ventiļu palīdzību praktiski ir efektīvākais krātuves mitrināšanas veids. Lai nodrošinātu vienmērīgu (nepārsātinātu) atkritumu krātuves mitrināšanu, to veic manuāli, izmantojot regulēšanas ventiļus, sekojot šķidruma plūsmas intensitātei pēdējā atzarojuma izvadā skatakā pie krātuves virsmas. Mitrināšanas sistēmas regulēšanai paredzēti kolektora uzstādītie cauruļu izvadi ar noslēgarmatūru. Sistēmas kontrolei izveidotas kontrolakas katras kolektora sistēmas tālākajos punktos ar izvadu. Mitrināšanas sistēmas manuālo regulēšanu veic aizverot visus pazemes ventiļus, atverot kontrolakas ventili, atgriežot pa vienam katra vada noslēgventili panāk stāvokli, ka no kontrolizvada sāk plūst ūdens (bez spiediena).

Cauruļvadu perforācija, diametrs, kā arī šķidruma plūsmas ātrums ir nosacīts no 1 metra virsspiediena. Tas nozīmē, ka nav nepieciešams spiediens un ievērojams plūsmas ātrums. Tādā pašā veidā veic nākošās kolektora sistēmas pieregulēšanu. Ūdens daudzums, kurš izplūst kalnā, nosakāms nolasot skaitītāja rādītājus sūkņu stacijā.

2.12. Poligona biogāzes ekstrakcijas sistēmu ekspluatācija

Poligona biogāzes ekstrakcijas sistēmas ikdienas ekspluatācijas galvenie pasākumi:

- Poligona biogāzes monitoringa sistēmas apkalpošana, atkritumu krātuves perimetra biogāzes sastāva mērījumu veikšana zondēs (spicēs), biogāzes migrācijas monitorings.
- Kondensāta savākšanas un novadīšanas sistēmas apkalpošana, profilaktiskā pārbaude.
- Biogāzes regulēšanas un sūkņu stacijas apkalpošana, galveno tehnoloģisko mezglu profilaktiskās pārbaudes.
- Biogāzes mehāniskā un ķīmiskā attīrīšana pirms padeves, biogāzes utilizācijas iekārtā.

Poligona biogāzes ekstrakcijas sistēmas ikdienas ekspluatācijas pasākumu galvenais mērķis ir nodrošināt stabilus biogāzes ieguves kvantitatīvos un kvalitatīvos parametrus, drošu un ilgstošu iekārtu ekspluatāciju, savlaicīgi identificēt un novērtēt iespējamās sistēmas bojājumus. Sistēmas ekspluatācijas gaitā CH_4 koncentrācijas atsevišķos biogāzes ekstrakcijas vados pakāpeniski samazinās. Ja biogāze tiek utilizēta iekšdedzes dzinējā (koģenerācijas iekārtā), lai optimizētu iekārtu ekspluatāciju, biogāzes no ekstrakcijas vadiem, ja CH_4 koncentrācija ilgstoši ir $\leq 40\%$, būtu jānovirza pa tiešo uz sadedzināšanu lāpā, vai ūdenssildāmā katla deglī.

Slēgtos poligonos un izgāztuvēs periodiskiem apsekošanas pasākumiem ir jāietver krātuves virsmas un perifērijas CH_4 emisiju mērījumi, lai savlaicīgi identificētu iespējamās krātuves pretfiltrācijas slāņa noslīdējumus vai bojājumus. Monitoringa procedūru veikšanai iespējams arī uzstādīt automatizētas monitoringa sistēmas ar automātiskiem gāzes un spiediena detektoriem.

2.13. Poligona biogāzes utilizācijas sistēmas

Poligona biogāzes utilizācijas sistēma izvēle ir atkarīga un biogāzes ieguves apjoma, kvalitātes un plānotā izmantošanas veida. Izvēlētos adekvātu utilizācijas sistēmu, jau projekta izpētes periodā ir jāveic biogāzes sastāva un apjoma monitorings un modelēšana. Biogāzes utilizācijas vides mērķis ir samazināt SEG un smaku emisijas, bet ekonomiskais mērķis ir pievienotās vērtības radīšana, parasti biogāzi konvertējot siltumenerģijā, elektroenerģijā vai biodegvielā. Lai nodrošinātu biogāzes pilnīgu sadegšanu nepieciešams nodrošināt gaisa : biogāzes attiecību **5,7:1**. Biogāzes neadekvāta utilizācija rada SEG emisijas atmosfērā, kā arī var radīt apdraudējumu cilvēka veselībai.

Poligona biogāzes utilizācijas iespējamie tehnoloģiskie risinājumi

- **Zemas kaloritātes un/vai neliela apjoma biogāzes utilizācijai:**
 - Biogāzes lāpa
 - Reģeneratīvā termālā oksidācija
 - Biogāzes deglis kombinācijā ar ūdens sildāmo apkures katlu
 - Mikroturbīna
- **Augstas kaloritātes biogāze:**
 - Monodegvielas Otto cikla iekšdedzes dzinējs ar koģenerācijas iekārtu elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai
 - Duālās degvielas padeves Dīzeļa cikla iekšdedzes (kompresijas) dzinējs ar koģenerācijas iekārtu elektroenerģija un siltumenerģijas ražošanai
 - Gāzes turbīna (kombinētā ciklā ar tvaika turbīnu)
- **Līdz biometāna kvalitātei attīrīta biogāze:**
 - Padeve dabasgāzes tīklā
 - Transporta biodegviela
 - Degvielas šūnas (ar elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanu)

2.1.tabula. Biogāzes utilizācijas nevēlamie galaprodukti

Nevēlamie produkti	Nevēlamo produktu rašanās/novēršanas mehānismi
• CO	Pilnīgai oksidācijai nepieciešamā $T > 850^{\circ}\text{C}$ un izturēšanas laiks liesmā $> 0,3$ sek.
• Daļēji oksidēti HC • Dioksīdi un furāni • Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži (PAH)	Lai novērstu minētās molekulārās formācijas, pilnīgai oksidācijai nepieciešamā $T > 850^{\circ}\text{C}$ viscaur degšanas procesā.
• NO_x	Veidojas $>1200^{\circ}\text{C}$ N ₂ oksidēšanās procesā. Rodas arī slāpekli saturošos nemetāna gaistošos organisko savienojumu (NMVOC) oksidācijas procesā.



Ja metāna sastāvs biogāzē ir zems ($\leq 45\%$), tad jāapsver iespēja par **biogāzes automātiskās lāpas** vai **reģeneratīvās termālās oksidācijas (RTO)** iekārtas uzstādīšanu.

RTO iekārtā notiek zemas kaloritātes biogāzes sadegšana bez liesmas. Gāzes sastāvā esošie savienojumi RTO reaktorā tiek oksidēti 1100°C temperatūrā. RTO iekārtas palaišanas brīdi un izplūdes procesa gaisa attīrīšanai tiek pievadīts papildus enerģijas avots — propāna-butāna gāzes vai dabasgāze. RTO nodrošina SEG mesiju samazināšanu līdz pat 90%. RTO iekārtas darbībai pēc palaišanas stabilizējoties tālākais process parasti notiek autotermāli bez papildus enerģijas avotu pievadīšana.

Biogāzes lāpa ir alternatīvs risinājums zemas kaloritātes biogāzes utilizācijai. Atkarībā no degļa konstrukcijas un lāpas ieregulējuma, tajā iespējams sadedzināt biogāzi ar metāna koncentrāciju $\geq 10\%$. Biogāzes lāpas pēc to konstrukcijas iedala atklāta un slēgta degļa lāpās.

2.2.tabula. Atklāta un slēgta tipa biogāzes lāpu salīdzinājums

Atklāta degļa biogāzes lāpa	Slēgta degļa biogāzes lāpa
Pielietojama pagaidu vai testa režīma lietošanai. Vienkārši demontēt transportēšanas nolūkiem. Nevar nodrošināt sadegšanas produktu SEG emisiju robežvērtības. Investīcijas sastāda 20–75% no analogas jaudas slēgta degļa biogāzes lāpas.	Nodrošina sadegšanas produktu SEG emisiju robežvērtību ievērošanu. Pastāvīgas konstrukcijas (10–15 m augstas). Spēj darboties automātiskā režīmā plašā biogāzes apjoma sadedzināšanas diapazonā. Iespējams pielāgot konkrētas ražotnes vajadzībām.



2.8.attēls. «HAASE VocsiBox» reģeneratīvās termālās oksidācijas (RTO) iekārtas piemērs.

Augstas kaloritātes biogāzes utilizācijai tiek izmantotas iekārtas, kas ir analogiskas anaerobās fermentācijas iekārtu (bioreaktoru) biogāzes utilizācijai un šajā nodaļā netiks detalizēti izskatītas. Galvenā atšķirība starp anaerobās fermentēšanas bioreaktora biogāzi un poligona biogāzi ir tā, ka poligona biogāzē ir augstāka slāpekļa (N_2), skābekļa (O_2), sērūdeņraža, sulfīdu, merkaptānu, organometālu, ēteru, esteru, poliaromātisko ogļūdeņražu, monoaromātisko ogļūdeņražu, ketonu, hlorinēto savienojumu, hlorfluorogļūdeņražu, siloksānu koncentrācija. Minētie savienojumi agresīvi iedarbojas un cauruļvadu sistēmu, sūkņu un iekšdedzes dzinēju mehānismiem.

2.14. Poligona biogāzes apsaimniekošanas drošības pamati

Poligona biogāzes sistēmu ierīkošanu un iekārtu ekspluatāciju ir jāveic kvalificētam un atbilstoši apmācītam personālam. Uz grāmatas izdošanas brīdi Latvijas Republikā vēl nav ieviests atsevišķs normatīvais drošības regulējums poligona biogāzes iekārtu ekspluatācijai un tās apkalpojošam personālam, tādēļ ir jāievēro vispārējās darba drošības un elektrodrošības prasības. Biogāzes iekārtu drošai ekspluatācijai iespējams adaptēt dabasgāzes iekārtu ekspluatācijas drošības standartus. Līdztekus drošības prasībām, kas ir kopīgas ar anaerobās fermentācijas biogāzes iekārtu ekspluatāciju, poligona biogāzes iekārtu ekspluatācijā papildus jāņem vērā, ka poligona biogāze patstāvīgi un nekontrolēti tiek emitēta no atkritumu poligona (izgāztuves).

Apkalpojot kondensāta savākšanas un novadišanas iekārtas, pirms nolaišanās kondensāta akā, ir jāveic tās piespiedu ventilēšana. Darbu veikšanas laikā ne mazāk kā 2 personām jāatrodas virszemē, lai drošinātu un nepieciešamības gadījumā evakuētu cietušo personu.

Veicot poligona biogāzes ekstrakcijas trašu un šahtu rakšanu (urbšanu) un cauruļu ieguldīšanu, pirms darbinieku nolaišanās tranšejā, tā ir jāizventilē. Darbus jāveic ar gāzmasku, kas nodrošina indīgo gāzu attīrīšanu, vai arī jāizmanto skābekļa maska. Visu darbu veikšanas laikā ne mazāk kā 2 personām jāatrodas virszemē, lai drošinātu un nepieciešamības gadījumā evakuētu cietušo personu.

Regulāri jāveic gāzes pārvades **cauruļvadu sistēmu hermētiskuma pārbaude**. Gadījumā, ka tiek veikta gāzes pārvades mezglu apkope, remontdarbi, tad iepriekš attiecīgais cauruļvada posms ir jānoslēdz no kopējās sistēmās, jāveic piespiedu ventilēšana ar oglekļa dioksīdu vai slāpekli.

Biogāzes regulēšanas un sūkņu stacijām ir jābūt aprīkotām ar automātiskiem gāzes detektoriem un iekārtu apstādināšanas sistēmu, gāzes noplūdes avārijas gadījumā.

