Eesti Arengufond

Biometaani kasutamise avalikud hüved

Biometaani kasutamise avalikud hüved aastas on maksimaalselt 271 mln €/aastas

---

LÕPPRUANNE
24.09.2013

Ahto Oja
Biometaani ekspert
+372 5082990
ahto.oja@monusminek.ee

August 2013
Tallinn-Ääsmäe-Viin

Lühikokkuvõte

Biometaan on hetkel ainuke väljakujunenud tehnoloogiaga kohaliku taastuva gaasilise biokütuse tootmise võimalus Eestis. Biometaani sarnasusest maagaasiga johtub ka selle tootmise turutõke. ***Biometaani*** *tootmiseks on vaja teha investeeringuid, mistõttu tema* ***omahind kujuneb suuremaks kui surumaagaasi hind*** *maagaasitanklas. Sestap* ***tuleb biometaani tootmist toetada, kui ühiskonna soov on asendada osa imporditavatest fossiilsetest mootorikütustest kohaliku taastuva kütusega - biometaaniga.***

Biogaasi saab biomassi anaeroobse käärimise teel vähemalt 37 °C juures. Biogaasis on keskmiselt 60% metaani (CH4). Biometaan on puhastatud biogaas, kus metaanisisaldus on 90-99%.

Biometaan ja maagaas on sarnase koostise ja küttevääртusega ->10 kWh/Nm^3, 37 MJ/Nm^3.

Eestis toodeti 2010.a. biogaasi 13 mln Nm^3, millest enamus pärines prügilatest ja pool toodetud kogusest ei leidnud kasutamist. Aastaks 2012 on biogaasi tootmine kahekordistunud, ca 25 mln Nm^3.

Eesti teoreetiline biogaasi (60% CH_4) potentsiaal on 1.5 miljardit Nm^3/a, puhastatuna biometaaniks on eesti teoreetiline potentsiaal 900 mln Nm^3 (CH_4 98%).

Reaalselt kasutatav biogaasi hulk aastas on 633 mln Nm^3, sellele vastav biometaani potentsiaalne kogus on 380 miljonit Nm^3/a, millest 9 miljonit Nm^3 moodustab prügilagaas.

80% biometaani potentsiaalist (304 mln Nm^3/a) on kasutatakse transpordis aastal 2050. See moodustab 30% 2011.a. vedelkütuste aastasest tarbimisest.

Metaankütuste soodustamiseks transpordis tuleb välja töötada biometaani kvaliteedi standard (metaanisisaldusega 95%), luua tasuta parkimise võimalus metaansõidukitele, säilitada ja tagada kütuseaktsiisivabastus biometaanile ning säilitada aktsiisierisus transpordikütusena kasutatavale surumaagaasile (CNG). Näidisjaama biometaani omahinnaks silohinnaga 30 €/t kujunes 0.8 €/Nm^3. Samaväärse surumaagaasihind tanklas on 0.46 €/Nm^3 (ilma käibemaksuta).

Biometaanis on 90-99% metaani (ja 1-10% CO_2), Põhjamaades tavaliselt 95%. Vene päritolu maagaasis on metaani 98%, (0.06% CO_2), mida kasutatakse Eesti maagaasitorustikus.

Biometaani tootmiseks peab tegema rohkem kulutusi, sestap tuleb tema tootmist ühiskonnal toetada.

Kogu biometaani potentsiaali kasutusele võtmiseks (380 mln Nm^3) vajaminev investeeringutoetuse maht (50% CAPEX) juures on suurusjärgus 550-600 mln €.

Biometaani tootmisega ja tarbimisega kaasnevad mitmed avalikud hüved nagu kohaliku taastuvenergia tootmine hajaenergeetikas, energiajulgeoleku suurenemine, sõltumatus kliimast (tuulest, päiksest ja veetasemest), regionaalne tasakaalustatud areng, lisandub 700-800 töökohta,

põllumajanduse mitmekesistamine, sõnniku kääritusjäägi haisuvaba levitamine, vähem reostust pinnasesse, pinna- ja põhjavette, väiksem iseeneslik metaaniheide, väiksemad õhuheitmed võrreldes fossiilsete kütustega, kääritusjääk kui loodussõbralik väetis. Kui need avalikud hüved arvutada rahalises vääringus, siis ühiskond saab kaudselt kasu 380 mln Nm3 biometaani tootmisest 271 mln €/a.

***Põhijäreldus**: Biometaani avalike hüvede rakendusuuringu põhijäreldus on, et biometaani tootmist tasub toetada, kuna ühiskond saab biometaani tootmisest kaudselt kasu 271 mln €/a ja investeeringutoetuse vajadus 500-600 mln € kaetakse 3 aastaga.*

Investeeringutoetuse vajadus on kuni 50% CAPEX ja selle saab ühiskond tagasi 322 aastaga ja kogukasum 20 aastase perioodi puhul on 5.4 miljardit eurot.

Põhijärelduse kontrollimiseks tuleb järgmiste uuringutega selgitada biometaani tootmise investeeringu-, püsi- ja muutuvkulud eesti tingimustes, mille tulemusena võib biometaani omahind ja sellest tulenev investeeringu toetuse vajadus suurus muutuda. Investeeringu toetuse vajadus tuleneb biometaani omahinnast ja maagaasi müügihinnast. Nendest kahest muutujast sõltub investeeringu toetuse suurus. Järgmised uuringud peavad selgitama, miks eesti biometaani omahind on euroopa riikide biometaani omahinnast mõnevõrra kõrgem.

Vetikatest biomassi tootmine tasub täna meie klimaatilistes tingimustes ära selle toodangu kasutamiseks farmaatsias, meditsiinis, kosmeetikas ja inimning loomatoidu tootmiseks. Energia tootmiseks saab kasutada vetikate muude kasutuste jääkprodukti, kaudselt ka biogaasi puhastamise CO_2 saab kasutada vetikate kasvatamiseks. Mujal maailmas toodetakse vetikaid energia tootmiseks avatiikides (open pond), mis meie klimaatilistes tingimustes ei tööta. Eesti tingimustesse sobib kasvuhoone tüüpi toru-plaat (kinnise tsükliga fotosünteesiv bioreaktor) mikrovetikate tootmise tehnoloogia. Sel juhul algab tootmine tootest ja selle turustamisest. Selles valguses tasub ka Eestis teemaga tegeleda ja riskiinvestoritele need võimalused välja pakkuda.

LÕP

Sisukord

Lühikokkuvõte 2

Sissejuhatus 10

Metoodika 11

Tulemused 11

Biometaani teoreetiline ja kasutatav potentsiaalne kogus 11

Biogaasi tootmine Eestis 12

Eesti teoreetiline biogaasi potentsiaal 13

Eesti kasutatav biogaasi potentsiaalne kogus aastas 14

Biometaani potentsiaal asendada fossiilseid importvedelkütuseid 15

Biometaani potentsiaali kasutamise eeldused 16

Biometaani potentsiaali kasutamise seadusandlikud ettepanekud 17

Biometaani maagaasi võrgus kasutamise majanduslikud eeldused 17

Biometaani omahinna kujunemine 2012. a andmete alusel 18

Maagaasi ja biometaani omaduste võrdlus 21

Biometaani tootmise ja turustamise toetusmeetmed 24

Toetused 24

Käibemaksuvabastus 24

Biometaani müügi hinna otsetoetus kohaliku omavalitsuse poolt 24

Maagaasi hinna tõus 25

Biometaani toetusmeetmed valitud EL riikides 27

Biometaani maagaasivõrgus kasutamiseks vajalike investeeringute maht Eestis 29

Biometaani tootmise ja tarbimise sotsiaal-majanduslikud mõjud 30

Biogaasi tootmise tehnoloogiline protsess 31

Biogaasi tootmise ja tarbimise väärtusahel 32

Põllumajandus 34

Mullaviljakuse (kasv) hoidmine/parandamine kääritusjäägiga väetades 34

Ebameeldiva lõhna vähenemine kääritusjäägiga väetamisel 36

Umbrohuseemnete ja haigustekitajate vähenemine tänu anaeroobsele kääritamisele 37

Kasutamata maade kasutusele võtmise avalikud hüved 39

Õhusaaste peenosakestest tulenevate kaotatud eluaastate tõttu vähenenud panus SKT-sse 42

Keskkonnakaitse 43

PM sektori metaaniheite vähenemine 43

Nitraadileostumise vähenemine 44

Kääritusjäägil on paremad väetusomadused kui sõnnikul 45

Biokütuse kasutamine põllumajanduses 47

Jäätmekäitlus 49

Biojäätmete taaskasutuse suurendamine 49

Reoveesette parem käitlus 49

Metaaniheite vähenemine käideldud reoveesettest võrreldes kääritamata reoveesettega 49

Energeetika 49

Taastuvenergia edendamine/ energiasektori CO_2 vähendamine 49

Tõhusa koostootmise edendamine 51

Haja-energeetika arendamine – Elektrivõrgu kadude vähendamine 52

Energeetiline sõltumatus ja julgolek 52

Stabiilne tootmisgraafik (reguleeritav tootmisvõimsus) 53

Öise kasutamata tuuleenergia salvestamise potentsiaal metaanina 53

Regionaalareng/maamajandus 55

LÕPPARUANNE 24.09.13

Toetust saavast omavalitsusest isemajandavaks ökoregiooniks *55*
Soojahinna vähendamine *55*
Tööhõive maal *56*
Kohalik biokütus *56*
Maastikukaitse *56*
Ettevõtluse elavnemine *56*
Biometaani tootmise keskkonna ja tervise mõjud Rootsis 57
Biometaani tootmisega kaasnevad avalikud mõõdetavad hüved 58

Biometaani avalike hüvede kokkuvõte 60

Vetikatest rohelise biomassi saamise kaasaegsed tehnoloogiad ja nende rakendamise võimalused Eestis 61
ECODUNA vetikatootmise fotosünteesiva bioreaktori tehnoloogia tutvustus 61
Vetikatest biomassi tootmise tehnoloogiad 64
Lisa 1. Näitlik metaansõidukite arv juhul kui 10% fossiilsetest vedelkütustest asendada biometaaniga. *68*
Lisa 2. Lisainfo vetikate tehnoloogia kohta *69*

Lühendid ja seletused

AIMsys™ - algae integrated management system

ASCF - Algal Separation & Concentration Filter Systems

Bioenergia ehk osa taastuvenergiast, mis omakorda on osa koguenergiast. Bioenergia all mõistetakse biomassist toodetud energiat– soojust, elektrit ja biokütuseid

Biogaas on anaeroobse kääritamise teel saadud gaasiline kütus, mis koosneb 50 - 70% metaanist (CH_4), 30 - 40% süsinikdioksiidist (CO_2) ja teistest komponentidest nagu N_2, O_2, NH_4, H_2S.

Biometaan tehniliselt puhastatud biogaas, sisaldab >97% metaani (CH_4). Biometaan on sel juhul kasutatav kõikjal, kus täna kasutatakse maagaasi, sh on ta kasutatav surugaasiautodes ilma piiranguteta nii puhtal kujul kui segus maagaasiga.

CNG ehk surumaagaas (*compressed natural gas*, säilitatakse balloonis 200-300 bar surve all)

DAF – dissolved air flotation – suruõhkflotatsioon

Digestaat ehk kääritusjääk, vedelas ja tahkes olekus ained, mis jäävad järele pärast anaeroobset käärimisprotsessi biogaasi kääritis. Mõlemad fraktsioonid on kasutatavad taimekasvatuses väetistena. Mõnede substraatide puhul (näiteks reoveemuda) on vajalik täiendav substraatide eeltöötlus või kääritusjäägi järeltöötlus selle hügieniseerimiseks enne kasutamist toiduviljade või loomasöödataimede väetistena.

EPA - Long-chain omega-3 fatty acid utilized as a dietary supplement. Predominantly extracted from fish oil, exists in composite form with **DHA** (docosahexaenoic acid, 22:6).

FPA – flat panel airlift, PBR tüüp

KIK – SA Keskkonnainvesteeringute Keskus, www.kik.ee

Ktoe tuhat nafta ekvivalent tonni (kilo ton of oil equivalent) = 41.868 TJ = 0.041868 PJ

Metaankütus on kõrge loomuliku oktaanarvuga (kuni 130) gaasiline mootorikütus (surumaagaas, surubiometaan, veeldatud maagaas ja veeldatud biometaan), mis ei ole agressiivne ega mürgine ning mis omab kõrget süttimistemperatuuri (6000 C). Metaankütuse täielikul põlemisel tekib süsihappegaas ja vesi

MPHD - Mixotrophic Process with Heterotrophic Dominant (FermentAlg)

Nm³ normaalkuupmeeter, kasutatakse ka lühendina "$m^3_{(n)}$", väliskirjanduses kasutatakse ka lühendit "m^3 (STP)", see on gaasi mahu mõõtühik normaal- ehk

LÕPPARUANNE 24.09.13

standardtingimuste juures, milleks on temperatuur 273,15 kelvini järgi ja rõhk 101,3 kilopaskali (ehk temperatuuril + 0° C ja absoluutsel gaasi rõhul 1.01325 bar-i)

Open pond – avakanali vetikakasvatus, meie kliimasse ei sobi miinuskraadide tõttu talvel

PBR – photobioreactor – kontrollitud kinnine mikrovetikate kasvatamise reaktor, põhineb vetika fotosünteesivõimel, külmas kliimas on need reaktorid kasvuhoones (Ecoduna – 3 cm torud moodustavad pööratavad paneelid)

PRIA – Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet, www.pria.ee

SEK ehk soojuse- ja elektri koostootmisseade, mis on auruturbiin või gaasikütusel töötav sisepõlemismootor.mis käitab generaatorit, mis toodab elektrit. Eralduv soojus suunatakse soojusvahetite kaudu küttevõrku. Erinevate SEK'ide biogaasimootorite mudelivalik varieerub elektrivõimsuselt 250kW–2433kW ja soojusvõimsuselt 294kW–2664kW vahel.

Wobbe indeks – iseloomustab erinevate gaaside omavahelist segatavust ja arvutatakse valemiga: WI = HHV / √Rd, kus: WI = Wobbe Index; HHV = ülemine küttevääртus; Rd = gaasi suhteline tihedus õhu suhtes (*relative density of the gas to air*).

