



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Virumaa kolledž

**Eramu varustamine soojusega ja elektrienergiaga –  
biogaasijaamast**

**Supply of a private house with heat and electricity using a  
biogas station**

ENERGIATEHNIKA ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Jelena Holjapina

Üliõpilaskood: 143549RDPR

Juhendaja: Viktorija Mironova,  
nooremlektor

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." ..... 202.....

Autor: .....

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." ..... 202.....

Juhendaja: .....

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....202.....

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ nimi ja allkiri /

## **LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS JA REPRODUTSEERIMISEKS**

Mina Jelena Holjapina (sünnikuupäev: 20.05.1978)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Eramu varustamine soojusega elektrienergiaga – biogaasijaamast, mille juhendaja on Viktorija Mironova,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

# TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

## LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Jelena Holjapina, 143549RDPR

Õppekava, peeriala: RDPR06/09 - Energiatehnika

Juhendaja(d): Viktorija Mironova, nooremlektor, viktorija.mironova@taltech.ee

Konsultant: .....(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

### Lõputöö teema:

Eramu varustamine soojusega elektrienergiaga – biogaasijaamast

Heat supply of a private house – biogas plant

### Lõputöö põhieesmärgid:

1. Tutvumine energiaga, mis on toodetud biogaasist.
2. Tootmislahendused.
3. Eramulahendus.

### Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teema aktuaalsuse uurimine, turuuuring	20.03.21
2.	Olemasolevate biogaasijamade ülevaade	27.04.21
3.	Töö vormistamine	09.05.21

**Töö keel:** eesti      **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....202....a

**Üliõpilane:** Jelena Holjapina      ".....".....202....a

/allkiri/

**Juhendaja:** Viktorija Mironova      ".....".....202....a

/allkiri/

**Konsultant:**      ".....".....202....a

/allkiri/

**Programmijuht:** Veronika Shirokova      ".....".....202....a

/allkiri/

*Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel*

# SISUKORD

EESSÕNA .....	6
Lühendite ja tähiste loetelu.....	7
SISSEJUHATUS .....	8
1 TEOREETILINE OSA.....	10
1.1 Biogaasi tekke.....	10
1.1.1 Biometaani potentsiaal Eestis .....	13
1.2 Biogaasi tootmine Eestis .....	14
2 PRAKTILINE OSA .....	17
2.1 Metoodika.....	17
2.2 Majanduslik analüüs.....	18
3 SEADMETE VALIK .....	23
3.1 Ühenduse skeem biogaasijaama .....	23
3.1.1 CPX silindriline mahuti .....	23
3.1.2 Elektrigeneraator .....	24
3.1.3 Katel .....	25
3.1.4 Põrandasoojuse torud .....	26
3.1.5 Põrandakütte sojussõlm .....	26
3.1.6 Soojendusmaterjal .....	27
3.1.7 Filter.....	28
3.1.8 Kontroll ja mõõteseadmed .....	28
3.1.9 Gaasihoidja kott.....	29
3.1.10 Segisti .....	30
KOKKUVÕTE .....	32
SUMMARY.....	33
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	34

## **EESSÕNA**

Antud lõputöö teema tulenes autori huvist alternatiiv energia vastu, mis toodetakse loomsetest biojääkidest. Teema aktuaalsus seisneb selles, et praegusel ajal energia allikad on kallid ja nende kättesaadavus on piiratud ja alternatiiv energia allikate roll tõuseb.

Töös pakkub autor ühe biogaasijaama ehitamise võimalus. Antud biogaasijaama ehitus on teoreetiline.

Lõputöö valmis masinaehitus- ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise töörühma nooremlektori Viktorija Mironova juhendamisel. Majanduslik analüüsi allikad olid paknutud vanemlektorina Veronika Shirokova. Teoreetilised alused on saadud erinevatest interneti allikatest.

Võtmesõnad: biogaasijaam, bimetaan, bioreaktor, biomass, rakenduskõrgharidus lõputöö.

## Lühendite ja tähiste loetelu

CH<sub>4</sub> – metaan

CO<sub>2</sub> – süsinikdioksiid

H<sub>2</sub>S – vesiniksulfiid

m<sup>3</sup> – kuupmeeter

sh – sealhulgas

EBA - Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni

PSA – kõikuvrõhuadsorber (ingl. k. Pressure Swing Adsorption, PSA)

## SISSEJUHATUS

Tulenevalt Euroopa Liidu taastuvenergia direktiivist 2018/2001/EU, peab Eesti tagama, et taastuvenergia osakaal moodustab summaarsest energia lõpptarbimisest 25%, kusjuures transpordis kasutatavates kütustest peavad taastuvad energiaallikad moodustama 10%. Biogaasil, kui taastuvenergiaallikal on oluline roll nimetatud eesmärkide saavutamisel. Kogu maailmas otsitakse pidevalt uusi tõhusaid tehnoloogiaid, mis jäätmeprobleemi leevendaksid. Üheks jäätmekäitlustehnoloogiaks on biojätmete anaeroobne töötlemine ja selle käigus saadava biogaasi kasutamine energia tootmiseks. Selle tulemusel mitte ainult ei vähene saastekoormus, vaid saadakse soojust, elektrit, mootorikütust ning väärtuslikku väetist põldudele ja haljasaladele ning fossiilkütuste kasutamise asendamisel taastuvkütustega väheneb ka CO<sub>2</sub> heide atmosfääri. [1]

Iga inimese elus oluliste komponentide hulgas on väga olulised energiakandjad, mille hinnad kasvavad peaaegu iga kuu. Igal talvehooajal tehakse pere eelarves mõlk, sundides neid kandma küttekulusid, mis tähendab ahjude ja katelde kütust, kuna elekter, gaas, kivisüsi või küttepuid maksavad raha ja mida kaugemale meie kodud jäävad suuremate energiavõrkude kaudu, seda kallim küte maksab. Nutikas omanik unistab odavast energiast, tõhusast jäätmekäitlusest ja väetisest. Kodune biogaasijaam, mida saab ise teha, on odav viis oma unistuste teoks tegemiseks. Maailmapraktikas on kogutud piisavalt kogemusi ja teadmisi taastuvatest energiaallikatest, sealhulgas energiast, mis on toodetud biomassist ning biojättestest. Kõige perspektiivsem gaasiline kütus on biogaas, huvi selle vastu mille kasutamine viimastel aastatel mitte ainult ei vähene, vaid ka kasvab jätkuvalt. Paljud Euroopa põllumehed on selle alternatiivse kütuse kasutusele võtnud juba ammu. Biogeneraatori tasuvusaeg on 3–5 aastat, kõik sõltub tarbimise ulatusest. Näiteks Taani minifarmide omanikel, kelle kariloomade arv on vaid 50–100, õnnestub hankida biogaasi oma taimedega, mis rahuldab täielikult nii elamu kui ka talu enda vajadused. [2]

Antud lõputöö koosneb kolmest osast: teoreetilisest osast, praktilisest osast ja kolmandast osast, milles tehtud seadmete valik. Teoreetilisest osast räägitakse biogaasi tekkest, biogaasi puhastamise võimalustest, biometaanist, biometaani potentsiaalset Eestis, biogaasi tootmise võimalused Eestis ja biogaasijaamade eelistest.

Praktilisest osast räägitakse meetodikast, millest koosnevad biogaasijaamad. Tehtud majanduslik analüüs ja arvutused, selleks, et selgitada välja biogaasijaama ehituse tasuvus aeg ja seadmete edasiseks valimiseks.



