Maaelu Edendamise Sihtasutus

Torma Põllumajandusosaühingu biogaasijaama projekti teostatavusuuring

10. detsember 2008

Sisukord

1.	**Sissejuhatus**	**4**
2.	**Lähteandmete kirjeldus ja analüüs**	**10**
2.1.	Tootmisvõimaluste kirjeldus	**10**
2.2.	Ressursid	**11**
2.3.	Energia müük ja tarbimine	**13**
2.4.	Keskkonnamõju	**15**
3.	**Tehnoloogilised alternatiivid**	**16**
3.1.	Biogaasijaama variantide sisendsubstraatide erinevused	**16**
3.1.1.	Variantide võrdlus	**16**
3.1.2.	Tehnoloogilised erinevused Variant 1 ja Variant 2 vahel	**17**
3.2.	Variant A	**17**
3.2.1.	Lägal ja tahkesõnnikul töötav biogaasijaam elektrilise võimsusega 150 kW	**17**
3.2.2.	Biogaasijaam elektrilise võimsusega 537 kW	**18**
4.	**Tehnoloogiline põhiskeem**	**19**
4.1.	**Variant 1**	**19**
4.1.1.	Läga vahehoidla	**19**
4.1.2.	Biomassidosaator	**19**
4.1.3.	Segamismahuti	**19**
4.1.4.	Fermentaator	**21**
4.1.5.	Järelkääriti	**22**
4.1.6.	Gaasihoidla	**22**
4.1.7.	Soojuse ja elektri koostootmisjaam	**23**
4.1.8.	Jaama juhtimissüsteem	**23**
4.1.9.	Soojuse jaotussõlm	**24**
4.1.10.	Kaugküttevõrk	**24**
4.2.	**Variant 2**	**25**
4.2.1.	Biomassi sisend	**25**
4.2.2.	Jaama kavand	**25**

4.3. Soojusbilanss 26
4.3.1. Variant 1 **28**
4.3.2. Variant 2 **30**

4.4. Soojuse taaskasutamine 32

5. Majandusliku tasuvuse uuring 34
5.1. Investeerimiskulude väljaselgitamine **34**
5.1.1. Variant 1 **34**
5.1.2. Variant 2 **34**
5.1.3. Variant 2 A **35**
5.2. Ekspluatatsioonikulud **35**
5.3. Sissetulekute ja ülejäägi arvestus **36**
5.4. Biogaasijaam elektrilise võimsusega 716 kW **37**

6. Amortisatsiooniarvestused 41

7. Kompensatsioonitariifide analüüs 42

8. Edasised sammud 43

9. Kokkuvõte 44

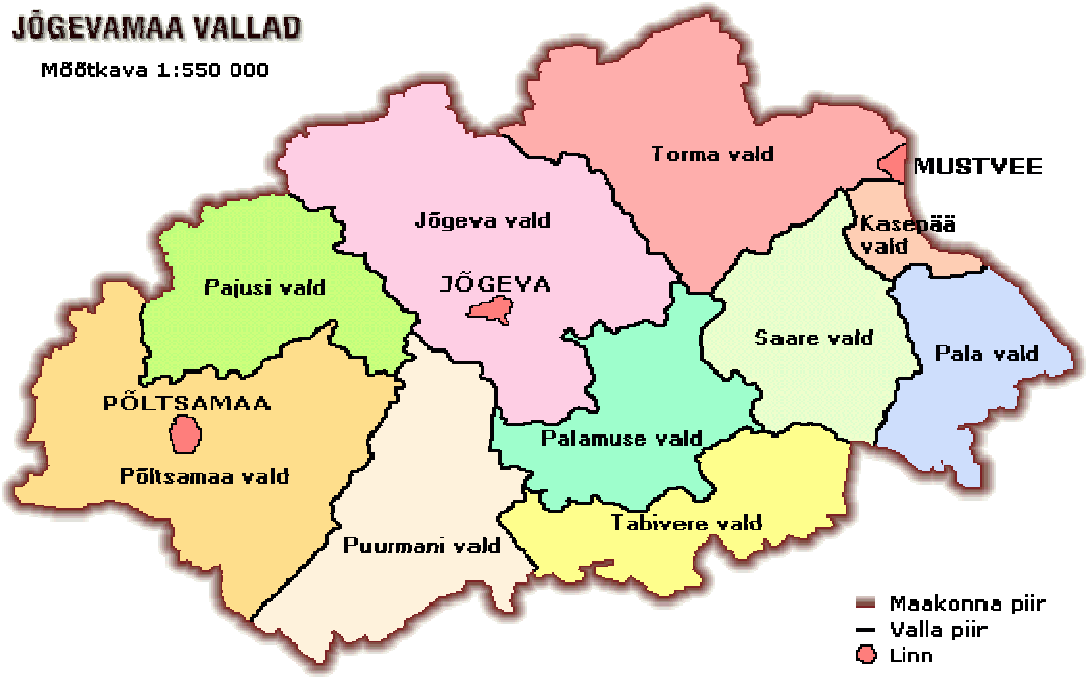
Teostatavusuuringu koostajad 48

Lisad:

1. Torma asula asendiplaan
2. Torma biogaasijaama asendiplaan
3. Torma biogaasijaam Variant 1
4. Torma biogaasijaam Variant 2
5. Biogaasijaamakompleksi skeem

1. Sissejuhatus

Torma vald asub Ida-Eestis, Jõgevamaal, Tartu-Narva ja Jõgeva-Mustvee maanteede ristumiskoha lähedal. Torma valda ümbritsevad Mustvee linn, Saare, Palamuse ja Jõgeva vald ning Lääne-Virumaalt Avanduse vald, Ida-Virumaalt Avinurme vald (Joonis 1.). Pindala on 349,3 km². 01.01.2008 oli vallas 2397 elanikku. Elanike arvu järgi on Torma vald maakonnas suuruselt kolmas vald ning Vabariigi keskmine vald.



Joonis 1. Torma valla asukoht

Käesoleva teostavusuuringu eesmärgiks on uurida, kas biogaasijaama rajamine põllumajandusettevõtte Torma Põllumajandusosaühing (TPO) tootmisjääkide ja lisasubstraatide kasutamisel on majanduslikult otstarbekas. Torma Põllumajandusosaühing on üks eesrindlikumaid põllumajandusettevõtteid Eestis. Oma 1200 pealise veisekarjaga kuulub TPO Eesti suurimate piimakarja kasvatajate hulka. Ettevõtte tegevusega kaasneb suure hulga läga käitlemise vajadus. Siiani on läga käitlemine seisnenud läga hoiustamises spetsiaalsetes hoidlates. Teiste Euroopa riikide näitel soovitakse läga käitlemine muuta keskkonnasõbralikumaks ja tulutoovaks ettevõtmiseks. Lisaks energia tootmisele muudab anaeroobne kääritamine lagundatavas substraadis olevad toitained taimedele paremini omastatavaks ja vähendab kasvuhoonegaaside emissioone.

Situatsioonis, kus Saksamaal oli 2008. aasta augustiks ~ 3.900 põllumajanduslikku biogaasijaama installeeritud elektrilise koguvõimsusega 1.376 MW, otsustasid esindajad selle uurimuse jaoks kasutada põhiliselt Saksa kogemusi, materjale ning allikaid.

Tabel 1. Ülevaade biogaasi tootmisest EL-i riikides:

Euroopa

Biogaasi energia 2006 (GWh)[1]				
Riik	**Kokku**	**Prügilagaas**	**Heitvete mudast saadav gaas**	**Muu**
Saksamaa	22 370	6 670	4 300	11 400
Suurbritannia	19 720	17 620	2 100	0
Itaalia	4 110	3 610	10	490
Hispaania	3 890	2 930	660	300
Prantsusmaa	2 640	1 720	870	50
Holland	1 380	450	590	340
Austria	1 370	130	40	1 200
Taani	1 100	170	270	660
Poola	1 090	320	770	10
Belgia	970	590	290	90
Kreeka	810	630	180	0
Soome	740	590	150	0
Tšehhi	700	300	360	40
Iirimaa	400	290	60	50
Rootsi	390	130	250	10
Ungari	120	0	90	40
Portugal	110	0	0	110
Luxemburg	100	0	0	100
Sloveenia	100	80	10	10
Slovakkia	60	0	50	10

Eesti	10	10	0	0
Malta	0	0	0	0
EL (GWh)	**62 200**	**36 250**	**11 050**	**14 900**

Biogaas 2006 (MWh/1000 elaniku kohta)[1]	
Riik	**MWh/1000 elaniku kohta**
Suurbritannia	327
Saksamaa	271
Luxemburg	226
Taani	202
Austria	166
Soome	141

Aruande väljatöötamiseks võeti ette kolm reisi Saksamaale.

Esimese reisi eesmärk:

Juhtivate biogaasijaamatootjate külastus, tutvumine erinevate biogaasijaamadega, informatsiooni hankimine sisseviidavate materjalide ja jaamakavandite kohta.

Külastati järgmisi firmasid, vestlusteemad:

- Firma Biogas Weser-Emsi ja selle firma poolt väljatöötatud jaam sinna juurde kuuluva hügieniseerimisega ja ~ 1,5 km pikkuse mikrogaasijuhtmega.

- Firma Vogelsang, informatsioon pumba- ja sisseviimistehnika kohta, üldine informatsioon biogaasijaamatootjate kohta.

- Firma Envitec ja selle firma poolt väljatöötatud jaam sinna juurde kuuluva kääritamisaine kuivatusega.

- Inseneribüroo Rossow, üldine informatsioon ja arutelu biogaasijaama iseärasuste üle, mis on tingitud Eesti klimaatiliselt probleemsest asukohast. Kolme biogaasijaamaga tutvumine Mecklenburg-Vorpommerni liidumaal, nendest ühes jaamas on paigaldatud

puiduhakke kuivatus termilise energia ärakasutamisvõimalusena ja teises jaamas on kaugküttevõrk ~ 1,5 km kaugküttetrassiga.

- Firma Stirl biogaasijaamaga tutvumine, gaasitatavate ainete ekstraktsiooni sisseviimine, Lipp-reaktorid, rohusilo ja tahkesõnniku kasutuselevõtt.

<u>Teise reisi eesmärk:</u>

Loodud kontaktide süvendamine, edasine detailne informatsioon.

Külastati järgmisi firmasid, vestlusteemad:

- Firma Farmatic, põhimõtteline informatsioon Farmaticu biogaasijaama kavandi kohta (kõrgreaktor).

- Erialased kõnelused firma Sikaflex esindajatega, tihend- ja kleepained – Eestis esinevate temperatuuride mõjud kasutatavatele tihend-ja kleepainetele.

- Firma Biogasvertrieb Nord, tutvumine veel ehitatava taastuval toorainel põhineva jaamaga, kuhu tuleb kaugküttevõrk, biogaasijaama soodne ehitamine.

- Firma Rossow, põhimõtteline ülesande tegemine insenertehnilisest vaatenurgast Eesti biogaasijaama kontseptsioonilise vaatluse läbiviimiseks.

- Firma Biogas Weser-Ems, Eestis ehitatava biogaasijaama väljatöötatud näidispakkumise esitlus ja selgitus.

<u>Kolmanda reisi eesmärk:</u>

Messil „Bioenergy 2009” osalemine, loodud kontaktide süvendamine, edasine detailne informatsioon

Erialaste ettekannete külastamine:

- põllukultuuride kasvatamise järjekord põllumajanduses biogaasijaamade jaoks taastuvate toorainete tootmiseks
- optimaalne segamistehnika
- biogaasijaamade tarnelepingute koostamine ja sisu
- alusinformatsioon mikrogaasiturbiinide kui alternatiiv gaasimootorite kohta
- võimalused biogaasi kütuse või maagaasina sissejuhtimiseks või kättesaadavaks tegemiseks, ärakasutamiseks
- puiduhake, põhimõtteline informatsioon küttematerjalina kasutamise kohta ja kuivatamise kohta, kasutades biogaasijaama termilist energiat

Informatsioon / erialased vestlused:

- Firma Röring, kilp- ja biogaasijaamade tööstusautomaatika, selle visualiseerimine ja ülesehitus energiajaamade jaoks, hinnaprognoos Torma näitel.

- Firma Storm, tootjatest sõltumatu soojuse ja elektri koostootmisjaama teenindus Eestis.

- Firma Landia, biogaasijaamade uue segamistehnika tutvustamine, võimalus segistitehnikat väljaspool mahuteid teenindada.

- Firma Buschmann, selle firma poolt väljaarendatud, reaktorist väljaspool asuva segamistehnoloogia tutvustamine.

- Firma Kronos – ecochem, väävlieraldamiskemikaalid, hinnad, arvutusmudel kemikaalide koguse väljaselgitamiseks jne.

Tehnoloogiliste skeemide ja lahenduste koostajaks valiti Saksamaa inseneribüroo Rossow. TPO poolt esitati neile olemasolevate substraatide kogused, kasvatamise võimalused, kohalikud klimaatilised tingimused ja sotsiaal-majanduslikud eripärad. Kääritite dimensioneerimisel lähtuti Saksamaa kogemusest ja substraatide biogaasi tootlikkuse andmetest, sest Eestis vastavasisulised andmed puuduvad. Hinnangut säärase projekti teostamiseks Eestis küsiti veel neljalt Saksamaa firmalt.

Eestis biogaasijaama rajamine ilma antud valdkonna eksperte kaasamata kujutab endast suurt ohtu juhul, kui ostetakse projekt ja tehnoloogiad firmalt, kes on orienteeritud standardbiogaasijaamade tootmisele. Võib tekkida olukord, kus pakutav tehnoloogia on valmistatud vastavalt Kesk-Euroopa keskmistele temperatuuridele. Need temperatuurid erinevad aga oluliselt keskmistest temperatuuridest Eestis. Sellises olukorras tekib suur lisainvesteeringute tegemise vajadus ja tehtud tasuvusanalüüsist saadud positiivsed numbrid muutuvad. Temperatuur on vaid üks näide paljudest erinevustest. Biogaasitoodangu vahe erinevate riikide andmete puhul on substraaditi erinev. Biogaasijaamade rajamisel Eestis on väga oluliseks faktoriks toodetava sooja ärakasutamise alternatiivide olemasolu. Kohalikes tingimustes ei ole ilma toodetud soojuse müügita tõenäoliselt võimalik ühtegi biogaasijaama kasumlikult käidelda.