2.15. Izmantotā literatūra:

1. Bendere R., Zariņa Dz. Bioloģiski sadalāmo atkritumu apsaimniekošana, LASA Rīga, 2006, 102 lpp.
2. Beth A. Gross, P.E. Landfill Cover Design and Operation: USEPA Workshop on Bioreactor Landfills, GeoSyntec Consultants, 20 lpp.

3. Blumberga D., Veidenbergs I. Kļiedētas energosistēmas. Mazas koģenerācijas stacijas. Rīga : RTU, 2008, 208 lpp.
4. Caine M. Biogas Flares State of the Art and Market Review, IEA Bioenergy, 2000, 12 lpp.
5. Jang A. «Application of Computer Modelling of Landfill process», Oxford, 1992, 37 lpp.
6. Latvijas Republikas Vides ministrija. LR MK noteikumi Nr.474 «Atkritumu poligonu ierīkošanas, atkritumu poligonu un izgāztuvju apsaimniekošanas, slēgšanas un rekultivācijas noteikumi».
7. Padomes Direktīva 1999/31/EK (1999. gada 26. aprīlis) par atkritumu poligoniem. Pieejams internetā <http://eur-lex.europa.eu>
8. Solid Waste Association of North America. Landfill Gas Operation & Maintenance, SWANA, 2002, 250 lpp.
9. Technical Guidance For RCRA/CERCLA Final Covers, United States Environmental Protection Agency, 2004, 421 lpp.

3.BIOGĀZES ATTĪRĪŠANAS UN IZMANTOŠANAS VEIDI ELEKTROENERĢIJAS RAŽOŠANĀ, TO SALĪDZINĀJUMS

3.1.Biogāzes attīrīšana

Līdzās ogļskābajai gāzei (CO_2), kas pazemina biogāzes siltumspēju, daļa citu tās sastāvā esošu vielu, kā sērūdeņradis (H_2S), ūdens (H_2O), skābeklis (O_2), izraisa metāla daļu koroziju koģenerācijas iekārtas dzinēja, aizdedzes iekārtas, siltummaiņu, kā arī vadības sistēmas un regulēšanas iekārtu mezglos.

3.1.tabula. Biogāzes komponentes un to iedarbība [1]

Komponente	Daudzums	Iedarbība
CH_4	50–75% _{tilp.}	Degoša komponente
CO_2	20–50% _{tilp.}	Samazina gāzes siltumspēju un aizdegšanās attiecību, palielina metāna skaitli un izraisa dzinēja detonāciju, ja gāze ir mitra paaugstina korozijas iespējas
H_2S	0–5000 ppm	Agregātu un cauruļvadu korozija, sadegot rada SO_2 — emisijas, katalizatora inde
NH_3	0–500 ppm	Samazina gāzes siltumspēju un aizdegšanās attiecību, sadegot rada NO_x — emisijas
H_2O tvaiks	1–5% _{tilp.}	Agregātu un cauruļvadu korozija, kondensāts bojā iekārtas un aprīkojumu, sala gadījumā sasaldē cauruļvadus, ventiļus un sprauslas
N_2	0–5% _{tilp.}	Samazina gāzes siltumspēju un aizdegšanās attiecību
siloksāni	0–50 mg/m ³	Tikai pie notekūdeņu izmantošanas veido abrazīvu virsmu un bojā dzinēju

Tāpēc, lai novērstu koģenerācijas iekārtas bojājumus, biogāze ir jāattīra un no tās ir jāatdala kondensāts.

Parasti biogāze satur mehāniskus piemaisījumus un ūdens kondensātu. Šīs šķidrās un cietās daļiņas atdala ar mehāniskajiem filtriem. Praksē izmanto gan rupjos filtrus un, tā saucamos, gāzes žāvētājus, gan arī kasešu tipa smalkos filtrus, arī ciklona separatorus, kā arī dzesēšanas, spiediena un adsorpcijas žāvēšanu. Žāvēšanas ar kondensēšanu pamatprincips ir gāzes rasas punkta pārsniegšana un kondensāta atdalīšana. Adsorpcijas metodē gāzi attīra ar aktīvo ogli, silīcija želeju vai ar molekulāriem filtriem.

Sērūdeņraža gāze.

Sērūdeņraža gāze (H_2S) rodas, noārdoties olbaltumvielām. Augstas H_2S koncentrācijas veidojas gadījumos, ja biogāzes ražošanā izmanto mājputnu un cūku mēslus. Tam par iemeslu visbiežāk ir pārāk liels olbaltumvielu daudzums substrātā. Augsta H_2S koncentrācija ir arī komunālo notekūdeņu dūņās un ar olbaltumvielām bagātos pārtikas rūpniecības notekūdeņos un atkritumos. Tāpēc biogāzē H_2S saturs parasti svārstās starp 0 un 5000 ppm.

Sērūdeņradis ir ļoti indīgs un jau pie nelielām koncentrācijām rada sliktu smaku. Sākot ar 1% tilpuma koncentrāciju gaisā sērūdeņradis dažās sekundēs iedarbojas nāvējoši. Jau pie 0,1% tilpuma koncentrācijas tas izraisa krampjus, bezsamaņu un pēc pāris minūtēm tā iedarbība apdraud dzīvību. Tas paralizē arī ožas nervus, tāpēc, ilgstoši uzturoties šādā gāzes vidē, sērūdeņraža smaka vairs nav sajūtama.

Maksimāli pieļaujamā koncentrācija darbavietā ir 0,01 Tilp.-% (= 100 ppm). Sērūdeņradis bojā kopumā visu gāzes līniju: gāzesvadus, ventiļus, spiediena kompresoru, kā arī dūmgāzu siltummaini. Turklāt, sadedzinot sērūdeņradi dzinējā, veidojas sēra dioksīds, kas tālāk, saistot ūdeni, pārvēršas par sērskābi. Pie augstām sērūdeņraža koncentrācijām biogāzē ir jāreķinās ar ātru dzinēja eļļas saskābšanu un tātad, arī ar tā bojājumiem. Līdz ar to, ja biogāze ir «netīra», tad būs biežāk jāmaina dzinēja eļļa.

Lai nodrošinātu drošu un ilgstošu dzinēja darbību, obligāti ir jāievēro dzinēja ražotāja noteikumi. Regulāra motoreļļas analizēšana ir būtiska koģenerācijas iekārtas dzinēja apkopes plāna sastāvdaļa.

Biogāzes attīrīšana no sērūdeņraža. Biogāzes attīrīšanai no sērūdeņraža izmanto bioloģiskas un ķīmiskas adsorpcijas tehnoloģijas. Šo tehnoloģiju uzdevums ir samazināt sērūdeņraža koncentrāciju zem 150 mg/m³ vai attiecīgi 100 ppm.

Paskaidrojums par mērvienību: ppm — gāzes koncentrācijas palīgmērvienība, bieži lietojama H₂S koncentrācijas izteikšanai (parts per million, 1 ppm = 10⁻⁶ = 0,000001 = 0,0001%). Runājot par biogāzes sastāvu un H₂S koncentrāciju tajā, iespējams, ka vieglāk saprotams ir apgrieztais pārrēķins: 1 procents = 10⁴ = 10.000 ppm.

3.2.tabula. Sērūdeņraža atdalīšanas metodes [1]

Metode	Atdalīšanas veids
Bioloģiska biogāzes atsērošana ar gaisa padevi bioreaktorā	H ₂ S bioloģiska oksidācija ar baktēriju palīdzību bioreaktora gāzes daļā, veidojot S, SO ₃ ²⁻ un SO ₄ ²⁻
Bioloģiska biogāzes atsērošana atsevišķi stāvošā biofiltrā	H ₂ S absorbcija un mikrobioloģiska oksidācija notiek vienā iekārtā
Bioskrubers vai gāzes mazgāšana	H ₂ S absorbcija un mikrobioloģiska oksidācija notiek divās atsevišķās iekārtās
Ķīmiskā izgulsnēšana	Dzelzs hlorīds vai dzelzs sulfāts, H ₂ S izgulsnējas kā Fe ₂ S ₃
Membrānu tehnoloģijas	Membrānu caurlaidība H ₂ S ir augstāka nekā CO ₂ un CH ₄

Bioloģiskā biogāzes attīrīšana no sērūdeņraža ar gaisa ievadīšanu.

Lauksaimniecības nozarē pēdējā laikā galvenokārt izmanto bioloģisko biogāzes attīrīšanu no sērūdeņraža. Šajā procesā nepārtraukti bioreaktora vai pērcūģšanas tvertnes gāzes krātuvē ievada apkārtējo gaisu 10, maksimums 12% apmērā no ražotās biogāzes daudzuma. Šāda metode ir pielietojama liela diametra vertikālos bioreaktoros gadījumos, kad sērūdeņraža sākotnējā koncentrācija nepārsniedz 1000 ppm. Šīs metodes trūkums ir augstā skābes koncentrācija pie sienām, ko ar substrātu vairs nevar pasargāt no gaisa skābekļa.

Gaisā esošo skābekli izmanto sēra baktērijas, kas atrodas uz substrāta virsmas un bioreaktora gāzes krātuves sienas, tādā veidā sērūdeņradi pārveidojot par elementāru sēru vai sērskābi. Sērs kopā ar pēcfermentācijas substrātu (digestātu) tiek izvadīts no bioreaktora un atrodams tajā kā mikroelements. Metode nesasniedz pilnīgu un nekādā gadījumā kontrolētu sērūdeņraža noārdīšanu.

Šīs metodes trūkumi ir:

- Nav izmērāms reālais radītais sērūdeņraža daudzums.
- Nav iespējama kontrolēta sērūdeņraža noārdīšanās.
- Ar skābekļa ievadīšanu tiek ietekmēts fermentācijas process.
- Ar skābekļa ievadīšanu tiek ietekmēts sadedzināšanas process iekšdedzes dzinējā.
- Stipra korozija uz visām detaļām gāzes kamerā.

- Dienas-nakts un gadalaiku temperatūru svārstības gāzes kamerā ir kaitīgas sērūdeņraža attīrīšanas procesam.
- Ir iespaidota metāna satura mērīšana.
- Nevar ātri reaģēt uz metāna ražošanas svārstībām.

Bioloģiskie filtri, bioloģiskie tīrītāji un filtrēšanas iekārtas

Bioloģisko filtru izmantošana ir efektīvāka nekā iepriekš aprakstītā metode. Šērūdeņraža attīrīšana notiek atsevišķi no bioreaktora būvētā biofiltrā. Metode balstās uz mikroorganismu spēju bioķīmiski oksidēt organiskos un neorganiskos savienojumus. Tam nepieciešami optimāli mikroorganismu darbības apstākļi (pH vērtība, mitrums, temperatūra un skābekļa koncentrācija). Optimālā temperatūra ir pie 30–32°C, vides pH ir 1,5, max 2,2. Par baktēriju nesējmateriālu kalpo īpašas formas plastmasas pildvielas (imobilizācijas virsma), taču ir informācija, ka šim mērķim var izmantot arī kūdru, mizu mulču, kā arī pildvielas no keramikas, porcelāna u.c. Bioloģiskajā filtrā, cauri ar Thiobaktērijām bagātam šķīdumam plūst attīrāmā gāze. Attīrītajai gāzei rel. mitrums ir 100%, tāpēc ļoti būtiska ir attīrītās biogāzes kondensāta atdalīšana. Lai nodrošinātu baktērijas ar nepieciešamajām barības vielām, tās ir jāpiebaro ar barības šķīdumu (vāja virca, pēcfermentācijas šķīdums vai šķidrās minerālmēslojums).

Savukārt pretēji darbības principi ir tā sauktajos **bioloģiskajos tīrītājos, bioskruberos vai gāzes mazgātājos**. Šeit gāze vispirms pretplūsmā ar viegli sārmainu ūdeni plūst cauri kolonnas veida absorberim. Viegli sārmainajā vidē sērūdeņradis ļoti labi absorbējas. Noslēgumā šo šķīdumu bioloģiski reģenerē bioreaktorā kā iepriekš. Bioloģiskajos tīrītājos mikroorganismi atrodas tieši suspensijā, nevis piestiprinājušies uz nesējmateriāla.