Kolmandas osas sooritatud majanduslikku analüüsi põhjal seadmete valik.

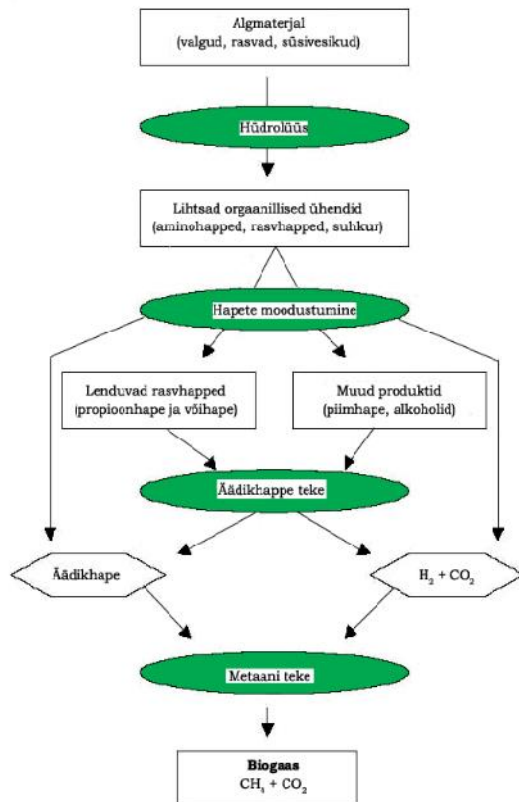
Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida biogaasijaama projekteerimise võimaluse eramajades Eesti tingimustes.

# 1 TEOREETILINE OSA

## 1.1 Biogaasi tekke

Biogaasi on võimalik saada loomuliku protsessi käigus soodest, rabadest ja prügilatest ning spetsiaalseid kääriteid kasutades sõnnikust, reoveest, rohtsest biomassist ja teistest biolagunevatest jäätmetest. [3] Hapniku puudumisel tekib orgaanilisest ainest gaaside segu, nn biogaas. Biogaas moodustub bioloogilise substraadi kääritamise tulemusel. See laguneb hüdrolüüsi, happeid ja metaani moodustavate bakterite toimel. Biogaas on keskkonnasõbralik kütus ja selle tootmise tehnoloogia ei avalda keskkonnale erilist mõju. Biogaas koosneb 50 – 70% metaanist ( $\text{CH}_4$ ), 30 – 40% süsinikdioksiidist ( $\text{CO}_2$ ) ja teistest komponentidest nagu  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  [2]. Biogaasi tekkimine on jagatud neljaks etapina ja skemaatiliselt anaeroobne lagunemise skemaatiline protsess on toodud Joonis 1.1: [4]

- 1) Esimese sammuna muudetakse hüdrolüüsil algmaterjal (süivesinikud, valgud, rasvad) lihtsamateks orgaanilisteks ühenditeks (aminohapped, suhkrud, rasvhapped). Selles protsessis osalevad bakterid toodavad ensüüme, mis protsessi biokeemiliselt teostavad; [4]
- 2) Tekkinud vaheproduktid lagundatakse atsidogeneesiprotsessis happeid tootvate bakterite abil edasi (äädik-, propioon- ja võihappeks) ja süsihappegaasiks ning vesinikuks. Samal ajal tekib ka vähesel määral alkohole ja piimahapet; [4]
- 3) Tekkinud produktid lähevad atsetogeneesiprotsessi, kus bakterite abil saadakse biogaasi eelained (äädikhape, vesinik, süsihappegaas). Kuna liiga kõrge vesinikusisaldus on kahjulik äädikhapet tootvatele bakteritele, peavad äädikhapetakterid moodustama tiheda elukeskkonna metaanibakteritega. Seda on vaja vesinikust metaani tekkeks ja sobiva elukeskkonna loomiseks happeid tootvatele bakteritele; [4]
- 4) Viimases etapis, metanogeneesiprotsessis, tekib atsetogeneesi produktidest metaan; [4]



Joonis 1.1 Anaeroobne lagunemine protsess [4]

Kuna kõik neli etapid toimuvad ühes käärimiskambris, siis tegemist on üheastmelise tootmisprotsessiga, kui tegemist on kaheastmelise tootmisprotsessiga, siis hüdrolüüs ja atsidogenes ruumiliselt järgnevatest etappidest on eraldatud. [4] Kui biogaasi puhastada, saab sellest toota keskkonnasõbralikku taastuvkütust - biometaani. Biogaasi puhastamise käigus vähendatakse süsinikdioksiidi ja teiste ebavajalike ainete osa ja tõstetakse metaani sisaldust biogaasis. Samuti tõuseb puhastamise käigus biogaasi kütteväärtus ja väheneb korrosiooni tekke võimalus süsteemides. Eestis kasutatava maagaasi metaani sisaldus on ligi 98%, mis tähendab, et biometaani segamisel maagaasiga või selle sisestamisel gaasivõrku peab Eesti tingimustes biometaan sisaldama vähemalt 98% metaani. Kui biometaani kvaliteet vastab maagaasi omale, siis võib seda kasutada kõikjal, kus kasutatakse maagaasi, sh surugaasi kasutatavates sõidukites. Biometaani saab sisestada ja transportida läbi olemasoleva gaasivõrgu, mis loob lisaks võimaluse biometaani tarbimiseks kõigil tarbijatel, kes on gaasivõrku ühendatud. Biometaani võrku sisestamisel on oluline, et see vastaks maagaasi kvaliteedile ja nõuetele, mis on sätestatud kvaliteedinõuetes „Gaasituru toimimise võrgueeskiri §19. Gaasisüsteemi sisestatava gaasi kvaliteet“. [5]

Biogaasi puhastamisel biometaaniks on saadaval mitmesuguseid meetodeid, näiteks:

Kõikuvrõhuadsorber (PSA) – adsorbendiks on aktiivsüsi või silikageel, alumiiniumoksiid või muu vajalike omadustega aine. Süsinikdioksiid adsorbeerub rõhu all ja gaasi jääb alles metaan. Seda tehnoloogiat kasutades peab enne eraldama vee ja väävelvesiniku, sest vesi rikub adsorbendi struktuuri ja väävelvesinik ei eraldu regenereerimise käigus. Regenereerimiseks kasutatakse rõhu alandamist, mille käigus eraldubki süsinikdioksiid. [6]

Füüsikaline absorptsioon – see tehnoloogia kasutab ära erinevate gaaside lahustuvuse sõltuvuse vee temperatuurist, eriti jahedas vees lahustub süsihappegaas hästi. Et süsihappegaas lahustub vees hästi ja metaan mitte siis on saadusteks süsihappegaasirikas vesi ja metaan. Protsess on lihtne ja sobib eriti reoveepuhastusjaamadele, kus on palju vett ja selle korduvkasutus ei ole vajalik. Protsessiga on võimalik saavutada 98%-line metaani sisaldus ja on enamlevinud tehnoloogia. [6]

Orgaanilis-füüsikaline puhastus – sama põhimõte, mis füüsikalise absorptsiooni puhul, kuid adsorbeeriv aine pole vesi vaid polüetüleenglükool. Eemaldab gaasist vee, väävelvesiniku, hapniku ja lämmastiku. [6]

Keemiline puhastus – süsinikdioksiid mitte ainult ei adsorbeeru lahusesse, vaid reageerib lahuses olevate amiinidega. Regenereatsioon toimub lahuse soojendamise teel. Kui gaasis leidub ka väävelvesinikku, kulub regenereerimiseks rohkem soojust. [6]