Küttevääртuste konversioonitabel:

Kütuste keskmised küttevääртused

1 tonni kohta	MJ	GJ	mmBTU	MWh
Tahked				
põlevkivi	8,100	8.1	7.68	2.25
turvas	9,600	9.6	9.10	2.67
halupuud	10,000	10	9.48	2.78
puiduhake (t)	12,000	12	11.37	3.33
puiduhake (m3)				0.74
pelletid (t)	17,400	17.4	16.49	4.83
Vedelad				
bensiin	44,000	44	41.70	12.22
diisel	40,000	40	37.91	11.11
põlevkiviõli	38,880	38.88	36.85	10.8
LNG	47,880	47.88	45.38	13.30
Gaasilised 1000 m3				
maagaas alumine küttevvärtus (Qnet)	33,696.00	33.70	31.94	9.36
NYMEX maagaas ülemine küttevääртus (Qgross)	37,692.00	37.69	35.73	10.47

LÕPPARUANNE 24.09.13

Seosed m^3, l, kg puhul CNG kasutamisel:
1 kg CNG = 1,22 l diislit
1 kg CNG = 1,34 l bensiini
Bensiiniauto, mis tarbib 5,3 kg CNG/100 km kohta, tarbib seega 7,1 l bensiini/100 km kohta
Diiselauto, mis tarbib 4,7 kg CNG/100 km kohta, tarbib seega 5,7 l diislit/100 km kohta
1 m^3 = 1 l maagaasi/biometaani=10 $kWh_{primaar}$
1 m^3 = 0,714 kg
ehk 1 kg = 1,4 m^3 maagaasi/biometaani
Bensiiniauto, mis tarbib 9 l CNG/100 km kohta, tarbib seega 6,42 kg bensiini/100 km kohta

Hind maagaasitanklas (kevad 2013):	0,779 €/kg, ehk 0,556 €/l (koos km-ga,)	0.46 €/l (ilma km-ta)
Biometaani omahind (arvutuslik)		0.6-1 €/Nm^3
Biometaani omahind Saksamaal ja Rootsis		0.5-0.9 €/ Nm^3

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabelid

Tabel 1:Biogaasi energeetiline ressurss aastal 2050.

Tabel 2. Eesti biogaasi ja biometaani potentsiaalne kogus ning selle elektriline ja soojuslik nimivõimsus (vastavalt 38% ja 42% kasuteguri juures ja 8000el töötunniga aastas). Biometaan potentsiaalist 20% kasutatakse elektri ja soojuse koostootmises (SEK) ja 80% transpordis.

Tabel 3. Näidisbiogaasijaama investeeringukulu

Tabel 4. Näidis biogaasijaama tooraine kogused aastas.

Tabel 5. Näidisbiogaasijaama tooraine hanke- ja veokulud.

Tabel 6. Näidisbiogaasijaama muutuvkulud aastas.

Tabel 7. Näidisbiogaasijaama biometaani normaalkuupmeetri omahinna komponendid.

Tabel 8. Biogaasi, biometaani ja maagaasi koostisosade võrdlus mahuprotsendi alusel.

Tabel 9. Biometaani toetus Ühendatud Kuningriigis (Allikas: Lucy Hopewood ettekanne WBC, ARIP 2011.)

Tabel 10. Fiskaal- ja majanduslikud meetmed biometaani ja maagaasi kasutamise soodustamiseks transpordikütusena võrreldud 4 EL riigis. Kursiivis ja/või "E" tähistatud meetmed on ettepanekud, mis on rakendamisel.

Tabel 11. Pehmed ja vabatahtlikud meetmed biometaani ja maagaasi kasutamise soodustamiseks sõidukikütusena 4 EL riigis.

Tabel 12. 90% investeeringutoetuse puhul saavutab biometaani näidisprojekt positiivse puhta rahavoo 5 aastal, sisemise tulumääraga 15 % ja positiivse puhta nüüdisväärtuse.

Tabel 13. Silo ja sõnniku kääritusjäägi koostise võrdlus.

Tabel 14. Biogaasi kääritusjägid on mineraalväetiste ekvivalent suurem kui kääritamata lägas ja sõnnikus.

Tabel 15. Patogeenide ja nematoodide eluea võrdlus tundides biogaasi kääritis erineva kääritustemperatuuri juures ja toores, kääritamata lägas (T90) [1]Bendixen, 1994; [2]Test carried out by ADAS; [3]Bohm et al., 1999).

Tabel 16. Taimekaitse ühe pritsimiskorra maksumused €/ha 2012.a.[1]

Tabel 17. Aastane kokkuhoitud kulu taimekaitsevahenditele.

Tabel 18. Maa väärtuse muutus selle kasutusele võtmisel rohelise biomassi tootmiseks biometaani jaoks.

Tabel 19. Saamata jäänud kasum kasutamata maade rohelisest biomassist tootmata jäänud biometaanist on 15 mln €/a.

Tabel 20. Aastas jääb riigil kasutamata maade mitteharimisest maksutuludena saamata 10 mln eurot.

Tabel 21. Õhusaaste peenosakestest tulenevate kaotatud eluaastate tõttu vähenenud panus SKT-sse.

Tabel 22. Keskkonnale hoitakse ära kahju 300'000 €/a, kui 62-75% lägast kääritatakse biometaaniks.

Tabel 23. Võrdlev lämmastiku (N) kasutus protsentides sea- ja lehmaläga ning kääritusjäägi puhul erinevate läga/kääritusjäägi päritolu vahel, aastaaegade vahel ja levitamisviisi vahel.

Tabel 24. Näide Taanis mõõdetud lämmastiku kasutamise protsendist ja ammooniumi osakaalust üldlämmastikust erinevates sõnnikutes ja kääritusjäägis suviodra ja talinisu väetamisel.

Tabel 25. Põlevkivi asendamisel biometaaniga ära hoitud CO_2 kulu aastas.

Tabel 26. Fossiilsete kütuste asendamisel biometaaniga ära hoitud CO_2 kulu aastas.

LÕPPARUANNE 24.09.13

---

[1] Põllumajandusministeerium, Maamajanduse infokeskus 2012. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatuses, Jäneda, lk 28.

Tabel 27. 20% biometaanist toodetud sooja müügist saamata jäänud tulu.

Tabel 28. 20% biometaanist toodetud elektri võrgukadudest 10% vähenemisest saadud tulu.

Tabel 29. BM asendab 76 mln Nm^3/a, maagaasi hind 0.33 €/Nm^3.

Tabel 30. 80% BM asendab fossiilsete kütuste kasutamise transpordis mln 304 Nm^3/a, bensiini hind ilma maksudeta 0.4 €/l

Tabel 31. Tuuleenergia salvestamisel metaanina, selle müügist saamata jäänud tulu.

Tabel 32. Maksutulu 380 mln Nm3 biometaani tootmise puhul aastas.

Tabel 33. 20% biometaanist toodetud sooja müügist soojahinna alanemine aastas lõpptarbijale.

Tabel 34. Maksutulu 380 mln Nm^3 biometaani tootmise puhul aastas.

Tabel 35. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis keskmise väliskulu puhul.

Tabel 36. Biometaani tootmise avalikud hüved Eeastis aastas mln €.

Tabel 37. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis minimaalse väliskulu puhul.

Tabel 38. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis maksimaalse väliskulu puhul.

Tabel 39. Biometaani tootmise kasu ühiskonnale: 90% investeeringutoetus miinus 20.a avalikud hüved.

Tabel 40. Biometaani kasutavate sõidukite näitlik arv juhul, kui 10% mootorikütuste tarbimisest on biometaan.

Joonised

Joonis 1. Biogaasi tootmine 2007-2010, jagunemine allikate järgi ja potentsiaal aastal 2020.

Joonis 2. Biometaani jagunemine toorainete kaupa mln Nm3/a (CH_4 98%).

Joonis 3. Biometaani omahind Saksamaa, 1 Nm^3 on keskmiselt energiat 10 kWh, seega korrutades joonisel toodud maksumused 10 saame tulemuse eurosentides Nm^3 kohta.

Joonis 4. Biometaani omahind Saksamaa, , roheline – maagaasitrassiga liitumiskulu vahemikus: 0.05-0.09 eur/Nm^3, punane – biogaasipuhastuskulu vahemikus: 0.14 – 0.18 eur/ Nm^3, sinine – biogaasi tootmiskulu vahemikus: 0.27 – 0.54 eur/ Nm^3 (Allikas: Dinkloh ettekanne WBC-l)

Joonis 5. Biometaani Opec ja Capex Ühendatud Kuningriigis (Allikas: Lucy Hopewood ettekanne WBC, ARIP 2011.)

Joonis 6. Biogaasi tootmise tehnoloogiline skeem, kus *variant 1* puhul toodetakse biogaasist soojus- ja elektrienergiat (20% kogu potentsiaalist) ning *variant 2* puhul biometaani ehk mootorikütust[2] (80% kogu potentsiaalist).

Joonis 7. Biogaasi tootmise väärtusahel.

Joonis 8. Lenduvate rasvhapete sisalduse võrdlus lägas ja samast lägast mõõdetud kääritusjäägis pärast anaeroobset kääritamist, pruuniga on joonisel toodud läga ja sinisega kääritusjääk, mõõtühik on mg liitri läga kohta (Hansen *et al.,* 2004).

Joonis 9. Õhku heidetud saasteainete heitkogused Eestis kokku ja maakonniti ajavahemikul 2006-2011.

Joonis 10. Energiakulu erinevate autokütuste kasutamisel 100 kilomeetri läbimiseks WTW meetodil. (võrdlus on taandatud sissepritsega ottomootoriga bensiiniautole keskmise kütusekuluga 7 l/100 km).

LÕPPARUANNE 24.09.13

[2] OÜ Mõnus Minek SEES illustratsioon, www.monusminek.ee

Sissejuhatus

Eestil on probleem transpordis fossiilsetelt kütustelt üleminekul taastuvatele kütustele. Nii EL kui Eesti on võtnud eesmärgi, et aastaks 2020 peaksid taastuvatest allikatest pärinevad transpordikütused moodustama kogutarbimisest 10%. Sellest sihtarvust ollakse kaugel, 2010. a moodustasid taastuvkütused transpordis 0.2%. [3] Taastuvkütuste kasutusele võtmiseks transpordis on 2 võimalust: (a) neid importida või (b) toota biokütuseid kohapeal. On selge, et import mõjub kaubandusbilansile negatiivselt, samas kui kohapeal biokütuste tootmine suurendab tööhõivet, maksutulusid, regionaalarengut ja muudab makromajandusliku kaubandusbilansi positiivseks.

Eestis biokütuste tootmisel on oluline jälgida säästlikkuse kriteeriume, et biokütuste tootmine ei vähendaks inim- ja loomatoidu kasvatamiseks vajaliku põllumaa pindala. Samuti on oluline, et biokütuste tootmiseks ei kasutataks rohkem fossiilseid kütuseid, kui saadakse tootmise käigus biokütuseid. Eelistatuim variant on kasutada nn II põlvkonna sisendeid biokütuste tootmiseks nagu igasuguse tootmise kõrvalsaadused, jäägid ja jäätmed ning võtta kasutusele põllumajanduslik maa (eelkõige rohumaad), mis täna on kasutusest väljas.

Üks efektiivsemaid biokütuste II põlvkonna toorainete kasutamise viise on nende anaeroobsel kääritamisel biogaasi tootmine ja selle puhastamine biometaaniks, mis küttevääртuselt on samalaadne maagaasiga. Biometaan on hetkel ainuke väljakujunenud tehnoloogiaga kohaliku taastuva biokütuse tootmise võimalus Eestis. Biometaani sarnasusest maagaasiga johtub ka selle tootmise turutõke. **Biometaani** tootmiseks on vaja teha investeeringuid, mistõttu tema **omahind kujuneb suuremaks kui surumaagaasi hind** maagaasitanklas, mida tänaseks on Eestis 4 ja viies on ehitamisel. Sestap **tuleb biometaani tootmist toetada, kui ühiskonna soov on asendada osa imporditavatest fossiilsetest kütustest kohaliku taastuva kütusega - biometaaniga.**

Samas kaasneb biometaani tootmisega mitmeid avalikke hüvesid, nagu väiksemad metaani, nitraatide ja muude ühendiste eraldumine õhku, vette ja pinnasesse; oluliselt väiksem hais kääritusjäägi põllule levitamisel, kontrollitud jäätmekäitlus, tasakaalustatud regionaalne areng, põllumajanduse mitmekesistamine, kasutamata maade harimine, lisandunud töökohad, taastuvenergeetika arendamine, energiajulgeoleku suurenemine. Tänasel päeval ei ole teada nende avalike hüvede rahalised ja elukvaliteeti suurendavad väärtused, ehk kui biometaani tootmist tuleks ühiskonna poolt toetada, siis kui palju saab ühiskond biometaani tootmisest kaudselt tagasi (puhtama keskkonna, väiksemate kuludega fossiilset päritolu materjalide asendamisel, saamata jäänud tulu, maa väärtuse tõus jmt). Käesoleva rakendusuuringu **põhiline fookus ongi kaardistada Eesti biometaani potentsiaal, tema tootmise omahind, toetusvajaduse määr ühelt poolt ja biometaani avalikud hüved ühiskonnale teiselt poolt.**

Rakendusuuringu teises osas antakse ülevaade vetikatest rohelise biomassi tootmise tehnoloogiatest ning nende rakendamise võimalustest Eestis. Käesoleva rakendusuuringu koostas Ahto Oja, kaasa aitasid Peep Siitam Arengufondist, Tauno Trink OÜ-st Mõnus Minek, Sirli Pehme Eesti Maaülikoolist ja prof. Tõnu Oja Tartu Ülikoolist.

[3] Eesti rohemajanduse väljavaade (www.seit.ee/file_dl.php?file_id=211) lk 15

LÕPPARUANNE 24.09.13

Eesmärk

Rakendusuuringu „**Biometaani kasutamise avalikud hüved**“ eesmärk on selgitada olemasoleva teadmise alusel Eestis biometaani kasutamise majanduslikud eeldused, vajadusel biometaanit tootmise toetamise maht ning selle tegevuse sotsiaal-majanduslikud mõjud. Rakendusuuringu eesmärgiks on leida ka biometaani kasutamiseks vajalike investeeringute maht, eeldatavalt vajaliku toetuse maht (koos turutõkke ulatuse ja põhjuse äranäitamisega), kirjeldada kavandatava tegevusega kaasnev maakasutuse muutus.

