

MTT | RAPORTTI 54

Biogaasi tootmise ja kasutamise pilootuuring Harjumaal

Tiit Kallaste, Anton Laur, Anne Menert, Sirje Pädam
Ülo Kask, Janita Andrijevskaia, Livia Kask, Priit Heinla



SA Stockholmi Keskkonnainstituudi
Tallinna Keskus
Tallinna Tehnikaülikool

Biogaasi tootmise ja kasutamise pilootuuring Harjumaal

**Jäätmed mootorikütuseks
Projekt „From Waste to Traffic Fuel“ (W-Fuel)**

**Tiit Kallaste, Anton Laur, Anne Menert, Sirje Pädam
Ülo Kask, Janita Andrijevskaia, Livia Kask, Priit Heinla**



CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007-2013



EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

ISBN: 978-952-487-382-6 (painettu)

ISBN: 978-952-487-383-3 (verkkójulkaisu)

ISSN 1798-6419

<http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti54.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Tiit Kallaste, Anton Laur, Anne Menert, Sirje Pädam

Ülo Kask, Janita Andrijevskaia, Livia Kask, Priit Heinla

Julkaisija ja kustantaja: MTT Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: MTT:n kuva-arkisto

Sissejuhatus

Uued eesmärgid taastuvate energiaallikate kasutamisel võeti ELis vastu 2009. aastal. Nende eesmärkide kohaselt tuleks ELis aastaks 2020 tõsta taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimises 20%-ni, suurendada energiatõhusust 20% ning vähendada kasvuhoonegaaside (KHG) heitkoguseid 20%. Transpordisektoris on taastuvenergiaallikatest toodetavate kütuste kasutamise kohustuslik miinimumeesmärk 2020. aastaks 10% sektori energiatarbimisest. Need eesmärgid puudutavad kõiki ELi riike (direktiiv 2009/28/EÜ).

Käesoleva pilootuuringu aruanne on koostatud Euroopa Liidu Kesk-Läänemere INTERREG IVA programmi 2007-2013 Lõuna-Soome ja Eesti allprogrammi projekti “Jäätmed mootorikütuseks” („*From Waste to Traffic Fuel, W-Fuel*“) raames, mille peamine eesmärk on edendada biogaasi tootmist ja selle kasutamist mootorikütusena. Projekti *W-Fuel* koduleht asub aadressil www.wfuel.info.

Projekti finantseeritakse Euroopa Regionaalarengu Fondist (ERDF), Eestis toetab projekti kaasfinantseerijana Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK).

Projekti juhtpartner on Soome Põllumajandus- ja Toiduainete Uuringute Instituut (*MTT Agrifood Research Finland*), teised partnerid on Helsingi Piirkonna Keskkonnateenistus (*HSY*), Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituut ning SA Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus. Eesti-poolsed projekti toetavad partnerid on EV Keskkonnaministeerium, Tallinna Keskkonnaamet, Lääne-Viru Maavalitsus, Baltic Biogas OÜ, OÜ Mõnus Minek, AS Terts ja Saare Maavalitsus.

Projekti pilootaladeks Eestis on valitud kaks maakonda: Harju ja Lääne-Viru. Selles aruandes keskendutakse Harju maakonnale¹. Aruande eesmärk on soodustada tõhusat biogaasi tootmist ja selle kasutamist transpordikütusena Harju maakonnas kui ühes projekti *W-Fuel* sihtpiirkonnas. Aruanne hõlmab Harjumaa biomassiressursside süsteemset analüüsi, biogaasi tootmise stsenaariume ja võimaliku biogaasijaama teostatavuse eeluuringut ning kirjeldab võimalusi biogaasi kasutamiseks transpordikütusena. Biogaasi tootmise ja kasutamise keskkonna- ning majandusmõju hindamiseks võrreldi biogaasi tootmise edendamise stsenaariumi tavapärase (senise) arengu jätkumist eeldava stsenaariumiga. Võimalike edasiste arengusuundade võrdlemiseks uuriti ka biojätmete vältimismeetmete mõju.

Projekti *W-Fuel* sihtpiirkonnad – Harju- ja Lääne-Virumaa valiti välja seetõttu, et nendes regioonides tekkis 2006. ja 2007. aastal (projekti ettevalmistamise ajal) kõige rohkem biojätmeid ja reoveesetet Eestis. 2007. aastal andsid Harju- ja Lääne-Virumaa kokku 52% Eesti biojätmetest ja 62% reoveesetest.

Eestis elanike arvult esimesel (1.01.2010 seisuga 526 505 elanikku) ja pindalalt teisel (4 333,13 km²) kohal olev Harju maakond asub Põhja-Eestis, hõlmates Soome lahe rannikuala Keibu lahest Eru laheni ning ulatudes merest kuni 56 km kaugusele. Maakonna keskus on Tallinn (1.01.2010 399 340 elanikku), mis on ühtlasi ka Eesti pealinn. Harju maakonna koosseisu kuulub 26 omavalitsust (vt Joonis 1). Harjumaa elanikud koos projekti teise pilootala – Lääne-Virumaa elanikega moodustavad ligikaudu 45% kogu Eesti rahvastikust.

¹ Aruande Lääne-Viru maakonna kohta saab alla laadida projekti kodulehelt www.wfuel.info



Joonis 1. Harjuma omavalitsused

Suurimad tööstuslike biojäätmete tekitajad Harjumaal ja Tallinnas on: AS Tallegg, AS Saku Õlletehas, AS Eesti Munatooted, Maseko AS, Spratfil AS jt. Suurimad olmebiojäätmete tekitajad on: kodumajapidamised, AS Karlskroona, AS Rigual, Prisma Peremarket AS, AS Green Marine jt.

Märksõnad:

Biojätmed, reoveesete, sõnnik, energiakultuurid, biogaas, biogaasijaam, biogaasi puhastamismeetodid, biometaan, mootorikütus, jäätmetekke vältimine, keskkonna- ja majandusliku mõju hindamine, tasuvusanalüüs.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. BIOJÄÄTMETE JA REOVEESETTE KOGUSTE KAARDISTAMINE JA JÄÄTMETEKKE VÄLTIMINE	7
1.1. Biojäätmete ja reoveesette kogused 2006-2008 ja prognoos aastaks 2020.....	7
1.2. Meetmed biojäätmete ja reoveesette vältimiseks	10
1.3. Näiteid biojäätmete ja reoveesette tekke vältimisest	10
2. BIOGAASI TOOTMISVÕIMALUSED HARJUMAAL	12
2.1. Biogaasi potentsiaal maakonnas	12
2.2. Variant A: praeguse arengusuunaga jätkamine	14
2.3. Variant B: näitliku biogaasijaama paiknemine ja tehnoloogia	16
2.3.1. Näitliku biogaasijaama kavandatud suurus ja asukoht maakonnas.....	16
2.3.2. Biogaasijaama tehnoloogiline spetsifikatsioon	19
2.4. Tulevikuvariantide kokkuvõte	24
3. BIOMETAANI KASUTAMINE TRANSPORDIKÜTUSENA 2020. AASTAL	26
3.1. Biogaasi tootmis- ja puhastusjaama asukoht	26
3.2. Biogaasitoorme transport	27
3.3. Biogaasi puhastamismeetod.....	27
3.4. Biogaasi tarbimine Hinnus transpordikütusena (variant B ₂)	30
3.5. Tuleviku arengusuunad	31
4. KESKKONNA- JA MAJANDUSLIKU MÕJU HINDAMINE HARJUMAAL	32
4.1. Toidujäätmete vältimise mõju.....	32
4.2. Biogaasi tootmise ja kasutamise keskkonna- ja majandusmõju.....	33
5. KOKKUVÕTE	37
6. KASUTATUD KIRJANDUS	39

JOONISED

Joonis 1. Harjumaal omavalitsused	4
Joonis 2. Kavandatav gaasijuhe (märgitud siniselt) Maardu külas asuva biogaasijaama ning Loo asulas asuva soojuse ja elektri koostootmisjaama vahel (Loo Biogaasijaam 2011).....	16
Joonis 3. Hinna seafarmi asukoht Harju maakonnas	17
Joonis 4. SBBiogas GmbH (Saksamaal) biogaasijaama tehnoloogiaskeem, http://www.sbbiogas.de/	22
Joonis 5. Hinna biogaasijaama asukoht koos gaasipuhastusseadmega (ülal keskel), lähim olemasolev tankla Kuusalu asulas Tallinna-Narva maantee ääres (märgistatud siniselt) ja olemasolev maagaasijuhe (tumeapunane).....	26
Joonis 6. Metaani ja süsinikdioksiidi lahustuvus vees (andmeallikas: Gas Encyclopedia)	28
Joonis 7. Vesiskrabi skeem: vee absorptsioon retsirkulatsiooniga süsinikdioksiidi ja/või vesiniksulfiidi eemaldamiseks biogaasist (Wellinger & Lindberg, 2004).....	29
Joonis 8. Biogaasi puhastusjaamade prognoositav kulu eri tehnoloogiate kasutamisel (Urban jt, 2008).....	29
Joonis 9. Hinna näitliku biogaasijaama õhuheitmete vähenemised 2020. a väljendatud väliskuludena variantide B ₁ ja B ₂ puhul võrreldes baasvariandiga A (BAU).....	34
Joonis 10. Kulud ja tulud Hinna näitliku biogaasijaama variantide B ₁ ja B ₂ jaoks, võrreldes baasvariandiga A (BAU).....	35
Joonis 11. Sotsiaalsed kulud ja tulud biogaasi tootmisel Hinna farmis 2020. aastal –variant B ₁ ja variant B ₂ võrrelduna baasvariandiga A (BAU).....	36

TABELID

Tabel 1. Biojäätmel ja reoveesetel Tallinnas 2006-2008, tonni	8
Tabel 2. Biojäätmel ja reoveesetel Harjumaal (v.a Tallinn) 2006-2008, tonni	9
Tabel 3. Biojäätmel ja reoveesetel vältimise stsenaariumid Harjumaal (sh Tallinn) aastaks 2020	9
Tabel 4. Biojäätmel ja reoveesetel vältimise stsenaariumid Harjumaal (v.a Tallinn) aastaks 2020	9
Tabel 5. Biomassi kogused ja biometaanil toodang Harjumaal: variant B aastaks 2020.....	14
Tabel 6. Biojäätmel kogused AS-i Tallegg tootmisüksustel (T. Tamm, 2010.a)	15
Tabel 7. Sõnniku- ja lüjakogused ning biometaanil took Hinna seafarmis, 2009	18
Tabel 8. Kasutamata ja haritav maa Kuusalu vallas, 2007–2009 ja 2020. aasta prognoos.....	19
Tabel 9. Biogaasireaktori (kääriti) koormuse ja mahu arvutus	20
Tabel 10. Hinna seafarmi biogaasijaam: metaanipotentsiaal, elektriline ja soojuslik võimsus ..	22
Tabel 11. Biogaasijaama ning soojuse ja elektri koostootmisjaama spetsifikatsioon Hinna farmis.....	23
Tabel 12. Biogaasijaama ja gaasipuhastusseadme spetsifikatsioon Hinna farmis.....	23
Tabel 13. Digestaadi ja läga kuivaine ja toitainete sisaldus (Birkmose jt, 2009; Tamm, 2010b).....	24
Tabel 14. Tulevikuvariandid A ja B 2020. aastal.....	25
Tabel 14. Mootorsõidukite ja haagiste arv Harju maakonnas, 2010	30
Tabel 15. Võrreldavad stsenaariumid.....	32
Tabel 16. Toidujäätmel vältimise keskkonna- ja majanduslik mõju Harjumaal (sh Tallinn) 2020.a	32
Tabel 17. Hinna farmi õhuheitmel vähenemine variantide B ₁ ja B ₂ puhul võrreldes variandiga A (BAU) aastal 2020	33
Tabel 18. Väliskulude väärtused õhuemissioonidele Eestis.....	34

1. Biojätmete ja reoveesette koguste kaardistamine ja jäätmetekke vältimine

Projekti *W-Fuel* üks tegevustest oli suunatud biojätmete ja reoveesette tekke vältimisele. Eesti projektipartnerite poolsed tulemused selles valdkonnas on kirjeldatud aruandes „*Biojätmed ja reoveesetted Harjumaal ja Lääne-Virumaal. Juhend jäätmetekke vältimise programmi koostamiseks*“, millega saab tutvuda projekti kodulehel www.wfuel.info.

Jäätmekäitlusjaamu projekteerides hinnatakse sihtpiirkondade jäätmekogused tihtipeale liiga suurteks. Projekti *W-Fuel* üheks põhieesmärgiks on kavandada realistlikke plaane biogaasijaamade rajamiseks, kus võimalikud toorainekogused tulevikus vastaksid tegelikule jätmete hulgale, mis suunatakse taaskasutusse pärast jätmete tekke vähendamise abinõude rakendamist. Seetõttu pööratakse projektis olulist tähelepanu ka jäätmetekke vältimisele ja prognoositakse vastavate meetmete mõju biojätmete ja reoveesette koguste muutumisele tulevikus.

Põhitegevused kahe Eesti projektipiirkonna (Harjumaa ja Lääne-Virumaa) kohta olid järgmised:

- Selgitati välja biojätmete (liikide lõikes) ja reoveesetete kogused aastail 2006-2008,
- Prognoositi nende koguste arengutrende aastani 2020, arvestades erinevate vältimismeetmete mõju,
- Analüüsiti ja kirjeldati erinevate vältimismeetmete võimalusi jäätmetekke vältimise kavade koostamiseks.

Enamik kasutatud statistilistest andmetest biojätmete ja reoveesette koguste kohta on saadud Eesti Keskkonnateabe Keskuse (KTK) andmebaasist. Lisaks statistilistele andmetele kasutati ka intervjuude käigus saadud andmeid. Töö käigus intervjueriti 25 ettevõtet ja institutsiooni, eeskätt suurimaid biojätmete ja reoveesette tekitajaid. Intervjuude põhiteemad olid biojätmete ja reoveesette kogused, koostis ning käitlemis- ja vältimise meetodid.

Oluliseks probleemiks jäätmeandmete kogumisel ja analüüsimisel oli nende usaldusvärsus. Tuleb arvestada, et KTK andmed jäätmekoguste kohta võivad olla ebatäpsed, kajastades näiteks kogutud, mitte reaalselt tekkinud jäätmekoguseid. Andmekvaliteet sõltub paratamatult andmeandja (jäätmetekitajad ja -käitlejad) tahtest esitada KTK-le adekvaatseid andmeid. Eeskätt just andmete usaldusvärsuse hindamiseks intervjueriti täiendavalt ka spetsialiste Keskkonnaministeeriumis, Jäätmekäitlejate Liidus, Tallinna Keskkonnaametis ja Lääne-Viru Jäätmekeskuses. Andmete usaldusvärsuse aspekti tuli loomulikult arvestada ka biojätmete ja reoveesette koguste prognoosimisel.

1.1. Biojätmete ja reoveesette kogused 2006-2008 ja prognoos aastaks 2020

Prognooside saamiseks koostati kahte tüüpi stsenaariumid. Esimene stsenaarium (**A**) vastab olukorrale, kus riik ei rakenda erilisi jäätmetekke vältimise meetmeid (ei majapidamistes ega tööstussektoris). See on nn „*Business As Usual*” (*BAU*) stsenaarium. Teine stsenaarium (**B**) vastab olukorrale, kus riigis jõustuvad mitmed jäätmetekke vältimise regulatsioonid (sh ka need meetmed, mida on lähemalt vaadeldud käesolevas töös). Prognooside baasaastaks võeti partneritevahelisel kokkuleppel 2008. Sõltuvalt vältimise meetmete edukusest, esitati stsenaariumi **B** prognoos aastaks 2020 kolme alamstsenaariumina:

B1 – biojäätmete kogus väheneb 1-2% võrreldes 2008. aasta kogusega ja reoveesette kogus jääb samale tasemele,

B2 – biojäätmete kogus väheneb 15% ja reoveesette kogus 10% võrreldes 2008. aasta kogustega,

B3 – biojäätmete kogus väheneb 30% ja reoveesette kogus 20% võrreldes 2008. aasta kogustega.