Membraanpuhastus – kasutab ära gaasimolekulide erinevaid suurusid. Metaani kaotused suhteliselt suured. Uuemad membraani tehnoloogiad on suutnud kaotusi mõnevõrra vähendada. [6]

Lähtuvalt Eesti maagaasivõrkudes kasutatava maagaasi kvaliteedist, tuleks kasutada tehnoloogiaid ja seadmeid, mis võimaldavad tehnilis-majanduslikult optimaalselt ja keskkonnasäästlikult biogaasi puhastada meil kasutatava maagaasi kvaliteedini. Tallinna Tehnikaülikooli poolt läbiviidud uuringus selgus, et Eesti tingimustesse on kõige sobivamad puhastustehnoloogiad füüsikaline absorptsioon, mis on maailmas üks levinumaid tehnoloogiaid ja membraanpuhastus - tehnoloogia mille hinnad pidevalt langevad ja kasutustõhusus tõuseb. [6] Kui biometaani kvaliteet vastab maagaasi omale, siis võib seda kasutada kõikjal, kus kasutatakse maagaasi, sh surugaasi kasutatavates sõidukites. Surugaasil sõitva auto puhul tuleb arvestada tihedama tankimisega kui vedelkütuste puhul, samas on surugaasi jaehind võrreldes

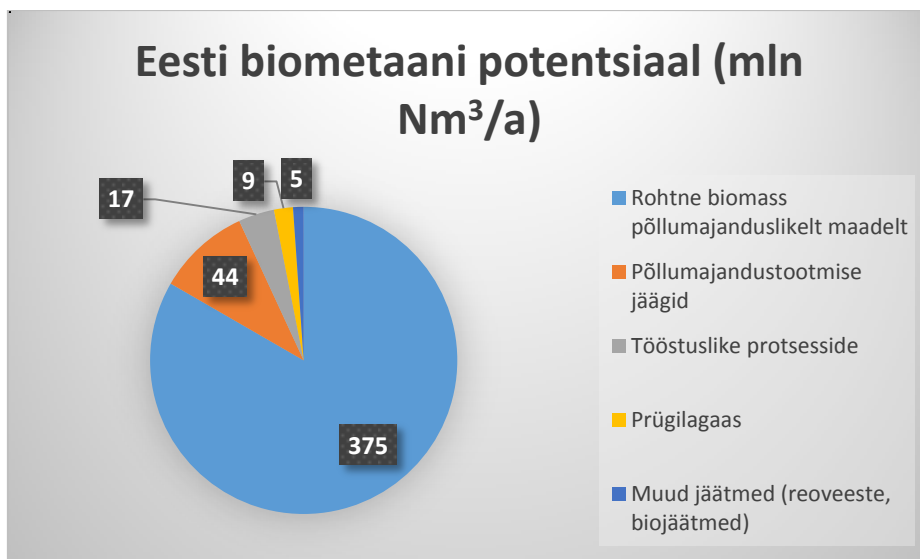
vedelkütuste hinnaga odavam. Biometaanii saab kasutada autokütusena nii gaasiautodes kui ka tavaautodes, millele on lisatud täiendav gaasiseadmestik ja kütusemahuti. Nii gaasiautod kui ka gaasiseadmed tavaautodele on Eesti turul juba olemas, kuid tänu vähesele teadlikkusele ja tanklate arvule on surugaasi sõidukid Eestis vähepopulaarsed. [6]

Maagaas ja biometaan on teineteist toetavad tooted, mistõttu aitab juba turul pakutav surugaas kasvatada turgu biometaanile. Biometaanii saab sisestada ja transportida läbi olemasoleva gaasivõrgu, mis loob lisaks võimaluse biometaanii tarbimiseks kõigil tarbijatel, kes on gaasivõrku ühendatud. Biometaanii võrku sisestamisel on oluline, et see vastaks maagaasi kvaliteedile ja nõuetele. Võrreldes maagaasiga, biogaasil on mitmed eelised: [6]

1. Biometaan on tehniliselt puhastatud biogaas, mis sisaldab > 97% metaani ( $\text{CH}_4$ ); [6]
2. Vastab maagaasi kvaliteedinõuetele – võrdse kütteväärtusega (5-7 kWh/m<sup>3</sup>) [2];
3. Võimalik kasutada kõikjal, kus täna kasutatakse maagaasi;
4. Tootmisel kasutatakse biolagunevaid tooraineid: rohtne biomass põllumajandusmaadelt, põllumajanduse kõrvalsaadused (sõnnik, rohusilo, söödajäätmed, läga), toiduainetööstuse jäätmed (sh piima- ja lihatööstused, tapamajad);
5. Taastuvatest energiaallikatest üks perspektiivsemaid kütuseliike, asendamaks fossiilkütuseid transpordisektoris;
6. Üks enim alakasutatud taastuv ressurss Eestis. [6]

### **1.1.1 Biometaanii potentsiaal Eestis**

Eesti Arengufond on hinnanud biometaanii potentsiaalset aastast tootmiskogust Eestis 450 miljoni Nm<sup>3</sup> aastas. Kõige suurema potentsiaaliga ressursiks on rohtne biomass põllumajandusmaadelt osakaaluga 83,3%, põllumajandustootmise jäätmed osakaaluga 9,8% ja ka tööstusprotsesside jäätmed osakaaluga 3,8%. Vähesema potentsiaaliga on prügilagaas (2,0%) ja muud jäätmed, nagu reoveesetted ja biojätmed (1,1%). [7] 2021 aastas aprilli kuus toodeti kodumaist päritolu rohegaasi 12 046 megavatt-tundi, sellest 5 447 megavatt-tundi reoveesetestest, 3941 megavatt-tundi loomsest sõnnikust, 398 megavatt-tundi biomassist, 375 megavatt-tundi biojätmetest ning 1 885 megavatt-tundi toiduainetööstuse jääkidest. [8] Biometaanii potentsiaal toormeliikide kaupa on toodud Joonis 1.2.

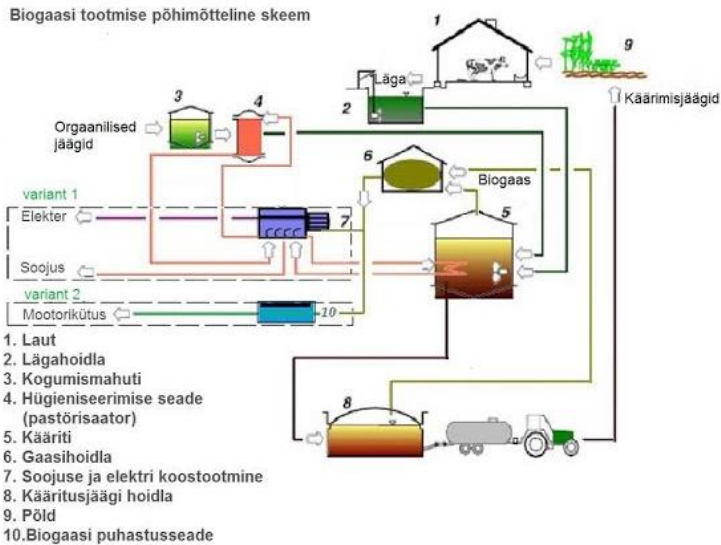


Joonis 1.2 Biometaanipotentsiaal Eestis

## 1.2 Biogaasi tootmine Eestis

Tänapäevani on biogaasi tootmist Eestis käsitletud vaid energia tootmise tehnoloogiana, kuid selle tegelik väärtus on oluliselt laiem. Sisuliselt on biogaasijaama puhul tegu põllumajanduslike jäätmete stabiliseerimise üksusega, mis lisaväärtusena võimaldab toota energiat elektri ja soojuse või autokütusena (biometaan). [9]