Omaette rakendusuuringu eesmärgiks on koostada ülevaade “Vetikatest rohelise biomassi saamise kaasaegsed tehnoloogiad ja nende rakendamise võimalused Eestis”. Nimetatud ülevaate eesmärk on selgitada Euroopas olemasolev teadmine vetikatest rohelise biomassi saamise võimalused bioenergia, sh biometaani tootmise eesmärgil ja esitada esialgne hinnang vetikatest biomassi tootmise tehnoloogiate rakendamise kohta Eesti tingimustes.

Metoodika

Rakendusuuringu „**Biometaani kasutamise avalikud hüved**“ teostamiseks koondati vajalikud biometaani-alased uuringud veebikeskkonda energiatalgud.ee, sealjuures tehti iga vastava uuringu lühikokkuvõtte. Rakendusuuring põhineb valdavalt kirjanduse ülevaatel.

Rakendusuuringu peamised eeldused on võetud veebikeskkonnast www.energiatalgud.ee, samasse keskkonda on käesolev rakendusuuring ka üles laetud. Rakendusuuringu esialgseid tulemusi arutati paaril korral väikeses töörühmas biogaasi tootjatega ja huvigruppide esindajatega Eestis. Selle tulemusena viidi rakendusuuringusse parandused ja täiendused.

Vetikatest biomassi ja biometaani tootmise tehnoloogiate ülevaade ja hinnang Eestis nende kasutuselevõtuks põhineb 24-25.04.2013 Viinis toimunud Euroopa II Vetikatest Biomassi saamise konverentsi ettekannetel, muudel materjalidel ja isiklikul suhtlemisel.

Tulemused

Biometaani teoreetiline ja kasutatav potentsiaalne kogus

Biogaasi saab biomassi anaeroobse käärimise teel vähemalt 37 °C juures. Biogaasis on keskmiselt 60% metaani (CH_4). Biometaan on puhastatud biogaas, kus metaanisisaldus on 90-99%.
Biometaan ja maagaas on sarnase koostise ja küttevääртusega ->10 kWh/Nm^3, 37 MJ/Nm^3.

Biogaas on taastuv kütus, tema kasutamine fossiilsete kütuste asemel vähendab suurel määral kasvuhoonegaaside suurenemist atmosfääris. Biogaasi kasutamine lahendab tööhõive probleeme maapiirkondades ja ka asulates, edendab taastuvenergia tootmist kohalikust toormest, mis omakorda vähendab saastet pinna- põhjavette ja atmosfääri, mõjutab jäätmekäitlust, tasakaalustatud regionaalset arengut ja elavdab kohalikku majandust ning innovatsioonitegevust.

ÕPPARUANNE 24.09.13

Biogaasil on selged eelised võrreldes teiste taastuvenergia alternatiividega. Biogaasi saab kasutada taastuvenergia allikana elektri- ja soojusenergia tootmisel; kasutada selle puhastamisel biometaaniks mootorikütusena, asendades fossiilkütuseid transpordisektoris; rakendada samadel eesmärkidel nagu maagaasi ja juhtida üldisesse maagaasitorustikku.

Euroopa Direktiiv 2003/55/EG tagab, et puhastatud biogaasi ehk siis biometaani võib sisestada maagaasivõrku kõikjal Euroopa Liidus. Eestis täna vastav kogemus puudub. Lisaks ei konkureeri biogaas toidulauaga, teda saab edukalt toota jäätmetest ja silost, mis niidetakse kasutamata maadelt, seetõttu on ta ka üks perspektiivsemaid biokütuseid transpordisektoris olemasolevate tehnoloogiatega.

Biogaasi saadakse biomassi anaeroobse kääritamise teel. Anaeroobse käärimise protsess on olemuselt sama, mis toimub looduses lehma organismis või soodes. Biomassi saab jagada põllumaal kasvavaks biomassiks nagu hein, teraviljad, õlikultuurid ja tootmises tekkivaks biomassiks nagu sõnnik, reoveemuda ning orgaaniliselt lagunevad jäätmed. Saadud biogaasi kütteväärtus jääb enamasti vahemikku 5-7 kWh/Nm^3. Lisaks on biogaasi võimalik saada nn iseenesliku anaeroobse käärimise protsessi käigus prügilatest (prügilagaas) ja see kokku koguda ning muundada kasulikuks energiaks. Biogaasi koostis väljendub järgmistes mahuprotsentides: 50–70% metaani (CH_4), 30–40% süsihappegaasi (CO_2), alla 3% väävelvesinikku (H_2S) ja ammoniaaki (NH_3) ning alla 1% vesinikku. Tehniliselt puhastatud biogaas on biometaan, mille kvaliteet vastab loodusliku maagaasi kvaliteedile. Biometaani maagaasivõrku viimisel Eestis tingimustes peaks see sisaldama vähemalt 98% (+-1%) metaani (CH_4) või peab propaaniisamega olema tagatud maagaasiga sarnane kütteväärtus ja Wobbe'i indeks. Juhul, kui biometaani tarbimine toimub maagaasitorustikust sõltumatult, siis võib metaanisisaldus/kütteväärtus/Wobbe indeks olla olla ka väiksem kui 98%. Hollandis näiteks on maagaasis ainult 89% metaani, enamlevinud on 95% metaanisisaldusega maagaas.

Biogaasi tootmine Eestis

Eestis toodeti biogaasi 13 mln Nm^3 2010.a., millest enamus pärines prügilatest ja pool toodetud kogusest ei leidnud kasutamist. Aastaks 2012 on biogaasi tootmine kahekordistunud, ca 25 mln Nm^3.

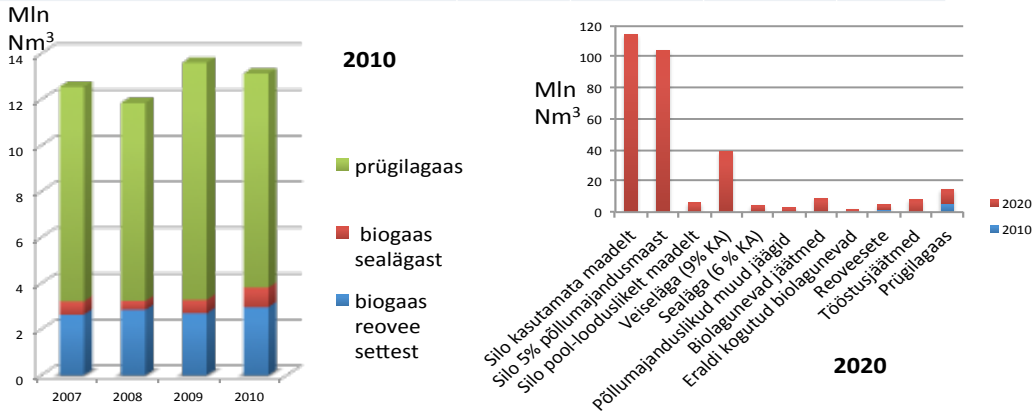
Eesti Konkujuktuuriinstituudi ülevaates (2011) toodeti 2010.a seisuga 13,13 mln Nm^3 biogaasi, sellest enamus pärines prügilatest (9,3 mln Nm^3), reoveesettest toodeti ligi 3 mln Nm^3 ja alla miljoni toodeti sealägast. 2012 aasta lõpuks on tööd alustanud biogaasi tootmine Aravete Biogaas OÜs, maksimaalse võimususega ca 6 mln Nm^3 biogaasi ja veel 2 põllumajanduslikku (Oisu ja Vinni) ning 2 reoveemuda kasutavad biogaasijaamad on valmimas (Kuressaare ja Tartu). Mistõttu lähiaastatel võib biogaasi tootmise maht kahekordistuda. (joonis 1)

LÕPPARUANNE 24.09.13

pool toodetud biogaasist põletatakse kasutult "tõrvikus"
Biometaani Eestis täna **ei** toodeta – **miks?**

	2007	2008	2009	2010
KOKKU **BIOGAASI** TOOTMINE (mln Nm³)	12.54	11.65	13.59	**13.13**
Sh biogaas reovee settest	*2.64*	*2.84*	*2.69*	*2.96*
Sh biogaas sealägast	*0.57*	*0.39*	*0.59*	*0.85*
prügilagaas	*9.34*	*8.62*	*10.32*	*9.32*

6.16



Joonis 1. Biogaasi tootmine 2007-2010, jagunemine allikate järgi ja potentsiaal aastal 2020.

Eesti teoreetiline biogaasi potentsiaal

Eesti teoreetiline biogaasi (60% CH_4) potentsiaal on 1.5 miljardit Nm^3/a, puhastatuna biometaaniks on eesti teoreetiline potentsiaal 900 mln Nm^3 (CH_4 98%).

Eesti teoreetiliseks 60% CH_4 sisaldusega biogaasi potentsiaaliks on hinnatud 0.8-1,5 miljardit Nm^3 (biometaanina, kus metaani (CH_4) on 98%, siis vastavalt 480-900 miljonit Nm^3/a) sõltuvalt sellest kui palju maad kasutatakse rohelise biomassi kasvatamiseks. **Biogaasi tootmise sisenditeks on: reovee muda, biolagunevad jäätmed, suurimad prügilad, arvel olevate sea- ja veiste läga ja sõnnik, roheline biomass kõlvikutelt, kasutamata põllumaade pindadelt ja poollooduslikelt rohumaadelt.**[4] On oluline märkida, et biogaasi jaoks kasvatatav roheline biomass ei pea olema loomasööda silo kvaliteediga, kuigi põllumajandustootjad on andnud autorile isiklikus vestluses kahesugust, mõneti vastakat informatsiooni: (a) et omahinnas pole vahet, kas teed silo loomasöödaks või biogaasi jaoks; ja (b) et biogaasi silo on võimalik teha odavamalt, eriti kui kasutada väetisena ainult kääritusjääki ja kasvatada silo püsirohumaadel, kus näiteks päideroo saagikus võib ulatuda 40 t/ha värske massina (VM), mille võimalikkust kinnitab ka vastav EMÜ uuring (Värnik, 2011).

Soome Biogaasi Assotsiatsioon on koostanud taastuva metaanimajanduse teekaardi aastani 2050 (allikas Ari Lampinen, Suomen Biokaasun strategia), kus

[4] http://www.energiatalgud.ee/images/d/d0/Roadmap_to_Renewable_Methane_Economy.pdf

metaani ei toodeta ainult anaeroobse kääritamise protsessis, vaid talletatakse päikese- ja tuuleenergiat metaanina. Eestis taolisi arvutusi pole tänaseks tehtud, küll on see aga vajalik uurimisteema T&A raames. Seega **on biometaani potentsiaalne kasutatav kogus arvutatud <u>ainult</u> biomassi <u>anaeroobse kääritamise</u> teel saadud biogaasi kohta**.

Eesti kasutatav biogaasi potentsiaalne kogus aastas

Reaalselt kasutatav biogaasi hulk aastas on 633 mln Nm^3, sellele vastav biometaani potentsiaalne kogus on 380 miljonit Nm^3/a, millest 9 miljonit Nm^3 moodustab prügilagaas.

Eesti tehnilis-majanduslikult kasutatav biogaasi potentsiaal on saavutatav osakaaludega allolevatest substraatidest koos arvatava kasutuselevõtu ajaga:

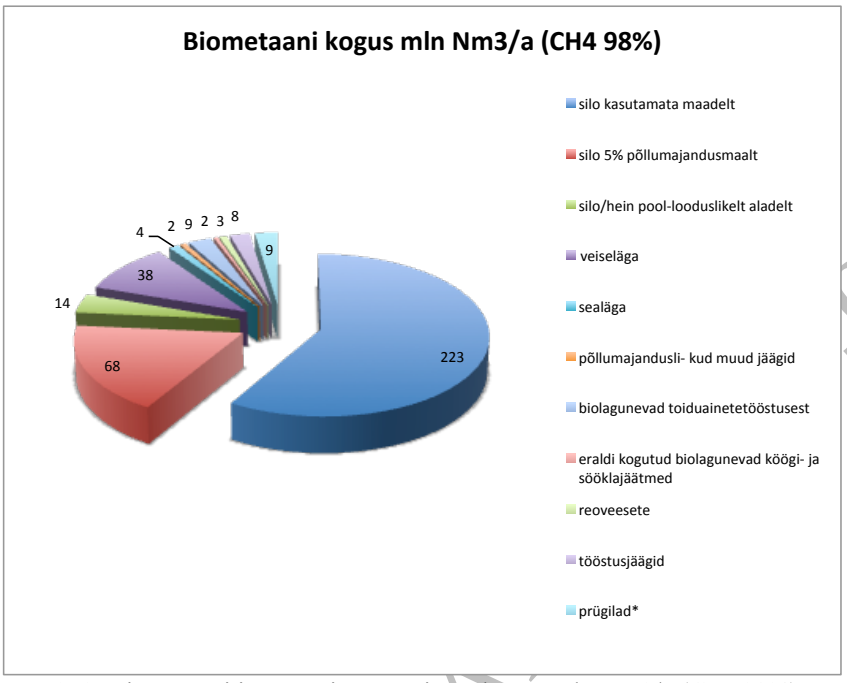
- 15% (2020) kuni **25% (2050, 25'000 ha**) looduskaitse eesmärkidel niidetud pool-looduslike kooslustega maade heinast,
  saagikus 9 t/ha VM, biogaasi took on 119 Nm^3/t VM;
- 20% (2020) kuni **50% (2050, 177'385 ha)** kasutamata põllumaadest saadavast silost
  saagikus 15 t/ha, biogaasi took 155 Nm^3/t VM;
- 5% põllumajanduskõlvikutel on MAK järgi soovitatav kasutada energiakultuuride kasvatamiseks (1'078'330 hektarist 5%, on **53'917 ha**,
  saagikusega 15 t/ha, biogaasi took 155 Nm^3/t VM;
- 80% tekkivast reoveemudast kasutatakse biogaasi tootmiseks,
  biogaasi took 15 Nm^3/t VM
- 65-72% kogu tekkivast sõnnikust ja lägast on võimalik toota biogaasi,
  biogaasi took 25-29 Nm^3/t VM
- 80% liigiti kogutud biojäätmetest (toiduainetööstus, köögi- ja sööklajäätmed),
  biogaasi took 166-300 Nm^3/t VM.