Stsenaariumid **B2** ja **B3** on soovitatud projekti juhtpartneri poolt (*MTT Agrifood Research Finland* – Soome Põllumajandus- ja Toiduainete Uuringute Instituut). Kuna aluseks olev statistika on lühikese perioodi kohta, tuginevad prognoosid vaid eksperthinnangutel ja juhtpartneri meetodilistel soovitusel. Lisaks kaasati prognoositulemuste hindamisel eksperte Eesti Keskkonnaministeeriumist ja Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituudist.

Töö tulemused Harjumaa kohta on esitatud alljärgnevatel tabelites. Biojäätmete ja reoveesette kogused on toodud eraldi Tallinnas (Tabel 1) ja Harjumaal (Tabel 2), nende koguste prognoose aastaks 2020 vt Tabel 3 (Harjumaa koos Tallinnaga) ja Tabel 4 (Harjumaa ilma Tallinata).

Tabelitest 1 ja 2 näeme, et mõnede jäätmeliikide kogused on vaadeldavatel aastatel märkimisväärselt muutunud, näiteks:

- Biojäätmel Tallinna toiduainetetööstusest on kasvanud 2008. aastal ligi 5 korda. Siin mõjutasid statistilisi andmeid kalatööstuse ettevõtted, kes deklareerisid 2008. aastal suuri biojäätmete koguseid (tootmine suurenes tänu soodsatele eksporditingimustele).
- Köögi- ja sööklajajäätmete kogused Tallinnas on kasvanud hüppeliselt rohkem kui 7000 tonnini 2008. a. Selle jäätmeliigi kogused on 2008. a tunduvalt suurenenud ka Harjumaal väljaspool Tallinna (vt Tabel 2). Siin on ilmselt tunda 2008. a kehtestatud jäätmete liigiti kogumise mõju.

Tabel 1. Biojäätmel ja reoveesetel Tallinnas 2006-2008, tonni

Jäätmeliik	2006	2007	2008	
			Kokku	sh majapidamised
Biojäätmel toiduainetetööstuselt	123	131	618	-
sh: Loomsete kudede jäätmel (liha- ja kalatööstus)	123	131	618	-
Olmejäätmed (kodumajapidamisjäätmed, samalaadsed kaubandus-, tööstus- ja ametiasutusjäätmed), sh liigiti kogutud jäätmel	64 761	63 653	63 068	28 799
sh: Biolagundatavad köögi- ja sööklajajäätmel	...	1 048	7 113	2 866
Toiduõli ja -rasv	...	146	134	4
Biolagundatavad aia- ja haljastusjäätmed	2 696	1 488	2 603	513
Biojäätmel osa (40%) segaolmejäätmetes	61 426	60 243	52 623	25 416
Turgudel tekkinud jäätmel	639	728	595	-
BIOJÄÄTMEL KOKKU	64 884	63 784	63 686	28 799
REOVEESETTEL		33 834	35 691	

Tähistused selles ja järgnevatel tabelites:

... Andmeid ei ole saadud või need on avaldamiseks ebakindlad; - Nähtust ei esinenud

Tabel 2. Biojätmed ja reoveesetted Harjumaal (v.a Tallinn) 2006-2008, tonni

Jätmeliik	2006	2007	2008	
			Kokku	sh majapidamised
Biojätmed toiduainetetööstuselt	6 029	3 078	2 688	-
sh: Loomsete kudede jätmed (liha- ja kalatööstus)	6 029	3 078	2 660	-
Toorme pesemisel, puhastamisel ja mehaanilisel töötlemisel tekkinud jätmed (joogitööstus)	28	-
Olmejäätmed (kodumajapidamisjäätmed, samalaadsed kaubandus-, tööstus- ja ametiasutusjäätmed), sh liigiti kogutud jätmed	16 715	21 143	24 759	9 804
sh: Biolagundatavad köögi- ja sööklajajätmed	...	11	241	80
Toiduõli ja -rasv	1	4	4	-
Biolagundatavad aia- ja haljastusjäätmed	652	288	324	30
Biojätmete osa (40%) segaolmejäätmetes	16 062	20 840	24 190	9 694
BIOJÄÄTMED KOKKU	22 744	24 221	27 447	9 804
REOVEESETTED		5 523	23 420	

Tabel 3. Biojätmete ja reoveesetete vältimise stsenaariumid Harjumaal (sh Tallinn) aastaks 2020**Biojätmed**

	STSENAARIUM A (BAU)	Vältimise stsenaariumid		
		B1	B2	B3
Muutus aastaks 2020	ca 7%	ca - 2%	-15%	-30%
Kogus 2008. a, t	91 133	91 133	91 133	91 133
Kogus 2020. a, t	97 800	89 700	77 500	63 800

Reoveesetted

	STSENAARIUM A (BAU)	Vältimise stsenaariumid		
		B1	B2	B3
Muutus aastaks 2020	ca 23%	0%	-10%	-20%
Kogus 2008. a, t	59 111	59 111	59 111	59 111
Kogus 2020. a, t	72 700	59 100	53 200	47 300

Tabel 4. Biojätmete ja reoveesetete vältimise stsenaariumid Harjumaal (v a. Tallinn) aastaks 2020**Biojätmed**

	STSENAARIUM A (BAU)	Vältimise stsenaariumid		
		B1	B2	B3
Muutus aastaks 2020	ca 7%	ca - 2%	-15%	-30%
Kogus 2008.a, t	27 447	27 447	27 447	27 447
Kogus 2020.a, t	29 400	26 900	23 300	19 200

Reoveesetted

	STSENAARIUM A (BAU)	Vältimise stsenaariumid		
		B1	B2	B3
Muutus aastaks 2020	ca 23%	0%	-10%	-20%
Kogus 2008.a, t	23 420	23 420	23 420	23 420
Kogus 2020.a, t	28 800	23 420	21 100	18 750

Koostatud prognoosid põhinevad eeldusel, et Eesti aastane majanduskasv jääb prognoosiperioodil 3-6% piiresse. Kui kasvutempo kujuneb oluliselt erinevaks, tuleb prognoosid uuesti läbi vaadata. Jätmete vältimise meetmete mõju prognoosimist (stsenaarium

B) komplitseerib asjaolu, et lisaks riigi majanduse seisundile sõltub prognoositulemus nii valitud meetmetest kui ka nende rakendamise edukusest. Seetõttu kasutatigi töös kolme alamstsenaariumi, millest esimene (B1) on tõenäoliselt kõige realistlikum ning kolmas (B3) kõige optimistlikum.

1.2. Meetmed biojätmete ja reoveesete vältimiseks

Erilist tähelepanu pöörati biojätmete ja reoveesete tekke vältimismeetmete analüüsile ja nende võimalikule valikule jäätmetekke vältimise kavade koostamisel. Seadusandliku tausta (nii EL kui kohalikul tasandil) analüüsi, biojätmete/reoveesete tekitajate intervjuerimise ja valdkonna võtmeekspertidega toimunud arutelude tulemusena koostati järgmine olulisemate vältimismeetmete gruppide loetelu:

A. Biojätmete tekke vältimismeetmed

- A.1. Avaliku sektori poolt kasutatavad administratiivsed meetmed
 - A.1.1. Informatiivsed ja edendavad meetmed
 - A.1.2. Finantsmeetmed
 - A.1.3. Seadusandlikud ja muud regulatiivsed meetmed
- A.2. Biojätmete tekke vältimismeetmed ettevõtetele, kodumajapidamistele ja ametiasutustele
 - A.2.1. Vältimine haljastuses ja aianduses
 - A.2.2. Vältimine tootlustuses, restoranides ja toiduainetetööstuses
 - A.2.3. Vältimine jaemüügis ja kaubanduses

B. Reoveesete tekke vältimismeetmed (sihtgrupiks avalik sektor ning olme- ja tööstusreovett töötlevad reoveepuhastusettevõtted)

Vältimismeetmete detailsemad kirjeldused loetletud meetmegruppide lõikes on toodud aruandes „Biojätmed ja reoveesetted Harjumaal ja Lääne-Virumaal. Juhend jäätmetekke vältimise programmi koostamiseks“ (www.wfuel.info).

1.3. Näiteid biojätmete ja reoveesete tekke vältimisest

Enamikus allpool kirjeldatud näidetes on jäätmetekke vältimise meetmeid võetud kasutusele eelkõige jäätmekäitluskulude vähendamiseks. Erandina võib siin välja tuua Eesti Toidupanga kampaania, mille põhieesmärgiks on teadlik jäätmetekke vältimine ning väikese sissetulekuga perede aitamine.

Eesti Toidupank väldib toidu raiskamist ja kogub toitu puudust kannatavatele inimestele. Toidupank kogub toidukaubandusest ja toiduainetetööstuse ettevõtetest toiduaineid, mille “parim enne” tähtaeg saab peagi ületatud (või mis ei ole piisava kaubandusliku väärtusega turustamiseks) ja vabatahtlike abil toimetatakse need toimetulekuraskustes inimestele (vt ka artiklit Eesti Toidupangast projekti uudiskirjas nr 1).

Koolidel ja hooldekodudel on pikaaegne toidujätmete tekke vältimise traditsioon. Peamine toidujätmete tekke vältimise meede seisneb inimestele ainult vajalikes (kontrollitud) kogustes maitsva ja tervisliku toidu valmistamises.

Lasteaiad ja päevakeskused tellivad oma toidu toitlustusasutustest. Kui toit jõuab kohale, jagatakse see suuremates nõudes (supitirin, vaagen, kauss) laudadele laiali, kust iga laps saab tõsta oma taldrikule nii palju, kui palju ta arvab ära söövat (näiteks kartulid, liha, supp, piim,

salat). Nendelt taldrikutelt tuleb vähem biojätmeid, sest sööjad saavad valida neile meelepärast toitu parajates kogustes.

Toiduainetööstuse ettevõtted. Selle tööstusharu suuremates ettevõtetes on köögid ja sööklad, mis pakuvad toitu oma töötajatele, samuti ettevõtete kauplused, kus müüakse oma toodangut või makstakse töölistele isegi osaliselt palka ettevõttes odavamaks hinnatud toodetega. Sel moel vähendatakse vajadusel kiiresti rikneva toodangu jääke.

Suurtoitlustusettevõtted. Peamine toidujätmete tekke vältimise meede seisneb inimestele kontrollitud kogustes maitsva ja tervisliku toidu valmistamises. Teine vältimise võimalus on anda toidujätmed tasuta loomasöödaks. Sel juhul kogutakse kõik biojätmed spetsiaalsetesse konteineritesse ja mahutitesse.

Kruiisilaevade restoranid. Peamine toidujätmete tekke vältimise meede seisneb inimestele kontrollitud kogustes maitsva, optimeeritud hinnaga ja tervisliku toidu valmistamises. Paljudes laevades pakutakse toidukordadest puutumata toidu ülejääke oma töötajatele tasuta ja koheselt söömiseks.

Haiglad tellivad samuti vajamineva toidu reeglina suurtoitlustusettevõtetest. Kõik toidujätmed kogutakse spetsiaalsetesse konteineritesse või mahutitesse. Tavaliselt varustavad jäätmekäitlusega tegelevad ettevõtted haiglaid kõigi vajaminevate vahendite ja seadmetega, et koguda toitlustuse biojätmeid ning biolagunevaid tervishoiujätmeid, sh nakkusohtlikke jätmeid olmejätmetest eraldi.

Piimatööstus. Tihti on piimatööstustele probleemiks tootmisest ülejääv suur vadaku kogus. Tavaliselt kasutavad loomakasvatusettevõtted sellist vadakut odava või tasuta loomasöödana. Mõnedes ettevõtetes kasutatakse vadakut ka lisandainena uute toodete valmistamisel.

2. Biogaasi tootmisvõimalused Harjumaal

2.1. Biogaasi potentsiaal maakonnas

Projekti tulemusena on Eesti töörühmad koostanud biogaasi võimaliku tootmispotentsiaali prognoosid sihtpiirkondades – Harju- ja Lääne-Virumaal. Prognoos on koostatud aastaks 2020, lähtudes projekti püstituses kirjeldatud variandist B, mis eeldab biomassi laialdast kasutuselevõttu biogaasi tootmiseks (variant A eeldab senise olukorra jätkumist, mis pole suunatud biogaasi tootmise arendamisele). Biogaasi toorme olemasolu, aga ka mitmeid muid olulisi tegureid ja tingimusi arvestades selgitati välja ka näitlike biogaasijaamade võimalikud asukohad nendes piirkondades ja valiti sobilikumad biogaasi tootmistehnoloogiad.

Peamisteks ressursideks biogaasi tootmisel on biojätmed, reoveesetted, läga ja sõnnik ning rohne biomass. Biogaasi potentsiaali arvutamisel hinnati ja prognoositi kõigepealt nende ressurside tekkekogused, seejärel täpsustati, kui suur osa prognoositud kogustest võiks olla realselt kasutatav biogaasi tootmisel. Täpsustatud toormekoguste alusel arvutati lõpptulemus - biogaasi (arvestatuna biometaanile) tootmispotentsiaalid vaadeldavates maakondades. Tulemused Harjumaa kohta vt Tabel 5.

Biomassi ressurside prognoosimisel biogaasi tootmiseks aastal 2020 kasutati järgmisi eeldusi ja hinnanguid:

Biojätmed ja reoveesetted

Biogaasi tootmiseks võimalike biojätmete ja reovesetete koguste prognoosimisel kasutati peatükis 2 esitatud tulemusi. Harjumaa osas on oluline selgitada, et vältimaks ressurside ülehindamist, on biojätmete ja reoveesetete kogused prognoosides arvestatud **ilma Tallinnata**. Põhjuseks on asjaolu, et kõik Tallinna jäätmekogused (sh biojätmed) suunatakse lisaks Jõelähtme prügilale ka uude Ragn-Sells AS-i jäätmekütuse tehasesse (anti käiku oktoobris 2011 – vt nt <http://majandus.delfi.ee/news/uudised/fotod-ragn-sellsi-uus-tehas-voimaldab-taaskasutusse-suunata-85-jaatmetest.d?id=59568504>). See olukord näitab ühtlasi, et 2007. a käivitunud jäätmete liigiti kogumine ei ole Tallinnas biojätmete osas andnud veel soovitud tulemusi. Tulevikus on kavas uues jäätmekütuse tehases välja arendada ka liigiti kogutud biojätmete taaskasutuskompleks. Siis võib ehk tekkida võimalusi biojätmetest ka biogaasi tootmiseks, seni aga kasutatakse uues tehases eraldatavaid biolagunevaid jäätmeid vaid kompostmulla tootmiseks ja täitematerjaliks. Kõik Tallinna reoveesetted töödeldakse aga veetootmisettevõtte *AS Tallinna Vesi* reoveepuhastusjaamas. Seal töötab juba pikemat aega biogaasijaam, mis toodab reoveesetetest biogaasi omatarbeks – katlakütuseks ja mootorikütuseks kompressoritele.

➤ ***Biojätmete kogus toiduainetetööstusest jääb stabiilseks***

Biojätmete kogus Harjumaa (ilma Tallinnata) toiduainetetööstuse ettevõtetest on suhteliselt väike (vt Tabel 5). Intervjuud suuremates biojätmeid tekitavates ettevõtetes on näidanud, et ettevõtted üritavad vähendada biojätmete koguseid niipalju kui võimalik, vältimaks kiirelt suurenevaid prügilatasid. Ettevõtted valivad ja arendavad uusi tehnoloogiaid, uusi tooteid ja uusi turge jäätmekoguste vähendamiseks, aga ka tulu saamiseks taaskasutusest. Seetõttu on neid meetmeid arvestades eeldatud, et biojätmete hulk toiduainetetööstuse ettevõtetest ei kasva aastaks 2020.