Biogaasijaama tööpõhimõte on järgmine: kui tooraine on juba mõnda aega bakteritega kokku puutunud, siis hakkab toimuma anaeroobsete bakterite aktiivsus ja eraldub põlev gaaside segu, mis sisaldab metaani (60%), süsinikdioksiidi (35%) ja mõnda muud gaasi (5%). Samuti eraldub väikestes kogustes kääritamise ajal potentsiaalselt ohtlik vesiniksulfiid, mis on mürgine, seetõttu on inimestele selle kasutamisel ebasoovitav. Käärimisreaktorist eralduv gaasisegu puhastatakse ja see siseneb gaasipaaki, kus seda säilitatakse kavandatud kasutamiseni. Gaasimahutist pärit gaasi saab kasutada samamoodi nagu maagaasi. Ta läheb kodumasinade juurde - gaasipliidid, küttekattlad jne. Lagunenud biomass tuleb fermentaatorist regulaarselt eemaldada. Pärast kääritamist toorained muutuvad kvaliteetsemaks, mida saab kasutada põllumajandusel (Joonis 1.3). [10]



Joonis 1.3 Põllumajandusliku biogaasijaama tootmise ja kasutamise tehnoloogiline skeem [11]

Biogaasijaamadel on palju eeliseid, näiteks:

- Jäätmete kõrvaldamine. Tänu biogaasijaamale saate prügist maksimaalse kasu, mis tuleks ikkagi ära visata. See kõrvaldamine on keskkonnale vähem ohtlik kui prügilale; [10]
- Toorainete taastuvus. Biomass ei ole söe ega maagaas, mille kaevandamine kahandab ressursside varusid. Talupidamisel ilmub tooraine pidevalt; [10]
- Suhteliselt väike kogus CO<sub>2</sub>. Gaasi vastuvõtmisel ei saastata keskkonda, kuid selle kasutamisel eraldub atmosfääri väike kogus süsihappegaasi. See ei ole ohtlik ega suuda keskkonda kriitiliselt muuta, sest taimed imendavad seda kasvu ajal; [10]
- Mõõdukas väevli eraldumine. Biogaasi põletamisel satub atmosfääri väike kogus väevlit. See on negatiivne nähtus, kuid selle ulatust tuntakse võrdluse teel: maagaasi põletamisel on keskkonna saastamine vääveloksiididega palju suurem; [10]
- Stabiilne töö. Biogaasi tootmine on stabiilsem kui päikesepaneelide või tuulikute töö. Kui päikese ja tuule energiat pole võimalik kontrollida, sõltuvad biogaasijaamad inimtegevusest; [10]
- Saab kasutada mitut seadet. Gaas on alati risk. Võimalike kahjude vähendamiseks õnnetuse korral võib mitu biogaasijaama hajutada kogu

platsile. Kui õigesti kavandate ja monteerite mitmest kääritisest koosneva süsteemi, töötab see stabiilsemalt kui üks suur bioreactor; [10]

- Kasu põllumajandusele. Biomassi saamiseks istutatakse teatud tüüpi taimed. Võite valida need, mis parandavad mulla seisundit. Näiteks sorgo vähendab mulla erosiooni, parandab selle kvaliteeti. [10]



## 2 PRAKTILINE OSA

### 2.1 Metoodika

Lõputöö eesmärgiks oli tutvuda energiaga, mis on toodud biogaasist; selgitada välja, kas omab tulevikku biogaasijaamade ehitus ja paigaldus Eesti taludes ja kas see saab olema efektiivne; kas see toob sõltumatust elektrienergia hinnast. Kas ainult ühe talu biojätmetest - loomade sõnnikust - on võimalik saada selline biogaasi kogus, mis kattaks antud talu kulud. Kui palju aega kulub selleks, et biogaasijaama ehitus tasuks ära. Biogaasijaama eelised ja puudused. Seadmete valik. Kas karja loomade arvu suurenemisel, biogaasi väljund suureneb ja tekitab võimalus biogaasi müügiks või peale töötlemist müüja elektrienergia üldvõrku.

Biogaasijaama kasutamine on eramaja omanikule kasulik ainult siis, kui tal on pidev juurdepääs loomakasvatusevõtete jäätmetele. Keskmiselt alates 1 kuupmeetrist. substraati saab 70-80 kuupmeetrit biogaasi, kuid gaasi tootmine on ebaühtlane ja sõltub paljudest teguritest, sealhulgas biomassi temperatuur. See muudab arvutused keeruliseks. Biogaasi tootmise protsess oleks stabiilne ja pidev, kõige parem on ehitada mitu biogaasijaama ja asetada substraat fermentaatoritesse ajavahega. Sellised taimed töötavad paralleelselt ja toorained laaditakse neisse järjestikku. See tagab pideva gaasitootmise, nii et seda saab pidevalt kodumasinatete tarnida. [10]

Improviseeritud materjalidest kokkupandud omatehtud biogaasi seadmed on palju odavamad, kui tööstuslikud tootmisettevõtted. Selle tõhusus on madalam, kuid see on kooskõlas investeeritud vahenditega. Kui teil on juurdepääs sõnnikule ja soovite teha oma jõupingutusi konstruktsiooni kokkupanekuks ja hooldamiseks, on see väga kasulik. [10]

Kõige lihtsam väikse talu biogaasijaam koosneb:

Mahutist – hea soojusisolatsiooniga, hermetiline. Mahutis toimub tooraine kääritamise protsess. Bakterite parima aktiivsuse saavutamiseks tuleb reaktori töötamise ajal toormaterjali perioodiliselt segada. Seda rolli saab mängida mikseri kujul olev seade. Selle labad asuvad konteineri sees ja võll läheb välja. Mikserit juhivad elektrimootor. Võlli väljumise kohas peaksid olema näärmed, mis säilitavad kambri pingulikkuse. Biomassi temperatuur parima tulemuse saamiseks peab olema 35 - 40°C. Paagi suurus sõltub töötlemiseks kasutatavatest jäätmetest, mille kogumaht on 2/3 selle mahust.

Laadimis ja tühjendamise torudest, mille kaudu toimub tooraine laadimine ja väetiste väljumine. Kasutamata tühjendamise- ja laadimistorud tuleb sulgeda.

Gaasitorust – mille kaudu gaas väljub reaktorist ja suunatakse edasi, kas katla, ahju, generaatori kaudu toimub gaasist elektri tootmine.

Biogaasijaamas ei saa kasutada need tegurid, mis võivad anaeroobsete bakterite aktiivsust märkimisväärselt vähendada või isegi biogaasi tootmise protsessi täielikult peatada. Seda ei tohi lubada toorainetele, mis sisaldavad: antibiootikumid, hallitus, sünteetilised puhastusvahendid, lahustid ja muu keemia, vaigud (sealhulgas okaspuude saepuru). Juba mädanenud sõnniku kasutamine on ebaefektiivne - laadida tuleks ainult värskeid või varem kuivatatud jäätmeid. Samuti pole võimatu vältida toorainete liigset niisutamist - näitajad 95% peetakse juba kriitiliseks. Kuid siiski peate biomassi lisama väikese koguse puhast vett - et seda hõlbustada ja käärimisprotsessi kiirendada. Sõnnik ja jäätmed aretatakse hõreda manna konsistentsiks.