Tabel 1:Biogaasi energeetiline ressurss aastal 2050.

Substraat	ha, *t*,	tonni/ha	tonni/a	Biogaasi Nm3/t VM	teoreetiline biogaasi Nm3	90% on reaalselt	reaalselt kasutatav %	Biogaasi potentsiaal (60% CH4)	*Biometaani potentsiaal (CH4 98%)*
silo kasutamata maadelt	177,385	15.00	2,660,775	155.00	412,420,125	371,178,113	100.00%	371,178,113	*222,706,868*
silo 5% põllumajandusmaalt	53,917	15.00	808,755	155.00	125,357,025	112,821,323	100.00%	112,821,323	*67,692,794*
silo/hein pool-looduslikelt aladelt	100,000	9	900,000	119.00	107,100,000	96,390,000	25.00%	24,097,500	*14,458,500*
veiseläga	*163,135*		3,870,378	25.00	96,759,447	87,083,502	72.00%	62,700,122	*37,620,073*
sealäga	*360,990*		395,284	29.40	11,621,351	10,459,216	65.00%	6,798,490	*4,079,094*
põllumajandusli-kud muud jäägid	*32,124*		32,124	155.00	4,979,241	4,481,317	90.00%	4,033,185	*2,419,911*
biolagunevad toiduainetetööstusest	*42,667*		42,667	300.00	21,333,333	19,200,000	80.00%	15,360,000	*9,216,000*
eraldi kogutud biolagunevad köögi- ja sööklajäätmed	*24,000*		24,000	166.00	3,984,000	3,585,600	80.00%	2,868,480	*1,721,088*
reoveesete	*466,975*		466,975	15.00	7,004,619	6,304,157	80.00%	5,043,326	*3,025,995*
tööstusjäägid	*25,000*		-	-	14,600,000	13,140,000	100.00%	13,140,000	*7,884,000*
Kokku (ilma prügilagaasita)					**805,159,141**	**724,643,227**		**618,040,538**	***370,824,323***
prügilad*					21,000,000	18,900,000	80.00%	15,120,000	*9,072,000*
Kokku (koos prügilagaasiga)					**826,159,141**	**743,543,227**		**633,160,538**	***379,896,323***

LÕPPARUANNE 24.09.13

Reaalselt kasutatav biogaasi hulk aastas on 633 mln Nm^3 koos prügilagaasiga, mis biometaanina teeb aastaseks arvatavaks koguseks 2050. aastal 380 miljonit Nm^3, millest 9 miljonit Nm^3 moodustab prügilagaas. Kuna biometaan on oma omadustelt ja energiasisalduselt võrreldav maagaasiga, siis olgu võrdluseks toodud maagaasi tarbimine Eestis, mis 2011.a oli 632 mln Nm^3/a. Eesti biometaani potentsiaal toorainete kaupa, kättesaadavuse (kasutatavuse) osakaal, tehnilis-majanduslikult kasutatav biogaasi ja biometaani kogus aastas on toodud tabelis 1 ja joonisel 2.



Joonis 2. Biometaani jagunemine toorainete kaupa mln Nm3/a (CH_4 98%).

Eeldame, et Eestis on tõhusa soojakasutusega nii palju asukohti, et 20% toodetavast 633 mln Nm^3/a biogaasist kasutatakse soojuse või elektri ja soojuse koostootmiseks nendes asukohtades ja seega ülejäänud **80% biometaani kasutatakse mootorikütusena, ehk siis aastas 304 mln Nm^3 juba 98% CH_4 sisaldusega**. (tabel 2).

Biometaani potentsiaal asendada fossiilseid importvedelkütuseid

80% biometaani potentsiaalist (304 mln Nm^3/a) on kasutatakse transpordis aastal 2050. See moodustab 30% vedelkütuste 2011.a. aastasest tarbimisest.

Statistikaameti andmetel tarbiti Eestis kokku 2011. aastal 556 000 t diislit ja 266 000 t bensiini, 1 liiter bensiini kaalub 0,76 kg ja 1 liiter diislit kaalub 0,82 kg. Seega tarbiti ühtekokku 678 000 000 l diislit ja 350 000 000 l bensiini.

Ühe liitri vedelkütuse energiasisaldus on ligilähedane 1 kuupmeetrile biometaanile, seega **saab 304 mln Nm^3 biometaaniga asendada ca 30% 2011.a. tarbitud fossiilsetest vedelkütustest** (ca 1 miljard liitrit aastas), teadupärast on riiklik eesmärk asendada aastal 2020 10% mootorikütustest asendada taastuvatest allikatest pärineva kütusega. Elik 80% tehniliselt kasutatava biometaaniga saaks selle riikliku eesmärgi täita pea kolmekordselt,

LÕPPARUANNE 30.09.13

sest on selge, et seal kus on soojatarbimine, on mõistlik biogaasi kasutada ka elektri ja soojuse koostootmiseks, samas ei ole mõtet elektri- ja soojuse koostootmist harrastada kohtades, kus soojusele pole kasutust. Biogaasi potentsiaalist peaks jätkuma mõlemaks otstarbeks ja vajadusel saab biometaani tootmise koguseid ka suurendada, eriti rohelise biomassi arvel, suurendades nende alade pindala, kust rohelist biomassi koguda. Näiteks kasutamata maade kasutust tõsta üle 50% (olukorras, kus maa muutub defitsiitseks), võiks olla strateegiliseks eesmärgiks, et Eestis kasutamata maad ei ole, looduskaitse maade heina kasutamist tõsta üle 25% jne. Kus maa ei sobi põllu- või metsamajanduseks, võiks seda kasutada energiakultuuride tootmiseks biogaasi jaoks, kus maa ei kõlba selleks, kasutada maad tuulikute päikesepaneelide, vetikabioreaktoritega kasvuhoonete või metsaistanduste (energiavõsa) jaoks.

Tabel 2. Eesti biogaasi ja biometaani potentsiaalne kogus ning selle elektriline ja soojuslik nimivõimsus (vastavalt 38% ja 42% kasuteguri juures ja 8000el töötunniga aastas). Biometaan potentsiaalist 20% kasutatakse elektri ja soojuse koostootmises (SEK) ja 80% transpordis.

Substraat	Biometaani potentsiaal mln Nm3 (CH4 98%)	GWh el aastas (8200 töötunniga, 38% kasuteguriga)	MW Nel	Soojusenergiat GWh th aastas (42% kasuteguriga)	30% Soojuse omatarve biogaasi tootmises (GWh)	70% soojusenergiast müügiks (GWh)
silo kasutamata maadelt	223	792	90	876	263	613
silo 5% põllumajandusmaalt	68	241	27	266	80	186
silo/hein pool-looduslikelt aladelt	14	51	6	57	17	40
veiseläga	38	134	15	148	44	104
sealäga	4	15	2	16	5	11
põllumajanduslikud muud jäägid	2	9	1	10	3	7
biolagunevad toiduainetetööstusest	9	33	4	36	11	25
eraldi kogutud biolagunevad köögi- ja sööklajäätmed	2	6	1	7	2	5
reoveesete	3	11	1	12	4	8
tööstusjäägid	8	35	4	31	9	22
Kokku (ilma prügilagaasita)	371	1,326	151	1,458	437	1,021
prügilad*	9	32	4	36	11	25
Kokku (koos prügilagaasiga)	380	1,358	155	1,494	448	1,045
20% SEK		**272**	**31**	**299**	**90**	**209**
80% Biometaan transpordis	***304***					
Biometaani potentsiaal asendada vedelkütuseid (2011.a. tarbimise alusel, 1 mlj l)	30%					

Biometaani potentsiaali kasutamise eeldused

Biometaan kasutamise eeldused on laias laastus 3 tüüpi: (a) seadusandlikud; (b) majanduslikud ja (c) keskkonnateadlikkuse, hoiakute ja väärtushinnangutel põhinevad eeldused. Käesolevas peatükis tutvustame neist eelkõige kahte esimest, kogu ülevaate eesmärki silmas pidades keskendume majanduslikele eeldustele.

LÕPPARUANNE 22.08.13

Biometaani potentsiaali kasutamise seadusandlikud ettepanekud

Metaankütuste soodustamiseks transpordis tuleb välja töötada biometaani kvaliteedi standard (metaanisisaldusega 95%), luua tasuta parkimise võimalus metaansõidukitele, säilitada ja tagada kütuseaktsiisivabastus biometaanile ning säilitada aktsiisierisus transpordikütusena kasutatavale surumaagaasile (CNG).

Biometaani potentsiaali kasutusele võtmist puudutav seadusandlik regulatsioon vajab täiendamist järgmistes punktides:

1. Määratleda Eesti Taastuvenergia tegevuskavas 2020 biometaan kui eelisarendatav biokütus, koos eesmärgiga saavutada **sihtarv 42 ktoe** biometaani kasutamist mootorikütusena (vastab 5% osakaalule) aastaks 2020 järgmiselt:

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	7	15	22	30	38	46

2. Töötada välja **biometaani kvaliteedi standard** (metaanisisaldusega 95%) ja sellele standardile vastava biometaani maagaasitorustikku sisestamise protseduur, asjaosaliste õigused ja kohustused.
3. Luua regulatsioon, mis kohustab gaasivõrgu haldajaid vastu võtma standardile vastavat biometaani.
4. Muuta maagaasi kvaliteedi standardit selliselt, et selle **metaanisisaldus oleks vahemikus 95-98%**.
5. Luua **tasuta parkimise** võimalus surumaagaasi ja biometaaniga sõitvatele sõidukitele, sh eraldi piirkonnad ainult alternatiivkütuste sõidukite parkimiseks (vastava märgise ostmisel);
6. **Metaankütuste soodustamiseks ühistranspordis** tuleb muuta vastavaid sätteid ühistranspordiseaduses, sh § 17: "Toetus ühissõidukite soetamiseks või nende ümberkohandamiseks" ja § 18. "Toetus ühistranspordi infrastruktuuri objektide rajamiseks ja uuendamiseks", selliselt, et metaankütust kasutavad sõidukid on eelistatud.
7. Teha ettepanek KOV-idele soetada **kõikidel transpordivahendite hangetel metaankütuseid** kasutavaid sõidukeid, sh lisada linnade ühistranspordi reisijateveo hankekonkursi tingimustele nõue kasutada 5-10% ulatuses metaansõidukeid.
8. **Säilitada** ja **tagada kütuseaktsiisivabastus biometaanile**, kuna see on kohalik taastuvkütus.
9. **Säilitada aktsiisierisus transpordikütusena kasutatavale surugaasile** (CNG) ning aktsiis surumaagaasile mootorikütusena (CNG) ei tõuse enne 2022. aastat ja pärast seda hakkab vajadusel tõusma astmeliselt, jäädes 20-30% madalamaks fossiilsete kütuste aktsiisimaksust.

Biometaani maagaasi võrgus kasutamise majanduslikud eeldused

Biometaani tootmise vajadus tuleneb tema tootmise kallimast omahinnast võrreldes maagaasi hinnaga täna (mai 2013) eesti tanklates. Käesolevas peatükis kirjeldatakse ühe reaalse biogaasijaama äriplaani alusel omahinna kujunemist, nimetades seda tinglikult näidiseks. Näidis ei ole see arvutus kindlasti mitte eeskuju, vaid pigem pilootjaama võtmes, et mitte kasutada kirjanduse keskmisi

LÕPPARUANNE 24.09.13

majandusnäitajaid, vaid reaalsetel eesti tingimustel kasutatud hanke-, tarne- ja transpordikulusid ning tehnoloogia hinnapakkumisi.

Biometaani omahinna kujunemine 2012. a andmete alusel

Näidisjaama biometaani omahinnaks silohinnaga 30 €/t kujunes 0.8 €/Nm^3. Samaväärse surumaagaasihind tanklas on 0.46 €/Nm^3 (ilma käibemaksuta).

Biometaani näidisjaama äriplaan põhineb reaalselt 2012.a juunis koostatud äriplaanile, kus on välja toodud eesmärkide saavutamiseks kulude ja tulude finantsprognoosid, mida on täindatud 2013.a. reaalselt töötanud biogaasijaamade andmete alusel. Käesolevas töös on seda kasutatud alusena näitamaks biometaani omahinna kujunemist ja biometaani tootmise mittetasuvust praeguse maagaasi müügihinna juures.

Näidisjaama äriplaanis on toodeteks on biometaan ja kääritusjääk. Kääritusjääki projekti esimeses etapis ei ole kavas turustada tootena, küll aga on arvestatud sellega, et kääritusjäägiga saab väetada neid kõlvikuid, kust rohtset biomassi saadakse, selle tulu on tasaarveldatud kuluga, mis muidu tuleks teha kääritusjäägi ladustamiseks, eeldusel, et sama transport, mis toob jaama rohtset biomassi, viib ära tahkestatud kääritusjäägi. Tulevikus biogaasi tootmise kõrvalsaadustest on võimalikeks toodeteks maheväetiseks väärindatud kääritusjääk (eelduseks on investeering kääritusjäägi hügieniseerimiseks ja ladustamiseks) süsihappegaas (eeldab lisainvesteeringut), käesolevas näidis äriplaanis valitud puhastustehnoloogia võimalab süsihappegaasi eraldada, aga nende turustamisega saab arvestada projekti hilisemates etappides, kui biometaani tootmine on juba stabiliseerunud ja lisatoodetele on olemas turg.

Finantsprognooside makromajanduslikud näitajad on võetud Rahandusministeeriumi kodulehelt. Selle kohaselt prognoositakse 2013. aastaks SKP jooksevhindades 17.7 mld EUR, SKP reaalkasvuks 3%, tarbijahinnahindeksiks 3% ja keskmiseks kuupalgaks 910 EUR.

Investeeringute suurus koosneb kolmest komponendist, tootmiskompleksi 'võtmed kätte' hinnapakkumise on teinud Tehnoloogiatarnija 1 summas 2'481'000 EUR ja teine tehnoloogiatarnija on teinud hinnapakkumise 2'100'000 EUR, millele lisanduvad kommunikatsioonide väljaehitamine ja ehitustööde maksumus. Seega oleme kasutanud Tehnoloogiatarnija 1 lõpphinda.