Torma alevi kaugküttesüsteem on üks alternatiivseid võimalusi antud käitises toodetava sooja ärakasutamiseks. Kuid kaugküttesüsteemi üldine ja tehniline olukord on ebarahuldav: palju tarbijaid, kaasa arvatud lasteaed, koolimaja, spordihoone, kolm korterelamut, neliteist ühepereelamut on läinud üle lokaalküttele, inimesed on soojuse eest võlgu, seadmed on moraalselt ja tehniliselt vananenud ning isolatsioon nii katlamajas kui ka kaugküttevõrgu torudel on puudulik. Samuti on kaugküttetorustik üledimensioneeritud ja tarbijad paiknevad hajutatult, mistõttu võrgukaod on suured, ~ 30 %. Sooja tootmine toimub vaid seitsmel kuul aastas. 2008.a seisuga on Torma alevi kaugküttevõrku ühendatud 5 korterelamut. Teise alternatiivina on kaalutud pelletitehase ehitust.

Biogaasijaama rajamiseks on vaja ~ 5.000-7.000 m² suurust maa-ala. Sellele maa-alale mahuvad kõik vajalikud biogaasijaama komponendid, kaasa arvatud manööverdamisruum, näiteks biomassidosaatori täitmiseks. Biogaasijaam on plaanis rajada olemasolevate lehmalautade kõrvale. Biogaasijaama asukoha valikul lähtuti järgnevast: rohumassi silo kasutamise puhul on peamine silohoidlate vahetu lähedus kääritile, võimalikult väike läga pumpamise vajadus, vaba maa-ala olemasolu ja lihtne ligipääs masinatele.

Täpsema ülevaate piirkonna arengusuundadest saab järgnevalt veebileheküljelt:
http://www.torma.ee/files/menu//2005051704231212torma_aleviku_soojamajanduse_arengukava_final.pdf

2. Lähteandmete kirjeldus ja analüüs

2.1. Tootmisvõimaluste kirjeldus

Torma Põllumajandusosaühingu põhitegevuseks on taime ja loomakasvatussaaduste tootmine. Kasutusel on 2 300 ha haritavat maad, millest 1 500 ha kasvatatakse teravilja ja 800 ha on rohumaad. Loomakasvatus, 650 lüpsilehma ja 700 noorlooma, paikneb ühes laudakompleksis. Aastas tekib ~ 24.000 m³ läga ja ~ 600 tonni sõnnikut. Torma lautades juhitakse piimaseadmete pesu- ja olmeveed kanalisatsiooni, st läga ei sisalda ballastvett ega pesu- ja desoaineid. Biogaasi tootmise põhikomponentideks on läga ja sõnnik, substraadilisanditena on kaalutud erinevaid rohu- ja viljasilosid, veskijäätmeid ning toiduainetetööstuse jäätmeid. Lisasubstraatide biogaasiprotsessi sobivuse kõrval tuleb arvestada komponendi hinna ja elektritootluse suhet ning ka taimekasvatuslikke aspekte, viljade kasvatamise külvikorda, tehnika kasutamist, ladustamisvõimalusi, valmimiskulutusi jpm. Lisasubstraatide valiku muudab keeruliseks asjaolu, et puuduvad täielikud andmed viliste saagikusest kohalikes tingimustes ja nende biogaasi potentsiaalide kohta. Saksamaa kogemuse põhjal soovitatakse kasutada rukkivilist, aga kas see on parim lahendus ka Eestis, ei ole teada.

Lisasubstraatide valiku aluseks on teadmine, et rohusilo osakaal lisasubstraatide kogumassist ei tohi ületada 60%, sest vastasel juhul muutub segamiseks vajaminev energiatarve liialt suureks. Toiduainetetööstustest, kellel tekib biolagunevaid jäätmeid, tuleb välja valida jätkusuutlikumad ettevõtted, kes suudavad tagada pikaajalise ja stabiilse jäätmevoo.

Rohtsete lisasubstraatide valik ning nende biogaasi potentsiaalid on valitud Saksamaa andmete ja erinevate kultuuride saagikuse alusel, kuid kas neid andmeid on võimalik üks-ühele Eesti tingimustesse üle kanda? Järgmiseks aastaks on planeeritud katseseeriad, et määrata väljavalitud rohtsete lisasubstraatide biogaasi potentsiaalid hektari kohta ja võimaluse korral ka proovida alternatiivsete kultuuride kasvatamist ning võrrelda neid väljavalitud kultuuride andmetega. Alles nende katsete tulemuste alusel on võimalik teostada täpsed tasuvusanalüüsi arvutused. Enne projekti realiseerimist ja ehituse alustamist on vaja koostada täpne kava taastuvate toorainete kasvatamiseks, arvestades viljade kasvatamise järjekorda. Kasvatatavaid rohumaid peaks võimaluse korral niitma kolm korda. Saksamaal on hakatud lisaks rohusilo kasutamisele kääritama ka värsket rohumassi (karjamaa raihein, teataval juhul ristikheinalisandiga), mis võiks olla üheks tuleviku alternatiiviks ka antud projekti puhul.

Oluline aspekt biogaasijaama ehituses Eestis seisneb sisseviidava taastuva tooraine jaoks vastuvõtuhalli ehitamises, muuhulgas saab seal silohoidlast väljavõetud aineid üles sulatada või teraviljatolmu ladustada. Vastuvõtuhall tuleb ehitada sellise varuga, et oleks võimalik ka tulevikus jäätmevooge ladustada.

Biogaasijaamas toodetava biogaasi kasutusvõimalusi on mitmeid, kuid käsitletavas projektis on valitud traditsiooniline sooja ja elektri koostootmine. Selle valiku põhjuseid on mitmeid. Esiteks on projekteeritud jaam toodetud biogaasi kütusena ärakasutamiseks või maagaasivõrku juhtimiseks selgelt liiga väike, sest hetkel lähtutakse teistes Euroopa riikides vähemalt 1 MW suurustest jaamadest. Tendents on aga veel oluliselt suuremate jaamade suunas. Teiseks on mikrogaasiturbiini kasutamine soojuse ja elektri koostootmisjaamana ebaratsionaalne, kuna selle tootlikkus jääb oluliselt alla gaasimootori omale. Mikrogaasiturbiinil on mõte ainult siis, kui termilise energia müügi kaudu on võimalik saavutada olulist käibeosa üldtuludest.

Sellise projekti realiseerimisel ei tohi unustada juriidilise korrektsuse tähtsust. Biogaasijaama varustamiseks taastuva toorainega on vaja välja töötada leping, mille hulka kuuluvad muuhulgas finantsgarantiid, õiguslike järgnevussituatsioonide määratlemine, mahu ja kvaliteedi määratlemine jne.

2.2. Ressursid

Biogaasijaama käitamise põhitooraineks on läga ja sõnnik. Kõige tähtsam ja kõige mahulisem sisendsubstraat on lautadest tulev veiseläga, mida tekib igal aastal 24.000 m³. Orgaaniline osakaal kuivmassi sees ulatub 80%-ni. Keskmine biogaasisaagis ulatub ~ 350 liitrini orgaanilise sõnniku kilogrammi kohta (l/kg oKA). Niisiis võib eeldada, et lägast saab toota biogaasi ~ 571.200 m³/a.

Veisesõnniku puhul arvestatakse 25%-list kuivainesisaldust, 78%-list orgaanilist kuivainesisaldust ja 320 liitrit spetsiifilist gaasisaagist orgaanilise kuivaine kilogrammi kohta. Biogaasi aastatoodang on ~ 37.440 m³. Läga kuivaine sisaldus on määratud erinevates laboratooriumites ja keskmiseks väärtuseks on võetud 8,5%. Saksamaa inseneribüroo Rossow poolt koostatud biogaasijaama kontseptsioonis on lisasubstraatidena vaadeldud rukkivilist, rohusilo ja põhku.

Koguste suhted valitakse nii, et rohusilo osakaal ei ületaks 60% taastuvast toorainest. Saksamaal on üksikuid näiteid, mille puhul ületab rohu osakaal 60%. Ettepanek on võtta

kasutusele rohusilo ~ 5.000 t/a ja rukkivilist 3.800 t/a. Kui rohusilo puhul on ~ 35%-line kuivainesisaldus, 90%-line orgaaniline kuivainesisaldus ja spetsiifiline gaasisaagis 550 liitrit orgaanilise kuivaine kilogrammi kohta, siis võib oodata toodangut ~ 866.250 m³/a. Kui rukkivilise puhul on kuivainesisaldus ~ 28%, orgaaniline kuivainesisaldus 95% ja spetsiifiline gaasisaagis 600 liitrit orgaanilise kuivaine kilogrammi kohta, siis ulatub biogaasitoodang ~ 606.480 m³/a.

Esitatud sisendmaterjalidest lähtuvalt on niisiis oodata aastast biogaasitoodangut 2.081.370 m³. Väärtused on kokku võetud alljärgnevas tabelis.

Tabel 2. Aastane biogaasitootmine

Biomass	**Kogus**	**KA**	**oKA**	**spets. biogaasi saagis**	**Biogaasi-tootmine**	**Elektri-võimsus**	**Osakaal**
	t/a			l/kg oKA	m³/a	kW	
Veiseläga	24 000	8,5%	80,0%	350	571 200	147	27,3%
Veisesõnnik	600	25,0%	78,0%	320	37 440	10	1,8%
Rohusilo	5 000	35,0%	90,0%	550	866 250	224	41,7%
Rukkivilis	3 800	28,0%	95,0%	600	606 480	157	29,2%
Summa	**33 400**				**2 081 370**	**537**	**100,0%**

Suhteliselt kõrge siloosakaalu tõttu võib biogaasis arvestada ~ 53%-lise metaanisisaldusega.

Käsutuses olev biomass võimaldab biogaasijaama optimaalse kasutuse korral toota aastas ~ 4.296.000 kWh elektrit.

Biogaasi tootmise tõttu väheneb sisendimass ~ 2.500 t/a, nii et biogaasijaama väljundiküljel kuhjub ~ 30.900 t/a väljakääritatud jääkaineid. Kääritatud substraadi ladustamiseks saab kasutada mõlemat olemasolevat lägamahutit. Olemasolev ladustusvõimsus ulatub kuni 16.600 m³ (7.800 m³ + 8.800 m³). Sellega saab kindlustada tekkiva kääritusjääkaine ladustamisperioodi ~ 195 päevaks.

Torma Põllumajandusosaühingu loomakasvatuse vajadused kaetakse 800 ha rohumaa ja 600 ha teraviljatoodanguga, ülejäänud 900 ha kasvatatakse müügiteravilja ja rapsi. Osal loomakasvatuse vajadustest ülejäával 900 ha maal oleks võimalik kasvatada biogaasitehase tarbeks vajaminevaid kultuure. Suurte rohumaade olemasolu tõttu on antud käitise puhul soovitav keskenduda rohusilo kasutuselevõtule. Seejuures ei ole metoodilis-tehnilisest seisukohast soovitav üksnes rohusilo kasutuselevõtt. Rohusilo puhul on oluline, et ta on lühikeseks hekseldatud ja kuivaine sisaldus ei tohiks ületada 35 %. Teise biomassina on ette nähtud rukkivilis ehk piimküpsuse lõpufaasis koristatud rukkisilo. Varase viljakoristusaja tõttu on vilise kuivainesisaldus oluliselt madalam kui rohusilol, ulatudes vaid 28%-ni. Vilise

ja rohusilo ladustamiseks on vajalik silotegemise tehnoloogia soetamine ja uute silohoidlate rajamine.

Kvaliteetrohusilo tootmisel lähtutakse vähemalt kolmest niitest aastas, hekselduse pikkus maksimaalselt kuni 2 cm – kusjuures üha rohkem võib täheldada tendentsi 0,5 cm pikkuseks hekseldatud rohule. Gaasisaagis peaks olema vahemikus 500-600 l/kg oKA kohta.

Juba eelpool nimetatud toorainete kõrval on võimalik ka teraviljakasvatusest saadava põhu osaline kasutuselevõtt. Põhu kasutamisel protsessis on vaja süsteemile lisada eraldi hüdrolüüsi etapp, et muuta põhk bakteritele lihtsamini lagundatavaks materjaliks. Esialgu on põhu kasutamine käitises välistatud.

Klimaatiliste tingimuste tõttu tuleb välistada suhkruhirss, hirss ja spetsiaalsed rohttaimed (sudaani rohi). Maisi kasvatamisel Eestis ei ole ikka veel võimalik stabiilselt saavutada FAO numbrit 170. Suhkru- ja söödapeedi kasutuselevõtt oleks jaamatehniliselt väga otstarbekas, aga kuna ettevõttel ei ole sobivat põllumajandustehnikat ja ainult biogaasijaama jaoks selle muretsemine ei ole mõttekas, siis seda võimalust ei arvestata.

Toiduainetetööstuse jäätmetest on sobivad sellised jäätmed, mis ei vaja pastöriseerimist ega hügieniseerimist. Oluline on garanteerida pidev jäätmevoog, et tagada biogaasijaama stabiilne protsess ja metaani tootlikkus. Käsitletava projekti raames ei ole toiduainetetööstuse jäätmeid biogaasijaama substraatidena arvestatud. Selliste jäätmete lisamise võimaluse tekkimisel saab neid silo jaoks mõeldud seadmetega purustada piisavalt väikesteks tükkideks ja lisada kääritisse koos siloga.

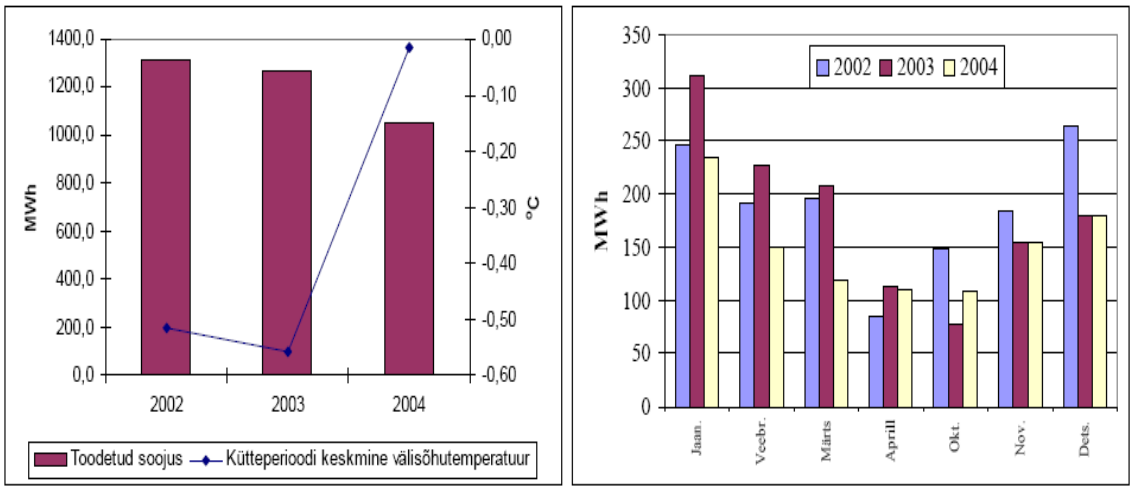
Torma Põllumajandusosaühingu tootmisjäägiks on läga, mida kasutatakse biogaasijaama põhisubstraadina ja seda võib käsitleda kui tasuta sisendit. 2008. a seisuga on 1 t rohusilo tootmise hind 3,00 krooni ja 1 t rukkivilise tootmise hind on teadmata, kuna Eestis puudub vastav kogemus. Rohusilo 1 t hinnaprognoos järgnevateks aastateks on 3,6-3,8 krooni tonni kohta, vilise 1 t hind 5,5-6,0 krooni.