➤ ***Olmejäätmete biolagunev osa võib väheneda max 0,3% aastas***

Biologunevate jäätmete eraldi kogumist alustati 2007. aastal. Samm-sammult muutub see paremini korraldatuks ja efektiivsemaks. Samas mõjutavad biojäätmete koguseid kodumajapidamistes, kauplustes ja teenindustevõtetes rakendatavad vältimismeetmed. On üsna realistlik eeldada, et esimesel viiel aastal peale vältimismeetmete rakendamist jäävad biojäätmete kogused veel suhteliselt samale tasemele. Selle aja jooksul inimeste käitumisharjumused vähehaaval muutuvad, mis võib edaspidi viia biojäätmete koguse vähenemisele 0,1 kuni 0,3% aastas.

➤ **Reoveesetete kogus jääb püsivaks**

Reoveesetete kogus võib lähiaastatel kasvada kui rohkem kodumajapidamisi liitub olemasoleva kanalisatsioonisüsteemiga või propageeritakse tsentraliseeritud reoveekäitluse arendamist kohtades, kus see varem puudus (nt nagu on toimunud Saksamaal ja Rootsis). Siiski, arvestades reovee vältimise meetmeid, puhastamistehnoloogiate täiustumist ja foonina üldisi sotsiaal-majanduslikke võimalusi, leiavad valdkonna eksperdid (nt A. Kuusik jt Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituudist), et reoveesetete kogused jäävad perioodil 2008-2020 suhteliselt stabiilseks (vt Tabel 5).

Sõnnik ja läga (vedelsõnnik)

- **Veised.** Prognoosides on eeldatud veiste arvu kasvu 1,5% (2009 tasemest) aastaks 2020. See kasv võib toimuda seoses ülemaailmse nõudluse kasvuga piimatoodetele, arvestades sealjuures Eesti suhteliselt sobivaid kliimaatilisi tingimusi veisekasvatuseks. Eeldatakse ka, et EL-i toetused Baltimaade veisekasvatajatele suurenevad (praegu on need kordades väiksemad kui EL-i vanades liikmesriikides).
- **Sead.** Eeldatakse 1%-list arvu kasvu aastaks 2020. Viimasel mõnel aastal on suurenenud nõudlus Venemaal põhjustanud elussigade ekspordi kasvu Eestist. Samas on siin oluline vältida ekspordi kasvuvõimaluste ülehindamist tulenevalt välispoliitiliste suhete ebastabiilsuse jätkumisest Eesti ja Venemaa vahel.
- **Kanad.** Lähtudes viimaste aastate trendist on eeldatud kanade arvu püsimist muutumatuna.

Energiakultuurid biogaasi tootmiseks

Praegu ei kasutata energiakultuure biogaasi tootmiseks ei Harju- ega Lääne-Virumaal. Eesti Biogaasi Ühing on siiski hinnanud, et umbes 5%-l haritaval maal ja 20%-l kasutamata maal on võimalik energiakultuuride kasvatamine biogaasi tootmiseks.

2009. aastal oli PRIA andmetel Harjumaal umbes 55 tuh. ha haritavat ja 43,4 tuh. ha kasutamata maad. Lähtudes viimaste aastate trendidest ja ekspertide hinnangutest on eeldatud, et haritava maa pind võib suureneda umbes 0,5% ja kasutamata maa pind umbes 2% aastas. Arvestust kasutamata maa kohta on peetud 2002. aastast kui loodi PRIA põllumassiivide register. Juba 2000-ndate aastate algul kasutusest väljajäänud maad on tõenäoliselt 2020. aastaks metsastunud ja neid ei saa kasutada energiakultuuride kasvatamiseks. Seetõttu on prognoosarvutustes aluseks võetud vaid see osa kasutamata maast, mis lisandub perioodil 2009-2020.

Biogaasi tootmise toormena soovitatakse kasvatada kahte liiki energiakultuure – päideroogu (*Phalaris arundinacea*) ja ristikut (*Trifolium pratense*), nende keskmine aastane saagikus on ligikaudu 9 t/ha kuivainena. Eeldatud on nende kultuuride kasvatamist võimalikel kasvupindadel võrdse osakaaluga. Lähtudes nende kasvupindade prognoosidest, on võimalikuks rohtse biomassi koguseks 2020. aastal hinnatud Harjumaal 40,6 tuh. tonni (orgaanilise kuivaine järgi), vt Tabel 5.

Proгноосиде tulemused

Tabel 5 on toodud ligikaudsed tulemused kui palju biometaanit oleks võimalik erinevatest substraatidest toota Harjumaal aastal 2020. Biometaanit võimalikuks toodanguks Harjumaal (ilma Tallinnata) on prognoositud ligikaudu 17,3 miljonit m³/a. Suurim biometaanit toodangupotentsiaal on hinnatud energiakultuuridel (umbes 75% kogu potentsiaalist), seejärel vedelsõnnik ja sõnnik põllumajandussektorist (ca 12%), reoveesetted (5,6%) ning olmejäätmetes sisalduvad ja tööstuse biojäätmed (vastavalt 4,4 ja 3%).

Tabel 5. Biomassi kogused ja biometaanit toodang Harjumaal: variant B aastaks 2020

Biomassi liigid	Kogus 2008	<i>W-Fuel</i> Variant B 2020	Kättesaadavus biogaasi tootmiseks 2020		CH ₄ took	Metaanit toodang
	t	t	%	t	m ³ /t VM	m ³ /a
I Biojäätmed toiduainetetööstuselt	2 660	2 660	-	-	-	517 104
sh: Loomsete kudede jäätmed	2 660	2 660	90%	2 394	216	517 104
II Olmejäätmed	24 759	24 263	-	-	-	766 771
sh: Biolagundatavad köögi- ja sööklajajäätmed	241	236	33%	78	97	7 566
Toiduõli ja -rasv	4	4	33%	1,3	288	374
Biolagundatavad aia- ja haljastusjäätmed	324	317	0%	-	-	-
Biojäätmete osa segaolmejäätmetes	24 190	23 706	33%	7 823	97	758 831
III Reoveesetted	23 420	23 420	100%	-	42	983 640
IV Sõnnik*	210 326	213 152	-	-	-	2 109 158
sh: Veiste vedelsõnnik	172 457	175 044	55%	96 274	10	962 740
Sigade vedelsõnnik	23 859	24 098	99%	23 857	10	238 570
Kanasõnnik	14 010	14 010	80%	11 208	81	907 848
V Energiakultuurid biogaasi tootmiseks	0	40 640 oKA	-	-	-	12 903 200
sh: Päideroog	0	20 320 oKA	100%	20 320 VS	300 m ³ /t oKA**	6 096 000
Ristik	0	20 320 oKA	100%	20 320 VS	335 m ³ /t oKA**	6 807 200
KOKKU						17 279 873

Selgitused:

Energiakultuuride saagi, sõnnikukoguste ja biometaanit toodangu arvutamise meetodika on kirjeldatud lõpparuandes (www.wfuel.info);

VM – värske mass (tooraine);

oKA – orgaanilise kuivaine sisaldus;

* Baasaastaks sõnnikukoguste prognoosimisel on 2009;

** Ligikaudu 100 m³/t VM

2.2. Variant A: praeguse arengusuunaga jätkamine

Variant A (tavapärase äritegevuse, ingl. k *BAU – Business as Usual*) eeldab biomassi praeguse kasutuse jätkumist, mille eesmärk ei ole biogaasi tootmine. 2011. aasta lõpuks oli Harju maakonnas ainult kolm biogaasi tootmisüksust:

- 1) biogaasijaam ettevõttes AS Tallinna Vesi (Paljassaare reoveepuhastusjaamas), mis toodab biogaasi reoveesetest ettevõtte enda vajadusteks, nt katlakütus ja kompressorite mootorikütus;
- 2) kaks prügila biogaasijaama – Pääskülas (vana, mõõdukalt väheneva biogaasitootlikkusega jaam) ja Jõelähtmes (uus jaam, alustas 2010. aasta sügisel).

Praegu puuduvad Harju maakonnas põllumajanduslikud biogaasijaamad (mis põhinevad jäätmetel, nagu sõnnik, läga ja/või energiakultuuridel). Sellegipoolest on päevakorral üks biogaasijaama projekt: ettevõtte *Biogaas OÜ* projekteeris 2008. aastal biogaasijaama varustamiseks biogaasiga soojuse ja elektri koostootmisjaama Loo asulas. Selle koostootmisjaama kavandatud elektriline võimsus on 1,3–1,6 MW, jaama valmimine planeeriti juba 2012. aastaks (Loo Biogaasijaam ..., 2011). Biogaasi tootmise substraadiks saab sõnnik (kana- ja veisesõnnik), eraldi kogutud biojäätmel ja toiduainetööstuse biojäätmel (õlleraba). Veisesõnnikut saadakse lähedalasuvatest keskmise suurusega farmidest AS Aatma ja OÜ Haljava, kus kummagi varud on umbes 450 lü (loomühik). Enamik kanasõnnikust on pärit ASist Tallegg (vt Tabel 6).

Vahetoode on biogaas, mida kasutatakse soojuse ja elektri koostootmiseks. Aastas toodetavat soojusenergiat (11–12 GWh) kasutatakse Loo asula piirkondlikus küttevõrgus, toodetav elektrienergia (10–11 GWh) suunatakse ettevõtte Eesti Energia Jaotusvõrk OÜ võrku. Biogaasijaama ehitustööde algus on kavandatud 2012. aastale. Kokku ulatuvad projekti investeeringud 5,1–5,8 miljoni euroni. (Loo Biogaasijaam ..., 2011). Biogaasil põhineva Loo soojuse ja elektri koostootmisjaama kasutuselevõtt kavandati 2012. aasta lõppu.

Tabel 6. Biojäätmete kogused AS-i Tallegg tootmisüksustest (T. Tamm, 2010.a)

	Piirkond	Substraat	Ühik	Kogus
1	Harku vald	Tahesõnnik	m ³ /aastas	19 000
		Suled	t/aastas	2200
		Loomsete kudede jäätmed (karusloomade sööt)	t/aastas	3500
2	Jõelähtme vald	Tahesõnnik	m ³ /aastas	7700
		Poolvedel sõnnik	m ³ /aastas	3500
		Haude- ja munajäätmel	t/aastas	250
3	Rae vald	Poolvedel sõnnik	m ³ /aastas	11 500

Biogaasijaama kavandatav asukoht on Maardu küla (Läga maaüksus, katastritunnus 24504:003:0796), soojuse ja elektri koostootmisjaam kavandatakse Loo asulasse (AS-i Fortum Termest territoorium, katastritunnus 24504:002:0574). Biogaasijaama ning soojuse ja elektri koostootmisjaama ühendava gaasitorustiku pikkus on 7 km (vt Joonis 2).



Joonis 2. Kavandatav gaasijuhe (märgitud siniselt) Maardu külas asuva biogaasijaama ning Loo asulas asuva soojuse ja elektri koostootmisjaama vahel (Loo Biogaasijaam ..., 2011)

Viimaste, 2011. aasta novembrist pärit andmete kohaselt on Eesti Keskkonnainvesteeringute Keskuse rahaline toetus ettevõttele *Biogaas OÜ* ajutiselt peatatud. Asulasse ehitatava biogaasijuhtme investeerimiskulud ületasid kavandatud summa. Lisaks sellele on kohalik omavalitsus nõudnud detailplaneeringu uuendamist – selleks võib kuluda kuni kaks aastat. Uute arengusuundade ebakindluse ja võimaliku uue planeerimiskorra suhtelise ajamahukuse tõttu võib eeldada, et kavandatud soojuse ja elektri koostootmisjaama rajamine viibib.

2.3. Variant B: näitliku biogaasijaama paiknemine ja tehnoloogia

2.3.1. Näitliku biogaasijaama kavandatud suurus ja asukoht maakonnas

Harju maakonnas on näitliku biogaasijaama asukoht valitud Hinnu seafarmi juurde. Hinnu seafarm asub Kuusalu valla Allika külas (vt Joonis 3). Farmiomanikega tehtud intervjuudest selgus, et see võimalik biogaasijaam Harju maakonnas peaks põhinema seasõnnikul (lāgal). Ehkki piirkonnas on ka mitu suurt veisefarmi ja veisesõnnik on tõhusam biogaasitootmise substraat, oli nende farmide omanike huvi selle tehnoloogia juurutamiseks väike või puudus üldse.

Harju maakonna näitliku projekti ja selle asukoha valik põhineb järgmistel eeldustel:

- Hinnu farm on Harjumaa suurim seafarm (sigade koguarv ca 11 500). Farm on hästi välja arendatud ja majandatud, omanik suhtub entusiastlikult biogaasi tootmisse ja on huvitatud selle väljaarendamisest farmis tekkiva sealāga baasil.
- Farmi lähedal Allika külas asub ka Kuusalu regionaalne reovee puhasti. Selle reoveesetteid saab kasutada Hinnu farmi biogaasijaamas täiendava ressursina.
- Energiakultuuride kasvatamine ümberkaudsetel haritavatel ja eriti kasutamata maadel on aastaks 2020 üsna tõenäone.
- Toodetud biogaasi saab kasutada elektri ja soojuse koostootmisjaamas farmi oma energiavajadusteks. Biogaasi, mida ei kasutata koostootmisjaamas või transpordikütusena kohapeal, saab põhimõtteliselt suunata olemasolevasse maagaasi trassi Kuusalu lähedal.
- Biogaasi edasiseks kasutamiseks on kaks varianti.

- B₁: esiteks saaks farmis toodetavat biogaasi kasutada soojuse ja elektri koostootmisjaamas peamiselt farmi enda vajadusteks.
- B₂: teiseks saaks maagaasi kvaliteedini puhastatud biogaasi kasutada transpordikütusena kohapeal või juhtida see kohaliku gaasijuhtme kaudu Kuusalu külast mööduvasse maagaasijuhtmesse (farmi ja maagaasijuhtme vahemaa on linnulennult 1,2 km).



Joonis 3. Hinna seafarmi asukoht Harju maakonnas

Ligikaudsete arvutuste alusel võib olemasolevate substraatide (sealäga, reoveesete ja energiakultuurid) biometaanipotentsiaal olla 2020. aastal kuni 1,3 miljonit m³/a (vt Tabel 9).

Läga

PRIA andmebaasi andmete põhjal oli Hinna seafarmis sigu kokku 11 205 (2009. aastal). Vastav lägakogus on hinnanguliselt 15 323 tonni aastas ja toodetava biometaanii võimalik kogus on üle 150 000 m³ (vt Tabel 7). Farmijuhi hinnangu kohaselt pole eeloleval 10 aastal märkimisväärset tootmise kasvu oodata – seega püsib 2020. aastani ligikaudu samal tasemel ka sigade arv: umbes 11 500. Seega jääb ka lägapõhine biometaanipotentsiaal stabiilseks.