Gaasipuhasti hind on 835'000 EUR, mille on teinud tehnoloogiatarnija 3, mis kasutab uut efektiivset membraanpuhastust. Gaasitrassi rajamise hind tootmiskohast maagaasi liitumispunktini on võrguteenuste ettevõtte poolt tehtud ja on summas 33'800 EUR. Projektdokumentatsiooni ja projekti juhtimisning ehitusjärelvalve kuludeks on arvestatud 50'000 EUR ning silohoidlate ja kääritusjäägi hoidlate ehitusmaksumuseks on arvestatud 500'000 EUR. (Tabel 3)

Seega tänaste hindade juures, inflatsiooni arvestamata, on koguinvesteering 3'899'800 EUR, 2013.a. hindades 4'094'790 €.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Koguinvesteeringust on kavas 70% rahastada laenuga (2'866'353 EUR) ja 30% omaosalusega (1'228'437 EUR). Laen on arvestatud 10 aasta peale intressiga 6%.

Tabel 3. Näidisbiogaasijaama investeeringukulu

INVESTEERING	Hind 2012	2013
Silohoidla ja kääritusjäägi hoidla	500,000	525,000
Tootmiskompleks	2,481,000	2,605,050
Gaasipuhasti (97%)	835,000	876,750
Projektdokumentatsioon ja koolitus	50,000	52,500
Gaasitrassi rajamine*	33800	35,490
Investeeringud kokku	**3,899,800**	**4,094,790**
Investeeringu toetus	**0**	**0**
Reaalne investeeringu vajadus		**4,094,790**
Laen	70%	2,866,353
Omaosalus	30%	1,228,437

Toormeks on rohtne biomass kasutamata maadelt, pool-looduslike alade niitmisest saadav hein, kuni 5% põllumaast ja liigiti kogutud biojäätmed (Tabel 4). Nimetatud toormetest saab kokku **2 mln Nm³ biogaasi ja 1'250'000 Nm³ biometaani**.

Tabel 4. Näidis biogaasijaama tooraine kogused aastas.

Rohtne biomass	teke tonni aastas
Asukoht 1	1,200
asukoht 2	150
asukoht 3	1,800
Asukoht 4	1,000
Asukoht 5	3,000
Asukoht 6	3,000
Kokku	***10,150***
Biojäätmed toiduainetööstusest	
Ettevõte 1	400
Ettevõte 2	1100
Ettevõte 3	30
Ettevõte 4	300
Ettevõte 5	1090
Ettevõte 6	400
Kokku	***3320***
Toore kokku (t/a, 30% KA)	**13,470**

Tabelis 5 on toodud tooraine hanke ja veokulud, kuupmeetri kohta on kulu toormele 0.17€/m³. Tööjõukuludeks on arvestatud kokku 1.8 inimtöökohta, mis jaguneb 1.5 koormust biogaasijaama operaatorile ja 0.3 koormust juhtimisele, keskmiste tööjõukuludega on palgakulud 33'167 €/a.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 5. Näidisbiogaasijaama tooraine hanke- ja veokulud kokku aastas ning toorme kulu Nm^3 kohta..

Tooraine kulud kokku	
Rohtse biomassi veokulu	23,483
Rohtse biomassi hankekulu	180,000
Ettevõte 1 hanke- ja veokulu	5,500
Ettevõte 2 hanke- ja veokulu	3,320
Muud veokulud kokku	2,101
TOORME HIND KOKKU (€/a)	**214,404**
TOORME HIND 1m³	**0.17**

Tabel 6. Näidisbiogaasijaama muutuvkulud aastas.

TEGEVUSKULU			
Raamatupidamine	teenuse maksumus kuus	teenuse periood	aasta kulu
	100	12	1,200
Tootmisprotsessi kulu	vajadus päevas kWh	maksumus	aastane kulu kokku
Elekter	1249	0.08	36480
Küte	5479	0.044	88160
Elekter (puhasti + kompressor	1515	0.08	44238
			168878
Veekulu tootmise protsessis	vajadus aastas m3	maksumus	kokku
Veekulu tootmisele	30000	1.25	37500
Kuu puhastusele			
kulu membraanile	0	4909	11909
süsinikufiltri kulu		7000	
Tehase ja Masinate hooldus		3% seadmete maksumusest	aasta kulu kokku
Traktor	90,000	2700	103,680
Seadmed	3,366,000	100980	
Bürookulud	kuus	aastakulu	aastakulu kokku
Büroo rent	0	0	3144
Kommunaalid	50	600	
Side	32	384	
Mobiil	40	480	
Transport	130	1560	
Bürootarbed	10	120	
Maamaks	255	3060	3060
Kindlustus	400	4800	4800
Kokku			***329,371***

Näidisbiogaasijaama muutuvkulud aastas kokku on 334’171 € (Tabel 6).

LÕPPARUANNE 24.0

Näidis biogaasijaama biometaani omahinnaks <u>ILMA TOETUSETA</u> on 0.8 €/Nm³, ilma tankla ja kompremeerimise kuludeta.

Tabel 7. Näidisbiogaasijaama biometaani normaalkuupmeetri omahinna komponendid.

KULUD KOKKU	€/a
TOORME HIND KOKKU	214,404
Raamatupidamine	1,200
Küte ja elekter	168,878
Veekulu ja puhastus	49,409
Tehase ja Masinate hooldus	172,800
Bürookulud	3,144
Palgafond kokku	33,167
Maamaks	3,060
Kindlustus	4,800
Amortisatsioon	173,677
Laenuintressi tagasimakse	171,981
KOKKU	996,521
OMAHIND 1m3	***0.80***

Eeldades, et biometaani saab müüa hinnaga 0.8 €/Nm³, on investeeringu sisemine tulumäär (IRR) 29% (nominaalne diskontomäär 11,94%, kapitali kaalutud keskmine 8,7% ja 15. aasta keskmine tarbijahinnahindeks 2,98%). Kuna rahavoogude nüüdisväärtus (NPV) on suurem kui 0 (2'197'396 ja sisemine tulumäär (29%) on suurem kapitali kaalutud keskmisest (WACC 8,7%), siis on projekt tasuv ja tuleb ellu viia.

<u>BIOMETAANI TOOTMISE TURUTÕKKE PÕHJUS:</u>
Projekti realiseerimist **biometaani hinnaga 0.8 €/Nm³ ilma käibemaksuta** (koos käibemaksuga on hind 0.96 €/Nm³) võib takistada maagaasitanklas olev odavam surumaagaasi lõpphind tarbijale (0.779 €/kg ehk 0.556 €/Nm³, **surumaagaasi hind ilma käibemaksuta 0.464 €/Nm³**), erinevus biometaani omahinnaga on 0.336 €/Nm³ biometaani kahjuks[5].

Maagaasi ja biometaani omaduste võrdlus

Biometaanis on 90-99% metaani (ja 1-10% CO_2), Põhjamaades tavaliselt 95%. Vene päritolu maagaasis on metaani 98%, (0.06% CO_2), mida kasutatakse Eesti maagaasitorustikus.

Maagaasi ja biometaani omadused sh kütteväärtus on väga sarnased, metaani on mõlemas üle 90%, vene päritolu maagaasis on metaani 98% (+-1%) ja süsihappegaasi 0.060%, samal ajal kui biometaanis on metaani 90-99% ja ülejäänud on tavaliselt süsihappegaas. (Tabel 8).

[5] http://www.gaas.ee/hinnakiri_juuli2012

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 8. Biogaasi, biometaani ja maagaasi koostisosade võrdlus mahuprotsendi alusel.

Koostisosad	**Biogaasi koostis [mahu %]**	**Biometaani keskmine koostis [mahu %]**	**Maagaasi keskmine koostis [mahu %]**
metaan CH_4	45-70	90-99	97,527
etaan C_2H_6	0	0	1,134
propaan C_3H_8	0	0	0,326
n-butaan n-C_4H_{10}	0	0	0,051
2-metüülpropaan $CH_3CH(CH_3)CH_3$	0	0	0,054
lämmastik N_2	0-2	0	0,821
süsihappegaas CO_2	30-55	1-10	0,060
2,2-dimetüülpropaan $CH_3C(CH_3)_2CH_3$	0	0	0,000
2-metüülbutaan $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$	0	0	0,011
n-pentaan n-C_5H_{12}	0		0,007
süsivesiniku fraktsioonid C6 ja kõrgemad	0	0	0,009
Muud gaasid (H_2S, O_2, NH_3, H_2)	0-2	0-1	0
Kokku	***100***	***100***	***100,000***

Eestis ei saa veel tänasel päeval eeldada tarbijate kõrgemat keskkonnateadlikkust, mis väljenduks valmisolekus maksta samaväärse toote eest kõrgemat hinda ainuüksi selle alusel, et biometaan on kohalik taastuvkütus ja maagaas imporditud fossiilne kütus. Nagu see täna toimub Soome ja mujal kõrgema keskkonnateadlikkusega maades, näiteks Soomes on samas metaankütuste tanklas biometaani lõpphind tarbijale 1.4 €/kg ja surumaagaas hind 1.3 €/kg. Soome gaasiettevõtte sõnul on ettevõtete keskkonnateadlikkus sedavõrd kõrge, et biometaani tarbimine näitab tõusu ja see on kasvav trend.

Selle võimalusega arvestamiseks koostati lisatabel, kus toodetud **biometaani müügihinnaks võeti maagaasitanklas oleva surugaasi hind** ilma käibemaksuta, kuid koos aktsiisimaksu ja võrgutasuga ja taandatuna kuupmeetri hinnale (0.464 €/Nm^3). Sel juhul on tanklas lõpptarbijale biometaani ja maagaasi hind sama (0.779 €/kg, ehk 0.556 €/Nm^3), kuna biometaanil aktsiisimaksu ei ole. Sellisel juhul **tulud ei ületa kulusid ja nendel tingimustel ei tasu projekt realiseerimist.**

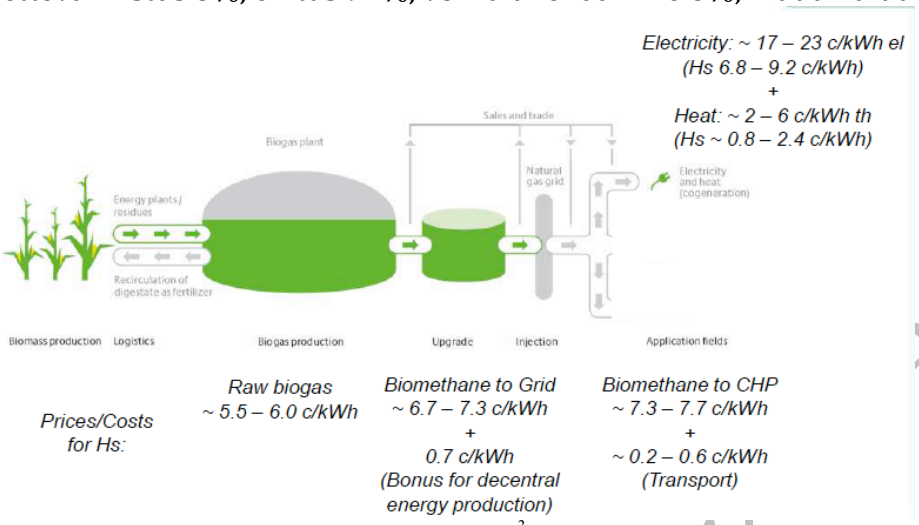
Biometaani tootmise turu tõrkeks on konkureerimine surumaagaasi hinnaga, mille ainukeseks tarnijaks Eestisse on AS Eesti Gaas ja mis on lõpptarbijale (st koos kõikide maksudega) Eestis 1.7 korda odavam kui Soomes (vastavalt 0.779 €/kg ja 1.3 €/kg).

Kui biometaani müüa surugaasiga võrdse hinnaga, siis biometaani tootmine ei ole tasuv ja see on ka põhjus, miks Eesti turul täna biometaani ei toodeta.

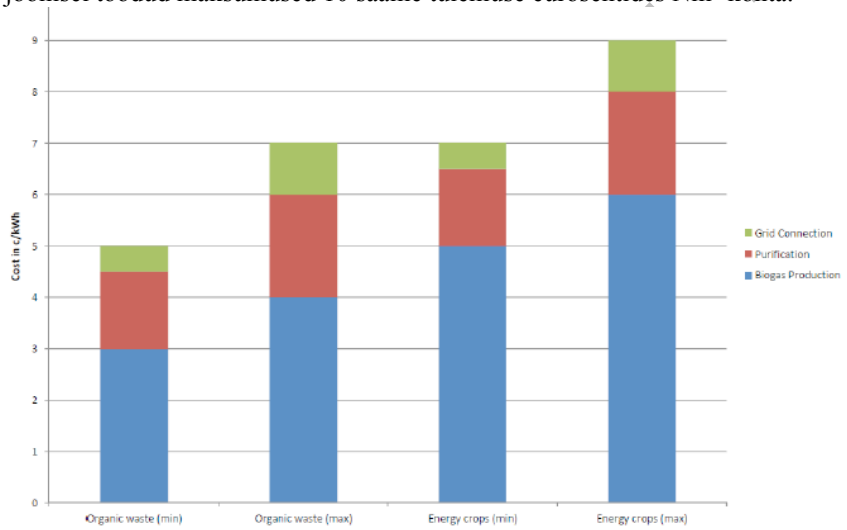
Eeltoodud näites toodud biometaani omahind jääb keskmiselt samasse suurusjärku, kui Saksamaa keskmine biometaaniomahind. Kui toota biometaani ainult jäätmetest, st hankekulu on olematu või väravatasu puhul isegi positiivne, on biometaaniomahind väiksem. Ja vastupidi, kui toota biometaani ainult silost, siis on omahind kõrgem. Samuti on suurtes biogaasijaamades biometaani

LÕPPARUANNE 24.09.13

omahind väiksem ja väikestes jaamades suurem. Kuna näidisjaam on alla 1 MW elektrilise nimivõimsusega, siis jääb biometaani omahind Saksamaa ja teiste riikidega võrreldes nende suurema biometaani omahinna vahemikku. Joonistel 3, 4 ja 5 ja tabelis 9 on toodud biogaasi omahinnad Saksamaal, ja Ühendatud Kuningriigis. Viimases jagunevad kapitalikulud keskmiselt järgmiselt: ettevalmistus 8%, ehitus 92%, võrku ühendamine 6%, muud kulud 4%.