2.3. Energia müük ja tarbimine

Torma alevikus on üks kaugküttekatlamaja ja operaatoriks on OÜ Torma Soojus. 2006. aastal renoveeriti kaugküttekatlamaja ja paigaldati uus täisautomaatne katel Danstoker Global 2 võimsusega 1,27 MW. Katlamaja juurde kuulub veel 50 m^3 õlimahuti koos vastuvõtusõlmega. Küttematerjalina kasutatakse põlevkiviõli. Kuna kaugküttevõrguga ei ole 2005. aastaga võrreldes keegi enam liitunud, siis on viimaste aastate küttematerjali kogused jäänud samaks, ~ 155-158 tonni aastas. Põlevkiviõli kokkuostuhinnaks on 5000 krooni tonn. Toodetud

soojuse müügihinnaks on kujunenud 995 krooni + käibemaks. Uue katla kasutegur on 96 %, kuid koormus kõigest 30 %.

Kaugküttevõrguga on praeguse seisuga seotud vaid 5 korterelamut. Korterelamute arvutuslik küttevõimsus on 620 kW. Küttevõimsuse arvutamisel on siseõhu temperatuuriks võetud +22 °C, vastavalt Eesti Vabariigi Standardile – EVS 829:2003 „Hoone soojuskoormuse määramine“. Välisõhu temperatuuriks on võetud –22 °C. Külmemate ilmade korral võib tekkida olukord, kus soojusvõimsusest ei piisa. Meie klimaatilistes tingimustes esineb neid päevi üldiselt harva. Köetavat pinda on korterelamutes 4937 m^2 ja kubatuur 25216 m^3. Viimase kolme aasta jooksul on keskmine küttekoormus olnud 150 MW kuus. Maksimaalne küttekoormus oli 2007. aasta jaanuaris ~ 200 MW. Torma aleviku kaugküttevõrgu soojustarbimine on vahemikus 900-1000 MWh aastas. Sooja tootmine toimub seitsmel kuul aastas. Allpool on toodud soojustarbimise graafikud 2002.-2004. aasta kohta, kuna AS Torma Soojus andmetel ei ole viimastel aastatel tarbimine muutunud. Ainsaks erandiks on 2007. aasta külm jaanuar.



Joonis 2. Torma aleviku soojustarbimine

Kaugküttevõrgu soojuse tarbimine võib kasvada, kui kaugküttevõrguga liituvad lasteaed, mõisa peahoone ja Kesk tn 2. Arvutuslikud küttevõimsused on vastavalt 123, 130 ja 117 kW. Kogu küttekoormus oleks sellisel juhul ~ 1 MW. Arvestades võrgukadudega oleks soovitav katlamaja soojusvõimsus 1,2 MW.

Kaugküttevõrk on täiesti amortiseerunud ja soojuse võrgukaod jäävad vahemikku 24-26 %. Kaugküttevõrgu isolatsiooniks on klaasvill, mida katab ruberoid ja foolium. Kõik võrgulõigud on maa-alused. Kaugküttevõrgu kogupikkus on 881 m. Kaugküttevõrgule on iseloomulikud lekkekaod, millede avastamine on komplitseeritud.

Teostatavusuuringus käsitletava biogaasijaama kõige tõenäolisema variandi puhul on aastane utiliseeritava sooja ülejääk 2976,7 MWh. Talvekuudel on keskmine ülejääk ~ 220 MWh, mis kõigi eelduste kohaselt oleks piisav kaugküttevõrguga ühendatud tarbijate soojavajaduste rahuldamiseks. See eeldab suhteliselt mahedat talve, kaugküttevõrgu renoveerimist, et vähendada trassi soojakadusid, ja varukatla olemasolu, sest biogaasijaama bioloogilise protsessi seiskumise eest ei ole keegi kaitstud.

Antud projekti raames on toodetava soojuse utiliseerimise võimalustena kaalutud järgnevaid variante: eelpool mainitud sooja müümist kaugküttevõrku, hakkpuidu kuivatamist biogaasijaama vahetus läheduses ja väikese pelletitehase püstitamist. Põlevkiviõli suure hinnatõusu korral on sooja müümine kaugküttevõrku üks võimalikke lahendusi, kuid suvekuudel puudub kaugküttesüsteemil soojavajadus. Ülejäävale jääksoojusele on vaja leida alternatiivne rakendus, sest ilma sooja müügita väheneb projekti tasuvus.

Teise variandina on arutatud pelleti tootmise arendamist biogaasijaama vahetus läheduses. Kohalikust puidufirmast oleks võimalik saada 4 000 m³ saepuru. Samas saaksid inimesed talveks tööd (ca kümme inimest, kes suveperioodil töötavad taimekasvatuses) pelleti tootmiseks vajamineva toorme varumisel. Pelleti tootmisel saaks ära kasutada 100% biogaasijaamas ülejäävat energiat, tootmisprotsessi oleks võimalik paindlikult korraldada vastavalt biogaasijaamast saadava soojuse kogusele. Kohalikku kooli ja koolivõimlat teenindav katlamaja juba töötab pelleti küttel. Tuleks kaaluda ka võimalust rekonstrueerida kogu kohalik soojatootmine ja teravilja kuivatamine ehitada ümber pelleti küttele.

2.4. Keskkonnamõju

Anaeroobne läga kääritamine muudab läga käitlemise keskkonnasõbralikumaks, kui seda on tavapärane lägahoidlate kasutamise süsteem. Anaeroobselt kääritatud lägas sisalduvad toitained on taimedele paremini omastatavad ja seeläbi väheneb ka toitainete reostuskoormus ümberkaudsetele veekogudele. Seoses eelnevaga väheneb ka läga laotamisel tekkiva ebameeldiva lõhna eraldumine. Kui võrrelda praeguse lägahoiustamise süsteemi kasvuhoonegaaside emissiooni ja anaeroobselt kääritatud läga emissioone, siis hoitakse ära 8900 kg CH_4 ja 2710 kg N_2O emissioon (IPCC arvutusmeetodite alusel) (537 kW).

Rohtse biomassi põletamisega võrreldes on anaeroobne kääritamine väiksema energia toodanguga, kuid kääritusjääki on võimalik kasutada kommertsväetise asendajana. Nii on võimalik kokku hoida finantsvahendeid ja rahuldada rohumaade ning viljapõldude toitainetevajadust.

3. Tehnoloogilised alternatiivid

3.1. Biogaasijaama variantide sisendsubstraatide erinevused

Põllumajandusettevõtte Torma Põllumajandusosaühing biogaasijaama projekteerimist alustati põhisubstraatide koguste alusel, milleks on ~ 24000 m³ läga ning ~ 600 tonni sõnnikut aastas. Projekteerimisel kasutatud lisasubstraatide biogaasi potentsiaali väljaselgitamine toimus nii inseneribüroo Rossow juhtimisel toimivate biogaasijaamade kogemuste alusel kui ka antud analüüsi tulemuste ja kirjandusandmete põhjal. Kahjuks ei olnud kasutada Tormas teostatud rohusilo analüüsi ega rohusilo biogaasi potentsiaali tulemusi.

3.1.1. Variantide võrdlus

Torma biogaasijaama tegevuse aluseks on kohalikust piimakarjakasvatusest saadav veiseläga ~ 24.000 m³. Kuna veiselägale täienduseks saab kasutada erinevaid biomasse erinevates kogustes, vaadeldi kõigepealt erineva võimsusega biogaasijaamasid. See vaatlus orienteerus tavapäraste soojuse ja elektri koostootmisjaama (SEK) moodulite võimsusele. Välja valiti jaamad elektrilise võimsusega 150 kW, 365 kW, 537 kW, 716 kW ja 1.021 kW. Tähtsaimad võrdluspunktid on vajadus taastuva tooraine järele ja fermentaatorite ning järelkääritite kääritamismaht. Selle vaatluse tulemused on ära toodud tabelis 3.

SEK		**150 kW**	**365 kW**	**537 kW**		**716 kW**		**1021 kW**
Sisend				Variant 1	Variant 2	Variant 1	Variant 2	
Veiseläga	m³/a	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000
Sõnnik	t/a	600	600	600	600	600	600	600
Rohusilo	t/a	0	3 300	5 000	5 000	7 000	8 000	12 000
Rukkivilis	t/a	0	1 500	3 800	2 600	3 600	4 100	8 000
Teraviljatolm	t/a	0	0	0	0	365	365	0
Põhk	t/a	0	0	0	730	0		0
Päevane kogus	t/päevas	67,4	80,5	91,5	90,2	97,4	101,5	122,2
KA sisaldus sisendites	%	8,9	12,8	15,0	16,2	16,8	17,4	19,3
Fermentaator 1	m³	2 000	3 000	2 300	3 800	2 800	2 800	3 700
Fermentaator 2	m³			2 300		2 800	2 800	3 700
Järelkääriti 1	m³			2 300	2 300	3 200		2 300
Järelkääriti 2	m³					3 200		
Lõpphoidla	m³		2 300				6 500	
Fermentaatori tihedus	kg oKA/ m³ päevas	2,40	2,91	2,58	3,32	2,50	2,72	2,83
Viibeaeg								

Fermentaator	päeva	30	37	50	42	57	55	61
Järelkääriti	päeva		29	25	25	66		19

3.1.2. Tehnoloogilsed erinevused Variant 1 ja Variant 2 vahel

Erinevused kahe tehnoloogia vahel on tingitud põhu lisamisest ja põhu töötlemiseks vajamineva tehnoloogia rakendamisest.

Mõlemad variandid baseeruvad ühtsel tehnoloogilisel skeemil, millele Variant 2 puhul on lisatud eraldi hüdrolüüsi tehnoloogia, mis on vajalik põhu biolagundatavuse parendamiseks. Hüdrolüüsi etapp on lisatud tehnoloogilisse skeemi peale fermentaatorit. Teine erinevus, millele tuleb tähelepanu juhtida, on see, et Variant 1 puhul on arvestatud kahe fermentaatoriga ja Variant 2 puhul on planeeritud üks suur fermentaator. Samuti on erinevalt lahendatud soojusvahetite paigutus, mis on tingitud hüdrolüüsi etapis kasutatavast kõrgemast temperatuurist.

3.2. Variant A

3.2.1. Lägal ja tahkesõnnikul töötav biogaasijaam võimsusega 150 kW

Vaatluse põhiliseks variandiks on biogaasijaam, mis töötab lägal ja tahkesõnnikul. 24.000 m³/a veiseläga ja 600 t/a tahkesõnnikut vastab elektrilisele võimsusele ~ 150 kW. Nõutav kääritimaht on ~ 2.000 m³, mis võimaldab viibeaega ~ 30 päeva. Tahkesõnnikus on palju põhku. Põhu lagundamine biogaasi tootmiseks toimub pikema aja jooksul kui kiiresti lagundatavate materjalide puhul. Seega on vaid 30päevase viibeaja puhul oodata tahkesõnnikust saadud biogaasisaagist, mis on allpool tavapärast näitu. Kääritatud substraadi ladustamiseks on lauda asukohas piisavalt ladustamismahtu.

Selle biogaasijaama investeerimiskulud ulatuvad ~ 1.094.000 euroni. Töötava jaama aastased kulud ulatuvad ~ 69.000 euroni. Biomassi valmispanekuks tehtavate kulutuste suurus ei ole veel selgunud. Aastane ülejääk on välja toodud järgnevas tabelis. Näitajate arvestamisel ei võetud arvesse finants- ja kapitalikulusid.

Tabel 4. Sissetulekute ja ülejäägi arvestus

Elektri tootmine	kWh/a	1.200.000	1.200.000
Kompensatsioon	senti/kWh	7,35	8,30
Sissetulekud elektrimüügist	€/a	88.200	99.600
Aastased kulutused	€/a	69.000	69.000
Ülejääk	€/a	19.200	30.600

Samal ajal tuleb arvestada asjaoluga, et selle jaama kasutada olev soojapotentsiaal on madal. Madalate välistemperatuuride puhul, nagu näiteks -25 °C, kasutatakse toodetav soojus pea-aegu täielikult ära biogaasijaama omatarbeks, nii et antud juhul ei ole võimalik soojust välistarbijatele müüa.

3.2.2. Biogaasijaam elektrilise võimsusega 537 kW

Erinevatel põhjustel, nagu näiteks sisendi biomassi hankimine, investeeringukulude suurus ja majanduslikud aspektid, vaadeldakse materjali edasisel väljatöötamisel intensiivsemalt biogaasijaama elektrilise võimsusega 537 kW.

Sellise biogaasijaama jaoks on erinevaid konstruktsioonivõimalusi. Järgnevas kirjelduses on esitatud kahte varianti. Esimene variant sisaldab biogaasijaama, mis töötleb sisendina veiseläga, veisesõnnikut, rohusilo ja rukkivilist. Jaam võimaldab väiksema kääritamismahutavusega saavutada optimaalset biogaasisaagist. Ülejääva soojuse müügi suurendamiseks on ette nähtud soojuse taaskasutamine väljakääritatud jääkainetest külma veiseläga ülessoojendamiseks.

Teises variandis vaadeldakse kääritamismahutavuse vähendamist, kuna vahele lülitatud selektiivse hüdrolüüsiga toimub biomassi edasine lagundamine. Sellega kindlustatakse kõrge gaasisaagis. Peale selle võimaldab nimetatud meetod teiste biomasside, nagu näiteks põhu, osalist töötlust.

4. Tehnoloogiline põhiskeem

Biogaasijaama tehnoloogiline põhiskeem on jaotatud kümneks suuremaks osaks: läga vahehoidla, biomassi dosaator, segamismahuti, fermentaator, järelkääriti, gaasihoidla, SEK, jaama juhtimiskonteiner, soojuse jaotussõlm ja kaugküttevõrk.