Turpretī **filtrēšanas iekārta** satur gan bioloģiskā filtra elementus (Thiobaktērijas uz nesējmateriāliem), gan arī bioloģiskā tīrītāja elementus, kurā daļa mikroorganismu atrodas suspensijā. Pievadot skābekli, filtrēšanas iekārtā ir jānovērš maisījuma sprādzienbīstamība (apm. 5–15 Tilp.-% biogāzes gaisā) (15% gaisa pievade atbilst skābekļa padevei mazāk nekā 2,5% O₂ un tā nav kritiska). Nepārtraukti ir jāmēra biogāzes daudzums, metāna saturs un gaisa pievade. Sākot no O₂ — koncentrācijas > 3,5%, ir jāparedz sistēmas avārijas izslēgšanās.



3.1.attēls. Sērūdeņraža filtrēšanas iekārta.

Ārējās desulfurizācijas iekārtas priekšrocības ir:

- Desulfurizācijas iekārtu var būtēt atbilstoši reāli attīrāmajam sērūdeņraža daudzumam.
- Sērūdeņraža attīrīšanas procesu var automatizēt attiecībā uz barības vielu, gaisa pievades un temperatūras vadību.
- Tiek novērsta korozija bioreaktorā.
- Īslaicīgas gāzes daudzuma svārstības, kā tas nenovēršami ekspluatācijā notiek, neiedarbojas negatīvi uz gāzes kvalitāti.

Ķīmiskā izgulsnēšana.

Metode balstās uz divvērtīgās dzelzs Fe^{2+} spēju saistīt sērūdeņradi.

Visbiežāk tiek izmantots FeCl_2 vai FeSO_4 ievērojami retāk Fe(OH)_2 .

Vispārējā ķīmiskā, procesu aprakstošā formula būtu: $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeS} + \text{H}_2^+$.

Dzelzs-(II)-sulfāts. Ir pierādīts, ka dzelzs-(II)-sulfāta piedevu var izmantot biogāzes, ar augstu H_2S koncentrāciju, desulfurizācijai. H_2S saturs var tikt samazināts no 2000–3000 ppm līdz 20 ppm. Dzelzs-(II)-sulfātu pievieno vai nu tieši jau maisīšanas tvertnē, vai arī bioreaktorā. Veidojošos sērūdeņradi vēl šķidrā stadijā pārveido par dzelzs sulfīdu cietvielā.

Ķīmiskā desulfurizācija ārpus bioreaktora

Ķīmikāliju izmantošana parasti noved pie tīrības pakāpēm $> 95\%$.

Tās priekšrocības ir:

- Desulfurizāciju var izstrādāt reāli izvadītiem sērūdeņraža daudzumiem.
- Sērūdeņraža atdalīšanu var automatizēt ar ķīmikāliju dozētāju.
- Skābekļa ievade neietekmē tehnoloģisko procesu.
- Tiek novērsta korozija bioreaktorā.
- Īslaicīgas gāzes daudzuma svārstības, kā tas nenovēršami ekspluatācijā notiek, neiedarbojas negatīvi uz gāzes kvalitāti.

Taču šo metodi lauksaimniecībā parasti izmanto gadījumos, kad ar bioloģisko atsērošanu nav līdzēts

Biogāzes bagātināšana.

Lai biogāzi izmantotu kā gāzveida degvielu vai arī to ievadītu dabasgāzes tīklā, tad tā ir jāatīra līdz atbilstošai kvalitātei, kas nozīmē, ka tai ir jābūt sagatavotai vismaz līdz dabasgāzes kvalitātei kā to nosaka LR MK Noteikumi nr.772 «Noteikumi par biodegvielas kvalitātes prasībām, atbilstības novērtēšanu, tirgus uzraudzību un patērētāju informēšanas kārtību».

3.3.tabula. Biogāzes bagātināšanas metodes [1]

Metode	Princips
Skalošana zem spiediena	CO_2 tiek absorbēts ar šķidrumiem, piemēram, ūdens, NaOH
Adsorbēcija ar spiediena maiņu	CO_2 tiek adsorbēts uz adsorbēcijas līdzekļiem elektrostātiskā spēka ietekmē
Membrānu metode	CO_2 tiek atdalīts, balstoties uz atšķirīgām permeāta īpašībām
Skalošana ar amīniem	CO_2 tiek atdalīts ar īpašiem ķīmiskiem līdzekļiem

Skalošana ar spiedienu

Viena no absorbcijas metodēm ir skalošana zem spiediena. Šī metode Eiropā tiek izmantota visplašāk. Metode balstās uz metāna un ogļskābās gāzes dažādajām šķīdībām. Biogāzi pēs saspiešanas ($p = 6-10$ bar) un atdezesēšanas padod uz adsorbcijas kolonnu. Kolonnā pretplūsmā biogāzei plūst auksts ūdens. Jo aukstāks būs ūdens un augstāks darba spiediens, jo labāk ogļskābā gāze šķīdīs ūdenī. Gala rezultātā iegūtā gāze vēl jāatdala no kondensāta. Tādā veidā var iegūt biogāzi ar līdz pat 96% augstu metāna koncentrāciju. Ir vienīgi jāpiebilst, ka šī metode ir ļoti energoietilpīga.

Adsorbcija ar spiediena maiņu

Metode balstās uz metāna un ogļskābās gāzes atšķirīgajiem molekulu izmēriem un to veic ar tā saucamo molekulāro sietu. Biogāzi ar spiedienu 8–10 bar iespiež adsorbcijas reaktorā ar molekulāro sietu. Mainoties spiedienam, CO_2 desorbējas un izplūst atmosfērā. Ar šo pašu metodi biogāze vienlaicīgi tiek attīrīta arī no citiem gāzē esošajiem piemaisījumiem: H_2S , NH_3 , siloksāni, ūdens u.c. Šīs metodes lielākā priekšrocība ir augstā gāzes kvalitāte un tas, ka nav papildus nepieciešamas nekādas ķīmikālijas un ūdens. Taču arī šī metode ir ļoti energoietilpīga un tajā pat laikā procesa gaitā ir līdz pat 10% metāna zudumu.

Membrānu metode

Metode balstās uz gāzu molekulu dažādajām īpašībām un pielietotajiem selektīvo membrānu materiāliem. Biogāze ar parciālā spiediena palīdzību, izplūstot cauri selektīvām membrānām, tiek sadalīta sastāvdaļās (komponentēs). Atdalītās gāzes daļas tālāk tiek absorbētas. Atkarībā no absorbcijas veida, izšķir mitro metodi un sauso metodi.

Skalošana ar amīniem

Ir izstrādāti speciāli amīnu šķīdumi, ar kuriem selektīvi var attīrīt biogāzi. Principā tā ir kolonna, kur gāze ar amīnu šķīdumu pletplūsmā satiekas. Ogļskābā gāze tiek ķīmiski saistīta. Vēlākā gaitā saistīto ogļskābo gāzi var atdalīt no amīnu šķīduma (veikt reģenerāciju pie paaugstinātas temperatūras un spiediena) un šo šķīdumu izmantot atkārtoti. Pēc tam gan no gāzes ir pienācīgi jāatdala citi gāzveida piemaisījumi, piemēram, H_2S . To var izdarīt aktīvās ogles filtrā.

3.2. Biogāzes izmantošana koģenerācijas stacijās.

Kombinētā enerģijas izstrāde (koģenerācija).

Ar koģenerāciju saprot vienā enerģijas iekārtā pievadītās enerģijas vienlaicīgu pārveidošanu vairākos enerģijas veidos, t.i. mehāniskajā enerģijā, elektrībā, siltumā un aukstumā, nododot šos enerģijas veidus gala patērētājiem.

Koģenerācijas mērķis ir minimizēt enerģijas zudumus pārveidošanas ķēdē no primārās enerģijas līdz lietderīgajai enerģijai. Ar to ir saistīti enerģijas ietaupījumi un CO_2 emisiju samazinājums.

Koģenerācijas elektrostacija. Koģenerācijas elektrostācijas pārsvarā sastāv no iekšdedzes dzinēja, kurā tiek sadedzināta gāze un darbināts ģenerators, kā arī no siltummaiņa un rekuperācijas katla siltumenerģijas atgūšanai no dzesēšanas ūdens, eļļām un dūmgāzēm. Pilnvērtīgi izmantojot dzinēja siltumu, termoelektrostācijas var sasniegt kopējo lietderības koeficientu no 88 līdz 95%, elektrības lietderības koeficients, atkarībā no izmantotā procesa (dīzeļmotors vai Otto) 25 līdz 41%. Atgūto siltumu var izmantot ražošanas, pašā fermentācijas procesā vai arī apkurei. Saražoto elektrību ievada publiskajā tīklā.

No saražotā siltuma, Latvijas apstākļos, vidēji ap 30% izmanto kā tehnoloģiskā procesa siltumu bioreaktora apsildei un potenciālajām sanitārās apstrādes iekārtām. Atlikums ir pieejams izmantošanai vai pārdošanai.

Koģenerācijas stacijā var būt izvietota gāzes mikroturbīna, duālās degvielas dzinējs vai gāzes-Otto dzinējs.

Gāzes mikroturbīna. Gāzes mikroturbīnas sastāv no vienpakāpes radiālā kompresora un turbīnas, gaisa uzsildītāja (rekuperators), sadegšanas kameras un ģeneratora. Īpaša rūpība ir jāvelta gāzes attīrīšanai, īpaši gāzes mitruma aizvadīšanai. Mikroturbīnu jaudas ir 30 līdz 200 kW.

Sadegšanas kameras spiediens ir ap 3 līdz 4 bar, ieejas temperatūra ir 800–900 °C. Konstantai 28 kW iekārtas ekspluatācijai ir nepieciešams apm. 400 m³/d biomasas daudzums. Apkopes intervāli ir 6000 darba stundas, kapitālo remontu ir jāparedz pēc katrām 40000 darba stundām.

Turbīna un rekuperators (gaisa uzsildītājs) saskaņā ar literatūras datiem ir izturīgi pret sēru, taču kopumā pasaulē vēl nav ilgstošas pieredzes to izmantošanai biogāzes ražošanas nozarē. Tā kā mikroturbīnu darbina bez smērvielas, tad nevajadzētu arī rasties zināmajām ar eļļu saistītajām problēmām.

3.4.tabula. Kritiskākās turbīnas detaļas un iespējamie bojājumi ir [2]:

Konstrukcijas detaļa	Bojājumi
Kompresors	Erozija, korozija, uzdeguma veidošanās (siloksāni)
Turbīna	Erozija, korozija, uzdeguma veidošanās (siloksāni), karstās gāzes korozija
Deglis	Erozija, korozija, pārkaršana, liesmas dzēsējs, koksēšana
Sadegšanas kamera	Erozija, korozija, nogulšņu veidošanās
Rekuperators	Aizsērēšana, korozija, nogulšņu veidošanās
Izplūdes gāzu siltummainis	Aizsērēšana, korozija
Sadedzināšanas gāzes kompresors	Korozija, kondensāta veidošanās

Apkopes intervāli, balstoties uz darba pieredzi ar dabasgāzi, ir ievērojami garāki nekā koģenerācijas elektrostaciju dzinējiem.

Taču mikroturbīnas biogāzes izmantošanā izmanto vēl diezgan reti, bet Latvijā tādas nav nevienā biogāzes stacijā. Daudz populārākas ir divas citas ieviestas un efektīvas tehnoloģijas. Atkarībā no visas iekārtas izmēra, izmantojamības prasībām, ekspluatācijas izdevumiem un potenciālajiem ieņēmumiem, attiecīgas priekšrocības un trūkumi ir gan gāzes-Otto dzinējiem, gan duālās degvielas dzinējiem.