## **2.2 Majanduslik analüüs**

Biogaasijaama ehitamisel mõeldakse esmajärjekorras ökonoomsusest. Kuna osa ainetest lagunevad palju pikema aja jooksul siis nad vajaksid palju kauema käärimiskambris viibimise aja ja suurema mahuga mahutit. Tavaliselt valitatakse mahuti suurust keskmiselt tehtavate investeeringute ja tekkiva gaasikoguse vahel.

Reaktori suurust arvutatakse vastavalt ööpäeva sõnniku koguse. Alguses, arvestades loomade arvust ja liikidest, arvutatakse päeva sõnniku koguse. Pärast sõnnik lahustatakse veega kuni 85% niiskuse saavutamiseni. Sellest tulenevalt, biomassi kogus mis saab kasutada on sõnniku kogus kõikidest loomadest ja veest, millega sõnnik lahustatakse. [11]

Biogaasijaama parameetrite arvutamine toimub tavapärase talu põhjal. Talupidamise juurde kuulub 1 lehmalaud 50 pea jaoks, 1 ühekorruseline peremaja ja elektrivarustus (katlaruum), mis varustab kütmiseks soojust, ning aida ja maja soojaveevarustust.

See põllumajandusettevõtte biogaasivarustussüsteem koosneb järgmistest põhielementidest: torujuhtmete süsteem, bioreaktorid, gaasihoidjad, fermenteeritud masspaak.

Torujuhtmed on ette nähtud süsteemi erinevate konstruktsioonielementide ühendamiseks ja tehnoloogilise protsessi normaalse voolu tagamiseks.

Gaasihoidla on ettenähtud generaatorites toodetud biogaasi kogumiseks ja ladustamiseks enne selle kasutamist katlaruumis. Tavaliselt kasutatakse

märggaasihoidla, mis koosneb liikuvalt metallist kellast ja fikseeritud alusest (metallist või raudbetoonist). Selle disainilahenduse väljatöötamiseks bioenergiajaama sissetoomiseks võtame termofiilse käärimisrežiimi, st. käärimisrežiim temperatuuril  $t = 55 \text{ }^\circ \text{C}$ . Selle režiimi korral toimub käärimisprotsess üsna intensiivselt, juba 3-4 päeva pärast käärimise algust, mis võimaldab meil saavutada maksimaalse biogaasi saagise. [12]

Paigaldatakse 2 bioreaktorit, mille laadimine toimub järjestikku 2-nädalase ajavahemikuga. Esimene reaktor laaditakse esimesel päeval, teine viieteistkümnendal päeval. Alates kahekümne üheksandast päevast protsessi korratakse.

Selline skeem võimaldab suurendada biogaasi väljund ja muuta see ühtlasemaks.

Väljakutse on suurendada biogaasi väljundi kogust ja kasutada biogaasi katlamaja kütusena. [12] Alandmed biogaasi tootmise arvutamiseks on esitatud Tabelis 2.1, aga kütte- ja soojavee varustuse gaasitarbimise arvutamise tulemused on esitatud Tabelis 2.2.

Tabel 2.1. Alandmed biogaasi tootmise arvutamiseks

Number	Nimetus	Kogus	Möötühikud
1	Elumaja	1	tk
1.1	Maja pikkus	15,0	M
1.2	Maja laius	9,0	M
1.3	Korruse kõrgus	3,0	M
1.4	Korruste arv	1	-
2	Elanike arv	4	Inimene
3	Loomade arv	50	Lehm
4	Sõnniku arv 1 lehmast	3	kg/päevas
5	Metaani sisaldus toodetud biogaasis	65	%
6	Tihedus kuiva materjali 1 lehmast	50	kg/m <sup>3</sup>
7	Käärimis aeg	28	Päev

Tabel 2.2. Kütte- ja soojavee varustuse gaasitarbimise arvutamise tulemused [12]

Kuu	Qsoojus, m <sup>3</sup> /h	Qsv, m <sup>3</sup> /h	Qkokku, m <sup>3</sup> /h
November	3,94	1,99	5,93
Detsember	5,01	2,06	7,07
Jaanuar	5,41	2,51	7,92
Vebruar	5,39	2,39	7,78
Märts	4,33	2,07	6,40

Seega on biogaasi tarbimine kütteperioodil 8,89–11,88 m<sup>3</sup>/h. Soojal aastaajal veetemperatuuril 15–25 ° C on biogaasi tarbimine sooja veevarustuseks keskmiselt 1,88 m<sup>3</sup>/h. [12]

Arvutatakse tuntud metoodikate põhjal bioreaktori peamised parameetrid:

Kõigi lehmade kääritatava materjali kuivmass päevas:

$$m = n \times f = 50 \times 3 = 150 \text{ kg/päevas} = 4200 \text{ kg/tsük} \quad (2.1) [12]$$

Kõigi lehmade kääritatava materjali kuivmass kogu tsükli jooksul  $\tau_{KT} = 28$  päeva:

$$M = m \times \tau_{KT} = 150 \times 28 = 4200 \text{ kg/tsükkel} \quad (2.2) [12]$$

Bioreaktorit täitva vedela massi maht:

$$V_f = m/\rho_M = 150/50 = 3 \text{ m}^3/\text{päevas} \quad (2.3) [12]$$

2 bioreaktori kogumaht, võttes arvesse 10% gaasikihi reservist:

$$V_{BR} = V_f \times 1,1 = 3 \times 1,1 = 3,3 \text{ m}^3 \quad (2.4) [12]$$

Võib võtta 2 bioreaktorit mahuga 2 m<sup>3</sup>

Biogaasi tootmine arvutatakse valemi järgi:

$$V_{BG} = \alpha \times S_{KOA} \times v_B \times \rho \times V_{BR}, \quad (2.5) [12]$$

kus:

$\alpha$  - koefitsient, bioreaktori täituvus,  $\alpha = 0,90 - 0,98$ ;

$S_{KOA}$  - kuiv orgaanilise aine sisaldus (KOA),

$S_{KOA} = 5 - 10 \% = 0,05 - 0,1$ ;

$V_{BG}$  - väljundi biogaasi kogus, m<sup>3</sup>/kg KOA;

$\rho$  - vedeliku tihedus bioreaktoris, kg/m<sup>3</sup>;

$$V_{BG} = 0,90 \times 0,10 \times 0,6 \times 1100 \times 3,3 = 196,0 \text{ m}^3 [12]$$

Soojusvarustussüsteemides kasutatava kaubandusliku biogaasi maht:

$$V_{BG}^K = \eta \times V_{BG} = 0,8 \times 196,0 = 156,8 \text{ m}^3 \quad (2.6) [12]$$

Biogaasi kogus, mis kasutatakse biomassi soojendamiseks biogaasijaamas kasutatava biogaasi maht gaasiveesoojendi abil:

$$V_{BG}^{BmS} = (1 - \eta) \times V_{BG} = (1 - 0,8) \times 156,8 = 31,4 \text{ m}^3, \quad (2.7) [12]$$

kus:

$\eta$  - biogaasi enda tarbeks kasutamise määr  $\eta = 0,8$  [12]