Tabel 7. Sõnniku- ja lägakogused ning biometaanitoot Hinnu seafarmis, 2009
(Põllumajanduse Registre ja Informatsiooni Amet, PRIA, www.pria.ee)

Loomaliik	Arv	Tegur (tahke sõnnik)	Sõnnik t/a	Tegur (läga)	Läga t/a	CH ₄ m ³ /t*	CH ₄ took m ³ /aastas
Nuumsead	3230	0,7	2261	1,6	5168	10	51 680
Pörsad	6993	0,5	3497	0,8	5594	10	55 944
Nooremised	253	0,5	127	1,6	405	10	4048
Emised	718	4	2872	5,7	4093	10	40 926
Kuldid	11	4	44	5,7	63	10	627
KOKKU	11 205		8800		15 323		153 225

* värske mass

Biojätmed

Hinnu Seafarmi biogaasijaama võimaliku asukoha läheduses on tiheasustusalasid: Kuusalu kui vallakeskus asub umbes kilomeeter Allika külast põhja poole ja seal elab 2011. aasta andmetel ca 1200 elanikku; teine tiheasustusega ala on Kiiu, mis asub alla kahe kilomeetri Kuusalust läänes ja mille elanikkond on ca 900. Eeldades, et 2020. aastal on korraldatud biojätmete liigiti kogumine Kuusalu ja Kiiu majapidamistest ja transport Hinnule, on Hinnu farmi võimalik biojätmevõimepotentsiaal samasugune kui kavandataval Loo biogaasijaamal, st 2020. aastal biojätmeid ca 2000 elanikult, eeldusel, et elanike arv oluliselt ei muutu. Kuusalu külas on ka tootlustusettevõtteid, mis saaksid oma biojätmed kavandatavale biogaasijaamale anda.

Reoveesete

Kuusalu piirkondlik reoveepuhasti asub Allika küllas seafarmi vahetus naabruses. Reoveepuhasti rajati 2004. aastal ja see kuulub ettevõttele Kuusalu Soojus OÜ. Reovett töödeldakse keemiliselt ja bioloogiliselt. Reoveepuhasti võtab vastu Kuusalu ja Kiiu majapidamiste reoveed ja OÜ Balti Spoon fenooli sisaldava tööstusreovee. Töödeldud reovesi suunatakse Kurbu ojasse. Piirkondlik reoveepuhasti Kuusalus on nüüdisaegne aktiivmuda tehnoloogial põhinev ringpuhasti koos järeltöötamiseks mõeldud kolme biotiigiga (kogupindala 6600 m²). Puhastil on bioloogiline lämmastiku- ja fosforiärastus, mis saavutatakse vahelduvate aeroobsete ja anaeroobsete (sh anoksiliste) sektsioonidega reaktoris. Puhastatud reovee kvaliteedinõuete täitmiseks kasutatakse fosforiärastuseks täiendavalt keemilist meetodit – nende ühendite sadestamist Fe (III) sulfaadiga.

Lubatud aastane heide on 250 000 m³ ja reoveesete aastane kogus on 150 m³. Reoveesete sisaldab ka koagulanti ja seda pressitakse enne väljastamist kuni kuivainesisalduseni 9,9% ja orgaanilise kuivainesisalduseni 78,8%. Reoveesete süsiniku ja lämmastiku suhe on 7/1.

Lisaks saab biometaanitootmise sisendina kasutada reoveepuhasti rasvapüünise sisu.

Energiakultuurid (energeetilised põllukultuurid)

Kui varem oli biogaasi toormeks reoveesete või vedelsõnnik, siis viimased 5-7 aastat on Euroopas suurenenud biogaasijaamade hulk, mille põhitoomeks on rohtne biomass (Menert jt, 2011). Põhjus on selles, et rohtse biomassi metaanitoot on reoveesete või sõnniku omast oluliselt suurem, mistõttu protsess on tasuvam. Sellise substraadi varjukülg on aga suurem

kuivaine- ja kiuisaldus, mis toob kaasa väiksema voolavuse ja vajaduse kasutada tõhusamaid segureid või teistsuguseid kääritusüsteeme.

Selles aruandes on aluseks võetud Eesti Biogaasi Assotsiatsiooni hinnang, et biogaasistamiseks sobivate põllukultuuride (sh ristik ja päideroog) kasvatamiseks saab kasutada ca 5% haritavast maast ja 20% kasutamata maast. Ekspert hinnangute ja hiljutiste arengutrendide alusel peaks haritava maa pindala kasvama ca 0,5% aastas (jõudes 2020. aastaks 58 140 ha-ni Harju maakonnas) ning kasutamata maa pindala – ca 2% aastas (53 980 ha 2020 aastal). Eespool nimetatud eelduste põhjal on välja arvatud, et Hinnu seafarmi lähedal Kuusalu vallas asuvatest põllumajandusmaadest sobivad energiakultuuride kasvatamiseks ca 210 hektarit kasutamata maad ja ca 230 hektarit haritavat maad (vt Tabel 8)

Tabel 8. Kasutamata ja haritav maa Kuusalu vallas, 2007–2009 ja 2020. aasta prognoos

Aasta	Kasutamata maa		Haritav maa	
	Pindala, ha	Kasv, %	Pindala, ha	Kasv, %
2007	3784,0		3870,0	
2008	4283,9	13,2	4027,9	4,1
2009	4342,9	1,4	4346,6	7,9
Juurdekasvu prognoos aastatel 2009–2020	1057,0			
20%	211,4			
Prognoos aastaks 2020			4591,7	
5%			229,6	

2.3.2. Biogaasijaama tehnoloogiline spetsifikatsioon

Biogaasi tootmistehnoloogia valiku alused

Võttes arvesse Hinnu farmi läheduses olevaid ressursse, on soovitatav biogaasi toormena kasutada sõnnikut, tapamajajäätmeid, reoveeset ja rohtset biomassi nii haritavalt kui ka kasutamata maalt. Üksnes sõnniku kasutamine lahendaks sõnnikukäitlusprobleemi, ent toodetava biometani kogus (kuni 160 000 m³) oleks tagasihoidlik. Sõnniku kooskäritamine tapamajajäätmetega (Hinnu farmi enda tapamajast) suurendab toodetava biogaasi hulka ja aitab tasakaalustada sisendtoorme süsiniku-lämmastiku suhet. Kirjanduses on tapamajajäätmete ja sõnniku soovituslik suhe ligikaudu 15–40% (Edström jt, 2003; Alvarez jt, 2008; Pualchamy jt, 2008; Cuetos jt, 2010). Reoveesete kasutamine sisendtoormena toodab vähem biometani, peale selle on kääritusjäägi (digestaadi) täiendav kasutamine probleemne selle võimaliku patogeenide- ja ravimijääkide sisalduse tõttu. Seetõttu on teostatavusanalüüsi sisendandmed ja arvutused esitatud biogaasi tootmiseks eraldi ainult sõnnikust, kõigist substraatidest ning kõigist substraatidest peale reoveesete (vt Tabel 9).

Energiakultuuride kääritamine nõuab pikka hüdraulilist viibeaega, et saavutada materjali täielik lagundamine koos kõrge gaasitootluse ja digestaadi minimeeritud jääkgaasipotentsiaaliga (Gemmeke jt, 2009), mistõttu tavapärane koormus orgaanilise kuivainesisalduse (oKA) järgi on märgkäarituse puhul vaid 2–4 kg oKA/(m³*päevas) (Weiland, 2010). Biogaasireaktori mahu arvutamisel Hinnu seafarmi puhul eeldati reaktori koormuseks 1,92 kg oKA/(m³*päevas) (Tabel 9).

Tabel 9. Biogaasireaktori (kääriti) koormuse ja mahu arvutus

Parameeter/substraat	Väärtus
Sealäga (Hinnu seafarm):	
Reaktori koormus (orgaanilise kuivainesisalduse oKA järgi), kg/m ³ *päevas (Fulhage jt, 2011)	1,92
Lägakogus (värske massi (VM) järgi), kg/aastas	15 323 000
Kääriti maht, m ³ (ainult sealäga)	743
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³ (11 500 looma kohta)	156 295
Tapajäätmed:	
Tapajäätmete kogus (VM järgi), kg/aastas	78 000
Tapajäätmete kogus (oKA järgi), kg/aastas	2808
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	16 848
Reoveesete (OÜ Kuusalu Soojus):	
Reoveesete kogus (VM järgi), kg/aastas	150 000
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	3511
Rohtne biomass (kasutamata maalt Hinnu seafarmi lähedal):	
Rohtse biomassi kogus (VM järgi), kg/aastas	6 793 651
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	543 560
Rohtne biomass (haritavalt maalt Hinnu seafarmi lähedal):	
Rohtse biomassi kogus (VM järgi), kg/aastas	7 380 952
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	590 550
Biometaani kogus kokku:	
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	1 310 763
Substraatide kogus kokku (VM järgi), kg/aastas	29 725 603
Kääriti maht, m ³ (kõik substraadid)	4225
Kääriti läbimõõt (kõrgusega 20 m), m	16
Biometaani kogus kokku (ilma reoveesetteta):	
Biometaani päevakogus (oKA järgi), m ³	3582
Biometaani aastakogus (oKA järgi), m ³	1 307 253
Biogaasi päevakogus (60% CH ₄), m ³	5970
Biogaasi aastane kogus (60% CH ₄), m ³	2 179 050
Substraatide kogus kokku (VM järgi), kg/aastas	29 575 603
Digestaadi kogus (VM järgi), kg/päevas (Møller jt, 2009)	40 515
Digestaadi kogus (VM järgi), kg/aastas	14 787 793
Kääriti maht, m ³ (kõik substraadid)	4208
Kääriti läbimõõt (kõrgusega 20 m), m	16

Kõigist kasutatavatest substraatidest toodetava biometaani (100% CH₄) kogus on 1 310 763 m³, ilma reoveesete kasutamiseta 1 307 253 m³. Saadavas biogaasis on biometaani (CH₄) sisaldus 60% ja ülejäänud 40% on süsihappegaas (CO₂). Selliste omadustega biogaasi saab juhtida otse koostootmisjaama elektri ja soojuse tootmiseks või puhastada täiendavalt ning kasutada transpordikütusena.

Biogaasi tootmistehnoloogia valik

Energiakultuuride kääritamiseks eelistatakse kaheastmelisi kääritusüsteeme, mis koosnevad suurema koormusega põhikäärstitist ja väikesema koormusega järelkäärstitist, milles töödeldakse esimese astme kääritusaadust.

Mõlemad kääritid võivad olla ühesuguse ehitusega, kusjuures mõlemas on võimalik käärivat massi soojendada ja segada. Kummalgi võib olla nii kinnine kui ka ujuvkatus. Kui teisel käärtil on ujuvkatus, võib seda kasutada gaasihoidlana. Suurenenud energiatarve reaktori hoidmiseks termofiilsel temperatuuril (42–50 °C) ei ole variandi B₁ puhul niivõrd oluline, sest saadaval on liigsoojus elektri ja soojuse koostootmisjaamast. Termofiilse protsessi tõhusus väheneb aga oluliselt, kui kasvab soojuse müük kohalikele elamutele ja tööstustele või puhastatud biogaas sisestatakse maagaasivõrku (Weiland, 2010). Variandi B₂ puhul puudub võimalus liigse soojusenergia kasutamiseks. Seega võiks sobiv kääritusrežiim olla mesofiilne (temperatuur 38–40 °C).

Käärititüübiks on pideva segamisega paakreaktor (*continuous stirred tank reactor*, CSTR). Kääriti kasutamisel kõrge kuivainesisalduse juures eelistatakse aeglaselt pöörlevaid labasegureid. Eespool nimetatud biogaasijaama põhiosad on: sisendi kogumispak, sisselaske- (toite-) ja väljalaske- (heite)torustik, kääriti, gaasihoidla, säilitusmahutid, homogeenimispaak, gaasitorustik, klapid, tarvikud, segamiseadmed, küttesüsteemid ja pumbad (Weiland, 2010).

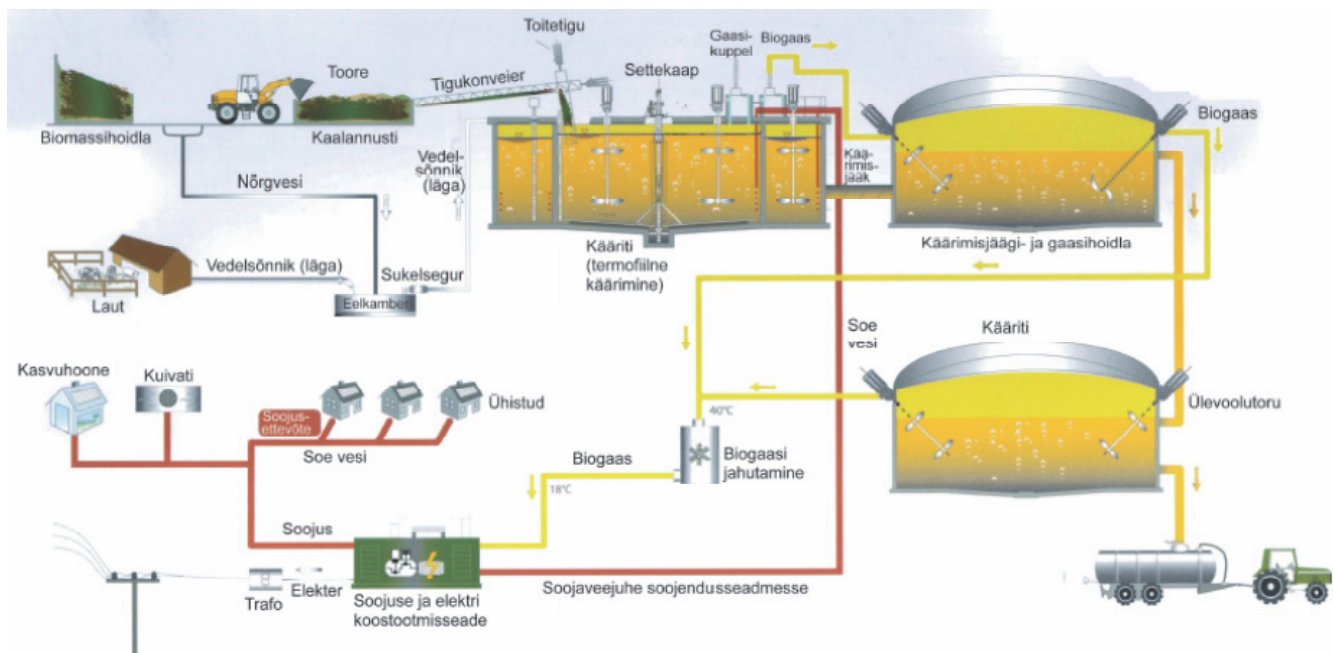
Biogaasi tootmisprotsess

Anaeroobse kääritusseadme tööprotsess hõlmab järgmisi põhietappe:

- jäätmete eeltöötlemine, mis harilikult hõlmab purustamist, peenestamist, sõelumist ja segamist;
- jäätmete kääritamine, sh toorme annustamine kääritisse ja segamine;
- biogaasi käitlemine, sh kogumine, töötlemine, hoiustamine ja kasutamine;
- viimane etapp: käärimisjäägi (digestaadi) käitlemine (Handbook ..., 2009).

Hinnu farmi kavandatava biogaasijaama täpsem skeem võiks oluliselt sarnaneda praegu Saksamaal Bad Dürrenbergis töötava jaama omaga (vt Joonis 4). Toormed (rohtne biomass ja läga) sisestatakse rõngakujulise püstkääriti sisemusse ja kääritatakse 40 päeva temperatuuril 50 °C. Nendes tingimustes toodetakse umbes 90% biogaasist. Seejärel juhitakse kääritatud mass veel 40 päevaks kääriti välimisse ossa (temperatuurile 38 °C) ja viimaks järelkääritisse. Tänu kääriti kompaktsusele ja tõhusale isolatsioonile (soojusjuhtivustegur: 0,4 W/m²K) kulub kääritustemperatuuri hoidmiseks vaid 12,5–20% toodetavast energiast ka siis, kui välistemperatuur on –20 °C.

Hinnu farmis kasutatava ja ülalkirjeldatud tehnoloogia ainus erinevus on madalama kääritustemperatuuri (38–40 °C) kasutamine ja/või gaasipuhastusseadmete kasutamine variandis B₂. Töötlustemperatuuri järgi on anaeroobsete kääritustehnoloogiate liigitus järgmine: psührofiilne protsess – kuni 20 °C; mesofiilne protsess – 30–40 °C; termofiilne protsess – 55–60 °C.