Duālās degvielas dzinēji

Duālās degvielas dzinējs ir balstīts uz dīzeļdzinēja principu, kurā caur kontroles kanālu padod sadegšanas kamerā neuzliesmojošu gāzi (gāze ar mazu metāna saturu). Iesmidzinot nelielu daudzumu aizdedzes eļļas (degviela/dīzeļdegviela vai biodīzeļdegviela) tiek izraisīta aizdegšanās.

Principā izmantotajam «pamatdzinējam» ir jābūt paredzētam biogāzes dedzināšanai, t.i., pēc iespējas bez krāsaino metālu klātbūtnes. Kā rāda pieredze, tā parasti nav.

Svarīgas konstrukcijas detaļas, kā, piem., kļauņa izcilnis (virzuļa pirksta un kļauņa savienojums) un sadales vārpstas, turbo uzlādes ierīces, eļļas sūkņa gultņi, kā arī eļļas dzesētāji bieži sastāv no bronzas sakausējumiem (Cu-saturoši sakausējumi). Šīs konstrukcijas detaļas bojā korozija, tā ka šīs konstrukcijas detaļas agrāk vai vēlāk pārstāj darboties (parasti ar izrietošiem dārgiem remontiem).

Ja Vācijā piemēram, sākot ar 2007. gada 1.janvāri ekspluatācijā nodotos duālās degvielas dzinējus drīkst darbināt tikai ar biogēnas izcelsmes aizdedzes eļļām tad Latvijā uz šo brīdi šādas prasības vēl nepastāv.

Zemas kaloritātes biogāzi, CO₂ augstās proporcijas dēļ, var ļoti labi saspiest. Tāpēc duālās degvielas dzinējiem ir augstāks lietderības koeficients nekā parastajiem dzinējiem. Ģeneratorus piedāvā ar lietderības koeficientiem no 37,5% pie 65 kW-agregāta un 40% pie 100 kW-agregāta.[2]

Duālās degvielas dzinēji pie pazīstamiem dzinēju ražotājiem (Deutz, MAN, Jenbacher), to trūkstošās piemērotības dēļ, nav pieejami kā sērijveida produkti. Pārbūvēšana notiek atbilstoši termoelektrostacijas piegādātāja zināšanām. Sākuma stadijā (apm. 1998–2001) duālās degvielas dzinējus bieži lietoja dēļ to minimālajām pārbūves izmaksām (piem., tikai iesmidzināšanas sprauslu maiņa ar samazinātiem smidzināšanas platumiem). Taču arī aizdedzes tehnika tika uzlabota. Aizdedzes eļļas jauno noteikumu dēļ (vairs tikai augu eļļa) un pieaugošā uzstādīto jaudu (500–1000 kW uz moduli) lieluma dēļ, kā arī vēl joprojām neatrisinātu tehnisku problēmu dēļ, degvielas iesmidzināšanas tehnikas izmantošana acīmredzot piekāpsies par labu gāzes-Otto dzinējam. Tas neattiecas uz mazajām iekārtām (< 150 kW) un iekārtām, kurās dedzina zemas kaloritātes gāzes (CH_4 saturs < 50%).

Lai regulētu biogāzes duālās degvielas dzinēju slodzes, ir divas metodes:

- **Regulēšana pēc gāzes daudzuma**

Šajā gadījumā slodzi kontrolē pēc gāzes plūsmas, t.i. dzinējs darbojas ar konstantu dīzeļdegvielas daudzumu un variējamu gāzes daļu. Dzinēju var neregulēt tikai pie nemainīgas biogāzes kvalitātes. Taču zemākajā slodzes zonā šī sadedzināšanas ideja ir vērtējama kritiski.

- **Regulēšana uz nemainīgu jaudu**

Šajā gadījumā, pie nepietiekama gāzes daudzuma, enerģētiskās daļas kompensēšana notiek ar dīzeļdegvielu/degvielleļļu vai attiec. biodīzeļdegvielu. Lai uzturētu pietiekamu siltuma rezervi, lielākās sadegšanas temperatūras dēļ, uzstādītā maksimālā jauda nedrīkst atbilst nominālajai jaudai.

Vispārināti biogāzei ir ne tikai puse no dabasgāzes enerģijas ietilpības/ m^3 , bet arī uz pusi lēnāks liesmas izplatīšanās ātrums un divreiz lielāka detonācijas izturība. Biogāzes mazajam liesmas izplatīšanās ātrumam ir nepieciešami īsi liesmas ceļi. Gāzes-Otto dzinēja gadījumā deggāzi aizdedzina cilindra vidū ar aizdedzes sveci. Gāze no turienes izdeg līdz ārpusē. Tāpēc tās lietderības koeficients krītas līdz ar CH_4 satura samazināšanos. Tā kā dzinēji speciāli netiek konstruēti regulējamās iesmidzināšanas darbībai, tad tas, atkarībā no izmantotā dzinēja tipa un pārbūvēšanas veida, var izraisīt virzuļa, piedziņas virzuļa, blīvējumu, cilindra galvu, iesmidzināšanas sprauslu un vārstu bojājumu. Dzinēja tipiem ar konstruētu virzuli (virzuļa galviņa no tērauda un virzuļa vadvirisma no alumīnija) ir lielākas rezerves attiecībā uz karstāku sadegšanu. Līdz ar to augstākas termiskas slodzes (augstāki sadegšanas spiedieni un karstuma deformācija) tiek labāk pārvaldītas. Lai uzlabotu eļļas dzesēšanu un eļļas kvalitāti, bieži uzstāda lielākas eļļas tvertnes. Papildus pozitīvajiem efektiem attiecībā uz dzinēja darbību ir vērojams arī «blakus efekts»: eļļā tiek atšķaidītas gāzē esošās kaitīgās vielas.

Duālās degvielas dzinējus mūsdienās aprīko tikai ar izplūdes gāzu mērīšanu uz katra cilindra. Traucējumu, piem., bojātas (karbonizētas) iesmidzināšanas sprauslas gadījumā, savlaicīgi ir jāizslēdz dzinējs. Tā kā sākot ar 2007. Gadu Vācijā kā aizdedzes eļļu var izmantot tikai augu eļļu, tad duālās degvielas dzinējam papildus vēl ir jābūt «izturīgam pret augu eļļu». Tiek izmantota rapšu un palmu eļļa. Papildus atbilstošai augu eļļas attīrīšanas teknikai obligāta ir regulāra eļļas analīze (apm. 150 h), eļļas maiņa atkarībā no eļļas tilpuma apm. 300–600 h).

Duālās degvielas dzinēju vidējais kalpošanas mūžs ir apm. 30 000–40 000 darba stundas.

Gāzes-Otto dzinējs.

Ļoti attīstīti ekspluatācijai ar biogāzi ir gāzes-Otto dzinēji. Latvijā tikai dažās biogāzes stacijās tiek izmantoti duālās degvielas dzinēji, pārējās ir — gāzes-Otto dzinēji. Tā kā tie ir tik izplatīti, tad tiek pieņemts, ka par tiem daudz kas ir jau zināms un nebūtu jāiedziļinās vispārīgo darbības principu aprakstīšanā. Būtiskāk ir vērst uzmanību uz jautājumiem, kas saistīti ar šo dzinēju sekmīgu un ilglaicīgu ekspluatāciju.

Šo dzinēju būtiskākā pazīme ir, ka slodze tiek regulēta ar droseļvārsta palīdzību. Gāzes — gaisa maisījumu izveido gāzes maisītājā pirms cilindra un pēc tam sadedzināšanas kamerā aizdedzina ar aizdedzes sveci. Lai, neskatoties uz gaisa pārpalikumu ($\text{Lambda} > 1,65$), sasniegtu atbilstošu īpatnējo jaudu, šos dzinējus uzlādē ar izplūdes gaisa turbo lādētājiem. Aiz kompresora parasti ir novietots maisījuma dzesētājs.

Balstoties uz ilggadīgo pieredzi (piem., atkritumu gāze) un ilgo attīstības laiku, gāzes-Otto dzinēji ir uzskatāmi par sevi pierādījušiem dzinējiem biogāzes nozarē. Kalpošanas mūžs līdz kapitālajam remontam ir apm. 50 000–80 000 darba stundas, turklāt iedarbināšanu skaitam (apm. 10% no darba stundām) ir vislielākā ietekme uz specifisko nodiluma stāvokli. Arī šeit spēkā ir piemērotības pamatprincips biogāzes sadedzināšanai (pēc iespējas bez krāsaino metālu klātbūtnes).

Papildus attiecīgajām drošības ierīcēm (detonācijas kontrolēšana, izplūdes gāzu temperatūru mērījums) ir jāveic arī regulāras eļļas analīzes (600–1200 darba stundas).

Būtiski ir saprast, ka biogāzi nevar normēt. Tas nozīmē, ka atšķirīgā metāna satura dēļ veidojas atšķirīgas sadegšanas īpašības. Spēcīga ietekme uz biogāzes metāna saturu ir izejmateriāliem, padeves laikiem, maisīšanas laikiem un maisītājiem. Vielū, ar augstu cukura saturu, pievienošana, metāna saturu samazina, ar augstu tauku saturu, paaugstina. Veidojas nosacījumi, kas metāna saturam pietiekami īsos laika intervālos liek svārstīties līdz pat 30%. Tas var notikt dažu minūšu laikā, piem., ja tiek izslēgta pēcrūgšanas tvertne vai galvenais bioreaktors (biogāzei no pēcrūgšanas tvertnes var būt par 15% augstāks metāna saturs). Tāpēc ir svarīgi, vispirms savākt biogāzi no abām tvertnēm, pirms to pievada koģenerācijas stacijai. Ietekme uz metāna saturu ir arī pārāk lielā izvēlēta gāzes krātuvē. Ja gāze netiek ātri pārstrādāta, tad tā tur sāk noslāņoties.

Atšķirīgiem metāna saturiem un mikroelementiem, piem., NH_3 , H_2 , metanols, ir liela ietekme uz liesmu izplatīšanās ātrumu un detonācijas izturību. Šie parametri var mainīties par 30–50%, gan lietderības koeficienta zuduma virzienā (slikti izplūdes gāzes rādītāji), gan detonējošas sadegšanas virzienā un rezultātā izraisīt dzinēja bojājumus.

Amonjaka (NH_3) kaitīgā ietekme un metanols

Amonjaka veidošanos veicina:

- nepārtraukta gāzes izdalīšana pie pH-vērtības $> 8,3$ (paaugstinātā daudzumā veidojas, piemēram, vistu mēšlos),
- sporādiska gāzes izdalīšanās, iesūkņējot šķidrmēslus gāzes kamerā,
- šķidrmēslu turbulenta ieskalošana,
- pārāk augsts un līdz ar to nepareizi noregulēts maisītājs.

Metanolu veicina šādas ietekmes:

- Glicerīna pievienošana (no RME ražošanas) bioreaktorā var izraisīt metanola iztvaikošanu gāzes kamerā (lai to novērstu, padevei ir jānotiek caur samaisīšanas tvertni).
- Spirtiem rūgstot pastiprināti veidojas metanols.

Amonjaka un metanola izraisītie bojājumi ir diezgan identiski. Abu vielu mazā detonācijas izturība izraisa pašuzliesmošanos pie sadedzināšanas kameras karstajām detaļām. Sekas ir ātra un spēcīga sadegšana. Tas, savukārt, izraisa termisku «pieaugumu», kas pēc tam noved pie detonācijas. Šīs augstās frekvences vibrācijas izraisa temperatūras, kas var novest pie sprauslu pārkaršanas, atsevišķos gadījumos pie virzuļu kušanas vai cilindra čaulu noraušanas. Papildus parādās arī gultņu triecienslodze [2].

Metāna gāze (CH_4): Detonācijas izturības izmaiņas pie metāna satura starp 40% CH_4 un 65% CH_4 deggāzē ir apmēram trīs reizes lielākas kā detonācijas izturības izmaiņas starp parastu un superbENZĪNU. Līdz ar to dzinēja termiskā slodze ir ļoti svārstīga [2]. Detonācija notiek, ja metāna augstā satura dēļ notiek sasteigta maisījuma pašaiздеgšanās.