4.1. Variant 1

4.1.1. Läga vahehoidla

Selleks, et võrdsustada läga voolu mõlemast laudast ja võimaldada biogaasijaama järjepidev täitumine, on vaja rajada läga vahehoidla. Mahuti suurus võiks olla ~ 300 m³. See maht võimaldab läga umbes neljaks päevaks vaheladustada. Sel moel on kindlustatud läga sissevool biogaasijaama näiteks nädalavahetusel. Mahuti võib olla silindriline ning asetseda täielikult maa sees. Oluline on vältida läga külmumist madalate välistemperatuuride juures. Läga homogeniseerimiseks on vaja mahuti varustada segistiga. Pumba abil pumbatakse läga maa-alust trassi pidi regulaarsete intervallide järel segamismahutisse.

Joonis 3. Läga vahehoidla mahuti

4.1.2. Biomassidosaator

Tahke biomassina kasutatakse biogaasijaamas veisesõnnikut ja silo. Päevane kogus kokku ulatub ~ 26 t. Kui dosaatori vastuvõtupunker täidetakse kord päevas värske biomassiga, siis peaks punkri maht olema ~ 60 m³. Vastuvõtudosaator püstsete segistitega hoolitseb samaaegselt segamise ja ka sisseviidud biomassi lisapeenestamise eest. Suhteliselt kõrge rohusilo osakaalu puhul on see suureks eeliseks. Sissekandesüsteemi kaudu, mis doseerib

tahke aine vedelikuvoolu jaama, transporditakse biomass dosaatorist segamismahutisse ühtlaste intervallidega.

Joonis 4. Biomassidosaator püstse segamisteoga

4.1.3. Segamismahuti

Segamismahuti on mõeldud erinevate sisendmaterjalide intensiivseks segamiseks. Homogeniseerimise kõrval toimub ülessoojendamine ja sisendsubstraadi lisamine fermentaatorist saadud aktiivse substraadiga. Samaaegselt saab segamismahutis eraldada segavad ained ja võõrkehad, mis seega ei satugi fermentaatorisse. Valitud mahuti suurus ~ 300 m³ võimaldab sisendsegu viibeaega, mille tõttu saab võimalikuks hüdrolüüsi esimene aste. Tänu olemasolevale segamistehnikale ja substraadi samaaegsele intensiivsele segamisele jõuab fermentaatorisse homogeniseeritud substraat, mida saab seal optimaalselt töödelda.

Joonis 5. Segamismahuti

4.1.4. Fermentaator

Kääritusprotsessi jaoks on ette nähtud kaks fermentaatorit, kumbki käärimismahuga 2.300 m³. Segamismahutis ettevalmistatud sisendsubstraat pumbatakse pumbaga vaheldumisi mõlemasse fermentaatorisse. Keskmine hüdrauliline viibeaeg mõlemas fermentaatoris ulatub ~ 50 päevani. Mahuti täielik läbisegamine toimub tsentraalsegistiga. Fermentaatorid töötavad mesofiilsel temperatuurirežiimil (36-40 °C). Soojuskadude vähendamiseks varustatakse kogu mahuti isolatsiooniga.

Allikas: www.farmatic.com

Joonis 6. Fermentaator

4.1.5. Järelkääriti

Fermentaatoritele järgneb protsessi teises astmes järelkääritamine. Järelkääriti maht on 2.300 m³, mis võimaldab substraadi keskmist viibeaega ~ 25 päeva. Järelkääritus toimub samuti mesofiilsel temperatuurirežiimil. Järelkääriti ja fermentaatori ehitus on ühesugune. Järelkääritist pumbatakse kääritatud substraat mõlemasse olemasolevasse lõpphoidlasse. Seejuures läbib soe substraat soojusvaheti ja soojendab vastuvoolus külma läga.

4.1.6. Gaasihoidla

Fermentaatorites ja järelkääritis toodetud biogaas juhitakse eraldiseisvasse gaasihoidlasse. Seejuures on tegemist kilest gaasikotiga, mille maht on ~ 500 m³. See elastne gaasikott varustatakse nn kilekaantega, et teda kaitsta välismõjude eest. Gaasihoidla võimaldab nii biogaasivoolu ühtlustamist kui ka toodetud biogaasi vaheladustamist SEKi seisaku puhul.

Allikas: www.farmatic.com

Joonis 7. Fermentaator eraldiseisva gaasihoidlaga

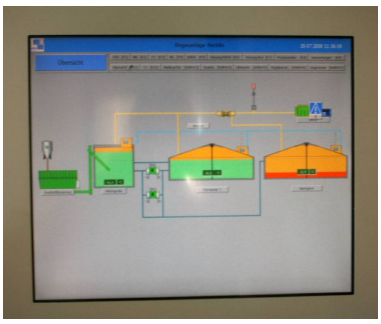
4.1.7. Soojuse ja elektri koostootmisjaam

Gaasihoidlast satub biogaas maa-aluse trassi kaudu soojuse ja elektri koostootmisjaama (SEK). Gaasi kuivatamise seadmes eraldatakse biogaasis esinev niiskus kondensaadina. SEKi installeeritud elektriline võimsus on ~ 537 kW. Soojuslik võimsus on samuti ~ 532 kW. Toodetav elekter juhitakse arvestiga trafo- ja ülekandejaama kaudu energiavarustusettevõtte võrku. Osa soojusest kasutatakse biogaasijaama omatarbeks. Ülejäävat soojust kasutatakse mujal. Lihtne ja kohapeal teisaldamiseks sobiv lahendus on SEKi installeerimine konteinerisse.

Joonis 8. SEK

4.1.8. Jaama juhtimissüsteem

Teise konteinerisse saab paigutada näiteks jaama juhtimissüsteemi. Kõiki biogaasijaama olulisi protsessiparameetreid kontrollitakse ja visualiseeritakse jaama juhtimissüsteemis nii, et operaatoril on kogu aeg ülevaade jaama tööst.



Joonis 9. Konteiner jaama juhtimissüsteemiga

4.1.9. Soojuse jaotussõlm

Välistarbijatele soojuse jaotamiseks vajalikud jaamaosad saab samuti installeerida eraldi konteinerisse. Sinna hulka kuuluvad eraldi soojustrasside väljundid nii biogaasijaama enda kui ka ülejäävat soojust kasutavate välistarbijate jaoks.

Joonis 10. Soojuse jaotussõlm

4.1.10. Kaugküttevõrk

Kaugküttetrassi kaudu juhitakse biogaasijaama ülejääv soojus otse kohalikele tarbijatele. Trass algab eelnevalt nimetatud soojuse jaotussõlmes ja viib otse soojustarbijateni.

Joonis 11. Kaugküttetrass

4.2. Variant 2

4.2.1. Biomassi sisend

Ka teises variandis vaadeldakse biogaasijaama elektrilise võimsusega 537 kW. Nimetatud variandis on ette nähtud selektiivse hüdrolüüsi installeerimine. Kuna see võimaldab kääritatava biomassi edasist rakkude lagundamist, on näiteks ka põhu osaline kasutuselevõtt teostatav. See viib eraldi viljeldava rukkivilise sisendikoguse vähenemiseni. Sisendi jaotus ja sellest tulenev biogaasitootlus on ära toodud järgnevas tabelis.

Tabel 5. Aastane biogaasitootmine

Biomass	**Kogus**	**KA**	**oKA**	**spets. biogaasi saagis**	**Biogaasi-tootmine**	**Elektri-võimsus**	**Osakaal**
	t/a			l/kg oKA	m³/a	kW	kW
Veiseläga	24 000	8,5%	80,0%	350	571 200	147	27,3%
Veisesõnnik	600	25,0%	78,0%	320	37 440	10	1,8%
Rohusilo	5 000	35,0%	90,0%	550	866 250	224	41,8%
Rukkivilis	2 600	28,0%	95,0%	600	414 960	107	20,0%
Põhk	730	90,0%	90,0%	320	189 216	49	9,1%
Summa	**32 930**				**2 079 066**	**536**	**100,0%**

4.2.2. Jaama kavand

Läga vahehoidla mahuti, biomassi doseerimine ja segamismahuti ei erine Variandis 1 kirjeldatust. Kuna selektiivse hüdrolüüsi teel saab võimalikuks edasine termiline rakkude lagundamine, võetakse Variandi 2 puhul kasutusele fermentaator käärimismahuga 3.800 m³. Ehitusstiililt ja –vormilt ei erine see eespool kirjeldatud fermentaatoritest. Fermentaatori ja järelkääriti vahel toimub selektiivne hüdrolüüs.

Ehituskulude minimeerimiseks ei ole vaja ehitada mitte eraldiseisvat gaasihoidlat, vaid integreerida see järelkääritiga. Antud juhul installeeritakse järelkääritile kaheosaline kilekatus. Välimine kilekiht on ilmastikukaitseks ja sisemist elastset kilekihti kasutatakse gaasihoidlana.

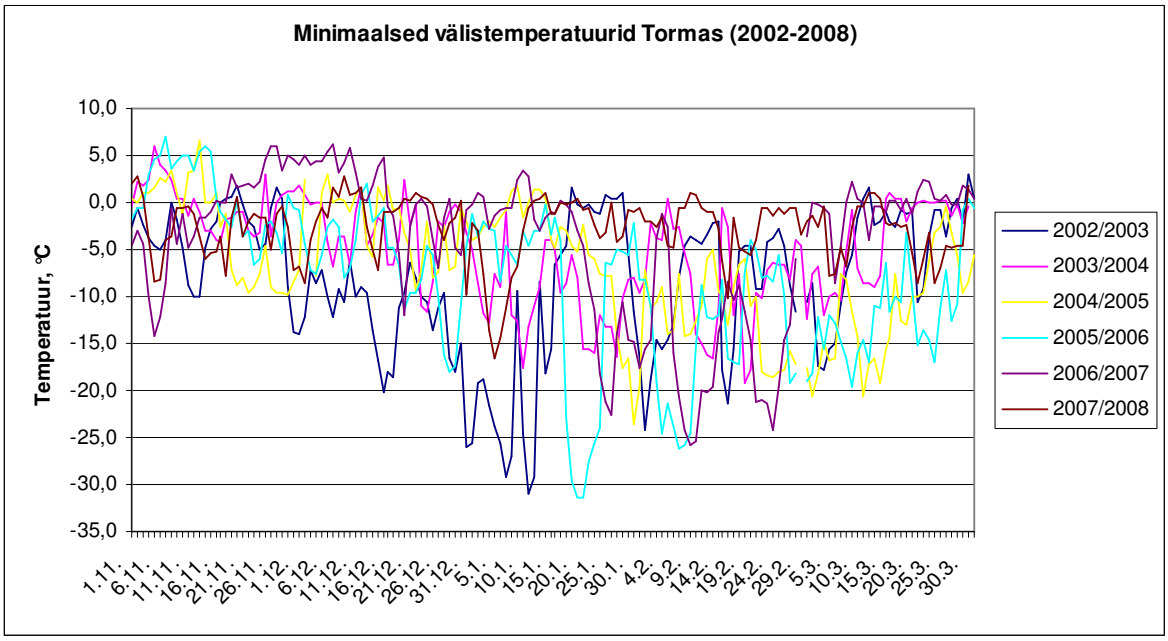
Järelkääriti käärimismaht on ~ 2.300 m³. Järelkääritite tüüpilised konstruktsioonid on ära toodud järgmistel joonistel.

Joonis 12. Järelkääritid

Kõik jaamakomponendid nagu SEK, soojuse jaotussõlm jne on Variandiga 1 identsed.

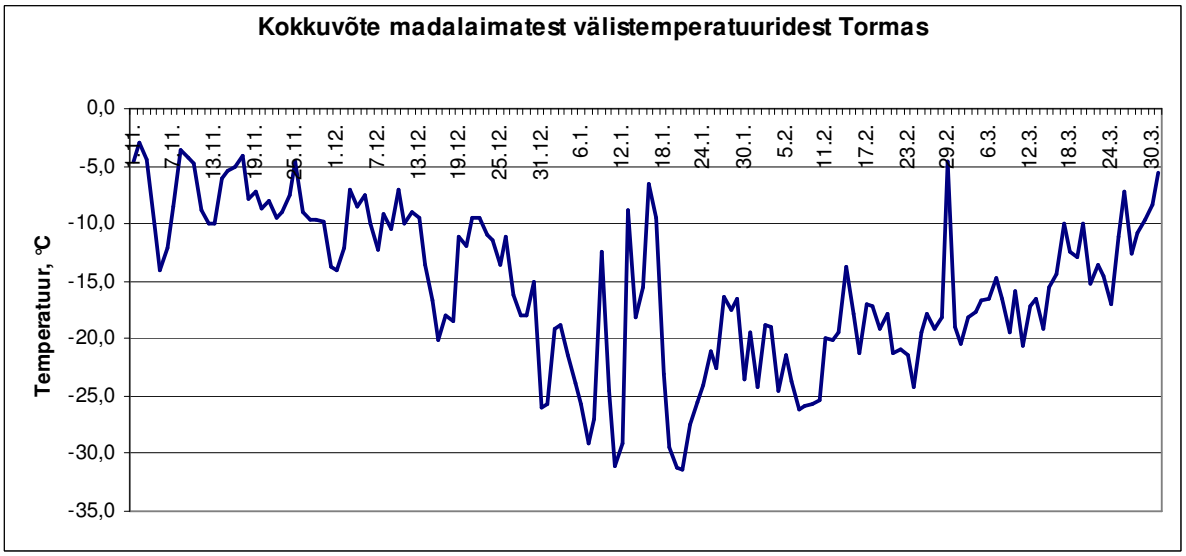
4.3. Soojusbilanss

Maksimaalse biogaasisaagisega optimaalse biogaasiprotsessi jaoks on määravaks rida protsessi parameetreid. Üks tähtsamaid on käärimisprotsessi temperatuur. Seejuures tuleks tähelepanu pöörata temperatuuri stabiilse ja konstantsena hoidmisele.
Välistemperatuurid Eestis on eriti talveperioodil tunduvalt madalamad kui Saksamaal. Torma Põllumajandusosaühingu poolt kogutud andmed on kokku võetud järgmisel joonisel.



Joonis 13. Minimaalsed talvised välistemperatuurid Tormas

2002.-2008. aastate talveperioodi andmed on toodud ajavahemiku 01.11.-31.03. kohta. Joonis näitab selgelt, et esineb perioode, mil välistemperatuur langeb alla -25 °C. Madalaimate temperatuuride kokkuvõte on ära toodud järgmisel joonisel.