Joonis 4. SBBiogas GmbH (Saksamaa) biogaasijaama tehnoloogiaskeem, <http://www.sbbiogas.de/>

Variant B₁

Kui Hinnu näitlikus biogaasijaamas toodetavat biogaasi kasutatakse soojuse ja elektri tootmiseks (sh ka farmi enda vajadusteks) koostootmisjaamas, saab toota kuni 5 GWh elektrit ja üle 5,2 GWh soojust (vt Tabel 10).

Tabel 10. Hinnu seafarmi biogaasijaam: metaanipotentsiaal, elektriline ja soojuslik võimsus

Biogaasitoorme liik	CH ₄ m ³ /aastas	Elektri	Elektriline	Soojuse	Soojuslik
		tootmine	võimsus	tootmine	võimsus
		kWh _{el}	kW _{el}	kWh _{sooj.}	kW _{sooj.}
Sealäga	156 295	593 546	74	630 275	79
Tapajäätmed	16 848	63 982	8	67 941	8
Reoveesete					
(Kuusalu reoveepuhastist	3511	13 333	2	14 158	2
Allika külas)					
Energiakultuurid 1					
(kasutamata maalt	543 560	2 064 223	258	2 191 960	274
Kuusalu vallas)					
Energiakultuurid 2					
(haritavalt maalt	590 550	2 242 673	280	2 381 452	298
Kuusalu vallas)					
Kokku	1 310 764	4 977 757	622	5 285 787	661
KOKKU (ilma reoveesetteta)	1 307 253	4 964 424	621	5 271 628	659

Hinnu biogaasijaama tehnilise spetsifikatsiooni koondandmed on esitatud Tabel 11.

Tabel 11. Biogaasijaama ning soojuste ja elektri koostootmisjaama spetsifikatsioon Hinnu farmis

Nr	Parameeter	Ühik	Väärtus
1	Substraatide (sisendtoorme) kogus*	t/päevas	81
2	Biogaasi toodang**	m ³ /päevas	5970
3	Elektri toodang	GWh/aastas	4,96
4	Elektriline võimsus	kW	621
5	Soojusenergia toodang	GWh/aastas	5,27
6	Soojuslik võimsus	kW	659
7	Kääritid	arv	2
8	Kääriti maht	m ³	2100
9	Tööjõukulu	h/päevas	2
10	Pindala vajadus	ha	0,4
11	Digestaadi kogus	t/aastas	14 788

* Kõigi substraatide (v.a reoveesete) kogus

** Biometaani (CH₄) eeldatav sisaldus on 60%

Soojust saab eeldatavasti kasutada farmis endas, nt hoonete kütmiseks, tapamaja tehnoloogilisteks vajadusteks ning biogaasireaktorite kütmiseks. Ülejäänu saaks müüa kohaliku piirkonna küttesüsteemile. See toob aga kaasa soojustvõrgu rajamise *lisakulud*. *Elektrienergia* ülejäägi saaks müüa elektrivõrku taastuvelektrina.

Variant B2

Biogaasi puhastamisel mootorikütuseks on järgmised tehnoloogilised elemendid:

- madalrõhu (kuni 0,5 baari) gaasihoidla (kahekihilise membraaniga, asub metaanireaktori järel);
- 1-2 põhikäriti järel asuvat käaritit, et kompenseerida biogaasi tootmise, puhastamise ja kasutamise ebastabiilsust;
- gaasipuhastusseadmed koos kompressoriga;
- kõrgrsurvemahutid;
- biometaanitankla.

Tabel 12. Biogaasijaama ja gaasipuhastusseadme spetsifikatsioon Hinnu farmis

Nr	Parameeter	Ühik	Väärtus
1	Substraatide (sisendtoorme) kogus*	t/päevas	81
2	Biogaasi toodang **	m ³ /päevas	5970
3	Biometaani toodang	m ³ /päevas	3582
4	Biometaani toodang	m ³ /aastas	1 307 253
5	Kääritid	arv	2
6	Kääriti maht	m ³	2100
7	Tööjõukulu	h/päevas	2
8	Pindalavajadus	ha	0,4
9	Digestaadi kogus	t/aastas	14 788

* Kõigi substraatide (v.a reoveesete) kogus

** Biometaani (CH₄) eeldatav sisaldus on 60%

Digestaadi kasutamine

Sõnniku, läga ja rohtse biomassi anaeroobse kääritud jääki – digestaati saab kasutada väetisena põllukultuuridele ilma sisendtoorme eelneva tötluseta. Kui kasutatakse ka muid substraate (nt reoveesete) või substraate lisatakse suvalises järjekorras, tuleks kõiki substraate eeltöödelda või digestaati tuleks järeltöödelda, et seda saaks kasutada väetisena. Vastasel juhul saab digestaati kasutada ainult rekultiveerimisel maastikukujunduses.

Märgkääritudel võib toodetav digestaadi kogus olla keskmiselt 0,5 tonni biomassi värske massi (VM) tonni kohta (Luning jt, 2003). Kuna anaeroobse kääritudprotsessi käigus toitainete kadu ei ole, võrdub digestaadi toitainete kogusisaldus biomassi toitaainesaldusega (Møller jt, 2009). Samas võivad anaeroobse kääritudamise protsessis sõnniku, läga ja muude substraatide füüsikalised ja keemilised parameetrid oluliselt muutuda (vt Tabel 13). Peamine füüsikaline muutus on homogeensuse suurenemine ja kuivainesalduse vähenemine; see muudab digestaadi sõnnikust paremini laotatavaks (Tamm, 2010b). Ammooniumlämmastiku sisaldus (NH₄-N; seda omastavad taimed paremini) kasvab ning fosfori ja kaaliumi suhe on sõnnikuga võrreldes samuti taimede vajadustega sobivam (Tamm, 2010b).

Digestaati hoiustatakse enamasti katmata mahutites, millest mitmed gaasid (CO₂, NH₃, N₂O ja CH₄) võivad pääseda atmosfääri ning mõjutada seega keskkonda ja kliimat. Mahutite katmine aitab vähendada gaasi heitkoguseid ja kinni püüda jääkmetaani (Biofuels, 2009). Digestaadi põlluväetisena kasutamisest tekkivaid kaudseid heiteid (transpordil, laotamisel) on raske prognoosida vaid digestaadi koostise alusel. Kui aga digestaadi kasutamine soodustab süsinikusisalduse tõusu pinnases teatud ajavahemiku (nt 100 aastat) jooksul, näitab see süsiniku tegelikku pikaajalist eemaldamist süsinikutsüklist. Süsteemi see eelis tähendab välditud süsinikdioksiidiheiteid. Mullaomaduste parandamine, mulla veesidumisvõime suurendamine, väiksem herbitsiidide/biotsiidide vajadus, parem pinnasestruktuur ja väiksem erosioon võivad kaasa tuua ka kasvuhoonegaaside emissiooni vähenemise (Møller jt, 2009; Tilksen, 2011).

Tabel 13. Digestaadi ja läga kuivaine ja toitainete sisaldus (Birkmose jt, 2009; Tamm, 2010b)

	Kuivaine- sisaldus, %	N _{ald} -, kg/t	NH ₄ -N, kg/t	P, kg/t	K, kg/t	pH
Digestaat	4,8	4,4	3,5	1	2,3	7,6
Sealäga	5,0	4,8	2,9	1,1	2,3	7,1
Veiseläga	7,5	3,9	2,4	0,9	3,5	6,9

2.4. Tulevikuvariantide kokkuvõte

Kolme vaatluse all olnud variandi kokkuvõte on toodud allpool, vt Tabel 14. Variant **A** hõlmab biogaasi praeguseid tootmiskohti. Eeldatakse ka Loo soojuse ja elektri koostootmisjaama plaanide realiseerumist, ehkki need on ajutiselt peatatud ja võivad sel põhjusel muutuda. Hinnu biogaasijaama sisenditel on alternatiivkasutus variandis **A**: Sealäga kasutatakse lähedalasuvatel põldudel väetisena ja tapajäätmeid töödeldakse Väike-Maarja Loomsete Jäätmete Käitlemise Tehases. Lisaks juba kavandatud arengusuundadele ja biomassi praegusele kasutusele variandis **A** eeldatakse variandi **B** puhul kõigi Tabel 9 olevate sisendite (peale reoveesete) kasutamist Hinnu biogaasijaamas biogaasi tootmiseks. Reoveesetete mittekasutamise põhjused on seotud nende suhteliselt mõõduka biometaanipotentsiaaliga, kuid samas negatiivse mõjuga digestaadi kvaliteedile (patogeenid ja ravimijäägid). Variandis **B** on biogaasi kasutamisel kaks võimalust.

Variandi **B₁** puhul eeldatakse soojuse ja elektri koostootmisjaama rajamist, mis toodab ligikaudu 5 GWh elektrit ja veidi enam soojust aastas, vt Tabel 10 ja Tabel 11.

Tabel 14. Tulevikuvariandid A ja B 2020. aastal

Variant	Sisend	Biogaasi tootmine	Lisandväärtus	Digestaat väljundis
A		Tallinna Vesi Prügila biogaas Maardu biogaasijaam	Loo soojuse ja elektri koostootmisjaam	
B	Sealäga 15 323 tonni aastas Tapajäätmed 78 tonni aastas Rohtne biomass 14 175 tonni aastas	Hinnu biogaasijaam	B ₁ : Hinnu soojuse ja elektri koostootmis-jaam Väljundid, vt Tabel 11 B ₂ : Hinnu biogaasi puhastusseade, vt Tabel 12	14 788 tonni

Variandis **B₂** puhastatakse biogaas maagaasi kvaliteediga biometaaniks, mis annab 1 307 253 m³/aastas biometaani (vt Tabel 12).

3.2. Biogaasitoorme transport

Sealäga ja tapajäätmed saadakse Hinna seafarmist – seega puuduvad nende substraatide puhul transpordikulud. Üks olemasolevatest biogaasi tootmisressurssidest Hinnus – reoveesete Kuusalu piirkondlikust reoveepuhastist (omanik Kuusalu Soojus OÜ) on biogaasi tootmisvõimaluste analüüsist välja jäetud, sest sellest saadud digestaadi edasine kasutamine on probleemne patogeenide ja ravimijääkide võimaliku sisalduse tõttu. Ent isegi selle probleemi edaspidise lahendamise korral puudub lähedase asukoha tõttu vajadus reoveesetet transportida.

Transpordikulud on seega seotud Hinna biogaasijaama ühe põhiressursiga – rohtse biomassiga nii haritavalt kui ka kasutamata maalt Kuusalu vallas. Rohtse biomassi ressurss Hinna biogaasijaama puhul on hinnanguliselt 14 200 tonni aastas. Transpordikulude väljaarvutamiseks on kasutatud uuringu (Tartu ..., 2010) prognoose. Selle kohaselt on praegune transpordikulu 10-tonnise veoauto korral ca 1 EUR/km. Võttes arvesse eelpool nimetatud rohtse biomassi hulka ja keskmist kaugust põldudelt Hinna farmi (umbes 25 km), saab arvutada orienteeruvad transpordikulud:

$$14\,200 / 10 * 1 * 25 = 35\,500 \text{ EUR (2,5 EUR/t)}$$

Kuna 2020. aastaks võib hinnata 25–30% transpordikulude kasvu (kui aastainflatsioon on 2,5–3%), on prognoositavad rohtse biomassi transpordikulud Hinna biogaasijaamas 3,25 EUR/t ja kokku 46 150 EUR.

Uuringus (Tartu ..., 2010) on rohtse biomassi kogukuludeks prognoositud üsna laia vahemikku – alates 300 kroonist (ca 20 EUR) 700 kroonini (ca 45 EUR). Transpordikulude osa on seal 12–27% (84 krooni/t ehk 5,4 EUR/t). Võttes arvesse, et Hinna biogaasijaama puhul on transpordikulud märkimisväärselt madalamad (eelkõige lühema vahemaa tõttu) ja uuringu (Tartu ..., 2010) arvud on peamiselt seotud poollooduslike rohumaadega (väiksem saagikus), on rohtse biomassi kogukulud Hinna biogaasijaamas 2020. aastal hinnanguliselt vahemikus 20–30 EUR/t.

3.3. Biogaasi puhastamismeetod

Vaadeldavatest substraatidest toodetava biometaan (100% CH₄) üldkogus on 1 310 763 m³, ilma reoveesete kasutamisetä 1 307 253 m³ (vt tabel 9). Saadavas biogaasis on biometaan (CH₄) sisaldus 60% ja ülejäänud 40% on süsihappegaas (CO₂). Selliste omadustega biogaasi saab otse juhtida koostootmisjaama elektri ja soojuse tootmiseks või puhastada täiendavalt ja seejärel kasutada juba mootorikütusena.

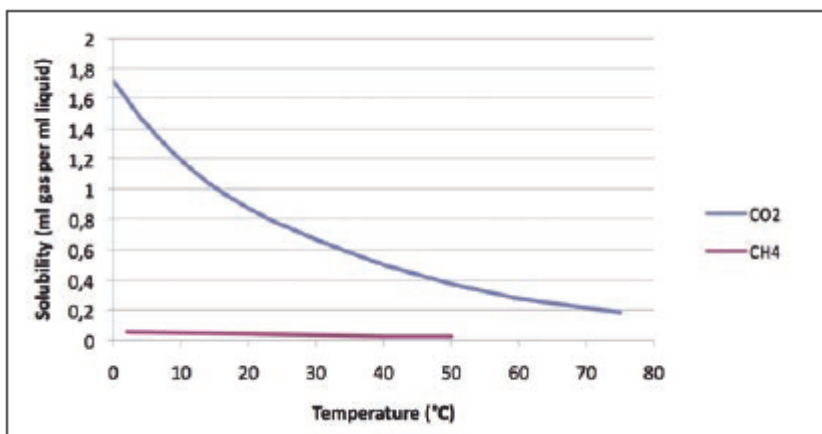
Biogaasi tõhusaks kasutamiseks mootorikütusena tuleb tõsta metaanisaldust. See saavutatakse peamiselt süsinikdioksiidi eemaldamisega, mille tagajärjel kasvab gaasi energeetiline väärtus. Praegu kasutatakse süsinikdioksiidi eemaldamiseks biogaasist nelja peamist meetodit, eesmärgiga saavutada mootorikütuse standard või maagaasi kvaliteet maagaasivõrku juhtimiseks. Need meetodid on:

- kõikuvrõhu adsorptsioon,
- vesiskrabertehnoloogia (vesipuhastus),
- polüetüleen-glükooli absorptsioon,
- membraaneraldus.

Kõikuvrõhu adsorptsioon (ingl k *pressure swing adsorption, PSA*) – süsinikdioksiid adsorbeerub rõhu all olevasse adsorbenti (aktiivsüsi, silikageel, alumiiniumoksiid või muu vajalike omadustega aine) ning gaasi jääb alles metaan. Eelnevalt tuleb eraldada vesi ja H₂S. Adsorbent regenereeritakse rõhu alandamise teel ning süsinikdioksiid lendub.

Vesiskrabertehnoloogiat (vesipuhastust ((ingl k *water scrubber*))) kasutatakse CO₂ ja H₂S eemaldamiseks biogaasist adsorptsiooniga, sest need gaasid lahustuvad vees metaanist paremini. Süsinikdioksiid lahustub seega metaanist suuremas ulatuses, eriti madalamatel temperatuuridel (Joonis 6). Puhastist väljuval gaasil on seega suurem metaanisaldus. Adsorptsioonikolonnist väljuv vesi suunatakse paisupaaki, kus mõningal määral metaani, aga peamiselt süsinikdioksiidi sisaldav lahustunud gaas eraldatakse ja suunatakse tagasi toorgaasi sisendisse. Vee ringlussevõtu vajaduse korral suunatakse see plasttäidisega desorptsioonikoloni, kus see puutub kokku vastassuunalise õhuvooluga, millesse eraldatakse süsinikdioksiid.