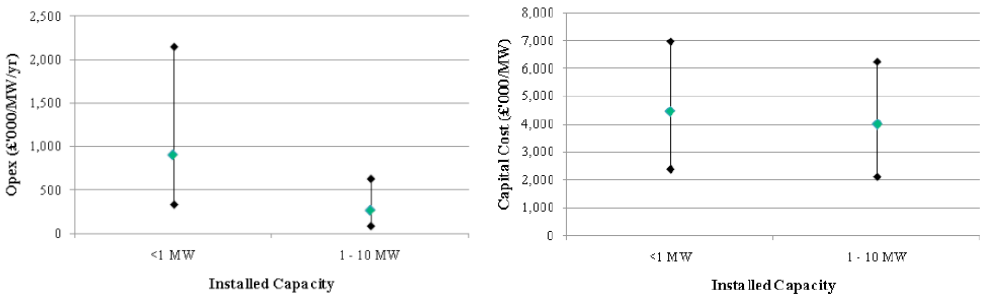


Joonis 3. Biometaani omahind Saksamaa, 1 Nm^3 on keskmiselt energiat 10 kWh, seega korrutades joonisel toodud maksumused 10 saame tulemuse eurosentides Nm^3 kohta.



Joonis 4. Biometaani omahind Saksamaa, , roheline – maagaasitrassiga liitumiskulu vahemikus: 0.05-0.09 eur/Nm^3, punane – biogaasipuhastuskulu vahemikus: 0.14 – 0.18 eur/ Nm^3, sinine – biogaasi tootmiskulu vahemikus: 0.27 – 0.54 eur/ Nm^3 (Allikas: Dinkloh ettekanne WBC-l)

1



Joonis 5. Biometaani Opec ja Capex Ühendatud Kuningriigis (Allikas: Lucy Hopewood ettekanne WBC, ARIP 2011.)

Tabel 9. Biometaani toetus Ühendatud Kuningriigis (Allikas: Lucy Hopewood ettekanne WBC, ARIP 2011.)

	Technology	Size (kWth)	Tariff (p/kWh)
Biogas combustion	Biogas combustion (excl. landfill)	< 200	6.8
Biomethane	Biomethane injection	All scales	6.8
For Comparison:			
Small Biomass	Solid Biomass; Municipal Solid Waste (incl. CHP)	< 200	Tier 1: 7.6 Tier 2: 1.9
Medium Biomass		200 – 1,000	Tier 1: 4.7 Tier 2: 1.9
Large Biomass		≥ 1,000	1.0 (2.6)
Solar thermal	Solar thermal	< 200	8.5
Small ground source	Ground-source heat pumps; water-source heat pumps; deep geothermal	< 100	4.3
Large ground source		≥ 100	3.0

Biometaani tootmise ja turustamise toetusmeetmed

Biometaani tootmiseks peab tegema rohkem kulutusi, sestap tuleb tema tootmist ühiskonnal toetada.

Käesolevas peatükis vaatleme võimalusi, mis muudaksid biometaani tootmise tasuvaks, st tootjale peaks ilma käibemaksuta olema müügihinnaks 1 €/Nm^3, ehk 1.4 €/kg ja koos käibemaksuga on see 1.68 €/kg .

Toetused

Esimene võimalus on toetused, kas investeeringutoetus, müügihinna toetus või mõlemad, kombineerituna täiendavate meetmetega kogu väärtusahela ulatuses, lahendamaks muna-kana dilemmat (pole tanklaid pole sõidukeid, pole sõidukeid pole tanklaid). Eesti Biogaasi Assotsiatsioon on koostöös EAS Metaankütuste töörühmaga teinud MKM-le ettepanekud kokku ca 50 meetmeks järgmise EL eelarveperioodi toetusmeetmete raames, täpsemad meetmete ettepanekud on alla laetavad OÜ Mõnus Minek veebilehelt[6].

Käibemaksuvabastus

Üks võimalus muuta biometaani tootmine tasuvaks on vabastada see käibemaksust, sel juhul oleks hind lõpptarbijale 1.4 €/kg.

Biometaani müügi hinna otsetoetus kohaliku omavalitsuse poolt

Rootsi biometaani edulugu põhineb paljuski tugevatel ja varakatel omavalitsustel kombineerituna elanike kõrge keskkonnateadlikkusega, mis on lubanud toetada kohalikku biometaani tootmist. Biometaani tootmist mitte

[6] Web: http://monusminek.ee/documents/EAS_metaankytused_8_Lyhike_oja_280512.pdf

LÕPPARUANNE 24.0 13

toetades ei ole võimalik tänases turusituatsioonis saavutada püstitatud eesmärke taastuvenergia osakaalu suurendamiseks transpordis.

Maagaasi hinna tõus

Üheks võimaluseks on tõsta surumaagaasi hind biometaani omahinna tasemele. Autor ei pea seda võimalust lähima 5 aasta jooksul eriti tõenäoliseks, see ei oleks ka õiglane nende suhtes, kes on investeerinud surugaasi sõidukitesse ja taristusse. Igal juhul tuleks taolistest plaanidest turuosalistele ette teatada piisavalt pika aja jooksul. EAS Metaankütuste töörühma 4 riigi ülevaates analüüsiti metaankütuste toetuste skeeme nendes riikides ja selle tulemused on kokkuvõtvalt toodud tabelites 10 ja 11. (EAS 4 riigi ülevaade lk 38-41)

Kõigis 4 analüüsitud EL riigis on metaankütuste kasutamine transpordis levinud, see on selge **poliitiline prioriteet**, mis väljendub strateegiliste eesmärkide seadmises ja nende eesmärkide saavutamist toestavad erinevad meetmed, nii **toetused biometaani tehnoloogiate välja arendamisele, tootmisele, väärindamisele, edastamisele, kui tarbimisele** (metaankütuste sõidukite **soetustoetus**), biokütuste **maksusoodustused** (vabastused, 0-kütuseaktsiis, 0-käibemaks), nii turgu reguleerivad meetmed (rohelised riigihanked), investeeringutoetused, taristu arendamise toetused, standardite kasutamine kui ka vabatahtlikud meetmed.

Eesti olukorda ilmestab ainult 1 meede: biometaan mootorikütusena on kütuseaktsiisivaba. Selle ühegi kohta on aga avaldatud arvamust, et küllap on ta aktsiisivaba seni, kuni keegi biometaani tootma hakkab, küll siis leitakse ka põhjus biometaani kütuseaktsiisiga maksustada. Biogaasist soojatootmisega täpselt nii juhtus. Mõne aasta eest oli turuosalistele äriplaane ja investeerimisotsuseid tehes teada, et biogaas kui taastuvast allikast toodetud biokütus ja sellest muundatud soojusenergia on aktsiisivabad. Praktiliselt ei ole uued, KIK investeeringutoetusega, rajatud biogaasijaamd (Aravete, Oisu, Vinni) töötanud veel aastatki, kui Eesti Maksu- ja Tolliamet käsitleb biogaasi maagaasina ja nõuab biogaasist tehtud toasooja eest aktsiisi, enamgi veel, isegi biogaasi tootmisprotsessi jaoks toodetud soojust (kääritite soojendamiseks) tahetakse aktsiisiga maksustada. Maksustamine toimub kuupmeetri alusel ja kuna biogaasis on ca poole vähem metaani, tuleb sama soojushulga saamiseks võrreldes maagaasiga põletada seda kaks korda rohkem, mistõttu sama maksumäära juures tuleb tegelik aktsiis biogaasile kaks korda kõrgem. Olukord on seda kahetisem, et KIK investeeringutoetus oli ette nähtud eelkõige kohalike katlamajade ja kaugküttevõrkude üle viimiseks kohalikele taastuvkütustele. Selline olukord ja kogemus, kus üks ministeerium toetab ja teine maksustab, ei tekita küll üheski võimalikus investoris mingit usaldust eesti riigi, tema maksupoliitika ja biokütuste toetamise vastu. Õnneks on EK Maksudirektoraat võtnud seisukoha, et biogaasi KN ei ole sama mis maagaasil ja seega ka kaob loodetavasti biogaasist toodetud soojusenergia kütuseaktsiisiga maksustamise alus.

Selles skepsises tegelikult peegeldub eesti tänase ettevõtluse üks suurematest komistuskividest biometaani turul investeerimiseks – puudub igasugune kindlustunne ja usaldus, et mingigi kokkulepe ja lubadus riigi poolt kehtib. Ilma avaliku sektori ja Riigikogu/erakondade avalikult pakutava kindlustundeta, usalduseta, pühendumiseta ja eeskujuta ei ole lootust, et Eestis biometaani kasutamine mootorikütusena toimima hakkaks.

LÕPPARUANNE 24.09.13

LÕPPARUANNE 24.09.13

Biometaani toetusmeetmed valitud EL riikides

Teisalt on samaväärselt oluline nö üldise teadlikkuse tõstmine ja tarbija harimine.

Tabel 10. Fiskaal- ja majanduslikud meetmed biometaani ja maagaasi kasutamise soodustamiseks transpordikütusena võrreldud 4 EL riigis ajavahemikul 2000-2010. Kursiivis ja/või "E" tähistatud meetmed on ettepanekud, mis on rakendamisel.

tüüp	meede	Austria	Saksamaa	Itaalia	Rootsi
maksu alased	Biokütused on madalama kütuseaktsiisiga võrreldes fossiilsete kütustega	X		X	
	Biokütused on kütuseaktsiisist vabastatud	X			X
	Biometaan on kütuseaktsiisist vabastatud	X	X (kuni 2015, pikendatakse)		X
	Biometaanile on kehtestatud madalam käibemaks	*E*			
	metaangaasisõidukite juhtidele maksude ja tasude alandamine	*E*			X*
	Maagaas on kütuseaktsiisist vabastatud		X (kuni 2018, ei pikendata)		X **
	Automaks		X		
	40% võrra vähem tuleb ettevõttel maksta tulumaksu, kui ettevõtte kasutab CNG autosid				X
	efektiivse kütusekasutusega uute autode, mille CO_2 heitmete tase on alla 120 g/km kohta madalamad maksumäärad.				X
turure gulatsi oonid	*Biokütuste müügi(asendamise) kohustus*	*E ****		*E*	
	taristu arendamise kohustuslikkus ja taristu arendamise tehniliste ning seadusandlike tingimuste kergendamine	*E*			
	rohelised päritolusertifikaadid			X	X
	toetused toodetud taastuvenergiale		X	X	
	taastuvenergia kvoodid (TGC – tradable green certificates)				X
	Gaasivõrgu operaator peab finantseerima 50% gaasivõrgu ühendusega seotud kuludest		X		
	toodetava biogaasi puhastamine biometaaniks ja juhtimine maagaasivõrku on eelistatud, kui biogaasijaam on maagaasivõrgu trassi ühendusele lähemal kui 10 km.		X		
	Investeeringutoetused biokütuste tootmisseadmete rajamiseks	X	X	X	X
taristu arend amine	*soodustused ja toetused metaangaasiliste sõidukite ehitamiseks*	*E*			
	metaangaasi tanklate rajamise toetus	X			X ****
	investeeringutoetused biokütuste sõidukite soetamiseks	X			
	puhastusseadmete ja võrguühenduste rajamise toetus	X*****	X		
	organiliste jäätmete gaasistamise seadmete ehitamist	X*****			
	regionaalsed ja kohalikud toetused biogaasi tootmise ja kasutamise laiendamiseks.	*E*			X

* (vähendada üksikisiku tulumaksu (kuni 8000 SEK aastas), kui isiklikuks kasutamiseks kasutatakse firma autot, mis kasutab biometaani või surumaagaasi
** madalam maks võrreldes fossiilkütustega
*** tulemas 20% biometaani segamise kohustus
**** Rahaline toetus (kuni 30% koguinvesteeringust) CNG tankimisjaamade ja biometaani tootmisjaamade rajamiseks
***** tegemist oli uuringu projekti toetusega, ei ole regulaarselt antav toetus

LÕPPARUANNE 24.09.13

Kui meedia, inimesed ja arvamusliidrid järjepanu valgustavad ka antud 4 riigi kogemusi koos ettepanekutega neist osa Eestis rakendada ja ära näidates, mis Eesti sellest kasu saab, siis võib loota, et see teema jõuab ka poliittehnoloogide töölauale ja sedakaudu strateegiate ja tegevuskavadeni.
Nagu tabelitest 10 ja 11 nähtub, on enim meetmeid välja töötanud Austria, kuid enim on neid rakendanud Rootsi. Saksamaal ning Itaalial on meetmeid enam vähem võrdselt. Tähelepanuväärselt on kõigis neljas riigis ainult 1 meede sama, s.o. investeeringutoetus biogaasi tootmiseks ning 3 riigis on biokütused madalama või 0 kütuseaktsiisimääraga.

Tabel 11. Pehmed ja vabatahtlikud meetmed biometaani ja maagaasi kasutamise soodustamiseks sõidukikütusena 4 EL riigis.

tüüp	meede	Austria	Saksamaa	Itaalia	Rootsi
vabatahtlikud algatused	"Bio-CNG" töögrupp, kuhu kuuluvad gaasitööstuse esindajad ja biogaasijaamade operaatorid. Töögrupi eesmärk on leida häid ja töötavaid lahendusi kiiresti kasvavale biometaani tööstusele ja turule	X			
	kattev ja mitmekülgne teema valgustamine meedia poolt	X			
	Transpordiettevõtete, automüüjate ja tanklakettide operaatorite, omanike ja otsustajate koolitamine	X			
	maagaasitanklate avamise laiaulatuslik kajastamine meedia poolt	X			
	infopäevade, "Linnaõhk puhtaks" ja säästva transpordi kampaaniate läbiviimise.	X			
	osaleti maagaasisõidukitega autonäitustel ning esineti selleteemaliste ettekannetega konverentsidel ja näitustel	X			
	Inimestele õpetati spetsiaalsetel koolitustel maagaasisõidukite toimimispõhimõtteid, võimaldati teha test- ja õppesõite	X			
	ettevõtted, kes tegutsevad maagaasitanklate turul pakuvad toetust (sh odavamalt tankimist) tingimusel, kui klient paneb oma autole kleebise vastava tanklaoperaatori logoga		X		
	tasuta parkimine CNG autodele paljudes linnades ja prioriteetsed sõidurajad lennujaamades, raudteejaamades ja parvlaevade terminalides on nt eraldi taksorada CNG taksodele.				X
	keskkonnahoidliku sõiduki soetamise toetuse (clean vehicle premium), õhutamaks eraisikuid vahetama oma autosid kütusesäästlike ja taastuvallikatest toodetud kütuseid kasutatavate autode vastu. Toetust makstakse selliste sõidukite soetamiseks mille CO_2 heitme tase on väiksem kui 120 g/km ning mis kasutavad taastuvkütuseid (sh biometaan). Eraisik, kes soetas sarnastele tingimustele vastava auto ajavahemikus 1.aprillist 2007 – 30.juunini 2009, sai riigipoolset toetust 10 000 SEK (pisut üle 1000 EUR).				X

LÕPPARUANNE 24.09.13

Biometaani maagaasivõrgus kasutamiseks vajalike investeeringute maht Eestis

Kogu biometaani potentsiaali kasutusele võtmiseks (380 mln Nm3) vajaminev investeeringutoetuse maht (50% CAPEX) juures on suurusjärgus kuni 500-600 mln €.