Joonis 14. Kokkuvõte madalaimatest välistemperatuuridest Tormas

Antud andmete põhjal suhteliselt madalate välistemperatuuride kohta Tormas võeti biogaasi soojusbilansi vaatlusel aluseks temperatuur -25 °C. Läga ja teiste biomasside (sõnnik, silo) madalaimaks temperatuuriks määrati kalkulatsioonide jaoks 0 °C. Biogaasiprotsess fermentaatoris ja järelkääritis peab toimuma mesofiilsel temperatuurirežiimil 40 °C juures.

Biogaasijaama kogu soojavarustus toimub SEKi heitsoojusel. Biogaasijaama soojavarustus väljaspoole ei ole tavaekspluatatsiooni käigus ette nähtud.

4.3.1. Variant 1

Variandis 1 ulatub päevane biomassi sisestatav kogus ~ 91,5 t. Selle koguse ülessoojendamiseks 0 °C-lt 40 °C-le on vaja soojuslikku võimsust ~ 177 kW. Soojuse sisestus toimub tavaliselt fermentaatoris ja segamismahutis installeeritud kütte kaudu.

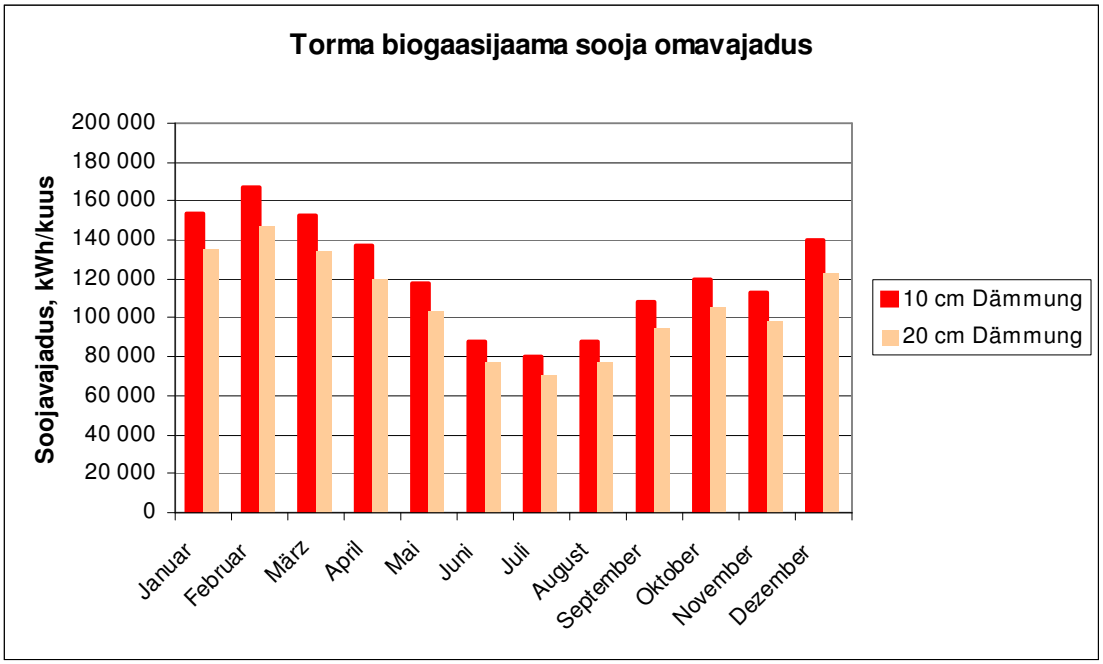
Soojusliku võimsuse vajadus mahuti soojuskadude korvamiseks (sisetemperatuur 40 °C ja välistemperatuur -25 °C) on ~ 80kW. Seejuures arvestati standardse, 10 cm paksuse soojusisolatsiooniga. Selle variandi puhul on biogaasijaama aastane omasoojavajadus ~ 1.466.356 kW.

Biogaasijaama üks eesmärke on üle jäänud soojust maksimaalselt turustada. Et seda võimaldada, vaadeldi ka lisavarianti. Selle variandi puhul viidi arvutus läbi, arvestades kahekordset isolatsioonipaksust (20 cm soojusisolatsioon). See ei vähenda küll sisendsubstraadi soojendamiseks vajaminevat võimsusvajadust, aga mahuti soojakadusid saab vähendada ~ 32 kW võrra. Sellega saab aastas ~ 180.000 kWh omavajaduse pealt kokku hoida ja teistele tarbijatele müüa. Vaatluse tulemused on kokku võetud alljärgnevas tabelis.

Tabel 6. Torma biogaasijaama soojuslik omavajadus

		Soojuslik võimsusvajadus	
		Soojusisolatsioon	
		10 cm	20 cm
Segamismahuti	kW	9,9	7,6
Fermentaator 1	kW	21,9	12,1
Fermentaator 2	kW	21,9	12,1
Järelkääriti	kW	26,3	16,5
Sisendi ülessoojendamine	kW	177,4	177,4
Summa	**kW**	**257,3**	**225,7**
Soojavajadus	**kWh/a**	**1 466 356**	**1 286 253**

Sooja omavajaduse vähenemist paksema soojusisolatsiooni valikuga ilmestab järgmine joonis, milles sooja omavajadus on ära toodud kuude kaupa.



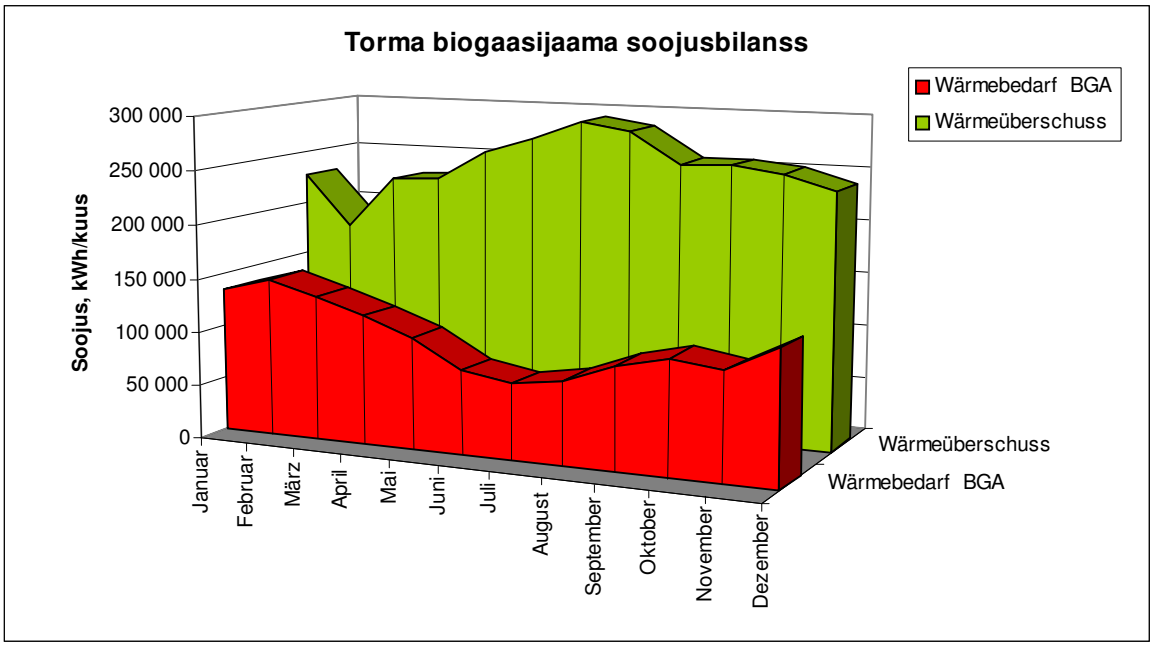
Joonis 15. Torma biogaasijaama sooja omavajaduse sõltuvus soojusisolatsiooni paksusest (10 cm isolatsioon ja 20 cm isolatsioon)

Vastavalt sesoonsetele välistemperatuuridele kõigub ka biogaasijaama sooja omavajadus. Järgmine tabel näitab Torma biogaasijaama soojusbilanssi. Kujutatud on igakuine soojuse kogutoodang, biogaasijaama omavajadus ning sellest tulenev ülejääv soojus, mida saab müüa potentsiaalsetele soojatarbijatele. Vaadeldakse väiksema soojavajadusega varianti.

Tabel 7. Torma biogaasijaama soojusbilanss

Kuu	BGJ soojustoodang kWh/kuus	BGJ soojavajadus kWh/kuus	Ülejaav soojus kWh/kuus
Jaanuar	362 059	134 832	227 227
Veebruar	327 021	146 953	180 068
Märts	362 059	134 155	227 904
Aprill	350 380	120 039	230 341
Mai	362 059	103 703	258 356
Juuni	350 380	77 354	273 026
Juuli	362 059	70 239	291 820
August	362 059	77 128	284 931
September	350 380	94 556	255 824
Oktoober	362 059	105 321	256 738
November	350 380	98 922	251 457
Detsember	362 059	123 051	239 009
Summa	4.262.954	1 286 253	2 976 701

Joonis illustreerib sooja omavajaduse ja ülejääva soojuse suhet.



Joonis 16. Torma biogaasijaama soojusbilanss

(Biogaasijaama soojavajadus.Ülejääv soojus.)

Kogu vaatluse juures tuleb arvestada sellega, et soojusbilansi andmete puhul on tegemist keskmiste väärtustega. Ebasoodsate ilmastikuolude puhul võib esineda kõrvalekaldeid esitatud näitajatest. Kirjeldatud soojusbilanss võib sellegipoolest olla aluseks biogaasijaama tõlgendusarvutusele.

4.3.2. Variant 2

Jaama kavand erineb teise variandi puhul esimesest vaid seeläbi, et ette on nähtud ainult üks fermentaator ja järelkääriti on varustatud kaheosalise kilekattega. Sisendi biomassi ülessoojendamiseks 0 °C-lt 40 °C-le on vaja soojuslikku võimsust ~ 175 kW. Fermentaatori ja järelkääriti soojakadude tasakaalustamiseks kulub võimsust ~ 106 kW.

Seoses Eesti klimaatiliste tingimustega võrreldi kääritite soojusisolatsiooni kihi paksuse mõju kogu protsessi soojusbilansile. Omavahel võrreldi 10 cm ja 20 cm soojustuskihte. Siseneva substraadi üleskütmist soojustuskihi paksus ei mõjuta, kuid protsessi soojuskaod on 32 kW võrra väiksemad. Kas 32 kW võrra väiksemad soojuskaod on piisav põhjus fermentaatorite topelt soojustamiseks, peab iga ettevõtja ise otsustama. Koostootmisjaamas toodetud soojast on käitise stabiilse töö tagamiseks vajamineva soojuse hulk 30%. Ülejäänud soojust on võimalik müüa.

Soojustagastustehnoloogiate ehk soojusvahetite lisamisega tehnoloogilise skeemi erinevatesse osadesse on käitise soojuse omatarvet võimalik vähendada Variant 1 puhul 19% ja Variant 2 puhul 17%.

Mõlema variandi puhul on arvutuslik soojuse tootlikkus 4263 MWh (537 kW) aastas. Soojuse ülejääk on varieeruv sõltuvalt aastaajast. Kütteperioodil on soojuse ülejääk alates 225 kWh (537 kW) kuni 350 kWh (716 kW) kuus.

Tabel 8. Torma biogaasijaama soojuslik omavajadus (Variant 2)

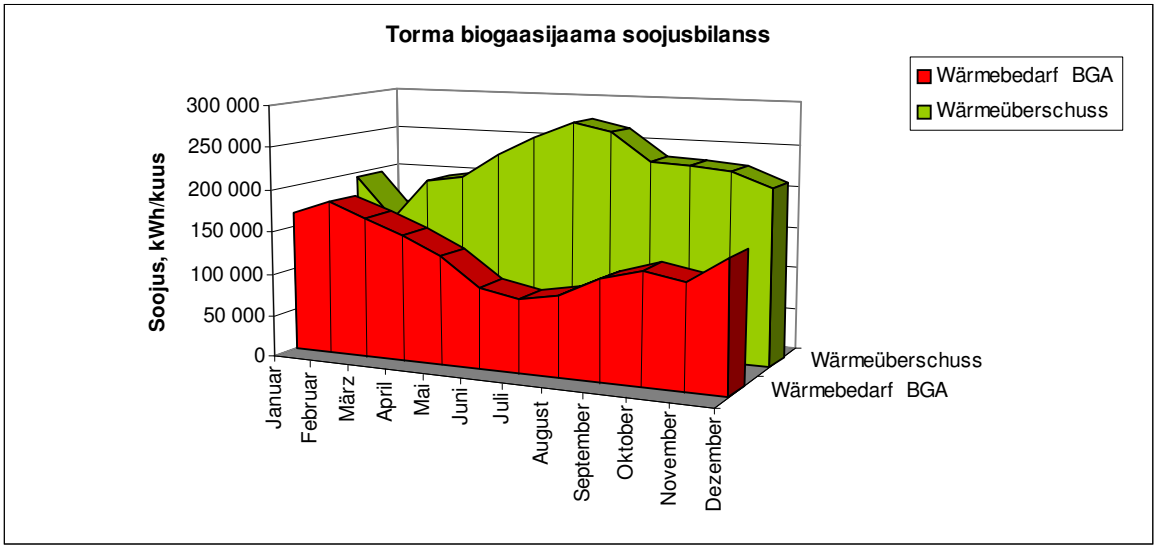
		Soojuslik võimsusvajadus	
		Soojusisolatsioon	
		10 cm	20 cm
Segamismahuti	kW	9,9	7,6
Fermentaator 1	kW	29,1	16,1
Fermentaator 2	kW	0,0	0,0
Järelkääriti	kW	87,9	82,6
Sisendi ülessoojendamine	kW	174,9	174,9
Summa	**kW**	**301,8**	**281,2**
Soojavajadus	**kWh/a**	**1 720 352**	**1 602 898**

Tabelist ilmneb, et paksem soojusisolatsioon viib ka soojuse omavajaduse minimeerimiseni. Sel moel saab ~ 117.000 kWh/a kokku hoida või teistele tarbijatele anda. Torma biogaasijaama soojusbilanss kujuneb Variant 2 ja suurendatud soojusisolatsiooni puhul järgmiseks:

Tabel 9. Torma biogaasijaama soojusbilanss (Variant 2)

Kuu	BGJ soojustoodang kWh/kuus	BGJ soojavajadus kWh/kuus	Ülejaav soojus kWh/kuus
Jaanuar	362 059	168 025	194 034
Veebruar	327 021	183 129	143 892
Märts	362 059	167 181	194 878
Aprill	350 380	149 590	200 790
Mai	362 059	129 232	232 827
Juuni	350 380	96 396	253 984
Juuli	362 059	87 531	274 529
August	362 059	96 115	265 944
September	350 380	117 833	232 547
Oktoober	362 059	131 249	230 810
November	350 380	123 275	227 105
Detsember	362 059	153 343	208 716
Summa	4 262 954	1 602 898	2 660 056

Järgnev joonis illustreerib biogaasijaama sooja omavajaduse ja ülejääva soojuse, mida saab teistele tarbijatel müüa, igakuist jaotust.