Vesiskrabertehnoloogia on levinuim puhastustehnoloogia ja vastavad seadmed on müügil. 2009. aastal kasutati maailmas seda tehnoloogiat 42-s biogaasi puhastusjaamas 120-st (Petersson ja Wellinger, 2009). Biorega AB (Rootsi) on välja töötanud väikestele toorgaasi voolukiirustele (12–18 Nm³/h) mõeldud vesiskraberit. Biorega AB süsteemis desorbeeritakse süsinikdioksiid desorptsioonikoloni külge ühendatud vaakumpumba abil.

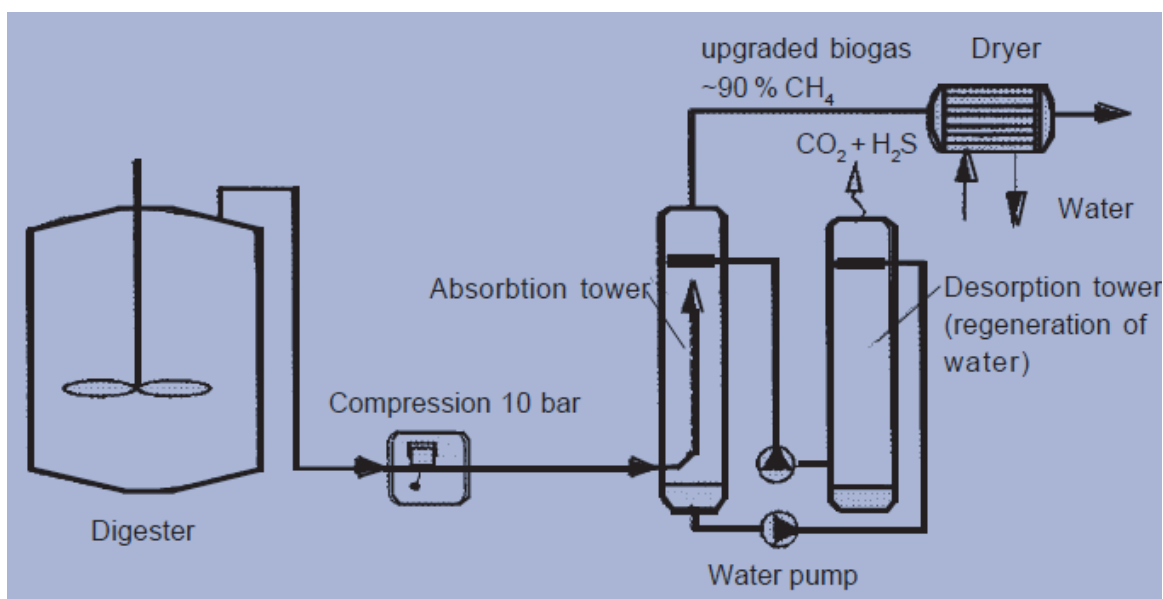


Joonis 6. Metaani ja süsinikdioksiidi lahustuvus vees (andmeallikas: Gas Encyclopedia)

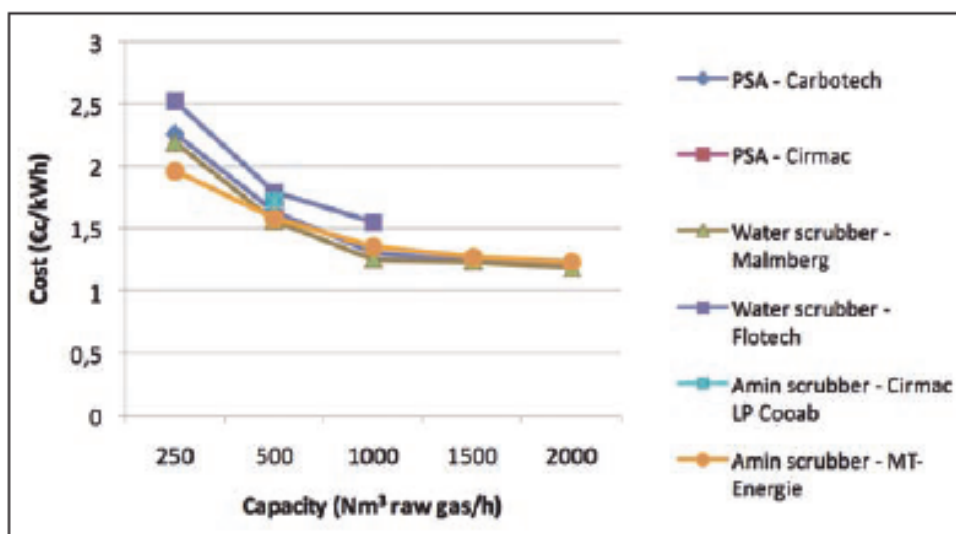
Alternatiivse vesiskrabertehnoloogia on välja töötanud Metener (Soome). Biogaas puhastatakse ja survestatakse samaaegselt perioodilises režiimis umbes 150 baarini. Seejärel täidetakse kolonn kõrgsurve-veepumpade abil veega. Süsinikdioksiid ja väävliühendid lahustuvad vees. Puhastamise järel väljub kolonnist surve all puhas gaas. Vesi regenereeritakse paisupaagis ja sellele järgnevas regenereerimispaagis. See tehnoloogia sobib enim biogaasi voolukiirustele 30–100 Nm³/h ja seda on tutvustatud katsetehases võimsusega 40 Nm³/h Laukaas Soomes. Biogaas survestatakse ja juhitakse täidiskoloni alla, mille ülaossa juhitakse vesi, mistõttu adsorptsiooniprotsess toimub vastuvoolu (Joonis 7). Kasutatud vett saab regenereerida rõhu eemaldamise või õhuga väljapuhumisega (välja arvatud H₂S puhul) ja retsirkuleerida tagasi adsorptsioonikoloni. Kõige tõhusam viis on vett mitte retsirkuleerida, juhul kui saab kasutada „odavat“ vett, nt reoveepuhasti äravooluvett. (Petersson ja Wellinger, 2009).

Absorptsioon naatriumhüdroksiidi (NaOH) vesilahuses suurendab vee adsorptsioonivõimet, sest adsorptsiooniprotsess on siis lisaks füüsikalisele ka keemiline. Naatriumhüdroksiid reageerib vesinikdisulfiidiga ja tekitab naatriumdisulfiidi või naatriumvesiniksulfiidi. Et mõlemad soolad

on vees lahustumatud, ei ole see meetod regeneratiivne. Kuna aga vee absorptsioonivõime suureneb, on vaja väiksemaid mahte, mistõttu väheneb ka pumpamisvajadus. Põhipuudus on suurte naatriumsulfiidiga saastatud veekoguste kõrvaldamine (Wellinger & Lindberg, 2004).



Joonis 7. Vesiskrabi skeem: vee absorptsioon retsirkulatsiooniga süsinikdioksiidi ja/või vesiniksulfiidi eemaldamiseks biogaasist (Wellinger & Lindberg, 2004)



Joonis 8. Biogaasi puhastusjaamade prognoositav kulu eri tehnoloogiate kasutamisel (Urban jt, 2008)

Sageli on võimalik metaanikadusid vähendada, kuid see toimub suurema energiatarbimise arvel. Väljaarendatud puhastustehnoloogiate kulud sõltuvad kindlasti tehnoloogiast, aga kõige rohkem siiski seadme suurusest (Joonis 8). Samas areneb biogaasi puhastamise valdkond kiiresti ning seega on oodata muutusi ka kuludes. Tänapäeval on müügil alla 250 Nm³/h võimsusega seadmeid, samas rajatakse ka üle 2000 Nm³/h jaamu. Selline areng ja suurem jaamade arv toovad tõenäoliselt kaasa ka madalamad hinnad. (Pettersson ja Wellinger, 2009).

Hinnu farmi biogaasijaama kavandatav tootlikkus on 249 m³ biogaasi tunnis. Võttes arvesse mitmesuguste puhastustehnoloogiate hoolduskulusid, on see tootlikkuse tase piiripealne, mille

juures tehnoloogiate kulud hakkavad vähenema ja ühtlustuma (joonis 8). Seepärast oleks Hinnu farmi puhul optimaalne valida vesiskrabertehnoloogia. Kuna Kuusalu reoveepuhasti asub farmi lähedal, saab biogaasi puhastusprotsessi töötlusveena tasuta kasutada puhastatud reovett.

3.4. Biogaasi tarbimine Hinnus transpordikütusena (variant B₂)

Biogaasi võimalikud kasutajad

Praegu on parim tehniline lahendus kasutada transpordis biogaasi surumaagaasisõidukites, sest seda tehnoloogiat on võimalik kasutada ka biogaasiga. Praegu on Eestis kaks surumaagaasitanklat – Tallinnas (alates 2009. augustist) ja Tartus (alates 2011. aasta märtsist) – vt lähemalt (Pädam ja Kallaste, 2011). Surumaagaasibusse kasutatakse Tartus linnaliinidel (5 bussi) ja katseliselt ka Tallinnas – nende tasuvus on tõestatud. Võimalikud kasutajad on ka biogaasitankla läheduses liiklevad muud transpordivahendid. Praegu on Tallinnas ja Tartus mõnisada surumaagaasiautot – peamiselt erasõidukid, ent neid on ka mitmel ettevõttel ja asutusel (AS Eesti Post, AS Eesti Gaas, mõned taksod jne). Kuna nõue registreerida transpordivahendid omanike aadressi alusel on Eestis viimastel aastatel kohustuslikuks muutunud, ei ole võimalik täpselt määrata transpordivahendite tegelikku arvu Eesti maakondade lõikes.

Tabel 15 on ligilähedaseks orienteerumiseks esitatud mootorsõidukite arv Harju maakonnas (ilma Tallinnata) ja Tallinnas.

Tabel 15. Mootorsõidukite ja haagiste arv Harju maakonnas, 2010

	Autod	Bussid	Veoad	Mootorrattad	Mootorsõidukid	Haagised
Harjumaa	63 896	334	9823	2745	76 798	8192
Tallinn	132 906	1269	21 599	3741	159 515	13 671
Kokku	196 802	1603	31 422	6486	236 313	21 863

Allikas: Statistikaamet

Harju maakonnas koos Tallinnaga oli 2010. aastal registreeritud 236 313 sõidukit, millest 60% oli erakasutuses. Ilma mootorrattasteta on see arv 229 827. Keeruline on ennustada, kui palju neist kasutaks surumaagaasi (mis võimaldab kasutada kütusena ka biometaanit). Rootsi kogemuste põhjal võib eeldada, et 2020. aastaks on umbes 3% uuena ostetud mootorsõidukitest surumaagaasi kasutavad (Henriksson ja Pädam, 1999). Uute sõidukite koguarv Eestis on ca 13 000 aastas (Maanteeamet, 2010) ja umbes 40% neist ostetakse Harju maakonnas (koos Tallinnaga). Seega võiks 2020. aastaks surumaagaasisõidukite arv Harju maakonnas kasvada ligikaudu 150 võrra. Nagu ettevõtete puhulgi, kulub ka erasõidukite juhtidel biogaasi alal teadlikuks saamiseks aega ning uued tehnoloogiad nõuavad harjumist, aega nõuab ka tanklavõrgustiku arendamine.

Biometaanitavakasutajad võiksid olla näiteks lähiliinibussid, prügiveoad, taksod jms sõidukid. Statistikaameti transpordistatistika kohaselt veetakse 65% kõigist hulgikaupadest 50 km raadiuses. Biometaanit lõpptarbijad võivad olla kõikvõimalikud eri transpordiliikidega tegelevad transpordiettevõtted, tänavapuhastusettevõtted, postiteenused, politsei, kiirabi jne. Biometaanil saavad sõita kõik transpordivahendid, mis töötavad surumaagaasitanklate läheduses.

Biogaasi tarbimine Hinnus transpordikütusena

Võttes arvesse, et biometaanit aastase brutotoodanguga 1 307 253 m³ võiks energia netotoodang olla umbes 1 200 000 kWh/aastas – saaks aastas tankida umbes 1 200 autot või 135

raskeveokit (veoautot). Need võivad olla rohtset biomassi vedavad veoautod, prügiveoautod, kohalike veofirmade transpordivahendid ja eraautod.

Näib, et potentsiaalsete biometaani tarbijate varustamiseks on kolm võimalust.

- 1) Tankla ehitamine biogaasi tootmise/puhastamise jaama juurde Hinnus.
 - 2) Tankla (surumaagaasitankla) ehitamine Tallinna-Narva maantee äärde – olemasolevat tanklat kasutades – vt sinisega märgitud Joonis 5 (koordinaadid: x:6590919 y:581413).
 - 3) Toodetava biometaani juhtimine olemasolevasse maagaasivõrku (vt Joonis 5).
- See on võimalik pärast vastava õigusliku baasi juurutamist (standardid jms).

Võttes arvesse Hinnu biogaasijaama parameetreid ja piirkonna turupotentsiaali biometaani kasutamisel mootorikütusena, näib parimana kas kolmas võimalus – või 2. ja 3. võimaluse ühendamine.

3.5. Tuleviku arengusuunad

Pärast iseseisvuse taastamist 1991. aastal hoogustus Eestis transpordisektor, iseäranis maismaatransport. Sõiduautode (sh erasõidukid) arv kasvas märgatavalt tänu imporditud kasutatud autode lisandumisele turul. Kasutatud autode juurdekasv on toimunud senini tõusvas joones, samas on paralleelselt kasvanud ka uuena ostetud autode arv. Sama saab väita ka veoautode ja põllumajandussõidukite ning muudes majandussektorites vajalike erisuguste transpordivahendite kohta. Viimase kümnendi jooksul on kasvanud ka diiselmootoriga sõidukite arv.

Erinevate mootorikütuste hinnad on samuti pidevalt tõusnud, need kajastavad maailma naftahindu ja ELi nõuetel põhinevat kallinevat kütuseaktsiisi. Aktsiisimaks moodustab kütuse hinnast peaaegu poole. Riigis on käimas kütusetarbimise mitmekesistamine. Peale bensiini ja diislikütuse on maismaatranspordis edukalt juurutatud ka surumaagaasi. Maagaas imporditakse Venemaalt Gazpromi vahendusel. Praegu on arutluse all gaasivõrgu ühendamine ühte tervikkasutusse koos peamise elektrivõrguoperaatoriga Elering AS. Suure tõenäosusega võib see toimuda 3-4 aasta jooksul.

AS Eesti Gaas on hiljuti investeerinud surumaagaasitanklatesse Tallinnas ja Tartus, järgmised tanklad on kavas rajada Narva ja Pärnusse, samuti teine tankla Tallinnas Mustamäele. Need suunad katavad riigi maismaatranspordi kõiki põhimarsruute. Samal ajal loob see kindla aluse surumaagaasi laialdasemaks kasutamiseks linnatranspordis. Tõenäoliselt jäävad eespool nimetatud kolm suunda: idas – Tallinn >> Narva, kagus – Tallinn >> Tartu ja lõunas – Tallinn >> Pärnu põhimarsruutideks, mille lähiümbruses hakatakse biometaani esmajoones kasutama.

Üleminek mitmesugusel toormel põhinevale biogaasitootmisele on ette nähtud Eesti kahe suurema linna – Tallinna ja Tartu – arengukavades. Tallinna linn arutleb praegu lähedalasuvate biogaasijaamade potentsiaali üle. Hinnu seafarmi biogaasijaam võiks olla esimene võimalik tootmiskoht Harju maakonnas.

Tartu linn on üle vaadanud eelmised kavad reoveepuhasti reoveesette kasutamiseks soojuse ja elektri koostootmisjaamas, sest viis surumaagaasiga linnaliinibussi näitasid positiivseid tulemusi. Need julgustavad märgid lubavad koostada pikaajalisi prognoose biometaani ulatuslikumaks kasutamiseks kogu riigis.