Kaubandusliku biogaasi keskmine päevane saagis käärimisperioodil  $\tau_K$  80% biomassist:

$$V_{BG}^{päev} = V_{BG}^K \times 0,80 / \tau_K, \text{ m}^3/\text{päevas}, \quad (2.8) [12]$$

kus:

$\tau_K$  - käärimisaeg ( $\tau_K = 14$  päeva)

$$V_{BG}^{päev} = 156,8 \times 0,80 / 14 = 9 \text{ m}^3/\text{päevas}$$

Keskmine biogaasi väljund tunnis

$$V_{BG}^t = V_{BG}^{päev} / 24 = 9 / 24 = 0,38 \text{ m}^3/\text{h} \quad (2.9) [12]$$

Igapäevane soojuse tootmine biogaasijaamas:

$$Q_{BG}^{päev} = \eta_{SG} \times V_{BG}^{päev} \times CH_4 \times Q_{CH_4}^{KV}, \quad (2.10) [12]$$

kus:

$\eta_{SG}$  - soojusgeneraatori efektiivsus  $\eta_{SG} = 0,8$

$CH_4$  - metaani sisaldus biogaasis,  $CH_4 = 65 \% = 0,65$

$Q_{CH_4}^{KV}$  - metaani kütteväärtus,  $\text{MJ}/\text{m}^3$ ,  $Q_{CH_4}^{KV} = 35,76 \text{ MJ}/\text{kg}$  [12]

$$Q_{BG}^{päev} = 0,8 \times 9 \times 0,65 \times 35,76 = 167 \text{ MJ}/\text{päevas}$$

Kui biogaasi ei tarbita oma tarbeks, võrdub kaubandusliku biogaasi maht toodetud biogaasi mahuga:

$$V_{BG}^K = V_{BG} = 196 \text{ m}^3$$

Sellisel juhul suureneb vastavalt keskmine biogaasi päevane ja keskmine tunniväljund ning biogaasijaama soojuse tootmine. Kaubandusliku biogaasi keskmine väljund päevas on järgmine: [12]

$$V_{BG}^{päev} = 9 / 0,8 = 11,3 \text{ m}^3/\text{päevas}$$

Keskmine biogaasi väljund tunnis on:

$$V_{BG}^t = 11,3 / 24 = 0,5 \text{ m}^3/\text{h}$$

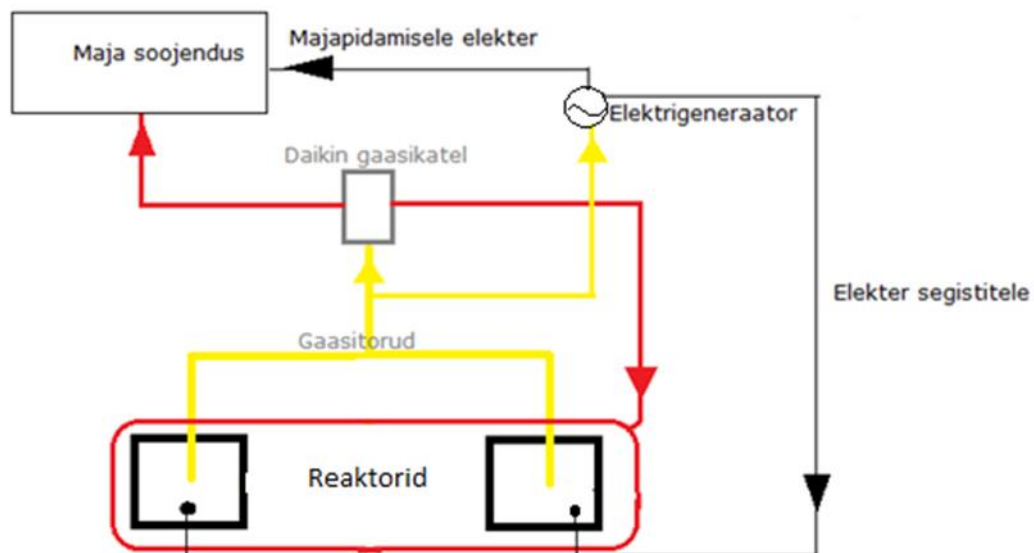
Biogaasijaama igapäevane soojustoodang on:

$$Q_{BG}^{\text{päev}} = 167 / 0,8 = 208,8 \text{ MJ/päevas [12]}$$

## 3 SEADMETE VALIK

### 3.1 Biogaasijaama ühendusskeem

Reaktorites toimub käärimisprotsess, toimub perioodiline massi segamine, hoitakse õige temperatuurirežiim. Biomassist eraldub biogaaas. Biogaaas torude kaudu jõuab Daikin gaasikatla ja elektrigeneraatori. Daikin gaasikatlas muutub gaas soojusenergiaks, mis läheb maja soojendamiseks ja generaatorite soojendamiseks. Elektrigeneraatoris muutub gaas elektrienergiaks. Elekter kasutatakse oma tarbeks ja ülejääk müüakse elektrivõrku. Kogu biogaasijaama ühenduse skeem näidatud Joonisel 3.1.



Joonis 3.1 Kogu biogaasijaama ühenduse skeem

#### 3.1.1 CPX silindriline mahuti

Mahuti valimisel otsustatud soetada CPX Silindriline mahuti 2000 liitrit koos epoksiidvärvi viimistletud metallstatiiviga, seoses sellega, et antud mahuti kerge paigaldada, soojustada ja hooldada. Parim hind (Joonis 3.2). [16]

Materjal: PE

Vorm: Silindriline

Põhja kuju: Kooniline

Mudel: Suletud

Värv: Loomulik

Maht (L): 2000

Kõrgus (mm): 2134

Läbimõõt (mm): 1340

Põrandapind (m<sup>2</sup>): 1,85

Kaal (kg): 205 [16]



Joonis 3.2 Bioreaktor CPX Silindriline mahuti 2000 liitrit koos epoksiidvärvida viimistletud metallstatiiviga [16]

### **3.1.2 Elektrigeneraator**

Elektrigeneraatori oli valitud PERFORM 6500 GAZ, SDMO. Valitud sai sellepärast, et lihtne kasutada, töötab gaasiga ja bensiiniga, lihtne paigaldada, valiku võimalus gaasigeneraatorites Eesti turul on piiratud, garantii 3 aastat (Joonis 3.3). [17]

Võimsus LPG 5,8 kW

Mootor Kohler CH 440 OHV (bensiin)

Kütusekulu (l/h): 2,6

Kütusepaak (L): 7,3

Madala õlitaseme andur

Gabariitmõõtmed (sm): 81x55,5x59

Kaal (kg): 87

Generaator on varustatud gaasiseadmega - töötab nii bensiini, kui ka gaasiga

Pistikupesad: 1 x 2P+T 230V 10/16A lekkevoolukaitsmega + 1 x 2P+T 230V 32A - lekkevoolukaitsmega. [17]





Joonis 3.3 Elektrigeneraator ERFORM 6500 GAZ, SDMO [17]

### 3.1.3 Katel

Gaasikatel Daikin sai soetatud, sellepärast, et on klassifitseeritud **A** energiatõhususe märgistusega, varustatud nutika juhtimissüsteemiga, lihtne paigaldada, suur kasutegur, väiksed mõõdud, temperatuuri režiimi valiku võimalus, kaugjuhtimise võimalus. Daikin gaasikondetsioonkombikatel (Joonis 3.4). [13]

Väljundvõimsus (kW): 2,9 kuni 35

Kasutegur (%) kuni 109

Modulatsioonisuhe 1:8

Lambda Gx, automaatne gaasi kohandamise süsteem

Kaal (kg): 27

Mõõdud (mm): 590x400x256

Toide (V/Ph/Hz): 230/1/50 [13]



Joonis 3.4 Daikin gaasikondetsioonkombikatel [13]

### **3.1.4 Põrandasoojuse torud**

Vastavalt maja pindalale 135 m<sup>2</sup> valitud põrandasoojenduseks 600 m torud Alupex 20x2,25 WAVIN (Joonis 3.5) [14].