Joonis 17. Torma biogaasijaama soojusbilanss (Variant 2)

(Biogaasijaama soojavajadus. Ülejääv soojus.)

4.4. Soojuse taaskasutamine

Oluline tõlgenduskriteerium Torma biogaasijaama jaoks on väike sooja omavajadus, et müügiks jääks võimalikult suur soojakogus. Sel põhjusel on ette nähtud installeerida soojuse taaskasutamine biogaasiprotsessist. Seejuures peab kääritatud substraadi jahutama teel

järelkääritist lõpphoidlasse. Selle soojusenergiaga saab külma läga teel laudast segamismahutisse eelsoojendada. Läbiviidud arvutused näitavad, et nii saab ~ 243.000 kWh protsessisoojust taaskasutada ja müüki panna. See tuleneb arvestusest, et kõik tekkivad väljundid järelkääritist jahutatakse 40 °C-lt ~ 18 °C-le ning veiseläga soojendatakse ~ 0 °C-lt ~ 28 °C-le.

Tabel 10. Soojuse taaskasutamise soojusbilanss

		Soojuslik võimsusvajadus			
		Variant 1		Variant 2	
		Soojuse		Soojuse	
		taaskasutamisega	taaskasutamiseta	taaskasutamisega	taaskasutamiseta
Segamismahuti	kW	7,6	7,6	7,6	7,6
Fermentaator 1	kW	12,1	12,1	16,1	16,1
Fermentaator 2	kW	12,1	12,1	0,0	0,0
Järelkääriti	kW	16,5	16,5	82,6	82,6
Sisendi ülessoojendamine	kW	177,4	177,4	174,9	174,9
Soojuse taaskasutamine	kW	0,0	-42,8	0,0	-42,8
Summa	**kW**	**225,7**	**182,9**	**281,2**	**238,4**
Soojavajadus	**kWh/a**	**1 286 253**	**1 042 469**	**1 602 898**	**1 359 114**

Umbes 243.000 kWh lisasoojuse müük kujutab endast majanduslikult huvitavat potentsiaali, mis võimaldab kindlasti teha lisainvesteeringuid soojuse taaskasutamisesse. Seejuures tuleb aga kontrollida, kas saab kindlustada aastaringset soojuse müüki.

5. Majandusliku tasuvuse uuring

5.1. Investeerimiskulude väljaselgitamine

5.1.1. Variant 1

Variandis 1 kirjeldatud jaamakontseptsiooni jaoks selgitati välja biogaasijaama investeerimiskulud. Järgnev tabel näitab investeeringumahtu biogaasijaama rajamiseks. Põhilised ehitised oleksid kaks fermentaatorit a´ 2.300 m³, järelkääriti 2.300 m³, eraldi gaasihoidla, segamismahuti 300 m³, 537 kW SEKi moodul. Mahutite (segamismahuti, fermentaatorid, järelkääriti) ehitamise maksumus baseerub Farmatic Anlagenbau GmbH poolt kindlaksmääratud hinnal.

Tabel 11. Investeeringukulude kalkulatsioon (Variant 1)

1.	Fermentaator	901 000 €
2.	Segamismahuti	159 000 €
3.	Järelkääriti, gaasihoidla	590 000 €
4.	Tahkeainete sisseviimine, lägatehnika	185 000 €
5.	Väljakääritatud jääkainete hoidla, olemas	0 €
6.	Meediatehnika	70 000 €
7.	SEK, tehnikakonteiner	450 000 €
8.	Ehitustööd	85 000 €
9.	Biogaasijaama elektriline võimsus	40 000 €
10.	Elektriline võimsus, väljaande suutlikkus	50 000 €
11.	Kõrvalhooned	145 000 €
12.	Ehituse kõrvalkulud	241 000 €
Summa (neto, lisandub käibemaks)		**2 916 000 €**

Investeeringukulude kalkulatsioon sisaldab kulutusi kogu jaamatehnikale, mis on vajalikud Torma biogaasijaama ehituseks ja tööks.

5.1.2. Variant 2

Investeeringukulud Variant 1 puhul sisaldavad põhiliste ehitistena fermentaatorit a´ 3.800 m³, järelkääritit a´ 2.300 m³ kaheosalise kilekatte ja integreeritud gaasihoidlaga, segamismahutit a´ 300 m³ ning 537 kW SEKi moodulit.

Tabel 12. Investeeringukulude kalkulatsioon (Variant 2)

1.	Fermentaator	592 000 €
2.	Segamismahuti	159 000 €
3.	Järelkääriti, gaasihoidla	274 000 €
4.	Tahkeainete sisseviimine, lägatehnika	185 000 €
5.	Väljakääritatud jääkainete hoidla, olemas	0 €
6.	Meediatehnika	70 000 €
7.	SEK, tehnikakonteiner	450 000 €
8.	Ehitustööd	60 000 €
9.	Biogaasijaama elektriline võimsus	40 000 €
10.	Elektriline võimsus, väljaande suutlikkus	50 000 €
11.	Kõrvalhooned	305 000 €
12.	Ehituse kõrvalkulud	197 000 €
Summa (neto, lisandub käibemaks)		**2 382 000 €**

5.1.3. Variant 2 A

Variandi 1 ja Variandi 2 suhteliselt kõrgete investeeringukulude tõttu tuleb läbi viia edasine jaama optimeerimine. Ettepanek on rajada odavam fermentaator mahutina, millel on kilekate ja kus on integreeritud gaasihoidla. Kilekatte tõttu on sellise fermentaatori soojakadu suurem kui eespool kirjeldatul. Sellest tulenevalt peaks kasutama isoleerkilet. Sooja lisakadu, sõltuvalt kasutatavast kilest, ulatub ~ 50 kW-ni. Eespool kirjeldatud soojuse taaskasutamisega saab selle võimsuse peaaegu kompenseerida.

Tabel 13. Investeeringukulude kalkulatsioon (Variant 2 A)

1.	Fermentaator	408 000 €
2.	Segamismahuti	159 000 €
3.	Järelkääriti, gaasihoidla	274 000 €
4.	Tahkeainete sisseviimine, lägatehnika	185 000 €
5.	Väljakääritatud jääkainete hoidla, olemas	0 €
6.	Meediatehnika	70 000 €
7.	SEK, tehnikakonteiner	450 000 €
8.	Ehitustööd	70 000 €
9.	Biogaasijaama elektriline võimsus	40 000 €
10.	Elektriline võimsus, väljaande suutlikkus	50 000 €
11.	Kõrvalhooned	305 000 €
12.	Ehituse kõrvalkulud	181 000 €
Summa (neto, lisandub käibemaks)		**2 192 000 €**

5.2. Ekspluatatsioonikulud

Torma biogaasijaama jooksvad kulutused hõlmavad järgmisi kulutusi:

- SEKi ja muu jaamatehnika hooldus

- Personal jaama teenindamiseks
- jaamatehnika kindlustus
- elektriseadmete (segistid, pumbad jne) omavajadus
- protsessi järelevalve (analüüsid, hinnang)
- biogaasist väävli eraldamine
- sisendite (biomassi) valmispanek

Variant 2 korral ilmnevad järgmised ekspluatatsioonikulud:

Tabel 14. Hooldus- ja teeninduskulutused

SEKi hooldus	1,50 senti/kWh	4 296 000 kWh	64 440 €/a
Korrashoid	1,0% investeeringutest	2 382 000 €	23 820 €/a
Personal	10 000 €/a	1 isik	10 000 €/a
Kindlustus	0,50% investeeringutest	2 382 000 €	11 910 €/a
Elektriseadmete omavajadus 8%	343 680 kWh/a	6,30 senti/kWh	21 652 €/a
Bioloogiline järelevalve	6 000 €/a	1 tk	6 000 €/a
Väävli eraldamine	500 €/kuus	12 kuud	6 000 €/a
Teeninduse/hoolduse summa			**143 822 €/a**

Tabel 15. Kulutused biomassile

Biomass	**Hind**	**Kogus**	**Aastased kulutused**
Veiseläga	0,00 €/t	24 000 t/a	0 €/a
Veisesõnnik	0,00 €/t	600 t/a	0 €/a
Rohusilo	20,00 €/t	5 000 t/a	100 000 €/a
Rukkivilis	20,00 €/t	2 600 t/a	52 000 €/a
Põhk	20,00 €/t	730 t/a	14 600 €/a
Biomassi summa			**166 600 €/a**

Torma biogaasijaama aastased kulutused on kogusummas 310.422 €. Siinjuures ei ole arvestatud finants- ja kapitalikulusid.

5.3. Sissetulekute ja ülejäägi arvestus

Optimaalse jaamatöö puhul, 8.000 täiseksploatatsioonitundi aastas, toodab biogaasijaam ~ 4.296.000 kWh/a elektrit. Kompensatsiooni 7,35 senti/kWh puhul on sissetulek 315.756 €/a. Kompensatsiooni 8,30 senti/kWh puhul tõuseb sissetulek kuni 356.568 €/a.

Aastase ekspluatatsioonikulude arvestamisel ilmneb ülejääk summas 5.334 € või vastavalt 46.146 €.

Tabel 16. Sissetulekute ja ülejäägi arvestus

Elektri tootmine	kWh/a	4 296 000	4 296 000
Kompensatsioon	senti/kWh	7,35	8,30
Sissetulekud elektrimüügist	€/a	315 756	356 568
Aastased kulutused	€/a	310 422	310 422
Ülejääk	€/a	5 334	46 146

Sissetulekute kalkulatsioon toimus ainult elektrimüügi alusel. Sissetulekuid võimalikust soojuse müügist ei arvestatud, kuna soojuse jaotussõlme ja kaugküttesüsteemiga kaasnevad lisakulutused, mida tuleb siis samuti arvesse võtta.

Märkus:
Arvestades, et ~ 50% ülejäänud soojusest, seega ~ 1.300.000 kWh/a müüakse ära, võiksid sissetulekud olla ~ 78.000 €/a, kui soojahind oleks 6,00 senti/kWh.

5.4. Biogaasijaam elektrilise võimsusega 716 kW

716 kW elektrilise võimsusega biogaasijaama tööks vaadeldakse kahte varianti.

Vastavalt seadusele on väljakääritatud jääkainete ladustamiseks vaja luua mahtuvus, mis võimaldab ladustamist 8 kuuks. Seda on võimalik realiseerida kahe järelkääritiga, mis on ühtlasi ka lõpphoidlad (Variant 1). Mõlemad ~ 3.200 m³ mahuga kääritid varustatakse nagu fermentaatorid ja nende katusele paigaldatakse gaasikindel kile. Nii saab järelkääritamisel tekkivat biogaasi koguda ja SEKi juhtida. Samal ajal töötab mahuti vahelduva täitumusega. Mahuti tühjendatakse laialijaotamise ajal, nii et talvekuudel saab kääritatud substraati ladustada kasvava täitumusega.

Soodsam on rajada ~ 6.500 m³ suurune avatud mahuti (Variant 2). Mõlema olemasoleva mahutiga täidetakse nõudmine 8kuulise ladustamise järel.

Kahe täisväärtusliku järelkääriti olemasolu peaks esimese variandi puhul tagama veidi kõrgema biogaasisaagise. Tekkiva läga ja tahkesõnniku kõrval ilmneb vajadus ka ~ 7.000 t/a rohusilo ja ~ 3.600 t/a rukkivilise biomassi järele. Arvestatakse ka 365 t/a teraviljatolmu

kasutuselevõtuga. Projekti edasise arendamise käigus peaks kasutusele võtma ka teisi soodsaid biomasse.

Variandis 2 tõuseb rohusilo osakaal 8.000 tonnile ja rukkivilise osakaal 4.100 tonnile aastas. Väljakääritatud jääkainete ladustamiseks rajatakse 8kuulise ladustamistähtaja kindlustamiseks uus lõpphoidla. Võimalik peaks olema ka selle mahuti kinnikatmine.

716 kW biogaasijaama kavand sisaldab järgmisi komponente:

- Läga vahehoidla mahuti, ~ 300 m³
- Biomassidosaator (püstne segisti), ~ 40 m³, kui täitmine toimub 2 x päevas
- Segamismahuti, ~ 300 m³
- Fermentaator, 2 x 2.800 m³ kilekattega
- SEK, 716 kW_{el}

Variant 1: järelkääriti lõpphoidlafunktsiooniga, 2 x 3.200 m³ kilekattega

Variant 2: avatud lõpphoidla, ~ 6.500 m³

Tabel 17. Investeeringukulude prognoos

		Variant 1	**Variant 2**
1.	Fermentaator	642.000 €	642.000 €
2.	Segamismahuti	159.000 €	159.000 €
3.	Järelkääriti, gaasihoidla	714.000 €	0 €
4.	Tahkeainete sisseviimine, lägatehnika	185.000 €	185.000 €
5.	Väljakääritatud jääkainete hoidla	0 €	275.000 €
6.	Meediatehnika	70.000 €	70.000 €
7.	SEK, tehnikakonteiner	500.000 €	500.000 €
8.	Ehitustööd	110.000 €	110.000 €
9.	Biogaasijaama elektriline võimsus	40.000 €	40.000 €
10.	Elektriline võimsus, väljaande suutlikkus	50.000 €	50.000 €
11.	Kõrvalhooned	215.000 €	215.000 €
12.	Ehituse kõrvalkulud	242.000 €	202.000 €
Summa (neto, lisandub käibemaks)		**2.927.000 €**	**2.448.000 €**

Torma biogaasijaama jooksvad kulutused hõlmavad järgmisi kulutusi:

- SEKi ja muu jaamatehnika hooldus
- personal jaama teenindamiseks
- jaamatehnika kindlustus
- elektriseadmete (segistid, pumbad jne) omavajadus
- protsessi järelevalve (analüüsid, hinnang)

- biogaasist väävli eraldamine
- sisendite (biomassi) valmispanek

Ekspluatatsioonikulude teine vaatlus toimus eelpool kirjeldatud Variant 2 alusel.