Nagu eelnevates peatükkides kirjeldasime, on oluliseks turutõrkeks biometaani tootmisel temaga võrdväärse toote, ehk surumaagaasi oluliselt odavam hind.

Selle turutõrke ulatus sõltub eelkõige biometaani tootmise sisendite hindadest. Kuna jäätmete, jääkide ja kõrvalsaaduste puhul võib sisendite hankekuluks olla ainult transpordikulu, siis energiakultuuride kasvatamisel on kuluks ka tooraine hind.

50% investeeringutoetuse puhul saavutab biometaani näidisprojekt positiivse puhta rahavoo 5 aastal, sisemise tulumäära 15 % ja positiivse puhta nüüdisväärtuse (Tabel 12). Juhul kui müüa biometaan tänase surumaagaasi hinnaga (0.46 €/Nm^3 (=0.779 €/kg). Toome siinkohal investeeringutoetuse vajaduse, et võtta kasutusele kogu biometaani potentsiaal ehk siis 380 mln Nm^3 biometaani. Esialgsete arvutuste kohaselt on suurusjärgus 500-600 mln €.

Tabel 12. 90% investeeringutoetuse puhul saavutab biometaani näidisprojekt positiivse puhta rahavoo 5 aastal, sisemise tulumääraga 15 % ja positiivse puhta nüüdisväärtuse.

RAHAVOOD						
Aasta	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**
periood		1	2	3	4	5
Kasum enne makse	0	0	-144,486	-145,618	-143,425	-141,351
Amortisatsioon	0	0	173,677	173,677	173,677	173,677
Rahavood äritegevusest	0	0	29,191	28,059	30,252	32,326
Rahad sisse		4,094,790				
Rahad välja (Laen)		4,094,790	31,848	31,848	31,848	31,848
Rahavood finantseerimisest	0	0	-31,848	-31,848	-31,848	-31,848
Puhas rahavoog kokku	0	-122,844	-2,657	-3,790	-1,597	478
	93,618	NPV				
	15%	IRR				

LÕPPARUANNE 24.09.13

Biometaani tootmise ja tarbimise sotsiaal-majanduslikud mõjud

Biometaani tootmisega ja tarbimisega kaasnevad mitmed avalikud hüved nagu kohaliku taastuvenergia tootmine hajaenergeetikas, energiajulgeoleku suurenemine, sõltumatus kliimast (tuulest, päiksest ja veetasemest), regionaalne tasakaalustatud areng, lisandub 700-800 töökohta, põllumajanduse mitmekesistamine, sõnniku kääritusjäägi haisuvaba levitamine, vähem reostust pinnasesse, pinna- ja põhjavette, väiksem iseeneslik metaaniheide, väiksemad õhuheitmed võrreldes fossiilsete kütustega, kääritusjääk kui maheväetis. Kui need avalikud hüved arvutada rahalises vääringus, siis ühiskond saab kaudselt kasu 380 mln Nm3 biometaani tootmisest 271 mln €/a.

Käesolevas peatükis kirjeldatakse biogaasi sotsiaal-majanduslikud mõjud valdkondade kaupa. Tuuakse välja biometaani tootmise terviklik kasu ühiskonnale, iga mõju kohta tuuakse võimalusel hinnanguline ja rahas mõõdetav avalik hüve, nagu saamata jäänud tulu, väärtuse tõus või ärahoitud keskkonnakahju. Toome siinkohal seosed teiste valdkondadega ja seejärel biometaani tootmise väärtusahela, mis selgitab selle valdkonna mitmetahulisust.

Biogaasi tootmine ja tarbimine on mitmetahuline ja -suunaline. Seda mitmekesisust saab kirjeldada seoste kaudu teiste valdkondadega. Biogaasi valdkond on tihedalt seotud teiste aladega, sellel on näiteks tugevad seosed energeetika ja energiapoliitika, keskkonnakaitse, jäätmekäitluse, põllumajanduse, regionaalse arengu ning teadus- ja arendustegevusega. Järgnevalt on näidatud, milline on biogaasi tootmise ja kasutamise mõju – ja ühtlasi ka selle tähtsus eesti erinevates eluvaldkondades.

Biogaasi tootmise energiapoliitilised seosed väljenduvad kohalike taastuvenergiaallikate kasutuselevõtus, mis vähendab sõltuvust importkütustest. Samuti edendab biogaasi tootmine hajutatud energiatootmist, mis ei sõltu ilmastikuoludest („biogaasi tootmine ei sõltu tuule tugevusest või päikese paistmisest või veetasemest“), mis omakorda tagab stabiilsema energiatootmise. Biogaasi saab kasutada elektri ja sooja tõhusaks koostootmiseks (kasuteguriga üle 85%, pelgalt soojuse ja elektri eraldi tootmisel ei ole kasutegur üle 40%). Tulevikus on võimalus puhastatud biogaasi ehk biometaani müüa maagaasivõrku või kasutada seda taastuva mootorikütusena. **Käesolevas töös on eeldatud, et biometaani kogupotentsiaalist (380 mln Nm^3) kasutatakse 20% soojuse- ja elektri koostootmiseks (74 mln Nm^3) ja 80% mootorikütusena (304 mln Nm^3).**

Biogaasi tootmise keskkonnakaitseline aspekt väljendub fossiilsete kütuste kasutamise ja sellega seostuva (õhu)saaste vähenemises, samuti vähenevad kasvuhoonegaaside emissioonid põllumajandusest. Biogaasi tootmise käärimisjääki saab kasutada väetisena, kusjuures on oluline laotada seda taime kasvuperioodil, mitte sügisel. Kääritamata läga laotamine põhjustab

LÕPPARUANNE 24.09.

ebameeldivat lõhnaprobleemi, kuid biogaasi tootmisel tekkiv käärimisjääk ei haise laotamisel ja omab samaväärseid või omastatavuselt paremaid väetusomadusi kui sõnnik või läga. Erinevate uuringute alusel paraneb taimedele toitainete kättesaadavus käärimisjäägist isegi kuni 10% võrreldes lägaga.

Biogaasi seos jäätmemajandusega seisneb reoveesette kasutamises biogaasi tootmiseks, samuti on biolagunevad jäätmed sobivad sisendid biogaasi tootmiseks. Seetõttu ei saa õigeks pidada biolagunevate jäätmete masspõletamist olmejäätmete sees või eraldi. Biogaasi tootmist võib vaadelda kui jäätmekäitluslahendust - anaeroobne kääritamine ehk biogaasi tootmine on üks efektiivsemaid biojäätmete käitlemise ja energiaks muundamise tehnoloogiaid.

Biogaasi põllumajandusega seotud mõju seisneb tahesõnniku ladustamise vajaduse kadumises, kuna see asendub vedela kääritamisjäägiga. Ühtlasi käitlemisprotsess lihtsustub. Biogaasi tootmisel hävivad sõnnikus olevad umbrohuseemned ja patogeenid ning vähenevad kulutused käärimist soodustavate preparaatide ostuks. Lisaks väheneb võimaliku "metaanmaksu" risk. Biogaasisektori areng tooks kaasa maamajanduse mitmekesistumise ja pakuks täiendavat tulu põllumajandustootjatele energiatooraine/energiataimede kasvatamisel, mida näiteks väetatakse biogaasi tootmise kääritusjäägiga. Samuti mitmekesistaks selline areng erinevate põllukultuuride kasutamist ning uute energiakultuuride kasvatamist.

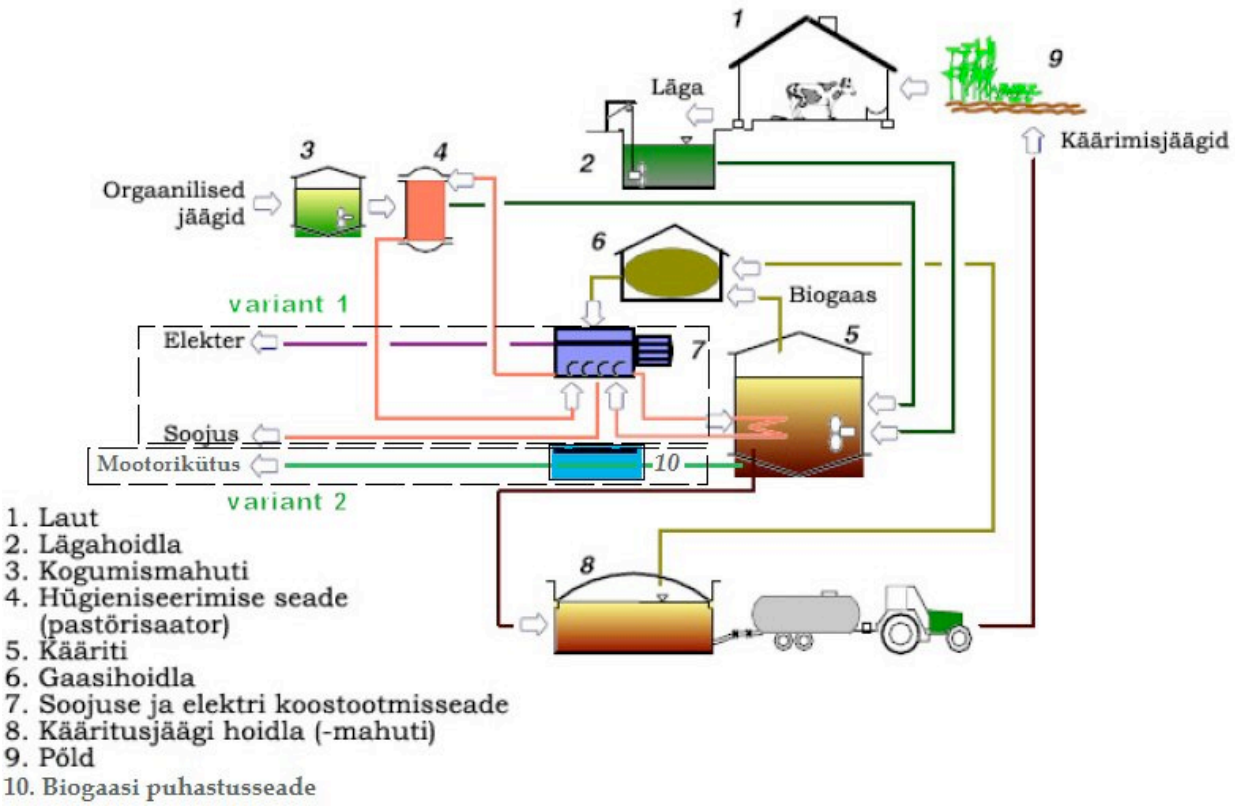
Biogaasi tootmise regionaalpoliitiline mõju seisneb väikeasulate mikrogaasivõrkude arendamises ja madalamas soojaenergia hinnas ning maapiirkondade täiendavas tööhõives. Biogaasi kasutuselevõtul on oma osa parema elukeskkonna loomises ja seeläbi piirkondade suurema konkurentsivõime tagamises (nt väiksem lõhnaprobleem, hooldatud põllud). Biogaasi võivad toota ka bioenergiaühistud, mis omab mitmeid positiivseid külgi – suureneb sotsiaalne sidusus ja koostöö, energiasõltumatus, väikemajapidamiste majanduslik toimetulek, jne.

Biogaasi tootmise majanduspoliitiline tahk on kohaliku tootmise/põllumajanduse/ehituse edendamine, täiendavate töökohtade loomine, investeeringute ja ettevõtete arendamises.

Biogaasi tootmise tehnoloogiline protsess

Substraatidest ehk biogaasijaama sisenditest sõltub milline tehnoloogia valitakse ja millised on selle tehnilised lahendused. Substraadi kogus määrab tehniliste seadmete mõõdud ja kääituskambri mahulised dimensioonid. Substraadi kvaliteet (kuivaine sisaldus, struktuur, päritolu) määrab suuresti kasutatava tehnoloogia biogaasijaama rajamisel. (Joonis 6).

LÕPPARUANNE 24.09.13



Joonis 6. Biogaasi tootmise tehnoloogiline skeem, kus *variant 1* puhul toodetakse biogaasist soojus- ja elektrienergiat (20% kogu potentsiaalist) ning *variant 2* puhul biometaani ehk mootorikütust[7] (80% kogu potentsiaalist).

Biogaasi tootmine on keeruline protsess, sest sõltuvalt paljudest teguritest ei ole olemas ühtset skeemi biogaasi tootmiseks, vaid iga jaama konfiguratsioon sõltub konkreetsest asukohast ja tooraine kooslusest. Biogaasitook sõltub enim lähtematerjalist ja neile lisatavatest substraatidest ehk lisanditest, mida kasutatakse energia tootmise eesmärgil ning protsessi professionaalsest juhtimisest (toitainete, protsessi parameetrite, jmt kontroll).

Biogaasi tootmise ja tarbimise väärtusahel

Biometaani tootmisega kaasnevad avalikud hüved on üles ehitatud biogaasi tootmise ja kasutamise väärtusahela etappide alusel (Vt joonis 7).

Biogaasi väärtusahela etapid:

I. **Biogaasi sisendite tootmine -** Biogaasi sisendi omanikuna ja biogaasi sisendi kasvatajana konkureerib biogaasi tootja prügilate, reoveepuhastusjaamade, jäätmekäitlejate omanikega, toiduainetööstuste, toitlustus- ja majutusasutuste, kaubanduskeskuste, samuti kõigi loomakasvatajate ja põllumajandusliku maa omanikega. Biogaasi sisendi tootjana tähendab kohalik (oma) tooraine energia tootmisel mingil määral energiasõltumatust.b Suurim biometaani potentsiaal on peidus täna kasutamata põllumajanduslike maade 50% kasutusele võtmises

[7] OÜ Mõnus Minek SEES illustratsioon, www.monusminek.ee

LÕPPARUANNE

biogaas sisendite, nagu näiteks päideroog, aga ka teiste sobilike taimede kasvatamiseks.