Sērūdeņradis: Apskatot dzinēja kalpošanas ilgumu, būtisks aspekts ir biogāzes procesā veidojošais mikroelements sērūdeņradis, kuru pēc iespējas vairāk ir jāsamazina, pirms tas izraisa bojājumus

agregātā. Sērūdeņradis izraisa gāzes vadu, gāzes regulēšanas vārstu un gāzes magnētisko vārstu korodēšanos, koksēšanos un sagraušanu. Pārāk liela skābuma dēļ dzinēja eļļa zaudē savu ieeļļošanas un dzesēšanas iedarbību un bojā dzinēju. Sēra dioksīdi (sēra sadegšanas produkti) un ūdenī izšķīdušas sēra paskābes bojā gandrīz visas metāla detaļas. Tas visa cita starpā izraisa izplūdes gāzu siltummaiņa un izplūdes gāzes vadu koroziju. Par to vairāk varēja lasīt sadaļā 3.1.

Katalizators

Katalizatorus parasti neizmanto. Sērūdeņradis un citas sastāvdaļas to sabojātu. Ja katalizatoru izmantotu, tad obligāti ir jāveic droši funkcionējoša desulfurizācija un mitruma aizvadišana.

3.3.Izmantotā literatūra:

1. http://www.kompost-biogas.info/index.php?option=com_content&task=view&id=239&Itemid=284
2. Erneuerbare Energien. Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV), 2010, 385 Seiten
3. <http://www.likumi.lv/doc.php?id=104828>
4. <http://www.likumi.lv/doc.php?id=119463&from=off>
5. Der Eigenstromverbrauch von Biogasanlagen und Potenziale zu dessen Reduzierung. 1.Auflage 2009, aktualisiert 2010, 170 Seiten. Pieejams: <http://www.sev-bayern.de/content/bio-eigen.pdf>
6. Kalniņš A. Biogāzes ražošanas saimnieciskie un vides ieguvumi. Rīga, 2009, 148 lpp.
7. Görisch U, Helm M. Biogasanlagen. Stuttgart:Eugen Ulmer KG, 2007, 150 Seiten
8. Handreichung. Biogasgewinnung und –nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR), 2006, 232 Seiten
9. Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR), 2010, 272 Seiten
10. Leitfaden zur Wärmenutzung bei Biogasanlagen, 2008. Pieejams: <http://www.klimaaktiv.at/article/articleview/78233/1/13846/>
11. Biogasjahrestagung und Fachmesse. Tagungsband. Freising: Fachverband Biogas e.V., 2011, 238 Seiten
12. http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/ID/DE_Homepage

4. Biogāzes iekārtu būvniecības un ekspluatācijas riski

Kļūdas biogāzes iekārtas projektēšanas gaitā:

– iekārtas izmērs

Potenciālajam biogāzes iekārtas īpašniekam vajadzētu būt realistam, novērtējot plānotās biogāzes iekārtas lielumu. Kādus šķīdumus vai kūsmesli daudzumus saimniecība nākotnē iegūs? Vai arī turpmāk tiks lietoti salmu pakaiši, vai drīzumā tiks pārbūvēta kūts? Kāda ir lopbarības bāze? Kādus citus substrātus reāli varēs izmantot biogāzes ražošanā? Pārāk liela iekārta maksā pārāk daudz un iespējams nekad neatmaksāsies. Pārāk maza iekārta samazina līdzfermentācijas vielu pārstrādes apjomu un līdz ar to lauksaimnieka potenciālos ieņēmumus. Abos gadījumos ir sagaidāmas problēmas. Pārāk maza biogāzes iekārta šķīdumus kvalitāti ietekmē jo īpaši: ja hidrauliskās izturēšanas laiks ir pārāk īss, tad šķīdumus netiek pietiekami noārdīti, tiem vēl paliek spēcīga smaka.

– peldošie-grimstošie slāņi

Bioreaktora izmēriem, tas nozīmē tā augstumam un diametram, atkarībā no maisītāja jaudas, var būt izšķiroša loma peldslāņu veidošanās procesam. Maisītājam ir jāizpilda vairāki uzdevumi: bioreaktora satura samaisīšana, peldoša virsslāņa sacietēšanas novēršana, smilšu nogulsanēšanās novēršana. Ja bioreaktors ir pārāk augsts vai pārāk plats un maisītāja jauda nepietiekama, tad rodas problēmas. Tāpēc ir būtiski izvēlēties pareizo maisītāja jaudu, ņemot vērā visu potenciāli izmantojamo substrātu īpašības (sausna, frakcijas lielums, viskozitāte u.t.t.). Slikta samaisīšanas gadījumos bioreaktorā veidosies zonas ar neviendabīgi pārraudzētu substrātu un pārraudzētā substrāta (digestāta) kvalitāte nebūs viendabīga.

– mērierīces

Nereti biogāzes iekārtu īpašnieki mēģina taupīt uz mērierīču rēķina. Daudzos gadījumos vienīgie mērījumi ir temperatūras mērījumi bioreaktorā un spiediena vai līmeņa mērījums gāzes krātuvē. Kamēr izmanto vienu vai dažus, bet stabili zināmus substrātus nemainīgās oporcijās un ar puslīdz stabilu ķīmiski sastāvu un struktūru, var apmierināties ar šiem nedaudzajiem mērījumiem. Taču tiklīdz tiek pievienoti lielāki citu substrātu apjomi, kam mainās daudzumi un koncentrācijas, ir vajadzīga virkne mērījumu, lai varētu novērtēt procesa gaitu. Tad noteikti ir vēlams regulāra biogāzes sastāva noteikšana, izdalītās biogāzes daudzuma uzskaitē, FOS/TAC attiecība, hidrauliskās un organiskās slodzes kontrole. Tāpēc par procesa kontroles iespējām ir vēlams padomāt jau no paša biogāzes iekārtas plānošanas sākuma.

– procesa temperatūras nodrošināšana

Lauksaimniecības biogāzes iekārtās bioreaktora satura apsildei parasti izmanto PE-cauruļvadus grīdā un sienā. Lielās rūpnieciskās biogāzes iekārtās nereti izmanto ārējos siltummaiņus. Katram iekārtas īpašniekam ir jāizsver abu tehnoloģiju priekšrocības un trūkumi. No vienas puses par labu apsildes cauruļu izmantošanai betonā vai uz bioreaktora sienas runā izdevīgākas investīcijas un vienkāršākas vadības sistēmas, no otras puses par labu ārējiem siltummaiņiem runā labākas kontroles iespējas, labākas remonta iespējas un precīzāka temperatūras noregulēšana.

Pie noteikta bioreaktora tilpuma, ar ārēja siltummaiņa palīdzību, var labāk noregulēt temperatūru bioreaktorā. Tādā veidā maza tilpuma iekārtās var kompensēt nepietiekamo hidrauliskās izturēšanas laiku un uzlabot digestāta kvalitāti.

– bioreaktora organiskā slodze

Cik daudz viena vai otra substrāta vispār drīkstēs iepildīt biogāzes iekārtā kādā konkrētā laika periodā? Vai un cik šajā biogāzes iekārtā drīkstēs iepildīt, piemēram, zaļo masu, taukus vai augu eļļas? Te ir runa par konkrētas biogāzes iekārtas maksimālo organisko noslogojumu vai slodzi, ko parasti izsaka $\text{kgOS}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, kur OS ir organiskā sausna. Tādējādi kgOS attiecas uz piegādāto organisko sausnu, m^3 uz izmantoto bioreaktora tilpumu un dienu. Katrai konkrētai biogāzes iekārtai ir maksimālā iespējamā organiskā slodze. To pārsniedzot, var izraisīt bioloģiskā procesa pārmaiņas, t.i. bioreaktora saturs pārkāpst; vai bioreaktora saturs sāk putoties; vai gāzes ražošana būtiski samazinās. Jo mazāk informācijas ir par pielietojamie substrātiem, jo piesardzīgākam būtu jābūt iekārtas operatoram.

Korozija

Virca, līdzfermenti un arī biogāze, to ķīmiski-fizikālo īpašību dēļ, bojā tādus materiālus kā betons un tērauds. Tāpēc bioreaktora gāzes kamerā un pēcrūgšanas telpā ir jāizmanto piemērots pārklājums. Tērauds parasti ir korodējošs uz vircu, kā arī līdzfermentiem, tādējādi nevarēs iztikt bez pārklājuma, emaljas uzklāšanas vai nerūsošā tērauda izmantošanas. Arī to zonu, kas tērauda bioreaktorā nav nepārtraukti pārklāta ar raudzējamo substrātu, ir jāaizsargā pret koroziju.

Cauruļvadiem jābūt izturīgiem pret darba vidi un koroziju. Biogāzes gadījumā korozijas izturīgas, piem., ir caurules no tērauda un nerūsošā tērauda (izņemot skābekļa padeves cauruli), polietilēna (PE-HD) un PVC-U. Standarta PVC-KG caurules nav pieļaujamas, jo tās maksimāli atbilst tikai konstruktīvajai izturībai 0,5 bar. Varš nav izturīgs, misiņš un sarkanā bronza pēc pieredzes ir piemēroti.

Literatūrā nereti izskan viedoklis, ka aizsardzība pret koroziju nav nepieciešama, jo būs vajadzīgi gadu desmiti lai tvertnes caurrūsētu. Normālā situācijā varbūt tā arī būtu, taču ir jāņem vērā, ka desulfurizācijas nolūkos bioreaktora gāzes kamerā iesūknē gaisa skābekli, kas ne tikai attīra gāzi no sērūdeņraža, bet arī veicina koroziju kā tādu.

Punktkorozija

Korozijizturīgam tēraudam – tādām kā V2A, saskares punktā pie betona sienas ir nosliece uz punktkorozijas veidošanos. Tēraudam un betonam ir atšķirīga elektriskā valence un kopā ar vircu kā elektrolītu tie veido baterijas elementu, kas izraisa nelielas strāvas plūsmas un līdz ar to punktkoroziju.

Zaudējumi, ja biogāzes iekārtas nedarbojas

Ienākumus no biogāzes iekārtas darbības var gūt no

- Elektroenerģijas pārdošanas,
- Siltuma pārdošanas,
- Fermentētā substrāta kā mēslojuma pārdošanas,
- Biomasas pirkšanas no nozares un mazumtirgotājiem,
- Metāna gāzes attīrīšanas un ievadīšanas dabasgāzes tīklā.

Ilgstoši iekārtas darbības pārtraukumi (dažas dienas vai nedēļas) var izraisīt bioloģiskā procesa traucējumus. To iemesls bieži ir bioreaktoru tehnikas nedarbošanās. Piem., noraujoties iegremdējamā dzinēja tipa maisītājam, var tikt sabojātas bioreaktora apsildes caurules. Lai šādu bojājumu novērstu, vajadzēs pilnībā iztukšot bioreaktoru.

Atbilstoši mūsdienu uzskatiem, normālas remonta veikšanas izraisītas dīkstāves bioreaktora avāriju dēļ ir apm. 7–30 dienas. Ilgākas dīkstāves rodas, ja ir problēmas ar rezerves daļu piegādi, maksātspēju vai ir pilnībā bojāts bioreaktors vai koģenerācijas iekārta.

Iekārtu stāvēšana ir saistīta arī ar dzinēju un to sastāvdaļu bojājumiem. Nopietni virzuļu un kloķvārpstu bojājumi var izraisīt vairāku nedēļu dīkstāvi. Šādu dīkstāvi var saīsināt līdz minimumam (1 diena), ja nomaina bojāto agregātu pret jaunu. Bet te ir jāizvērtē reālie zaudējumi: kas būs, ja remontus taisīs lēni un paši saviem spēkiem, un kas būs, ja ātri investēs jaunu iekārtu iegādē.

Pārāk zemu nedrīkst novērtēt dīkstāves, kuras izraisa mērīšanas, vadības un regulēšanas ierīču (kontroles, trauksmes, automatizēšanas tehnikas) bojājumi.