4. Keskkonna- ja majandusliku mõju hindamine Harjumaal

4.1. Toidujäätmete vältimise mõju

Kasvuhoonegaaside (KHG) emissioonide vähenemist ja kulude kokkuhoidu toidujäätmete vältimise tulemusena projekti *W-Fuel* Eesti sihtpiirkonnades hinnati Soome andmete põhjal saadud tulemusi üldistades. See analüüs viidi läbi Nea Teerioja poolt Helsingi Piirkonna Keskkonnateenistusest (*HSY*) koostöös Eesti projektipartneritega ja arvestades *Biojätmete ja reoveesete tekke vältimise* töövaldkonna tulemusi Eestis. Töös kasutatud üldistava lähenemise tõttu saab artiklis toodud tulemusi arvestada ligikaudsete (suunavate) hinnangutena.

Kõik analüüsis kasutatud põhinäitajad sõltuvad olulisel määral biojätmete koostisest vaatlusaluses riigis. Tuleb märkida, et vastavate Eestis tehtud uuringute tulemustel on selle analüüsi juures oluline eeldus – toidujäätmete osakaal biojätmetes Eestis üsna lähedane Soome näitajale (samuti 80% piires).

KHG emissioonide vähenemine välditud toidujäätmete koguse kohta sõltub ka riigi põllumajanduse struktuurist ja impordist, sisaldades kogu elutsükli vältel tekkinud emissioone. Kulude kokkuhoid toidujäätmete vältimisel sõltub peamiselt riigi hinnatasemest ja on arvatud jäätmetekitaja seisukohalt lähtudes. Seal on arvestatud toiduainete ostmise ja käitlemise kulud (nt transpordile, ladustamisele, toiduvalmistamisele) ning jäätmetasusid. Keskkonna- ja majandusliku mõju analüüs viidi läbi kolme jäätmevältimise stsenaariumi B1, B2 ja B3 alusel, mida võrreldi baas-stsenaariumiga A (nn *BAU* – *Business as Usual*), mille puhul jäätmevältimist aastaks 2020 ei edendata. Stsenaariumite kirjeldused on toodud Tabelis 16.

Tabel 16. Võrreldavad stsenaariumid

Stsenaarium	Kirjeldus
A	Jäätmevältimise meetmeid ei rakendata, biojätmete kogus suureneb senises tempos
B1	Vältimise eesmärk: Biojätmed vähenevad 2 % võrreldes 2008. a kogustega
B2	Vältimise eesmärk: Biojätmed vähenevad 15 % võrreldes 2008. a kogustega
B3	Vältimise eesmärk: Biojätmed vähenevad 30 % võrreldes 2008. a kogustega

Keskkonnamõju analüüsil kasutati otseselt Soome emissioonide vähenemise näitaja väärtust (4,6 tCO₂eq/t). Majandusliku mõju analüüsil aga arvestati Eesti madalamat hinnataset – eeldati, et aastal 2020 moodustab hinnatase Eestis ca 75% Soome hinnatasemest (Kiander, 2012). Analüüsi tulemused Eesti ühe sihtpiirkonna Harjumaal kohta on esitatud alltoodus, vt Tabel 17.

Tabel 17. Toidujäätmete vältimise keskkonna- ja majanduslik mõju Harjumaal (sh Tallinn) 2020.a

Stsenaarium	Välditud toidujäätmete kogus võrreldes A-stsenaariumiga (<i>BAU</i>) 2020.a, t	Emissioonide vähenemine 2020.a, tCO ₂ eq	Kulude kokkuhoid 2020, väljendatuna 2010.a vääringus, MEUR	Kulude kokkuhoid 2020, väljendatuna 2010.a vääringus, EUR/elanik*
B1	6538	30076	29	59
B2	16447	75656	73	147
B3	27520	126591	122	246

* Rahvastiku prognoos Harjumaal aastaks 2020 on 497 113 inimest (Eesti Statistikaamet; Siseministeerium, 2009).

Tabel 17 toodud tulemused näitavad, et sõltuvalt toidujäätmete vältimise eesmärkide saavutamise tasemest 2020. aastaks võivad emissioonid Harjumaal väheneda 30 000 kuni 127 000 tCO₂eq ja kokku võib hoida 29 kuni 122 MEUR, s.o 59 kuni 246 EUR elaniku kohta.

4.2. Biogaasi tootmise ja kasutamise keskkonna- ja majandusmõju

Kääritamisprotsessi hoolikas juhtimine, digestaadi keskkonnasõbralik käitlemine hoidlas ja edasisel kasutamisel annavad potentsiaalselt väiksema kliimamõju kui kääritamata sõnniku käitlemine. Lisaks lõhnab digestaat oluliselt vähem ja kääritatud sõnnik sisaldab rohkem lämmastikku kujul, mida taimed saavad paremini omastada. Suurem hoolsus väetamisel vähendab oluliselt lämmastiku leket pinnavette.

Kirjanduse allikatest on teada, et söötisolevate maade harimine suurendab lämmastiku väljaleostumist ligikaudselt 10 kg /ha kohta (Börjesson and Berglund, 2003, vt tabel 5.3), samal ajal kui tavaline maaharimine oluliselt ei mõjuta lämmastiku bilanssi. Hinna seafarmi lähiümbruses paiknevatel kasutamata maadel, mida on 210 ha, soodustaks energiakultuuride viljelemine lämmastiku täiendavat väljaleostumist 2100 kg, mis teeb ligikaudu 2 t aastas. Ülalviidatud kirjanduse allika järgi arvutades väheneb sõnniku asendamisel digestaadiga lämmastiku väljaleostumine kuni 7,5 kg /ha kohta. Eeldades nüüd vastavalt 30 t sõnniku ja digestaadi kasutamist ühe hektari kohta võimaldaks see asendada sõnniku kasutamist 500 hektaril. See vähendaks lämmastiku väljaleostumist 3,5 kg/ha. Kokkuvõttes on lämmastiku väljaleostumise vähendamise efekt positiivne ja vastab aastas arvestuses 1,6 tonnile.

Variandi B₁ puhul soojuste ja elektri koostootmisel saadud elekter tarbitakse farmis ja ülejääk müüakse võrku. Kaasneva soojustega on asi veidi keerulisem. Kuna Kuusalu aleviku keskküttevõrk paikneb Hinna farmist suhteliselt kaugel, siis võib toodetud soojustele tarbijate leidmine osutada problemaatiliseks. Variandi B₂ puhul eeldatakse, et biometaan kasutatakse täielikult ära mootorikütusena.

Tabel 18 annab ettekujutuse kirjeldatud kahe variandi puhul õhkupaisatavate heitmete kogustest võrreldes baasvariandiga A – senise arengu jätkumine (ingl k nn *BAU – Business as Usual*).

Tabel 18. Hinna farmi õhuheitmete vähenemine variantide B1 ja B2 puhul võrreldes variandiga A (BAU) aastal 2020

		CO ₂ t	HC t	NO _x t	PM t	SO ₂ t
B ₁	Koostootmisjaama kasutamisel saavutatavad heitmete vähenemised võrreldes variandiga A (BAU) (BAU puhul eeldatakse Eesti keskmist elektritootmise struktuuri, kus domineerib põlevkivi)	3 548	...	5,0	1,8	28,4
B ₁	Koostootmisjaama kasutamisel saavutatavad heitmete vähenemised võrreldes variandiga A (BAU) (BAU puhul eeldatakse nn piirelektri kasutamist, mis tõenäoliselt on toodetud maagaasist)	1 208	...	3,3	0,0	0,0
B ₂	Heitmete vähenemised puhastatud biogaasi kasutamisel sõiduautode kütusena	2 978	0,3	3,5	0,03	0,002

Tehtud analüüsi põhjal võib öelda, et keskkonnamõjude hindamistulemused on suurel määral sõltuvad sellest, millisel viisil toodetakse elektrit. Biogaas, mis koostootmisjaamas kütusena kasutamisel asendab ühe kilovatt-tunni elektrit Eesti keskmises elektritootmise struktuuris, kus täna 87% kuulub põlevkivielektrile, annab suurema emissioonide kokkuhoiu ühe kWh kohta,

võrreldes tema kasutamisega mootorikütuseks. Kuid juhul, kui biogaas asendab marginaalset- ehk nn piirelektrit, mis toodetakse Eestis tõenäoliselt maagaasist, on olukord vastupidine.

Keskkonnamõjusid võib saasteainete tonnide asemel väljendada ka nt rahalises vääringus, kasutades riigile omaseid väliskulude väärtusi, mis põhinevad varasematel uurimistöodel. Eesti kohta on detailne tabel õhusaasteainete lõikes esitatud projekti ingliskeelses lõpparuandes, mida saab allalaadida ka projekti kodulehelt www.wfuel.info (vt tabel 7 §2.4.). Siinkohal esitatakse see veelkord, vt Tabel 19.

Tabel 19. Väliskulude väärtused õhuemissioonidele Eestis

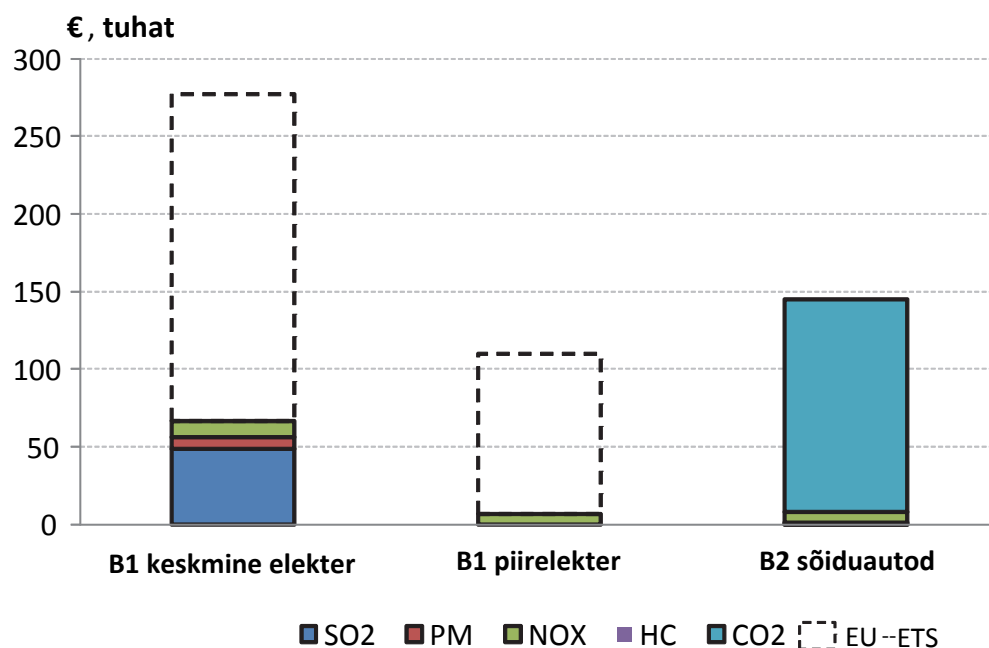
Õhu saasteaine	Elektritootmine*, EUR ₂₀₁₁ /t	Transport*, EUR ₂₀₁₁ /t
CO ₂ (2020-2029)	0**	46
MVOC	713	713
NO _x	1 997	1 997
PM	4 280	38 522
SO ₂	1 712	1 712

* Tarbijahinnaindeks IA02 oli aluseks 2011.a hindade arvutamisel kasutades Eesti Statistika andmeid.

**Vaikimisi võetud väärtus on null. Tundlikkuse analüüsil kasutatakse väärtust 46 EUR/t

Allikas: (Heatco, 2006 – vt tabelid 6.2 ja 6.5)

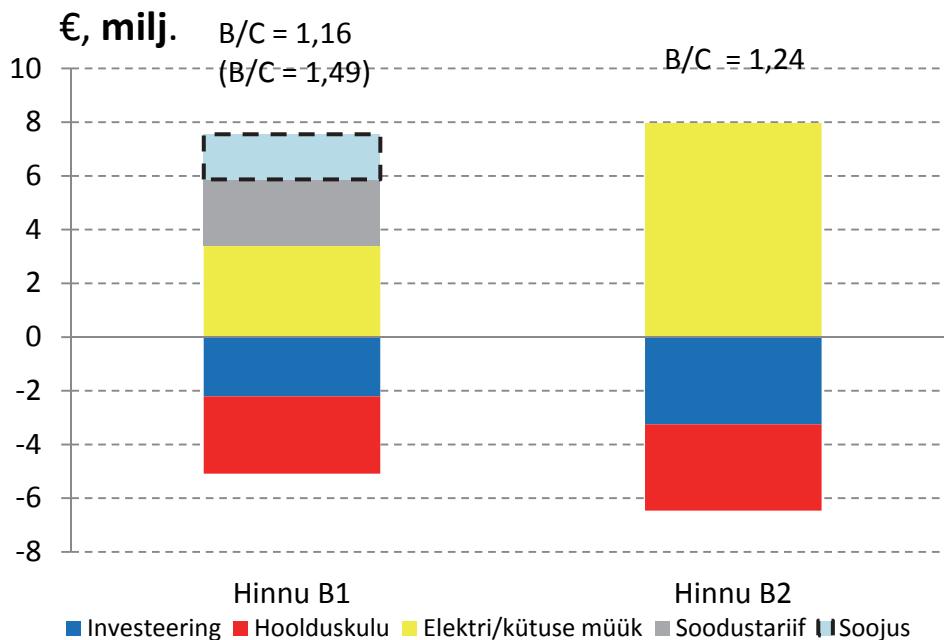
Kui eeldada, et Euroopa Liidu kasvuhoonegaasidega kauplemise skeemiga (ingl k *EU ETS*) tulevikus ei jätkata, osutub biogaasi kasutamine elektri ja soojuse koostootmiseks võrreldes Eesti keskmise elektritootmise struktuuriga paremaks kui biogaasi kasutamine mootorikütusena. Arvestades kasvuhoonegaaside lubatud heitkogustega kauplemise skeemi jätkumist, mis on väga tõenäoline, annab biogaasi kasutamine mootorikütusena siiski märksa suurema keskkonnaseisundi paranemise kui biogaasist toodetud elektriga kas keskmise- või piirelektri asendamine. Alljärgnev Joonis 9 kujutabki diagrammi abil neid ülalkirjeldatud variante Hinna näitliku biogaasijaama kohta tehtud arvutuste alusel aastal 2020.