Tabel 18. Hooldus- ja teeninduskulud

SEKi hooldus	1,00 senti/kWh	5 728 000 kWh	57 280 €/a
Korrashoid	1,0% investeeringutest	2 448 000 €	24 480 €/a
Personal	25 000 €/a	1 isik	25 000 €/a
Kindlustus	0,50% investeeringutest	2 448 000 €	12 240 €/a
Elektriseadmete omavajadus 8%	458.240 kWh/a	6,30 senti/kWh	28 869 €/a
Bioloogiline järelevalve	6 000 €/a	1 tk	6 000 €/a
Väävli eraldamine	700 €/kuus	12 kuud	8 400 €/a
Teeninduse/hoolduse summa			**162 269 €/a**

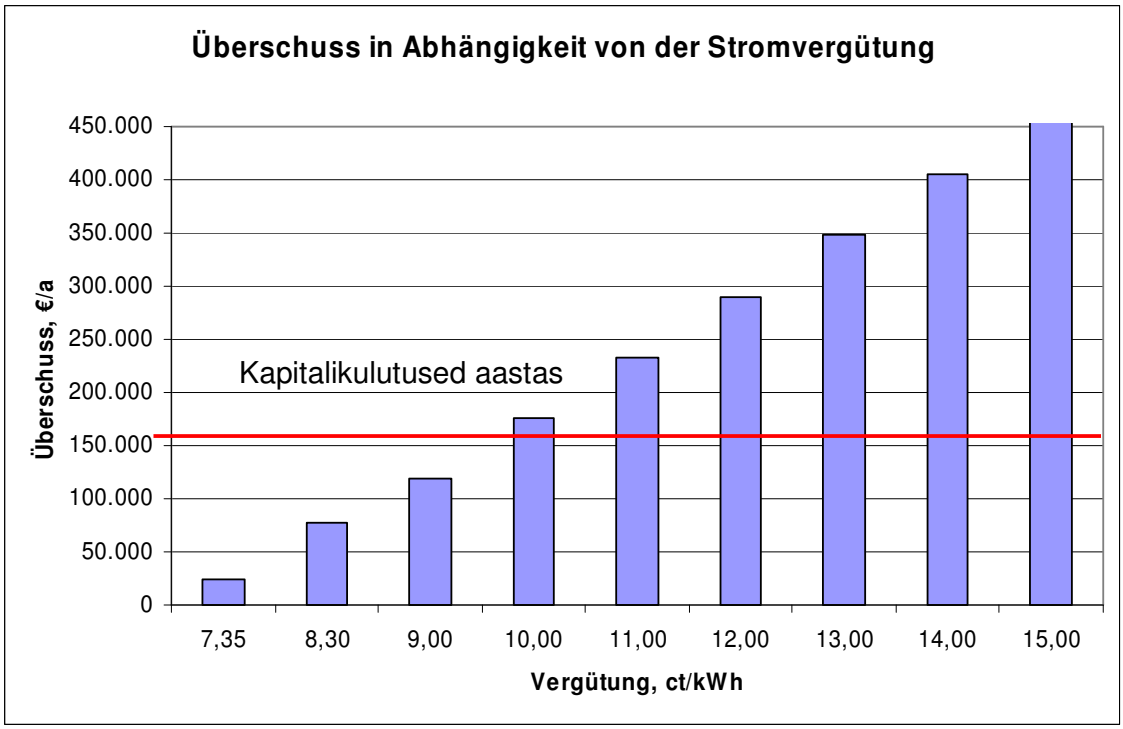
Tabel 19. Biomassikulud

Biomass	**Hind**	**Kogus**	**Aastased kulutused**
Veiseläga	0,00 €/t	24 000 t/a	0 €/a
Veisesõnnik	0,00 €/t	600 t/a	0 €/a
Rohusilo	20,00 €/t	8 000 t/a	160 000 €/a
Rukkivilis	20,00 €/t	4 100 t/a	82 000 €/a
Teraviljatolm	-20,00 €/t	365 t/a	-7 300 €/a
Biomassi summa			**234 700 €/a**

Torma biogaasijaama aastased kulutused ulatuvad ~ 397.000 €/a. Siinjuures ei ole arvestatud finants- ja kapitalikulusid.

Tabel 20. Sissetulekute ja ülejäägi arvestus

Elektri tootmine	kWh/a	5.728.000	5.728.000
Kompensatsioon	senti/kWh	7,35	8,30
Sissetulekud elektrimüügist	€/a	421.008	475.424
Aastased kulutused	€/a	397.000	397.000
Ülejääk	€/a	24.008	78.424



Joonis 18. Ülejääk sõltuvalt elektrikompensatsioonist

(Ülejääk sõltuvalt elektrikompensatsioonist. Ülejääk, €/a. Kompensatsioon, senti/kWh)

Tavaliselt finantseeritakse biogaasijaama omavahenditest ja pangalaenuga. Ekspluatatsiooni- ja biomassikuludele lisanduvad veel ka intressid ja laenumaksed. Punane joon joonisel näitab kapitalikulutusi aastas (annuiteet) laenutähtajaga 12 aastat ja keskmise intressiga 5,0%. Finantseerimisplaan näeb ette investeeringuteks toetuse saamise 40% ulatuses. 2.448.000 euro suuruse investeeringu puhul ulatub finantseeritav summa 1.468.800 euroni. Sellest tulenevalt on aastased kapitalikulutused 165.718 eurot.

Investeeringusumma	2.448.000 €
Toetus	40,0%
Finantseeringu summa	1.468.800 € (pangalaen)

Intress	5,0%
Laenutähtaeg	12 a
Annuiteet	165.718 €/a

Kuna punane joon tähistab finantskulutusi, saab biogaasijaam kasumit alles ülevalpool punast joont. Jooniselt ilmneb, et biogaasijaama majanduslikult stabiilse töö kindlustamiseks on vajalik kompensatsioon müüdud elektri eest vähemalt 11-12 senti/kWh. Vastasel korral tuleb võtta kasutusele sisendid, millega kaasnevad väiksemad kasutuskulutused.

Nimetatud kalkulatsiooni puhul ei arvestatud võimaliku soojakasutusest tuleneva mõjuga. Biogaasijaama soojuslik omavajadus ulatub antud tõlgenduse puhul -20 °C juures ~ 370 kW. Seega on isegi selliste välistemperatuuride juures välistarbijate kasutuses soojuspotentsiaal ~ 350 kW.
See on oluline eelis väiksema võimsusega variantide ees, eriti 150 kW võimsusega variandi ees, sest selle variandi puhul kulub toodetud soojus pea-aegu täielikult ära omatarbeks.

Kirjeldatud 716 kW elektrilise võimsusega biogaasijaama soojuslik omavajadus on ~ 2.000.000 kWh/a ning ülejääv soojus ~ 3.700.000 kWh/a. See energiakogus võrdub ~ 370.000 liitri kütteõli ekvivalendiga. Kütteõli hinna 0,60 €/l juures vastab see ~ 222.000 eurole aastas. See näitab selgelt, et ülejääva soojuse efektiivne kasutamine on Torma biogaasijaamale majanduslikult kasulik.

Samal ajal tuleb arvestada asjaoluga, et sisendite, eriti aga taastuva tooraine (rohusilo, rukkivilis) kasutamine Torma Põllumajandusosaühingus on põllumajandusettevõttele kasulik. Biogaasijaama varustamine biomassiga viib pikaajalise, stabiilse tulemini.

6. Amortisatsiooniarvestused

Biogaasijaama kompleksis rakendatavate seadmete amortisatsiooniperioodid on toodud tabelis 21.

Tabel 21. Seadmete amortisatsiooniperioodid (aastates)

Amortisatsiooniperiood	
Fermentaator	10
Eelsegamismahuti	6
Järelkääriti	10
Tahkeaine sisestus- ja lägatehnika	5
Lägahoidla	10
Meediatehnika	10
SEK, tehnikakonteiner	8
Ehitustööd	10
Kaablitööd ja materjalid	10
Elektriseadmed	10
Kõrvalhooned	10
Ehituse kõrvalkulud	10
KOKKU	

7. Kompensatsioonitariifide analüüs

Mõlema kompensatsioonitariifi (7,35 senti/kWh ja 8,30 senti/kWh) puhul ei saa biogaasijaamalt oodata kasumlikku majandustegevust, iseäranis kuna on nõutav projekti finantseerimine kolmandate isikute poolt.

Majanduslikult huvipakkuva elektrikompensatsiooni suuruse määravad erinevad faktorid. Nende hulka kuuluvad näiteks tasuta või soodsalt kasutada oleva biomassi kogus, jaama suurus, jaama kavand, investeerimis- ja ekspluatatsioonikulud. Samal ajal mõjutavad teised potentsiaalsed sissetulekud (soojamüük, väetisemüük) biogaasijaama tulusust.

Selleks, et käsitletud biogaasijaama projektidega saavutada kasumlikku majandustegevust, peaks elektrihind olema vähemalt 13,00 senti/kWh..

8. Edasised sammud

Projekti edasiseks väljatöötamiseks on vaja kõigepealt ühe variandi kasuks ära otsustada. Sellele biogaasijaamale tuleb siis hankida vajalikud ehitus- ja keskkonnaload. Samaaegselt peab kohalik elektrivarustusettevõte Eesti Energia läbi viima võrguülevaatuse, mille tulemusena määratakse biogaasijaama jaoks kindlaks võrgujaotuspunkt.

Sellega paralleelselt peaksid kõik projektis otseselt osalejad looma projektiühingu. Loodud projektiühing hakkab plaani kiirendama, projekti finantseerimist selgitama, biogaasijaama kavandamist ja rajamist korraldama ning biogaasijaama hilisemat tööd kindlustama.

Positiivse otsusega Torma biogaasijaama idee edasise elluviimise kohta kinnitab uus loodav projektiühing ettevõtmise finantseerimise.

Edasise planeerimise jätkamiseks peab mõõdistusfirma tegema asukohaplaani. Plaan peaks maastiku profiili kõrval sisaldama nii olemasolevaid hooneid koos katuste ülemise ja alumise ääre kõrgustega, kruntide piire, teede asukohta kui ka olemasolevaid torustikke, kaableid jne. Selline plaan on edasise väljatöötamise aluseks. Biogaasijaama kavand tuleb lisada tehtud plaani. Asukohaplaan on aluseks ehitusloa saamisel.

Lisaks sellel on vaja läbi viia ehituskrundi geodeetiline uuring. Eksperthinnangu tulemusel on vaja välja uurida ehituskrundi omadused ja kandejõud. Seda hinnangut nõutakse mahutite staatika täpsustamiseks.

Paralleelselt kooskõlastustega peab välja selgitama ka elektri võrku lülitamise ja üleandmise tehnilised ja lepingulised punktid. Selleks peab allkirjastama vastavad lepingud võrguoperaatoriga.

Kui biogaasijaama heakskiiduks ja projekti finantseerimiseks on olemas konkreetsed tunnistused, siis võib läbi viia detailplaneeringu, tööde teostamise ajagraafiku. Selle tulemusena esitatakse üksikasjalikult jaamakomponendid ning projektiühing annab jaama omapära arvestades tarnijatele ülesanded. Sellele faasile järgneb biogaasijaama realiseerimine eelpool kirjeldatud ajakava järgi.

9. Kokkuvõte

Käesoleva teostatavusuuringu eesmärgiks on uurida, kas biogaasijaama rajamine põllumajandusettevõtte Torma Põllumajandusosaühing (TPO) tootmisjääkide ja lisasubstraatide kasutamisele on majanduslikult otstarbekas. Torma Põllumajandusosaühing on üks eesrindlikumaid põllumajandusettevõtteid Eestis. Oma 1200 pealise veisekarjaga kuulub TPO ka Eesti suurimate piimakarjakasvatajate hulka.

Biogaasijaama põhisubstraatideks on läga ja sõnnik, mida aastas tekib vastavalt ~ 24.000 m³ ja ~ 600 tonni. Lisasubstraadina on kaalutud erinevaid rohu- ja viljasilosid, veskijäätmeid ning toiduainetetööstuse jäätmeid.

Oluline on märkida, et:

a) oleks vaja kontrollida lutserni kasvatamist, sest ligniini sisalduse kohta puuduvad andmed.
b) põhu sisseviimist uuris inseneribüroo Rossow ekspertiis. Antud variant heideti kõrvale, sest kääritamismenetluse mõistlikus ajavahemikus hoidmiseks on vajalik selektiivne hüdrolüüs. Sellega on seotud lisakulutused ning eeldatavad probleemid segamisel, kuna rohusilo osakaal on liiga suur.
c) tundub olevat mõistlik kasvatada teravilja (rukis, nisu ja *triticale*), mis utiliseeritakse vilisena. Saksamaal on muuhulgas häid kogemusi *triticale*-terade puhta kääritamisega (~ 690 l/kg oKA)
d) kvaliteetrohusilo tootmisel lähtutakse vähemalt kahest niitest aastas, hekselduse pikkus maksimaalselt kuni 2 cm, kusjuures tänapäeval võib täheldada tendentsi 0,5 cm pikkuseks hekseldatud rohule, kuivaine sisaldus siin ~ 35%. Gaasisaagis peaks siin olema 500 ja 600 l/kg oKA vahel.
e) ka värske rohumassi (karjamaa raihein, teataval juhul ristikheinalisandiga) kasutuselevõtt on võimalik ja mõttekas.

Selleks, et ehitada Tormasse edukalt tegutsev biogaasijaam, on tahkeainete töötlemiseks vajalikud järgmised eeldused:

a) välja on vaja ehitada täiesti uued silohoidlad, mõttekas tundub ehitada 9.000 – 13.000 tonnise mahutavusega silohoidlad vastavalt biogaasijaama vajadustele
b) oluline erinevus biogaasijaama ehituses Saksamaal ja Eestis seisneb sisseviidava taastuva tooraine jaoks vastuvõtuhalli ehitamises, muuhulgas saab siin silohoidlast väljavõetud aineid üles sulatada või teraviljatolmu ladustada, lähtuma peab ka bioloogilistest jäätmetest teiste ainete hilisemast genereerimisest

c) vajalik on hankida 18-meetriline autokaal, selleks et dokumenteerida sisseviidavate tahkeainete koguste voolu

Lisasubstraatide koristamiseks ja töötlemiseks on vajalikud:

a) iseliikuv hekseldi (210.000 €), hariliku koguri (16.000 €) ja vilise koristusheederiga (31.000 €)
b) suurvaaluti (41.000 €), nelja kettaga
c) 2 – 3 transpordihaagist (1 haagis, 45 m^3 - 47.000 €) ja sinna juurde kuuluvad traktorid
d) raskeveok silo tihendamiseks (ettepanek: rataslaadur)
e) silojaotur (6.900 €)
f) rataslaadur lõiketangiga (lõiketang - 5.500 €)

<u>Uurimuse käigus tekkinud lisaarusaamad:</u>

Taastuval toorainel töötavate põllumajanduslike biogaasijaamade ehitus on üldiselt järele proovitud ja usaldusväärne, kui tegemist on maisi ja läga kasutamisega. Firmade Envitec, Biogas Weser-Ems ja Biogasvertrieb Nord külastamine näitas seda selgelt.