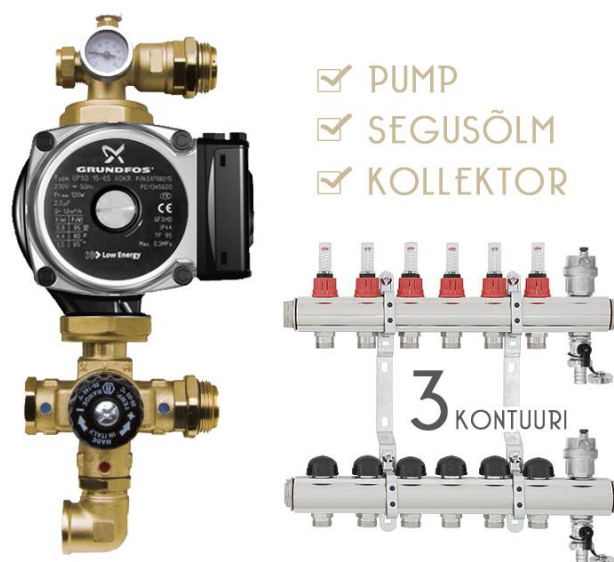


Joonis 3.5 torud Alupex 20x2,25 WAVIN [14]

### **3.1.5 Põrandakütte sojussõlm**

Käesolev põrandakütte komplekt sisaldab tsirkulatsioonpumba, ühendusdetalle termostaati, omab 3 konturi. Põrandakütte komplekt segamissõlm koos 3 konturi kollektoriga (Joonis 3.6). [15]

Termostaat reguleeritav 25-50°C  
Tsirkulatsioonipump Grundfos UPSO 25-6.130  
MAX töötemperatuur 90 °C [15]



Joonis 3.6 Põrandakütte soojusõlme komplekt koos 3 konturi kollektoriga [15]

### 3.1.6 Soojendusmaterjal

Selle jaoks, et hoida õige temperatuurirežiim käärimisel, reaktorid peavad olema soojustatud. Käesolev materjal sai valitud sellepärast, et ta omab vee ja niiskusekindlust, kerge paigaldada. Soojendusmaterjali sai valitud vee ja niiskusekindla ROCKWOOL MEGAROCK PLUS 200\*1000\*6000 10 paki (Joonis 3.7). [18]



Joonis 3.7 vee ja niiskusekindla ROCKWOOL MEGAROCK PLUS 200\*1000\*6000 [18]

### 3.1.7 Filter

Selle jaoks, et puhastada biogaasi kõrvalainetest ja viima ta vastavusse maagasiga kasutatakse filtreid (Joonis 3.8). Valik tehtud söefiltri kasuks, milles kasutatakse aktiivsöe.

Rakendus: vesiniksulfiidi eemaldamine, vääveldioksiidi eemaldamine, deodoriseerimine, biogaasi töötlemine.

Paigaldatakse gaasitoru peale, enne gaasikatla ja generaatori.



Joonis 3.8 Filter gaasi puhastamiseks [19]

### 3.1.8 Kontroll ja mõõteseadmed

Kontroll ja mõõteseadmed: rõhumõõdik (Joonis 3.9) – mõõdab biogaasi rõhku, asub enne ülerõhuklappi; ülerõhuklapp (Joonis 3.10) – laseb liigse surve reaktoritest välja (2 tk), asuvad reaktorite ülemisel osal, gaasitorude kõrval; temperatuuri andurid (Joonis 3.11) vedelekute jaoks – mõõta temperatuuri reaktorites (2 tk), selleks, et hoida alati õige temperatuurirežiim.



Joonis 3.9 Rõhumõõdik [20]



Joonis 3.10 Ülerõhuklapp [21]



Joonis 3.11 temperatuuri andurid [22]

### 3.1.9 Gaasihoidja kott

Gaasihoidiku (Joonis 3.12) materjal on valmistatud vastupidavast kilest.



Joonis 3.12 Gaasihoidla [23]

### 3.1.10 Segisti

Segisti (Joonis 3.13) kasutatakse biomassi segamiseks reaktoris. Bakterite parima aktiivsuse saavutamiseks tuleb reaktori töötamise ajal toormaterjali perioodiliselt segada.



Joonis 3.13 Segisti [24]

Tabel 3.1 Biogaasijaama seadmed ja kogus

Seadmed ja kogus	Hind, €
CPX silindriline mahuti 2000 liitrit koos epoksiidvärviga viimistletud metallstatiiviga, 2 tk	1 500
Elektrigeneraator PERFORM 6500 GAZ, SDMO	1 134
Ühendustarvikud, torud, kummivoolikud ja segisti, 2 tk	950
Soojendusmaterjal vee ja niiskusekindel ROCKWOOL MEGAROCK PLUS 200*1000*6000, 10 paki	200
Daikin gaasikondetsioonkombikatel	1 440

Torud Alupex 20x2,25 600m	780
Põrandakütte komplekt segamissõlm koos 3 konturi kollektoriga	325
Filter	20
Rõhumõõdik	37
Ülerõhuklapp	12
Temperatuuri andur	53
Gaasihoidla (kile)	55
Kokku	6 506

Tabel 3.2 Kulud eramajas enne biogaasijaama paigaldust.

<b>Energia allikad</b>	<b>Hind, € aastas</b>
Elekter	800
Küttepuud	675
Kokku	1 475

Arvestades Tabel 3.1 ja Tabel 3.2 biogaasijaama ehitus tasuvus aeg 4,4 aastat.

## KOKKUVÕTE

Selle lõputöö eesmärgiks oli uurida biogaasijaama ehitamise võimalused Eesti tingimustes, teostada majanduslik analüüs ja sooritada seadmete valik.

Tutvustatakse protsessidega, mis kaasnevad biogaasi tootmisega ja puhastamisega, ning biogaasi potentsiaaliga Eestis.

Autori arvates ja tuginedes arvutustele püstitatud eesmärk on saavutatud. Biogaasijaama ehitus eramajades, kus on olemas omad loomad, on pikaajaline investering. Effektiivne, toob sõltumatust ja kindlustunne, et elektri hind ei muutu ja soojust majja saab lihtsalt telefonist sõnumi saates. Seda kasutades eramaja omanik saab igaveseks unustada elektritariifid. Kasutades biogaasi oma majapidamises omanik saab tõsta energiatõhusus. Siin omanik saab kasutada orgaanilised jäägid oma elust ja loomade elu jäägid, ning saab väga kõrgekvaliteetse väetise.

Teostatud majanduslik analüüs, mille tulemusena, tasuvusaeg on 4,4 aastat.

Tuginedes majanduslikule analüüsile oli sooritatud seadmete valik. Seadmete vaalikus oli arvestatud kasutegur, tehnilised omadused, kvaliteed, kasutamis mugavus ja hind.

Kõik joonised, millele ei ole töös viidatud, kuuluvad autorile.



## **SUMMARY**

The aim of this dissertation was to study the possibilities of building a biogas plant in Estonian conditions, to perform an economic analysis and to select equipment.