Neplānotas dīkstāves var ierobežot, veicot īpaši svarīgu sastāvdaļu regulāras apkopes un pārbaudes. Tas attiecas kā uz bioreaktoru tehniku, tā arī uz koģenerācijas elektrostaciju. Iekārtu stāvēšanas laiku var samazināt, ja, piem., ir pieejama kāda pagaidu aizvietoājama tehnika (piem., pārvietoājams agregāts). Tas var būt, piem., bioreaktora sildītājs, kas neparedzētā gadījumā ar siltumu var nodrošināt arī pieslēgtos siltuma lietotājus, ja termoelektrostacija ir apstājusies. Iespējams ir jāuzstāda mobila elektrostacija.

Ir lietderīgi uz vietas stacijā glabāt rezerves daļas.

Iekārtu dīkstāvē rodas sekojošas papildus izmaksas:

- samazinās darbības peļņa un pieaug kārtējās izmaksas,
- neparedzētu bojājumu novēršanas izmaksas (ieguldījumi, kas saīsina dīkstāvi),
- blakus izdevumi (papildizmaksas, piem., siltuma padeves uzturēšanai),
- piesārņojums (bioloģija sagraust, t.i. fermentēšanas procesu ir jāsamazina no jauna).

Drošības noteikumi lauksaimniecības biogāzes iekārtām

Biogāzē esošais metāns noteiktās koncentrācijās ar skābekli var veidot sprādzienbīstamu maisījumu. Tāpēc dzinēji, kurus izmanto gāzes zonās, ir jākonstruē sprādziendrošus, gāzes vadiem ir jāatbilst konkrētām īpašībām, ir jāievēro droši attālumi u.t.t.. Vācijā ir drošības direktīvas lauksaimniecības biogāzes iekārtām, kuras rekomendē arī Biogāzes profesionālā asociācija. Katram iekārtas īpašniekam savu interešu labā būtu jāseko drošības vadlīniju ievērošanai. Latvijā, diemžēl šādu atsevišķu noteikumu nav, tāpēc notiek kaut kāda esošo dabasgāzes noteikumu un Vācijas piegādātāju noteikumu kombinēšana un nereti arī savdabīga traktēšana.

Apdraudējumi un riski

Izmantojot biogāzi lauksaimniecības iekārtās, var rasties šādi apdraudējumi un riski:

1. Sprādziens no uzliesmojošiem gāzes/gaisa maisījumiem (ekspluatācijas laikā fermentācijas tvertnes gāzes kamerā vai pieguļošajās darba telpās var veidoties sprādzienbīstami gāzes maisījumi. Ir jānovērš dzirksteļu veidošanās, piem., maisītāju jālieto iegremdētu. Tas pats attiecas uz iekārtu izslēgšanu.)
2. Ugunsgrēku rašanās;
3. Kondensāta veidošanās, it sevišķi atdziestot un sasilstot ūdens piesātinātajām gāzēm un no tā izrietošā vadu nobloķēšanās;
4. Korozija no tādām agresīvām sastāvdaļām kā amonjaks un sērūdeņradis;
5. Vadu aizsprostošanās, it sevišķi gāzes un substrāta vadi;
6. Iekšējā spiediena izmaiņas (pārāk augsts vai pārāk zems spiediens) fermentācijas tvertnē un gāzes glabātuvē;
7. Dzīvības draudi, nosmokot vai saindējoties, šahtās vai tvertnēs;
8. Mehānisko detaļu nodilums.

Tā kā gāzes krātuvju un gāzes tvertņu tuvumā ir jāreķinās ar sprādzienbīstamiem gāzes/gaisa maisījumiem, tad ir nepieciešams noteikt aizsargzonas.

Aizsargzonā ir jāveic pasākumi pret dzirksteļu veidošanos, kā arī jāaizliedz atklātas uguns izmantošana un smēķēšana.

Neveikt darbības, kurām ir nosliece uz dzirksteļu veidošanos. Arī pie atvērtām tvertnēm pastāv paaugstināta ugunsgrēka bīstamība. Sēra nogulsnes uz griestiem un sienām ir viegli uzliesmojošas.

Biogāzes iekārtu darbību un apkopi drīkst uzticēt tikai personām, kas pārzina savu darbu. Veicot šos darbus, ir jāievēro lietošanas instrukcijas ar drošības norādījumiem. Ir ieteicams rakstīt darba protokolu, kurā tiek ietverti visi katru dienu veiktie mērījumi, visi kontroles un apkopes darbi, kā arī bojājumi vai traucējumi.

Ugunsdrošības pasākumi

Biogāzes iekārtas ir īpaša konstrukcija, kurai, lai pareizi novērtētu ugunsgrēka riskus, ir nepieciešama detalizēta izvērtēšana vēl iekārtu projektēšanas laikā un tālāka projektā noteikto prasību saskaņošana ar vietējās ugunsdzēsības iestādes norādījumiem.

Šajā nolūkā parasti ir nepieciešams izstrādāt vienotu koncepciju par ugunsdzēsēju iesaistīšanu ugunsgrēka gadījumā vai citos tehniskos glābšanas pasākumos (ugunsdrošības pasākumu koncepcija).

Ārpusē pie ražošanas ēkas, kā minimums, jābūt ugunsdzēsējamajam aparātam ar 12 kg pulveri un aizsargmasku ugunsgrēka klasēm A, B un C saskaņā ar DIN EN 3, kuru ir jānovieto labi redzamā vietā un jāuztur lietošanas kārtībā.

Arī uz smēķēšanas aizliegumu aizsargzonā ir jānorāda ar labi saskatāmiem marķējumiem. Nedrīkst veikt arī metināšanas un griešanas darbus. Dzirksteles var nokļūt arī it kā attālākās tvertnēs.

Aizsargjoslas

Lai izvairītos no savstarpējām ietekmēm bojājuma gadījumā, ugunsgrēka gadījumā, lai novērstu ugunsgrēka pāriešanu uz blakus esošajām iekārtām, lai aizsargātu gāzes krātuvi no bojājumu rašanās, piemēram, sasilšana ugunsgrēka rezultātā, starp gāzes krātuvēm un pie biogāzes iekārtas nepiederošām blakus esošām iekārtām, ietaisēm, ēkām vai transporta ceļiem, ir jāparedz aizsargjoslas. Biogāzes iekārtā starp gāzes krātuvi un gāzes dzinēju uzstādīšanas telpām un elektrības skapju uzstādīšanas telpās ir jāparedz vismaz 6 m aizsargjoslas.

Ja vienas iekārtas vairākas gāzes krātuves, to izkārtojuma dēļ ir jāuzskata par vienu vienību, tad aizsargjoslas aprēķina, summējot konkrētos gāzes apjomus.

Aizsargjoslu mērīšana

Virszemes konstrukcijas gadījumā aizsargjoslu mēra no glabāšanas tvertnes malas vertikālās projekcijas.

Virszemes, stingrās gāzes krātuves

(Te ietilpst arī membrānas krātuves stingrās tvertnēs vai telpās uzstādītās krātuves, piem., bijušajos lopbarības fermentācijas silosos vai konteineros).

4.1.tabula. Aizsargjoslas attālums atkarībā no gāzes krātuves lieluma [1]

Gāzes apjoms m³ katrā tvertnē	līdz 300	virs 300 līdz 1 500	virs 1 500 līdz 5 000	virs 5 000	Materiālu izvēle ārsienām
Aizsarg attālums m	3	3	6	10	Nedegošs, būvmateriāla klase A, uguns ierobežošanas spēja (F30), tvaiku necaurlaidīgs
Aizsarg attālums m	3	6	10	15	Nedegošs, būvmateriālu klase A, tvaiku necaurlaidīgs
Aizsarg attālums m	6	10	15	20	Citi no būvmateriālu klases B degošiem materiāliem

Drošības ierīces

Pirms gāzes patēriņa ierīcēm, tādām kā apkures katli un termoelektrostacijas, ir jāiebūvē liesmu slāpētājus, pēc iespējas tuvāk patērētājiem, saskaņā ar ražotāja norādījumiem. Jāizmanto tikai konstrukcijai atļautās armatūras.

Centrālā avārijas izslēgšanās sistēma un izslēgšanās kritēriji

Abi gāzes drošības sistēmas ātrdarbīgie vārsti ir jāaktivizē tā, lai gāzes pievade uz dzinējiem līdz to iedarbināšanai netiktu atļauta vai attiecīgi ekspluatācijas laikā tiktu pārtraukta pie:

- Apgriezienu skaita pārsniegšanas,
- Minimālā spiediena pārsniegšanas,
- Maksimālā spiediena pārsniegšanas,
- Temperatūras ierobežotāja reaģēšanas dzesētāja cirkulācijā,
- Avārijas izslēgšanās slēdža nospiešanas,
- Elektroenerģijas pārrāvuma,
- Iedarbojoties gāzes trauksmes un ugunsgrēka trauksmes, kā arī pie telpas gaisa temperatūras kontroles iedarbināšanas,
- Ventilācijas iekārtas bojājuma.

Lietošanas norādījumi

Ir jāņem vērā atsevišķu biogāzes stacijas sastāvdaļu, kā termoelektrostaciju, sūkņu, maisītāju, gāzes krātuvju, minimālā spiediena regulatoru, telpas gaisa regulatoru utt. ražotāju norādījumus.

Bez tam, drošības noteikumi paredz šādus pasākumus:

Kopumā:

- Piepildot un iztukšojot bioreaktoru, sekot spiediena svārstībām un darba ierīču vieglai pieejamībai.

Katru dienu:

- Fiksēt gāzes skaitītāja stāvokli un dzinēja darba stundas,
- Kontrolēt dzinēja eļļas līmeni,
- Elektrības telpā pie sadales skapja kontrolēt, vai nedeg traucējumu lampiņas,
- Pārbaudīt apsildes iekārtas ūdens spiedienu,
- Pārbaudīt sērūdeņraža attīrīšanas iekārtas gaisa dozēšanas sūkņu funkcionēšanu,
- Kontrolēt anaerobā procesa temperatūru,
- Izvēlēties maisīšanas intervālus tā, lai neveidotos peldoši/grimstoši slāņi,
- Visās pieplūdēs un izplūdēs nodrošināt, lai tiek ievērotas procesa noteiktās vircas/substrāta plūsmas,
- Ievadīto sērūdeņraža attīrīšanas iekārtas gaisa plūsmas devu ir jāpielāgo faktiskajai gāzes ražošanas proporcijai (maks. 12 tilp.%),
- Kontrolēt šķidruma līmeņus bioreaktorā un gala glabātuvē,
- Membrānas hermētiskuma kontrole.

Katru nedēļu:

- Pārbaudīt šķidruma līmeņus pārspiediena un pazemināta spiediena vārstos un kondensāta separatoros,
- Pārbaudīt iegremdējamo maisītāju darbību, vai nav novērojamas to vibrācijas,
- Dzinēja un vadu vizuāla pārbaude,
- Pārbaudīt gāzes magnētiskos vārstus uz darbību un piesārņojumu,
- Pārbaudīt pašslēdzošo gāzes noslēgvārstu starptelpas blīvumu.

Katru mēnesi:

- Pāris reizes padarbināt visus slīdkontaktus, lai tie neiesprūst.

Reizi pusgadā:

- Koģenerācijas stacijas mašīntelpā pārbaudīt ventilāciju un gaisa nosūkšanu,
- Apskatīt, vai elektrības iekārtām nav bojājumu,
- Pārbaudīt gāzes sistēmas vakuuma kontrolieru funkcionēšanu,
- Veikt gāzes sensoru, ugunsgrēka signalizētāju funkcionēšanas pārbaudi (ja tādi ir).

Ik gadu:

- Gāzes vadošo iekārtu detaļu pārbaude uz bojājumiem, blīvumu un koroziju,
- Pārbaudīt ugunsdzēsamos aparātus,
- Pārbaudīt blīvējošo šķidrumu salizturību.