Toodetud biogaasi kütusena ärakasutamiseks või maagaasivõrku sissejuhtimiseks on projekteeritud jaam selgelt liiga väike, hetkel lähtutakse teistes Euroopa riikides vähemalt 1 MW suurustest jaamadest, tendents on aga veel oluliselt suuremate jaamade suunas.

Mikrogaasiturbiini kasutamine soojuse ja elektri koostootmisjaamana ei ole mõttekas, kuna selle tootlikkus jääb oluliselt alla gaasimootori omale. Mikrogaasiturbiinil on mõte ainult siis, kui termilise energia müügi kaudu on võimalik saavutada olulist käibeosa üldtuludest.

Biogaasijaama varustamiseks taastuva toorainega on vaja täielikult välja töötada lepingud, sinna hulka kuuluvad muuhulgas finantsgarantiid, õiguslike järgnevussituatsioonide määratlemine, mahu ja kvaliteedi määratlemine jne.

Juba eelnevalt tuleb välja töötada täielik kava taastuvate toorainete kasvatamiseks, arvestades viljade kasvatamise külvikorda. Kasvatatavaid rohumaid peaks võimaluse korral niitma kolm korda.

Tekkiva termilise energia kasutamiseks on praegusel hetkel lihtsaim moodus ehitada tehas puiduhakke või pelleti tootmiseks ja kuivatamiseks. Seda küttematerjali võib terve aasta kuivatada ja näiteks Torma kohalikule küttevõrke haldavale ettevõttele müüa.

Ainult lägal ja tahkesõnnikul töötava biogaasijaama ehitus ei tundu olevat majanduslikult võimalik. Eestis esinevate talviste temperatuuride tõttu peab arvestama asjaoluga, et selliste jaamade termilisest võimsusest ei piisa isegi jaama tööks vajaliku sooja omavajaduse

rahuldamiseks, mida on vaja kasutatavate ainete soojendamiseks reaktorisse sisseviimiseks vajalikule temperatuurile.

Toodetud biogaasist on plaanis toota soojust ja elektrit. Toodetava soojuse realiseerimise võimalustena on kaalutud järgnevaid variante: sooja müümist kaugküttevõrku, hakkpuidu kuivatamist biogaasijaama vahetus läheduses või väikese pelletitehase püstitamist.
Keskkonnamõju seisukohalt aitaks läga käitlemine biogaasijaamas praeguse lägahoiustamise süsteemiga võrreldes ära hoida 8900 kg CH_4 ja 2710 kg N_2O emissiooni (IPCC arvutusmeetodite alusel).
Tehnoloogiliste lahendustena vaadeldi kolme erinevat varianti, millest üks põhineb ainult läga ja sõnniku kääritamisel. Erinevate variantide tugevuste ja nõrkuste analüüsil valiti täpsemaks kirjelduseks ja finantsanalüüsiks ainult üks variant, mis tundus olevat ainus lahendus, kuhu võiks reaalselt investeerida.
Finantsanalüüs teostati kahele erinevale olukorrale. Baasfinantsanalüüsis lähtutakse Eesti praegustest sotsiaal-majanduslikest mõjuteguritest. Finantsprognoosi analüüsiga proovitakse leida sellised lähtetingimused, mille korral oleks võimalik saavutada projekti kasumlikkust investeeringu eluea jooksul. Mõlemas finantsanalüüsi variandis eeldatakse kalkulatsioonide lihtsustamiseks kõikide seadmete amortisatsiooniperioodiks 10 aastat.
Baasfinantsanalüüsi tulemused kajastavad seda, et etteantud eeldustest lähtuvalt ei ole tänastes tingimustes Eestis võimalik rajada kasumlikku biogaasijaama, mis põhineb läga ja põllumajanduslike jääkide kooskääritamisel. Eestis on põllumajanduslikust toorainest (läga, rohusilo, vilised jne) biogaasi tootmise majandussektori arendamiseks eelkõige vajalik elektrienergia kokkuostuhinna tõus. Vastasel juhul ei tasu tehtavad investeeringud ennast ära. Elektrienergia kokkuostuhinna kõrval on võimalik projekti tasuvamaks muuta peamiselt alginvesteeringut vähendades, kuid sellisel lähenemisel võivad tekkida ettenägematud lisakulutused. Teatud ulatuses on võimalik vähendada ka iga-aastaseid opereerimiskulusid, kuid projekti üldplaanis jäävad need muutused ebaolulisteks.

Klimaatiliste tingimuste tõttu tuleb välistada suhkruhirss, hirss ja spetsiaalsed rohttaimed (sudaani rohi). Maisi kasvatamisel Eestis ei ole ikka veel võimalik stabiilselt saavutada FAO numbrit 170, mis on antud hetkel kõige parem väärtus.
Suhkru- või söödapeedi kasutuselevõtt oleks jaamatehniliselt väga otstarbekas, aga kuna ettevõttel ei ole sobivat põllumajandustehnikat ja ainult biogaasijaama jaoks selle muretsemine ei ole mõttekas, siis jääb see ära.

Biogaasist toodetava elektrienergia hinnad Saksamaal:

(seisuga 12/2007)

biogaasijaama suurus:	kuni 150 kW	150kW - 500 kW	500 kW - 5 MW	5 MW kuni 20 MW
Baashind:	0,110 €	0,095 €	0,085 €	0,080 €
Energiataimede boonus:	0,060 €	0,060 €	0,040 €	- €
Soojuse ja elektri koostootmisjaama boonus:	0,020 €	0,020 €	0,020 €	0,020 €
Tehnoloogia boonus:	0,020 €	0,020 €	0,020 €	0,020 €
Kõik kokku (Euro):	0,2099 €	0,1946 €	0,1651 €	0,1203 €
Kõik kokku (EEK):	3,28 kr	3,04 kr	2,58 kr	1,88 kr

Torma Põllumajandusosaühingu biogaasijaama projekti teostatavusuuringu koostajad:

Dipl.Ing (FH) Norbert Rossow
(Planungsbüro Rossow – GmbH, Neubrandenburg, GF)

Dipl.Ing Sven Böhm
(Planungsbüro Rossow – GmbH, Neubrandenburg, Projektleiter)

Prof Raivo Vilu
(Tallinna Tehnikaülikool)

Christoph Hamkens
(Oü Paunvere PT ärijuht)

Peep Pitk
(Tallinna Tehnikaülikool, magistrant)

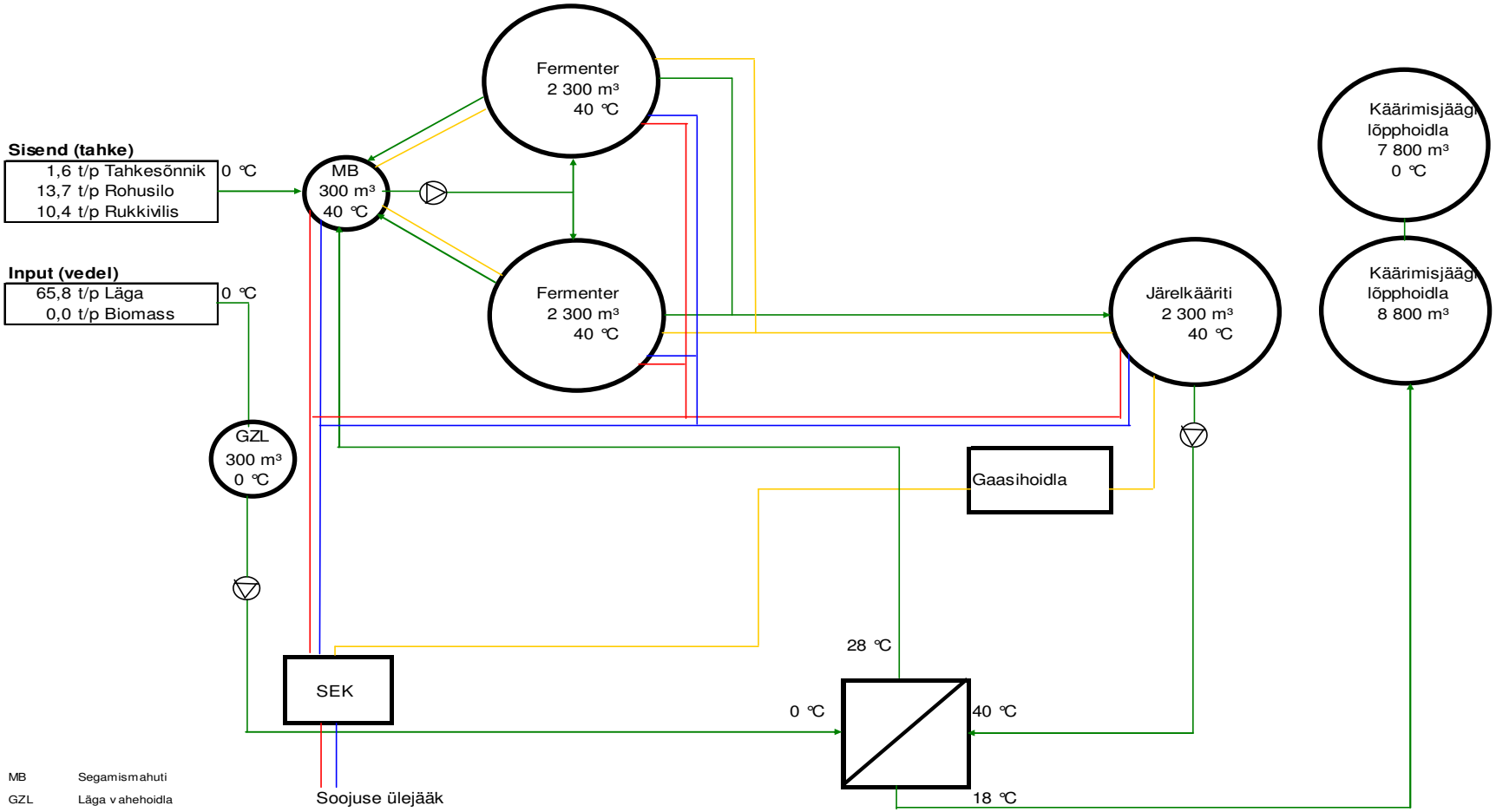
Ahto Vili
(Torma Poü juhataja)

Merle Haviko
(Oü Paunvere PT, tõlkija)

Kuupäev: 10.12.2008

Lisa 3. Torma biogaasijaam Variant 1

Tootmisvõimsus: 537 kW

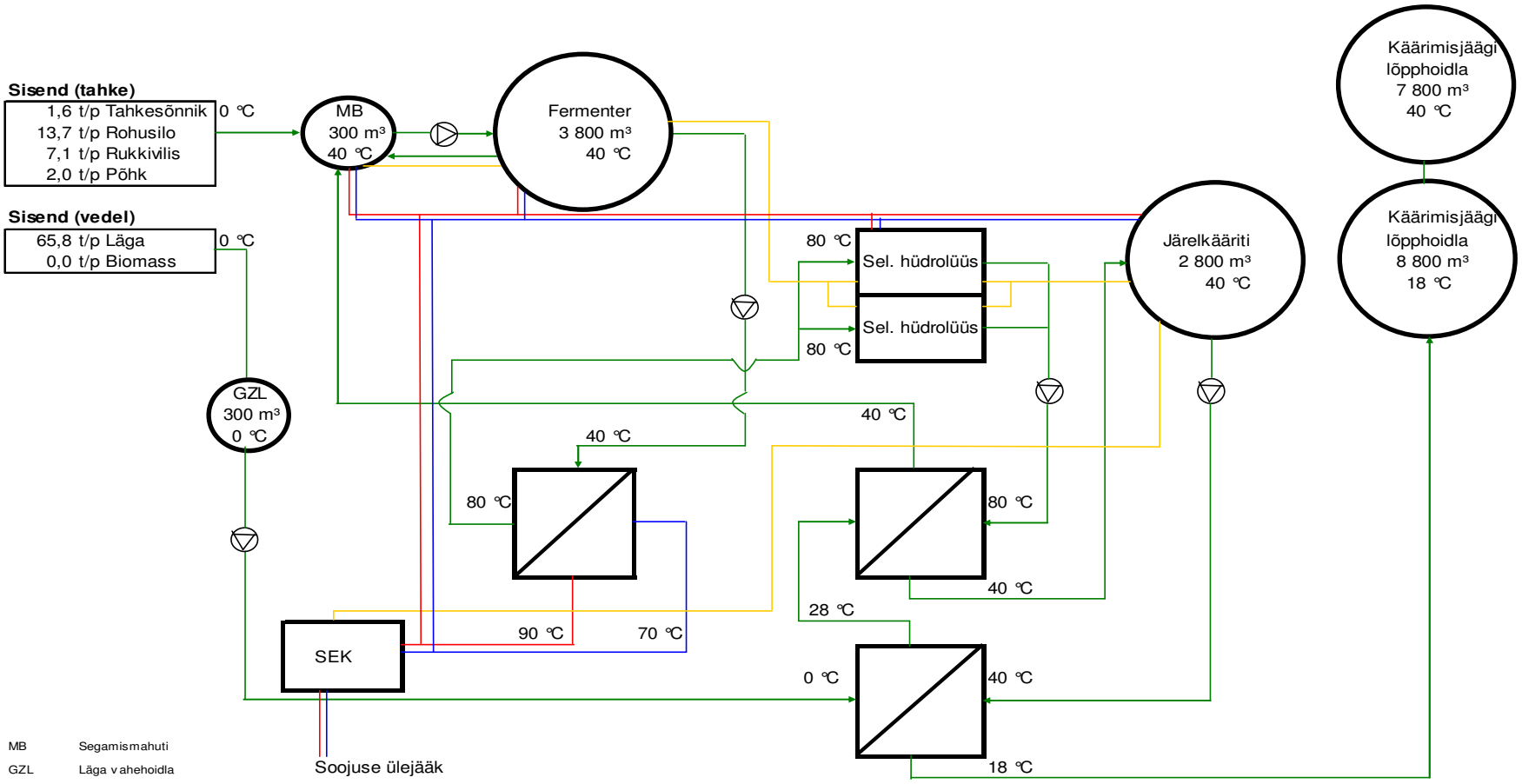


MB Segamismahuti

GZL Läga vahehoidla

Lisa 4. Torma biogaasijaam Variant 2

Torma Biogaasijaam

Variant 2 koos "selektiivse hüdrolüüsiga"

Tootmisvõimsus: 537 kW