We got acquainted with the processes involved in biogas production and purification and the potential of biogas in Estonia.

According to the author and based on calculations, the set goal has been achieved. Building a biogas plant on farms with their own animals is a long-term investment. Effective, it brings independence and confidence that the price of electricity does not change and the heat in the house can be obtained simply by sending a message from the phone. By using it, the owner of a private house can forget about electricity tariffs forever. By using biogas in your household, the owner can increase energy efficiency. Here the owner can use organic waste from his life and animal life from waste, and can get a very high quality fertilizer.

We performed an economic analysis, as a result, the payback period is 4.4 years.

Based on the economic analysis, the selection of equipment was performed. In the selection of equipment, we took into account efficiency, technical characteristics, quality, ease of use and price.

All drawings not referred to in the work belong to the author.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Keskkonnaveeb. [Online] <https://energiatalgud.ee/Biogaas?category=685>  
(03.03.2021)
2. <https://forumshoes.ru/et/otoplenie-doma-bio-gazovoi-generatornoi-ustanovkoi-biogaz-svoimi-rukami-v/>
3. Keskkonnaveeb. [Online] <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>  
(03.03.2021)
4. Keskkonnaveeb. [Online] [https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/3678/biogaasiraamat\\_veebi\\_version.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/3678/biogaasiraamat_veebi_version.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (06.03.2021)
5. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.riigiteataja.ee/akt/129072017006>  
(20.03.2021)
6. Keskkonnaveeb. [Online] <https://elering.ee/gaasituru-kasiraamat/7-biometaan/71-biogaas-ja-biometaan> (23.03.2021)
7. Keskkonnaveeb. [Online] [http://www.arengufond.ee/wp-content/uploads/2015/10/Eesti\\_Arengufond\\_Biometaani\\_tootmine\\_ja\\_kasutamine\\_transpordik%C3%BCtusena\\_-\\_v%C3%A4%C3%A4rtusahel\\_ja\\_rakendusettepanekud\\_2015.pdf](http://www.arengufond.ee/wp-content/uploads/2015/10/Eesti_Arengufond_Biometaani_tootmine_ja_kasutamine_transpordik%C3%BCtusena_-_v%C3%A4%C3%A4rtusahel_ja_rakendusettepanekud_2015.pdf) (21.05.2021)
8. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.biometaan.info/news-archive/aprillis-toodeti-eestis-12-046-megavatt-tundi-biometaani> (15.05.2021)
9. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.pollumajandus.ee/uudised/2013/11/06/biogaasi-tootmisest-eestis>  
(27.05.2021)
10. Keskkonnaveeb. [Online] [https://et.n-life.org/6346-diy-biogas-plant-a-step-by-step-description-of-produ.html?\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_=ad85c65eb429142030b927ee3293e8bdfabfeb27-1615498900-0-ATd\\_bFjVYkOiX-Mcd7NJFgpsyfqk7YAF6uwEXyucquaeJtwcUgRnMAftaRUKljkgyQbNvtRHJHPml0YIeKRCM-YwsL-zfDrTfoRE9OALldz\\_jlCOGpYiS5iryjnAGVhSoi2X3q8APxEngd-iB1\\_GDS8hD1RWU4mqeHipZACcsIWNSjKzMP\\_FJcJvK7Mbn\\_8fWr2UBDjFHH3maN0A](https://et.n-life.org/6346-diy-biogas-plant-a-step-by-step-description-of-produ.html?_cf_chl_jschl_tk_=ad85c65eb429142030b927ee3293e8bdfabfeb27-1615498900-0-ATd_bFjVYkOiX-Mcd7NJFgpsyfqk7YAF6uwEXyucquaeJtwcUgRnMAftaRUKljkgyQbNvtRHJHPml0YIeKRCM-YwsL-zfDrTfoRE9OALldz_jlCOGpYiS5iryjnAGVhSoi2X3q8APxEngd-iB1_GDS8hD1RWU4mqeHipZACcsIWNSjKzMP_FJcJvK7Mbn_8fWr2UBDjFHH3maN0A)

TSzw3U-

EYoJq4INysxjAY\_DFTNyp5bJSLTco5L2d8cxb4EY5Bo8\_QQI1XIREd4Kvv1AlcGgrjWO  
MG1SO\_T3u3rM9QtO-

OntlWApOPNYiNwmLjWs\_KMEBPGH7\_ZUErRgpayT5qgQjwyjecTyWBnK5dyIqQGOFs  
0YQib1\_bq4Cwk6Xt0Ky\_sPd60W9amJ8hVBRHt-8g (10.04.2021)

11. Keskkonnaveeb. [Online] <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/bio-fuel/biogazovaya-ustanovka-svoimi-rukami.html> (18.04.2021)
12. Keskkonnaveeb. [Online] [https://aracy.pfi/images/nauka/forum6/forum6\\_53-58.pdf](https://aracy.pfi/images/nauka/forum6/forum6_53-58.pdf) (30.04.2021)
13. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.soojuspumbad.com/tooted/daikin-gaasikondetsatsioonikombikatel-d2cnd/> (05.05.2021)
14. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.ehituskaup24.ee/ee/toru-alupex-20x2-25-100m-wavin.html> (10.05.2021)
15. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.energiakeskus24.ee/13060/> (10.05.2021)
16. Keskkonnaveeb. [Online] <https://cipax.com/ee/cpx-standardtooted/mahutid-ja-hoidlad/sailitusmahutid/-cpx-silindriline-mahuti-2000-liitrit-koos-epoksiidvarviga-viimistletud-metallstatiiviga-2> (25.05.2021)
17. Keskkonnaveeb. [Online] [https://www.stokker.ee/elektrigeneraator-perform-6500-gaz-sdmo/-1064935560?gclid=CjwKCAjwhYOFBhBkEiwASF3KGZ8-5q8E\\_asHaIve7QOMOVyKErIAwaOB7dgKm2IHeMxGPTzGA\\_YD6hoC4vwQAvD\\_BwE](https://www.stokker.ee/elektrigeneraator-perform-6500-gaz-sdmo/-1064935560?gclid=CjwKCAjwhYOFBhBkEiwASF3KGZ8-5q8E_asHaIve7QOMOVyKErIAwaOB7dgKm2IHeMxGPTzGA_YD6hoC4vwQAvD_BwE) (15.05.2021)
18. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.ehituskaup24.ee/ee/rockwool-megarock-plus-200x1000x3000-3m2-pk.html> (15.05.2021)
19. Keskkonnaveeb. [Online] <http://teplosfera31.ru/catalog/vodosnabzhenie/filtry-dlya-vody/filtr-kolba-prozrachnaya-kristal-aquatechnica-10-teco-12-743.html> (28.05.2021)
20. Keskkonnaveeb. [Online] <https://xn----7sbah6aid5b.xn--p1ai/p228671671-manometr-km22r.html> (28.05.2021)
21. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.bauhaus.ee/kaitseventiil-caleffi-1-2-sk-1-5-bar.html> (28.05.2021)

22. Keskkonnaveeb. [Online] <https://www.guilcor.com/fy/thermometre-electronique-avec-afficheur-integre/4775-thermometres-numeriques-types-dt3-10.html>  
(28.05.2021)
23. Keskkonnaveeb. [Online] <http://belpg.com> (28.05.2021)
24. Keskkonnaveeb. [Online] <http://ee.selvowater.com/wastewater-treatment-mixers/paddle-type-mixers.html> (28.05.2021)