Zibens un pārsprieguma aizsardzība

Visām biogāzes iekārtām ir nepieciešama iekšējā zibens aizsardzība un potenciāla izlīdzināšana. Tā kā ne likuma, ne institūciju noteikumos zibens un pārsprieguma aizsardzība nav definēta saistībā ar riskiem, tad par aizsargsistēmas konstrukcijas aspektiem konkrētas norādes ir jāsniedz iekārtu piegādātājiem un apdrošinātājam.

Kļūdas biogāzes iekārtu ekspluatācijā un iespējas tās novērst

Tipiskās kļūdas, kas rada traucējumus:

- barības vielu trūkums vai nesabalansētība,
- procesa temperatūras maiņa,
- klasiska pārbarošana pie substrāta maiņas,
- pārāk ātra olbaltumvielām vai taukiem bagātu substrātu padeve,
- dezinfekcijas un higienizācijas līdzekļi, antibiotikas, šķīdinātāji, herbicīdi vai smagie metāli.

4.2.tabula. Problēmas biorektora ekspluatācijas gaitā un iespējamās darbības

Problēma	Iemesls	Kā risināt problēmu?
Saskābšana	Pārbarots	– uzraudzīt barošanu – pastiprināta recirkulācija ar pēcrūgšanu
	Varbūtējs barības vielu trūkums	– atbilstoša mikroelementu piedozēšana
	Saindēšanās ar amonjaku	– samazināt, ja iespējams, olbaltuma avotu substrātā – ja strādā termofīlā režīmā, tad pāriet uz mezofīlo režīmu – mikroelementu dozēšana pret augstu NH_3 koncentrāciju
	Temperatūras (kāpums) svārstības	– samazināt barošanu – pastiprināta recirkulācija ar pēcrūgšanu
Mazs gāzes iznākums	Varbūtējs barības vielu trūkums	– veikt analīzes, – izvērtēt izejvielu padeves plānu, – atbilstošu mikroelementu piedozēšana

	Nepilnīga maisīšana	– samazināt maisīšanas intervālu – samazināt kopējo sausnu fermenterī (piemēram ar recirkulāciju) – uzlabot maisītājus vai to novietojumu
	Traucējošas vielas, pirmkārt, NH_3 un H_2S	– ja var, izņemt no barības šīs vielas – šo vielu saistīšana ar speciālu ķīmiju – atšķaidīšana
	Hidrolīzes traucējums ($\text{pH} > 8$)	– palielināt C/N attiecību substrātam – temperatūru samazināt līdz 37-40 °C – samazināt izturēšanas laiku
Peldošais slānis	– ūdens padeve – temperatūras palielinājums – slikti smalcināts substrāts – slikti organizēta maisīšana un cietā substrāta padeve	– palielināt maisīšanu – uzraudzīt barošanu – palielināt kopējo sausnu – Samazināt līmeni un pareizi izvietot maisītājus
Grimstošais slānis	– ūdens padeve – temperatūras palielinājums – nesasmalcināti graudi vai kukurūzas graudi – nepietiekama maisīšana	– graudus pirms padeves saplacināt vai sasmalcināt – vidēji 1 x palielināt pilno samaisīšanu
Putas	– parasti saistīta ar vides maiņu (pH, temperatūra) – substrāta maiņa (tauki, cukuri, pektīns)	– pakāpeniska pāreja no viena substrāta uz citu – palielināt dozēšanas intervālu – pastiprināt maisīšanu – bioreaktorā palielināt kopējās sausnas saturu vai samazināt atkarībā no putu konsistences – problēmu radošo substrātu dozēt uzmanīgi – pievienot putu dzēsēju-šķidrumu
Tehniskās problēmas	– Mēraparatūra	– regulāra kontrole/apkope
	– Maisītāji	– darbību regulāri kontrolēt
	– Sūkņi	– darbību regulāri kontrolēt
	– Vadības iekārtas	– darbību regulāri kontrolēt

Bioķīmiskie traucējumi:

1. Temperatūras režīma neievērošana
2. Dažādu metālu koncentrācijas. No vienas puses, ja to ir par maz (Ni , Fe u.c.), no otras puses ja to ir par daudz (piem., Cu)
3. Amonija koncentrācija. Pārlietu augsta NH_4 vai NH_3 koncentrācija stipri kavē procesu
4. Sēra savienojumi, atkarībā no pH mainās to veidošanās intensitāte
5. Īsas ķēdes taukskābes, kas palielina skābumu, krītas gāzes iznākums, kāpj CO_2 koncentrācija, veidojas putas
6. Olbaltumvielas — ja par daudz, var rasties putas

Kā risinājums var būt māla minerālu piedeva, sevišķi bentonīts, kam piemīt spēja toksiskās vielas imobilizēt.

Tāpat ir zināms, ka pH krišanos var novērst ar kaļķu pienu, NaOH u.c..

H₂S samazināt var ar Fe sāļiem, sevišķi ar Fe hlorīdu vai Fe sulfātu.

Vienlaicīgi palīdz fermentu preparātu (uz amilāzes un celulāzes bāzes) piedeva.

4.3.tabula. Vācijā, ar zaudējumiem saistītā, darbināto iekārtu pieredze [1]

Iekraušanas sistēma	• Padeves gliemežtransportieris salūzis no pārslodzes. Svešķermenis izraisīja nobloķēšanos. Dzinēja aizsardzība nāca par vēlu. • Zaudējumu apmērs 8.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: 2 darba dienas
	• Bīdāmā grīda. Norauts hidraulikas cilindra noenkurojums. Cēlonis: Nekvalitatīva konstrukcija. • Zaudējumu apmērs: 15.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 14 dienas (zaudējumu samazināšana, piem., nomājot mobilu padeves iekārtu)
Bioreaktora tehnika	• Vētras izraisīts gāzes krātuves pārsega bojājums. • Zaudējumu apmērs: 10.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 3 darba dienas
	• Maisītāji. Iegremdējamā tipa maisītājs nokritis, pārplīstot virvei. Propellera un ass izolācijas bojājumi. • Zaudējumu apmērs: 12.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 1 darba dienu
	• Maisītāja ass bojājumi, skrūvstiprinājuma defekta dēļ. Šajā gadījumā bija nepieciešams iztukšot bioreaktoru. • Zaudējumu apmērs: 40.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojās 14 dienas (papildus apm. 14 dienu iedarbināšanas zudumi, lai sasniegtu iepriekšējo jaudu)
Koģenerācijas iekārta	Turbo lādētāja bojājumi • Izraisīja nelīdzsvarotība kā sekas daļiņu rotācijai uz kompresora rata. Rezultātā — ass salūšana ar eļļas izplūdi izvadgāzu sistēmā, ar tam sekojošu ugunsgrēku izvadgāzu sistēmā. • Zaudējumu apmērs: 50.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: 3 ned.
	Vārsta bojājumi no daļiņām vārsta ligzdā ar smagām sekām uz kloķa mehānismu. • Zaudējumu apmērs: 25.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 7 dienas

	Korodētas gala bukses • Pārāk augsti sēra rādītāji (> 700 ppm) pie ~ 10.000 darba stundām izraisīja gala bukšu salūšanu. Pateicoties uzmanīgam operatoram, izdevās novērst lielus zaudējumus. • Eksploatācijas izmaksas: 50.000 €. • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 2 dienas
	Ģenerators darbības traucējums • Gultņu defekts. Rezultātā darbrata berzēšanās pie statora. Veicot regulāras ģenerators pārbaudes, bojājumus varēja novērst. • Zaudējumu apmērs: 10.000 € • Darbības pārtraukuma zaudējumi: nedarbojas 2 dienas

Perspektīva

Neskatoties uz esošo biomasas potenciālu un neskaidro likumdošanu, interese par biogāzes ražošanu nav mazinājusies. Pēc daudzu ekspertu domām biogāzes pievadīšana tīklam ir galvenā tēma biogāzes nozarei tuvākajiem gadiem. Šādas attīstības tendences ir vērojamas virknē Eiropas valstu. Metāna gāzi attīra padevei piemērotā formā un caur gāzes tīklu tā nokļūst tur, kur to var efektīvi izmantot. Lai iegūtu dabas gāzes kvalitāti, ir nepieciešamas visai lielas investīcijas biogāzes attīrīšanai. Attīrīšanas tehnoloģijas ir uzskatāmas par pilnībā attīstītām un pārbaudītām.

Latvijā galvenokārt ir uzceltas biogāzes iekārtas ar jaudu 500–1000 kWel jaudu un tās ir sasniegušas visnotaļ respektablu tehniskās attīstības stāvokli. Tas attiecas gan uz uzstādīto tehniku, gan uz darbību. Savukārt pieaugošais bioreaktoru izmērs un veids, izvirza īpašas prasības maisītājiem. Ne vienmēr bojātu asi vai bojātu maisītāja lāpstiņu var salabot bez graujošas iejaukšanās procesa bioloģijā, kas piespiedu kārtā rada lielākas iekārtas dīkstāves izmaksas. Gāzes iesmidzināšanas tehnikas sākotnējās problēmas ir samazinātas pateicoties uzlabotai biogāzes attīrīšanai un piemērota pamatdzinēja izvēlei, bet nekādā gadījumā tās nav pilnībā atrisinātas. Vācijā no 2007. gada sākuma kā aizdedzes eļļu drīkst izmantot tikai augu eļļu. Dzinējam tāpēc papildus termiskajai slodzei no dīzeļa — gāzes darbības, ilgstoši ir jāspēj izturēt arī augu eļļas darbība. Kopš tā laika duālās degvielas dzinēju pielietošanas procents stpri samazinās. Propagandētais duālās degvielas dzinēju lietderības koeficients manāmi zaudē savu pievilcību (uz Latviju tas gan gandrīz neattiecas, jo duālās degvielas dzinējus pie mums pielieto reti).

Biogāzes iekārtu būvniecība vēl joprojām ir pakļauta nepārtrauktām izmaiņām. Tas vienādā mērā skar gan procesu tehnoloģiju, gan sistēmtehniku. Tāpēc arī turpmāk ir ieteicama rūpīga risku izvērtēšana.

Izmantotā literatūra:

1. Erneuerbare Energien. Gesamtüberblick der Technischen Versicherer im GDV über den technologischen Entwicklungsstand und das technische Gefährdungspotenzial, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV), 2010, 385 Seiten
2. Kalniņš A. Biogāzes iespējas un tās kā transportlīdzekļu degvielas izmantošana. Rīga: SIA «Latgales druka», 2008, 94 lpp.
3. Handreichung. Biogasgewinnung und –nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR), 2006, 232 Seiten
4. Leitfaden Biogas. Von der Gewinnung zur Nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR), 2010, 272 Seiten
5. Schulz H. Biogas-Praxis. Staufen: Ökobuch, 1996, 187 Seiten
6. <http://www.biogas.org/edcom/webfbv.nsf/ID/DE Homepage>
7. <http://www.kriegfischer.de/texte/Fehlervermeidung.pdf>

5. Speciālo terminu skaidrojums no biogāzes ražošanas skatupunkta.

Tā kā biogāzes ražošanas tehnoloģijas Latvijā tiek ieviestas no dažādām valstīm, tad arī daudzi termini «nāk» tām līdzi. Šie termini tiek kļūdaini tulkoti, latviskoti vai arī kā svešvārdi tāpat arī tālāk lietoti. Tādējādi veidojas zināms haoss terminoloģijā. Viens un tas pats process, tehnoloģija vai iekārta dažādos literatūras avotos, konferencēs vai sadzīvē tiek saukts savādāk. Kāds cītīgāks lasītājs arī šajā informācijas materiālā atradīs vietas, kur mēs paši jau «putrojamies» terminoloģijā. Šī nodaļa būtu uzskatāma vēl tikai par vēlmi sakārtot terminoloģiju, uzskaitīt lietotos terminu sinonīmus latviešu valodā un izplatītākajās svešvalodās un piedāvāt savu versiju vienotam terminam latviešu valodā. Bet gala vārds lai paliek valodas speciālistu ziņā.