Joonis 9. Hinnu näitliku biogaasijaama õhuheitmete vähenemised 2020.a väljendatud väliskuludena variantide B₁ and B₂ puhul võrreldes baasvariandiga A (BAU)

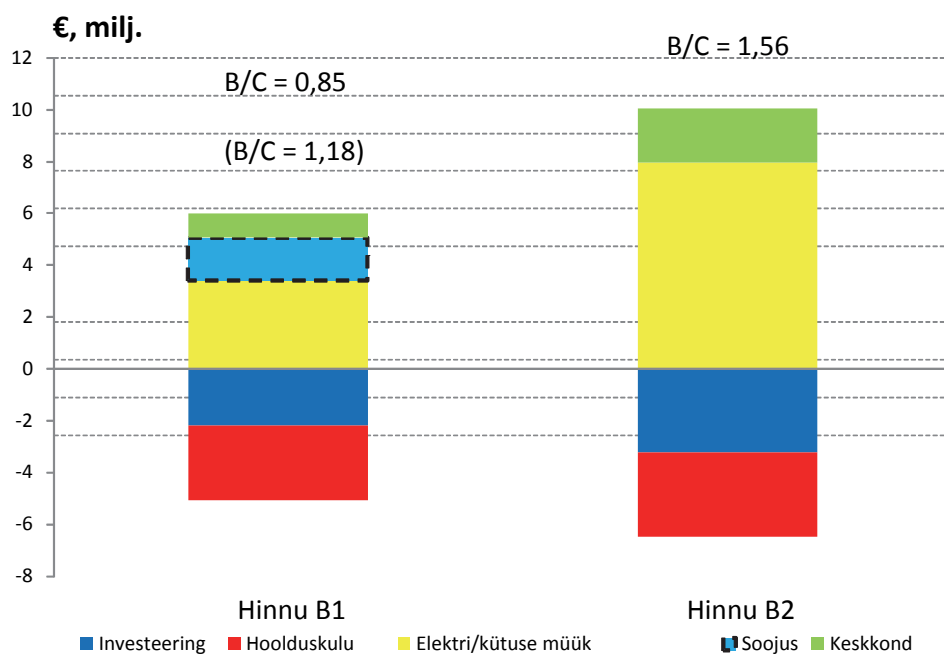
Joonisel 10 esitatud diagrammid esitavad Hinnu farmis biogaasi tootmise kulusid ja tulusid, kus täht B tähistab tulusid (ingl k *benefit*) ja C – kulusid (ingl k *cost*). Suhe, mis on ühest suurem, kirjeldab tulusat varianti. Nii investeeringud kui ka hoolduskulud on väiksemad juhul, kui Hinnu farm valiks elektri ja soojuse koostootmise variandi. Arvestades hetkel (kevad 2012) kehtiva taastuvenergia toetuskeemi (ingl k *feed-in tariff*) püsijäämist, on oodatav tuludekulude suhe suurem variandi B₁ puhul, kuid seda vaid tingimusel, et farm müüb mõlemat liiki toodetud energiat, elektrit ja soojust. Kui aga soojuse jaoks turgu ei leita, pakub variant B₂ paremat tulusust.

Väärib tähelepanu, et Joonis 10 kajastab üksnes äritulusust. Ühiskonna seisukohalt tervikuna vaadates on äärmiselt huvitav analüüsida olukorda, kus ka biogaasi tootmise ja tarbimisega kaasnevad väliskulud võetakse arvutustes lisaks. Sotsiaalse mõõtme sissetoomisel jäetakse praegu kehtiva taastuvenergia toetuskeemi poolt pakutav rahaline toetus arvesse võtmata, kuna analüüs hõlmab mõlemaid, nii neid, kes taastuvenergia toetust saavad (võrdselt suur pluss taastuvate allikate baasil elektri tootjatele) kui ka neid, kes maksavad (miinus kõikidele elektritarbijatele).



Joonis 10. Kulud ja tulud Hinnu näitliku biogaasijaama variantide B1 ja B2 jaoks, võrreldes baasvariandiga A (BAU), ajaldatud nüüdisväärtus

Alltoodud Joonis 11 illustreerib sotsiaalseid kulusid ja tulusid.



Joonis 11. Sotsiaalsed kulud ja tulud biogaasi tootmisel Hinnu farmis ajaldatud nüüdisväärtus –variant B₁ ja variant B₂ võrrelduna baasvariandiga A (BAU)

Analüüsi tulemused näitavad, et Hinnu farmis on koostootmisjaama rajamisel sotsiaalne tulusus saavutatav vaid juhul, kui on võimalik realiseerida mõlemat energialiiki, elektrit ja soojust. Samal ajal kui biogaasist mootorikütuse tootmisel on kõrgem sotsiaalne tulusus tingimusteta saavutatav.

5. Kokkuvõte

Direktiivi 2009/28/EÜ kohaselt peab Eesti tagama 2020. aastal taastuvenergia osakaalu 25% energia lõpptarbimisest ja 10% energiatarbimisest transpordisektoris. Nende eesmärkide saavutamise raamistiku annab riigi taastuvenergia tegevuskava. Eestil on transpordisektoris endiselt veel pikk tee ees. Selles uuringus vaadeldakse eeskätt biometaaniks puhastatud biogaasi kasutamist mootorikütusena Harju maakonna kui ühe suurima maakonna näitel.

Näitlikuks objektiks valiti Tallinnast 35 km ida suunas asuv Hinnu seafarm, et saada teada, kas biolagundatavad jäätmed – läga keskmise suurusega farmist ja reoveesete lähedalasuvast Kuusalu asula reoveepuhastist, aga ka energiakultuuride biomass ümbritsevatelt haritavatelt ja kasutamata maadelt saaksid anda kulutasuvat biogaasi või mitte. Hinnu farmis on keskmiselt 11500 looma. Ligikaudsete arvutuste kohaselt suudab farm koos rohtse biomassi kasutamisega toota 1,4 miljonit nm^3 biometaani. Üsna metaanivaest toorbiogaasi saaks otse kasutada soojuse ja elektri koostootmisel. See on seni olnud levinuim biogaasi kasutamiseviis. Juhul, kui biogaasi kasutatakse Hinnus koostootmisjaamas, võib elektritoodang ulatuda 5 GWh ja soojuse toodang 5,2 GWh.

Teine variant näeb ette puhastatud biogaasi kasutamist mootorikütusena kas kohalikus gaasitanklas või suunamist lähedalasuvasse maagaasijuhtmesse. Aastane energiatoodang Hinnu biogaasijaamas pea 12 000 000 kWh võimaldab mootorikütusega varustada ligikaudu 1 200 autot või 135 raskeveokit. Selle variandi järgi võibki saavutada parema tulemuse toorbiogaasi puhastamisel maagaasi omadusteni – nn biometaaniks. Biometaani omadused on võrreldavad maagaasi omadustega ning neid kahte kütust saab kasutada paralleelselt – kummaski on põhikomponendiks metaan. Biometaani ja maagaasi erinevus seisneb selles, et esimest toodetakse taastuvatest energiaallikatest, kuid maagaas on fossiilkütus.

Kummagi konkureeriva variandi jaoks viidi läbi biogaasi tootmise ja selle edasise kasutamise keskkonna- ja majanduslike mõjude hindamine ning variantide võrdlus andis üsnagi üllatavaid tulemusi.

Tehtud analüüsi põhjal võib öelda, et keskkonnamõjude hindamistulemused on suurel määral sõltuvad sellest, millisel viisil toodetakse elektrit. Biogaas, mis asendab ühe kilovatt-tunni elektrit Eesti keskmises elektritootmise struktuuris, kus täna 87% kuulub põlevkivielektrile, annab suurema emissioonide kokkuhoiu ühe kWh kohta, võrreldes tema kasutamisega mootorikütuseks. Kuid juhul, kui biogaas asendab marginaalset- ehk nn piirelektrit, mis toodetakse Eestis tõenäoliselt maagaasist, on olukord vastupidine. Keskkonnamõjud on väljendatud rahalises vääringus, kasutades riigile omaseid väliskulude väärtusi, mis põhinevad varasematel uurimistöodel.

Tulemused on suurel määral mõjutatud ka Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside lubatud kogustega kauplemise skeemist, milles on osalisteks ka põlevkivi elektrijaamad. Kui need suudavad vähendada oma heitmeid tavapärasest enam, võivad nad selle võrra oma saastekvooti turul teistele kauplemisskeemi osalistele maha müüa, kes siis omakorda saavad õiguse enamale CO₂ emissioonile. Kauplemise skeemi kogumaht on fikseeritud ja kauplemine toimub nendes piirides. Kui biogaasist toodetud elekter asendab kauplemise skeemis fossiilsete kütuste baasil toodetud elektrit, siis vaatamata sellele, et skeemi osaliste koguemissioon ei muutu, on sama kogus energiat toodetud kuluefektiivsemalt ja pealegi, taastuvatest energiaallikatest. Arvestades kasvuhoonegaaside lubatud heitkogustega kauplemise skeemi mõju, annab biogaasi kasutamine

mootorikütusena siiski suurema keskkonnaseisundi paranemise kui biogaasist kas keskmise- või piirelektri tootmine.

Majandusliku mõju hindamise tulemused näitavad, et biometaani tootmine on sotsiaalselt tulus. Saadud tulemused võimaldavad ka väita, et ühiskonnale tervikuna annab biogaasist mootorikütuse tootmine suuremat kasu kui elektri ja soojuse tootmine. Konkreetse ettevõtte – biogaasi tootja tasandil võib tulemus olla vastupidine või siiski ka küsitav. Elektri ja soojuse koostootmisjaama investeringu kulu on väiksem kui biogaasi puhastusseadmetel. Lisaks, arvestades praegust toetussüsteemi taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrile (nn soodustariife – ingl k *feed-in tariffs*), on eeldatav tulu elektri ja soojuse müügist suurem kui biometaani müügist mootorikütusena. Aga seda vaid tingimusel, et soojust on võimalik efektiivselt kasutada, ja eriti veel aasta soojal ajal, kui kütta pole vaja.

Samal ajal peame paratamatult arvestama, et biogaasi tootmine mootorikütuseks on Eestis alles uus, kuid väga kiiresti arenev valdkond, mis vajab nii tehniliste standardite väljatöötamist kui ka rahaliste toetussüsteemide ülevaatamist, kõrvaldamaks praegused ebakõlad erinevate taastuenergia liikide edendamisel.

Käesolevas töös saab kahe näitliku juhtumiuuringu tulemuste põhjal teha üsna ühese järelduse, et biogaasi tootmine ja selle puhastamine maagaasi kvaliteedini võimaldab teda kasutada mootorikütusena ning see on kokkuvõttes kogu ühiskonna seisukohalt sotsiaalselt tasuvam võrreldes biogaasi kasutamisega soojuse ja elektri koostootmiseks.

MTT | RAPORTTI 54

Biogaasi tootmise ja kasutamise pilootuuring Harjumaal

Tiit Kallaste, Anton Laur, Anne Menert, Sirje Pädam
Ülo Kask, Janita Andrijevskaia, Livia Kask, Priit Heinla



6. Kasutatud kirjandus

- Alvarez, R. & Lide, G. 2008. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. *Renewable Energy* 33, 726–734.
- [Biofuels: Production, Application and Development](#). 2009. Ed. A. Scragg. [CABI Publishing](#). [Online] ebrary (27.04.2011).
- Birkmose, T., Pedersen, T. R. 2009. The contribution of biogas plants to nutrient management planning. F. Adani, A. Schievano, G. Boccasile (Eds.), *Anaerobic digestion: opportunities for agriculture and environment*, Regione Lombardia, Milano, Italy, pp. 19–26.
- Börjesson, P. & Berglund, M. 2003: Environmental systems analysis of biogas systems-Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. –*Biomass and Bioenergy* 31: 326 - 344.
- Cuetos, M.J., Gómez, X., Otero, M., Morán, A. 2010. Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse waste (SHW): Influence of heat and pressure pre-treatment in biogas yield. *Waste Management* 30: 1780–1789.
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament on the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. <http://eur-lex.europa.eu>
- Edström, M., Nordberg, Å., Thyselius, L. 2003. Anaerobic treatment of animal byproducts from slaughterhouses at laboratory and pilot scale. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 109: 127-138.
- Estonian Agricultural Registers and Information board. www.pria.ee
- Estonian Environment Information Center. www.keskkonnainfo.ee
- Estonian Institute of Economic Research. www.ki.ee
- Estonian Renewable Energy Action Plan until 2020 (<http://www.mkm.ee/nreap-2/>).
- Estonian Road Administration Statistics. <http://www.mnt.ee/?id=10667>
- Fullhage, C.D., Dennis Sievers, D. and Fischer, J.R. Generating Methane Gas From Manure. <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=G1881%20%20> (15.10.2011).
- Gemmeke, B., Rieger, C., Weiland, P. 2009. Biogas-Messprogramm II, 61 Biogasanlagen im Vergleich. FNR, Gülzow. [In: Weiland, P. (2010). *Biogas production: current state and perspectives*. – *Applied Microbiology & Biotechnology*, 85 (4): 849-860].
- Handbook. *Biogas production and use*. 2009. Estonian Farmers Central Union. Tartu, 157 pp. (in Estonian).
- Heatco. 2006. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines. <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>, accessed 22.05.2011
- Henriksson C., Pädam, S. 1999. Incentives for environmentally friendly vehicles. Stockholm Environment and Health Protection Administration, 41 pp.
- Kiander, J. 2012. Virosta Euroopan Unionin jäsen. Downloaded on 16.1.2012. <http://www.hel2.fi/tietokeskus/suunnat/ss204/Artikkeli.html>
- Loo biogaasijaam. Keskkonnamõju hindamise eelhindamine. 2011. ELLE OÜ, 61 pp. [http://www.joelahtme.ee/public/files/Loo%20biogaasijaama%20KMH%20eelhinnang%20ELLE%20180211.pdf.\(24.06.2011\)](http://www.joelahtme.ee/public/files/Loo%20biogaasijaama%20KMH%20eelhinnang%20ELLE%20180211.pdf.(24.06.2011))
- Luning, L., van Zundert, E.H.M., & Brinkmann, A.J.F. 2003. Comparison of dry and wet digestion for solid waste. *Water Science and Technology*, 48: 15–20.

- Maanteeamet. 2010. <http://www.mnt.ee/public/2010/liiklusloendus/Lisa4-6.pdf>
- Menert, A., Kallaste, T., Laur, A., Vaalu, T. 2011. Tehnoloogilised võimalused biogaasi tootmiseks Eestis. Keskkonnatehnika, 11 (6): 28-32.
- Møller, J., Boldrin, A., Christensen, T. H. 2009. Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. Waste Management and Research, 27: 813–824.
- Petersson, A. and Wellinger, A. 2009. Biogas upgrading technologies – developments and innovations. IEA Bioenergy Task 37: Energy from biological conversion of organic waste, 20 pp. http://www.iea-biogas.net/download/publi-task37/upgrading_rz_low_final.pdf
- Pualchamy, C., Dharmaraj, P., Laxmanan, U. 2008. A preliminary study on co-digestion of ossein industry waste for methane production. EurAsian Journal of BioSciences, 2, 110-114.
- Pädam, S., Kallaste, T. 2011. Biometaan kütusepaaki! Keskkonnatehnika, 11 (5): 26-29. ISSN 1406-0507 <http://www.keskkonnatehnika.ee/>.
- Siseministerium 2009. Uuringu Eesti regioonide majandus-struktuuri muutuste prognoos. Lõpparuanne. Vastutav täitja: Tartu Ülikool. http://www.siseministerium.ee/public/SIREG_lqpparuanne_2_.pdf
- Statistics Estonia. Population in Harju and Lääne-Viru Counties in 2008. www.stat.ee
- Statistics Estonia. www.stat.ee
- Tamm, T. 2010a. Personal communication (15.06. 2010).
- Tamm, T. 2010b. Biogaasijaamad kaasaegse sõnnikukäitluse osana. <http://www.balticbiogas.ee/public/dokumendid/digestaat.pdf> (8.01.2011).
- Tartu linna ja Tartu maakonna biogaasi toorme uuring. 2010. Tartu Linnavalitsuse lepingulise töö nr SIHT-015 aruanne. SA Säätva Eesti Instituut (SEI Tallinn). 67 pp.
- The Development Plan for water supply system and wastewater facilities for Kuusalu parish for years 2008-2019. OÜ Ekoekspert, Raul Valgiste, 2007.
- Tilkson, Marilin. 2011. The Usage of Biowaste as Raw Material for Energy Production Material- Exemplified by Tartu County. Master Thesis. Sup. A. Menert, Ü. Kask. Tallinn University of Technology, 75 pp.
- Urban, W., Girod, K., Lohmann, H. Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007–2008. Fraunhofer UMSICHT. 2008.
- Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. – Applied Microbiology & Biotechnology, 85 (4): 849-860. [Online] EBSCOhost Web (11.04.2011).
- Wellinger, A. & Lindberg, A. Biogas upgrading and utilization. IEA Bioenergy Task 24: Energy from biological conversion of organic waste, 2004, 20 pp. <http://www.iea-biogas.net/download/publi-task37/Biogas%20upgrading.pdf>

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -julkaisusarjassa julkaistaan maatalous -ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