5.1.tabula.

Termins un tā varianti	Cit sinonīmi, arī svešvalodās	Skaidrojums, definīcija	Piedāvājums vienotam terminam
Biogāze, metāna gāze	Purva gāze, dūņu gāze	Biogāze ir gāzu maisījums, kas sastāv galvenokārt no metāna un oglekļa dioksīda maisījums un kuru iegūst bezskābekļa vidē sadaloties organiskajām vielām	Biogāze
Notekūdeņu gāze, biogāze	Klārgas (vācu val)	Biogāze, kas veidojas no komunālo notekūdeņu dūņām. Daudzās valstīs biogāzes termins ir sadalīts. Tas ir darīts ar mērķi nodalīt atbalsta mehānismus un noteikt vājākus vai stingrākus drošības un izmantošanas kritērijus vienam vai otram biogāzes veidam	Biogāze
Poligonu gāze, biogāze	Landfillgas (angl.)- Deponiegas (vācu)	Biogāze, kas veidojas sadzīves atkritumu poligonos. Daudzās valstīs biogāzes termins ir sadalīts. Tas ir darīts ar mērķi nodalīt atbalsta mehānismus un noteikt vājākus vai stingrākus drošības un izmantošanas kritērijus vienam vai otram biogāzes veidam	Biogāze
Sintētiskā gāze, biogāze	syn-gas deggāze ģeneratorgāze	Biogāze, kas veidojas noteiktos degšanas apstākļos apstrādājot biomasu, bet ne mikrobioloģiski noārdot to anaerobos apstākļos. Kļūdainas biogāzes definīcijas dēļ, to dažreiz pieskaita biogāzei.	Deggāze vai singāze

Bioreaktors, Fermenteris, metāntenks	Fermentators, diges- teris, digester (angl.), fementer (vācu un angļu)	Iekārta (tvertne), kurā notiek anaerobā fermentācija	Bioreaktors
Pēcfermenteris Pēcrūgšanas tvertne	Nachgärer (vācu) Postfermenter (angļu)	Hermētiska pēcrūgšanas tvertne, parasti hermētiska, kur pārplūst pārraudzētā biomasa no biorektora, lai tā «nomierinātos» un «atdotu» vēl pēdējo viegli savācamo biogāzes daļu	Pēcrūgšanas tvertne
Bioenerģētiska iekārta, Biogāzes stacija, Biogāzes iekārtas, Anaerobās pārstrādes komplekss	Biogasplant (angl) Biogasanlage (vācu)	Iekārtu komplekss, kas nodrošina anaerobo fermentāciju, biogāzes ražošanu un izmantošanu	Biogāzes stacija
Substrāts, Biomasa, izejviela	Rohstoffe (vācu) Substrat (vācu) Substrate (angļu)	Organisko vielu kopums anaerobajai fermentācijai	Substrāts
Digestāts, Pēcfermentācijas substrāts, Pārraudzētais substrāts, Izrūgusi biomasa	Digestat (angļu) Gärrest (vācu)	Bioreaktorā pārstrādātā izejviela (cieta vai šķidra, atkarībā no izmantotās tehnoloģijas, metānrūgšanas procesa atlikumprodukts	Pārraudzētais substrāts
Gāzholders biogāzes krātuve Gāzes uzkrājējs	Gasholder (angļu) Gasspeicher (vācu)	Atsevišķi stāvoša tvertne vai virs bioreaktora izvietota ar membrānu segta telpa biogāzes uzkrāšanai	Biogāzes krātuve
Desulfurizācija, Atsērošana Sērūdeņraža attīrīšana	Entschwefelung (vācu) desulphurisation (angļu)	Biogāzes attīrīšana no sērūdeņraža gāzes (atdališana)	Atsērošana
Bioreaktora aprites laiks, hidrauliskais izturēšanas laiks	HRT (<i>hydraulic retention time</i>)(angļu) Verweilzeit (vācu)	Laiks, cik ilgi biomasa atrodas bioreaktorā	Hidrauliskās izturēšanas laiks
Organiskā slodze	Organic load (angļu) Organische Belastung (vācu)	Mērvienība, kas norāda, cik daudz organiskās sausnas masas tiek dienā iekrautas bioreaktorā, rēķinot uz 1 m ³ bioreaktora tilpuma	Organiskā slodze
SOV, OS OTS, ODS	ODS (angļu) oTS (vācu)	Organisko vielu sausna	OS

6. Biogāzes iekārtas Latvijā

Uz 2012. gada maija sākumu Latvijā darbojās 34 biogāzes iekārtas ar kopējo uzstādīto jaudu ap 39 MW, tai skaitā:

- 3 biogāzes iekārtas atkritumu poligonos — SIA «ZAAO», SIA «Liepājas RAS» un SIA «Getliņi-Eko»;
- 1 biogāzes iekārta no komunālo notekūdeņu dūņām — SIA «Rīgas ūdens» NAI «Daugavgrīva»,
- 2 biogāzes iekārtas no pārtikas rūpniecības notekūdeņiem un atlikumproduktiem — Kalsnavas spirta ražošanas rūpnīca «Biodegviela» un AS «Cēsu alus» (biogāzi izmanto tiešā sadedzināšanā apkures katlā),
- 1 koksnes biomasas gazifikācijas iekārta (ar divām izdalītām biogāzes «kvotām») — SIA «Kņavas granulas».
- 27 biogāzes stacijas lauksaimniecībā.

Zemāk tiek piedāvāts neliels ieskats tikai par dažām Latvijā uzbūvētajām biogāzes stacijām.



Biogāzes stacija ZS «Līgo»



Biogāzes stacijas «Nopa Ltd» celtniecības gaita



Biogāzes stacija SIA «Zaļā Mārupe»



Biogāzes stacija «BP Energy»



Biogāzes stacija SIA «Zemturi»



Biogāzes stacija SIA «LLU MPS „Vecauce”»



Biogāzes stacija SIA «BioZiedi»



Biogāzes stacija ZS «Jaundzelves»



Biogāzes stacija SIA «MCbio»



Biogāzes stacija SIA «Rīgas ūdens» BAS «Daugavgrīva»



Biogāzes stacija SIA «Biodegviela»



Biogāzes stacija SIA «Agro-Lestene»

Domāsim kopā par mūsu Zemes nākotni!



Biogāzes ražošana pēc Centrigas tehnoloģijas

**Projektēšana
Celtniecība
Apkalpošana**



SIA Biolak Baltic
Ozolu iela 6, Dobeles, LV-3701
Tālrunis: 63725075
Realizācija tālrunis: 29294017
Apkalpošana tālrunis: 26189292
biolakbaltic@gmail.com

**Binowa GmbH pārstāvis
Baltijā un Baltkrievijā**



PR02 Anlagetechnik GmbH oficālais pārstāvis

PR02 Baltic piedāvā biogāzes un dabasgāzes koģenerācijas stacijas

- Koģenerācijas stacijas
ar jaudu no 104 – 2000 kW_{el}
- Projektēšana
- Realizācija
- Apkalpošana



Uzvaras 56A, Dobeles, LV3701
Tel. 63725075, 26189292, serviss 20272273
pro2.baltic@gmail.com

Jūsu organiskie atkritumi ir mūsu spēks.



Ikviens runā par atjaunojamiem enerģijas resursiem. Taču GE tic, ka darbi parāda vairāk kā vārdi. Šodien mēs protam ražot elektrību un siltumu no biogāzes, ko iegūst no lauksaimniecības, pārtikas un citu rūpniecības nozaru fermentētiem organiskiem atkritumiem. Arvien vairāk cilvēkiem GE piedāvā efektīvu, uzticamu un alternatīvu enerģijas avotu šodienai, rītdienai un nākotnē. Pateicoties Jenbacher gāzes dzinējiem.



GE imagination at work





HoSt ir viens no lielākajiem biogāzes ražotņu piegādātājiem, kas piedāvā pilnībā nokomplektētas sistēmas pēc principa «līdz atslēgai». HoSt piegādā rūpnieciskās biogāzes ražotnes ar 100% atkritumu fermentāciju un lauksaimniecības biogāzes ražotnes ar mēslu, enerģētiski augstvērtīgu kultūru un atkritumu kombinēto fermentāciju.

Bez fermentācijas tvertnēm/bioreaktoriem, HoSt piedāvā arī pirmsapstrādes aprīkojumu, sterilizācijas blokus 2. un 3. kategorijas materiāliem, biogāzes apstrādi, atsevišķas gāzes krātuves un energoapgādes risinājumus. HoSt piegādā pilnu piegādes ciklu no projekta ieceres līdz ražotnes palaišanai.

HoSt var nodrošināt pilnu biogāzes stacijas uzraudzības un apkalpošanas procesa ciklu. Bez stacijas darbības uzraudzības tiešsaistes/tālvadības režīmā, tiek piedāvāti arī laboratorijas pakalpojumi un visas stacijas komponentu apkalpošana.

HoSt ir arī viens no vadošajiem novatoriem nozarē un Jūsu labākais partneris, kas labprāt konsultēs par mikrofermentācijas risinājumu (fermenteri sākot no 50 kW), rūpnieciskajām fermentācijas tvertnēm un biogāzes attīrīšanu līdz dabas gāzes kvalitātei:

Mikroferma: kompakta 62 – 75 kWel sistēma (pieejami 2 konstrukcijas veidi)

Tiek piedāvāta kopā ar koģenerācijas bloku elektrības un siltuma ražošanai vai kopā ar sistēmu, kura biogāzi attīra līdz dabasgāzes kvalitātei. Šādi sistēmas risinājumi spēj darboties bez kukurūzas skābbarības.

Lauksaimniecības mēroga fermentācijas tvertnes no 250 kWel līdz 2500 kWel

Šo anaerobo fermentācijas tvertnu konstrukcija paredz elastīgu padeves sistēmu, kas spēj uzņemt visdažādākās cietās biomasas plūsmas. Ar īpašas konstrukcijas maisītājiem aprīkotās fermentācijas tvertnes bez problēmām spēj vienmērīgi samaisīt pat īpaši blīvas biomasas plūsmas. Salīdzinājumā ar tradicionālo risinājumu, pateicoties šo tvertnu unikālajai un sarežģītajai konstrukcijai, ražošanas jauda principā tiek dubultota, rezultātā nodrošinot lielāku saražotās gāzes apjomu uz fermentācijas tvertni, kas ļauj ātri atpelnīt ieguldītās investīcijas.

Vadošie bio un dabas gāzes dzinēju ražotāji ir licencējuši un izmanto ADDINOL smērvielas.

Ar ADDINOL jaunākās paaudzes eļļām un smērvielām jūs iegūstat:

- ✓ Palielinātu eļļas maiņas intervālu,
- ✓ Augstu dzinēja aizsardzību un tīrību,
- ✓ Tehnisko atbalstu no ADDINOL,
- ✓ Eļļas kvalitātes pārbaudes,
- ✓ ADDINOL rūpnīcas inženieru rekomendācijas par optimālu eļļas maiņas intervālu.



Alkaline stability				
TBN	mgKOH/g	4,67		4,61
TAN	mgKOH/g			
i-pH				
Oil condition				
Viscosity at 100°C	mm²/s	15,4		15,14
Rise of viscosity	%	8		6
Oxidation	h/cm	19		19
Nitration	h/cm	2		1
Wear elements				
Iron (Fe)	mg/kg	3		4
Lead (Pb)		1		2
Aluminium (Al)		0		0
Tin (Sn)		0		0
Molybdenum		0		0
Chromium (Cr)		0		0
Copper (Cu)		1		2
Impurities				
PQ index		OK		OK
Silicon (Si)		2		2
Potassium		0		0
Sodium		3		3
Water		<0.1		<0.1
Glycol		negative		negative



LBA

LATVIJAS BIOGĀZES ASOCIĀCIJA