Joonis 7. Biogaasi tootmise väärtusahel[8]

II. **Biogaasi tootmine -** Biogaasi sisendite omanikuna omab biogaasi tootja täna võimalusi: kõikvõimalike anaeroobselt töödeldavate (põllumajandus, tööstus, teenindus, olmesfäär jt) biolagunevate jäätmete ja jääkide käärimisjääk vääristada väetiseks; alustada biogaasi tootmise ja energiaks (80% mootorikütuseks, 20% soojuse – ja elektrienergia) muundamise laiendamist.

III. **Biogaasi puhastamine -** Täna Eestis teadaolevalt keegi biogaasi biometaaniks ei puhasta ega kasuta mootorikütusena ega sisestata maagaasitorustikku. Biogaasi puhastamine biometaaniks tähendab sõltumatust importkütustest ning biometaani potentsiaali realiseerimine sõltub väga olulisel määral nii riiklikust poliitikast, kohalikest omavalitsustest ja ettevõtjatest ning toetusmeetmete loomisest.

IV. **Biogaasi ladustamine ja transport –** Täna puuduvad Eestis biometaanile tehnilised standardid selle müümiseks gaasivõrku, puuduvad ühtlasi müügitingimused. Siiski oleks vajadus uute/sõltumatute energiatranspordi alternatiivide järele, kuna iga riigi transpordikütuse varustuskindluse seisukohast peab olema oluline kütuseliikide mitmekesisus.

LÕPPARUANNE .13

[8] OÜ Mõnus Minek SEES illustratsioon, www.monusminek.ee

V. **Turundus ja müük -** Majanduslikult tasuvate variantidena tulevad kõne alla lisaks elektri- ja sooja koostootmisele siis biogaasi kasutamine pärast puhastamist mootorikütusena või otse maagaasivõrku müümine või maagaasitorude kaudu biometaani müümine lõpptarbijale. Valik on lõpptarbijale suunatud biogaasi olekute vahel (müüa gaasina balloonis, torus, elektri- või soojusenergiana).

VI. **Lõpptarbimine -** Sõita oma masinapargiga odavamalt võrreldes diisli või bensiiniküttega või toota elektri- ja soojaenergiat omatarbeks, seeläbi olla hinnakujundaja rollis ning olla sõltumatu hinnakujunemise poliitikast energiavaldkonnas.

Nagu näeme, on enamuses biogaasi tootmise ja tarbimise väärtusahelas koht avalikele hüvedele, st mida saab ühiskond kaudselt kasu biometaani tootmise toetamisest, kuna ilma toetusetea biometaan ei suuda maagaasiga konkureerida. Et võrrelda biometaani tootmise käivitamiseks vajaminevat toetuste hulka saadava avaliku kasuga kirjeldatakse biometaani avalikke hüvesid ühiskonnale, mida on võimalik mõõta kas otseselt või kaudselt rahalises vääringus. Ehk mida saab ühiskond tagasi, kui biogaasi tootmist ja tarbimist toetada Eesti või Euroopa maksumaksja maksudest. Võttes aluseks eelmistes peatükkides toodud biometaani keskmise omahinna ja investeeringutoetuse vajaduse tehakse järeldus, mida tuleks teha ja kas ühiskond saab rohkem vastu biogaasi tootmist toetades.

Põllumajandus

Mullaviljakuse (kasv) hoidmine/parandamine kääritusjäägiga väetades

Käärimisjäägi väetusomadused on samaväärsed või paremad kui puhtal lägal/sõnnikul.

Kääritusjääk sisaldab suurel hulgal taimedele hästi kätte saadavat lämmastikku, fosforit, kaaliumi, väävlit ja mikroelemente. Reostamata substraadi puhul on tegemist väga väärtusliku väetisega. Väetise toitainetesisaldus võib suuresti kõikuda, sest ta oleneb otseselt substraadist. (Tabel 13).

Lämmastik

Substraadist lendub vaid väikene osa lämmastikust, põhiosas (ligikaudu 3,4 kuni 5 kg/m3) jääb see kääritusjääki. Käärimisprotsessi käigus väheneb orgaanilisse ainesse seotud lämmastiku hulk, kuid kasvab ammoniakaalse lämmastiku hulk 45-76%. Kuna käärimisprotsessi käigus muutub pH neutraalsest aluseliseks (8-8,5), muutub ka hästilahustuv ammooniumioon NH+ NH_3-ks. Seetõttu on suureks ohuks, et säilitamisel ja transpordil võib ammoniaak lenduda. Positiivne on siiski see, et lämmastik sellises vormis on taimedele hästi kättesaadav. Kui aga taim sellisel hulgal lämmastikku ei vaja, siis ei kasutata teda ära ja ta eraldub keskkonda.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 13. Silo ja sõnniku kääritusjäägi koostise võrdlus.

Toitainesisaldus		
Parameeter	**Keskmine väärtus**	**Keskmine väärtus**
	(Silo kääritusjääk)	(sõnniku kääritusjäägid)
Kuivaine	7,0 %	6,1 %
pH	8,3	8,3
Orgaanika	51 kg/t VM (Värske materjal)	42 kg/t VM
Lämmastik	4,7 kg/t VM	4,8 kg/t VM
Ammonium	2,7 kg/t VM	2,9 kg/t VM
Fosfor	1,8 kg/t VM	1,8 kg/t VM
Kaalium	5,0 kg/t VM	3,9 kg/t VM

LÕPPARUANNE 24.09.13

Teised toitained

Taimedele kättesaadava kaaliumi ja fosfori hulk jääb vahemikku 1,8 – 3,5 kg/m3. Olenevalt väävliärastusmeetodist saab ka kogu olemasoleva väävli kääritusjääki tagasi viia. Ka kõik substraadiga kääritisse viidud toitained nagu fosfor, kaalium, magneesium, kaltsium jne jäävad kääritusjääki.

Toiteväärtus, mõju huumusele ja kahjulikud ühendid

Peale väetamist kääritusjäägiga tõuseb mullas mikroobide aktiivsus 9 kuni 10 nädalaks. Seevastu vihmaussid väldivad värskelt väetatud pinnast. Võrreldes lägaga on positiivne see, et kääritusjääk on vähem viskoossem ja imendub seega kiiremini pinnasesse ning vähendab emissiooni.

Põllumajanduses võib kääritusjääk olla sõltuvalt kasvatatavast kultuurist, kas mineraalväetiste asendaja (näiteks suvinisu) või ka täiendaja (n. mais).Väetamishulk oleneb kääritusjäägi lämmastikusisaldusest. Olenevalt küll kultuurist, kuid tavaliselt moodustab see 70 % mineraalväetisest. Väetamiselt mulda lisatud orgaanilise aine hulk on suhteliselt väike ja ei kata muldadele vajalikku huumuse teket. Kääritusjäägis olev raskmetallide hulk ei ole nii suur, et põhjustaks väetisena mingit probleemi. Salmonellaoht silokääritamise puhul on väga madal, pea mõeldamatu ja klostriidide oht on vaid läbikäärimata läga puhul. Taimehaiguste edasikanne pole siiani tõestust leidnud.

Säilitamine ja põllule viimine

Peale kääritusprotsessi kogutakse kääritusjääk hoidlasse. Uuemad hoidlad on kõik gaasikindlalt kaetud, et vähendada metaani emissiooni. Vedel kääritusjääk viiakse põllule lägalaoturiga, tahkem kääritusjääk sõnnikulaoturiga. Tavaliselt viiakse kääritusjääk tagasi põllule, kust substaat pärit oli. Selline tagasiviimine kindlustab toitoitainete kinnise ringluse. Sõnniku kaasutamisel substraadina on eeliseks see, et ei teki enam hoiustamisel metaaniemissiooni. Sõnniku põllule laotamisel on probleemiks lõhnareostus, mida põhjustavad ammoniaak, orgaanilised väävliühendid, divesiniksulfiid, orgaanilised happed. Tänu kääritusprotsessile, muud ühendid peale ammoniaagi lagundatakse. Tänu sellele on ka kääritusjääk palju ninasõbralikum ja ei riku õhku. (EAS 4 riigi ülevaade, lk 7-8).

Biogaasi tootmise sotsiaalmajanduslik mõju mullaviljakuse paranemisele on hinnanguline. Orgaaniliste väetiste kasutamise edendamisel paraneb süsiniku, forfori ja lämmastiku aineringlus. Sama mõju on sõnnikuga. Senise kirjanduse põhjal arvaks, et eelis puudub või on minimaalne, omab teatud keskkonnakaitselist väärtust, kuna väheneb mineraalväetiste pinna- ja põhjavette leostumine, kuid mõju ei erine sõnniku asendamisest kääritusjäägiga, v.a. läga puhul leviv ebameeldiv hais, kuid selle vähenemisest tulenevat positiivset mõju käsi tletakse elukeskkonna paranemise ja regionaalarengu osas.

Tabel 14. Biogaasi kääritusjägid on mineraalväetiste ekvivalent suurem kui kääritamata lägas ja sõnnikus.

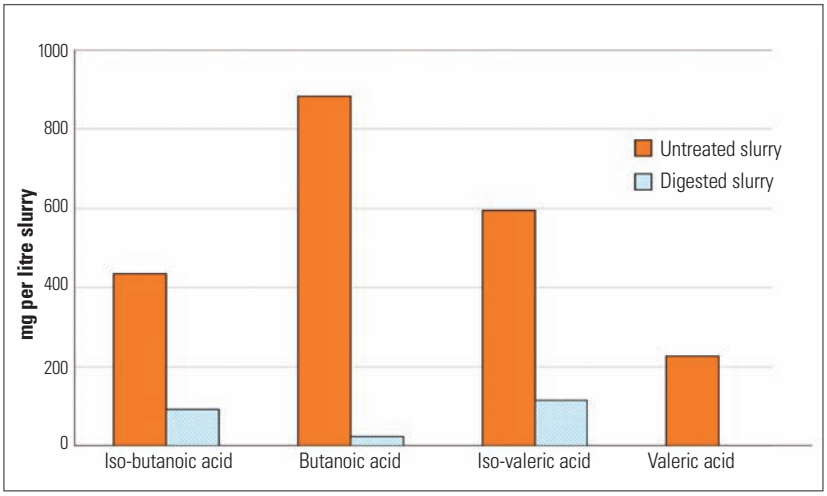
Trials	Dry matter yield g/unit	N up-take mg/unit	equivalent of mineral fertiliser
manure covered with soil			
N1			
BIOGAS MANURE	**41,0**	**364,9**	**79**
MANURE	31,4	238,4	35
N2			
BIOGAS MANURE	**55,0**	**649,0**	**101**
MANURE	39,4	350,7	42
manure on surface with wind			
N1			
BIOGAS MANURE	**28,9**	**225,5**	**31**
MANURE	27,3	215,7	27
N2			
BIOGAS MANURE	**40,6**	**356,9**	**43**
MANURE	35,1	312,2	35

Ebameeldiva lõhna vähenemine kääritusjäägiga väetamisel

Loomasõnnik ja paljud teised orgaaniliselt lagunevad jäätmed ja jäägid, sh reoveesete sisaldavad lenduvaid orgaanilisi ühendeid (LOÜ) (nagu näiteks isobutaanhape, butaanhape, isopalderjanihape ja palderjani hape[9], lisaks veel 80 erinevat ühendit), mis on ebameeldiva lõhna põhjustajateks. Hansen *et al.* (2004)[10] uuring näitas, et anaeroobne kääritamine vähendab LOÜ-te sisaldust kääritusjäägis ja seetõttu kääritusjäägi säilitamine ja levitamine neid ebameeldivaid lõhnu samal määral lägaga ei tekitagi. Kui kasutada veel ka kaetud kääritusjäägi hoidlaid ja õigeid levitustehnikaid (mulda sisseviimine, kamara alla kääritusjäägi levitamine), siis ebameeldivaid lõhnu ei tekigi. (Joonis 8). Samas ebameeldiva lõhna vähenemise avalikku hüve ei ole võimalik mõõta eurodes.

LÕPPARUANNE

[9] Inglise keeles: *iso-butonic acid, butonic acid, iso-valeric acid and valeric acid.*
[10] Hansen, M.N., Birkmose, T., Mortensen, B., Skaaning, K. (2004). *'Miljøeffekter af bioforgasning og sepa- rering af gylle'.* Grøn viden, Markbrug, nr. 296. (toodune IEA Task 37 ülevaates).



Joonis 8. Lenduvate rasvhapete sisalduse võrdlus lägas ja samast lägast mõõdetud kääritusjäägis pärast anaeroobset kääritamist, pruuniga on joonisel toodud läga ja sinisega kääritusjääk, mõõtühik on mg liitri läga kohta (Hansen *et al.,* 2004).

Umbrohuseemnete ja haigustekitajate vähenemine tänu anaeroobsele kääritamisele

Toodud eeldustel (sõnnikukulu 30 t/ha, taimekaitsevahendite maksumus 50 €/ha) on aastane kokkuhoitud kulu taimekaitsevahenditele 7 mln €/a.

Anaeroobne kääritamine vähendab umbrohuseemnete hulka lägas ja sõnnikus. Umbrohuseemnete arv väheneb, kuid need ei kao täiesti. Keemiliste **umbrõhutõrje vahendite kasutamise vajadus ja nende negatiivne mõju keskkonnale väheneb tänu anaeroobsele kääritamisele.** Hea, st nõuetekohane komposteerimine vähendab samuti sõnnikus ja lägas umbrohuseemnete hulka. Samas täna ei ole teada, milline osa sõnnikust ja lägast käideldakse nõuetekohaselt. Gaasiline energia jääb komposteerimisel kätte saamata, sestap tuleb anaeroobset kääritamist eelistada komposteerimisele.

Anaeroobne kääritamine vähendab väga efektiivselt ka patogeenide sisaldust kääritusjäägis, mis eelkõige sõltub temperatuurist. Tabelis 15 tuuakse kokkuvõte Taanis läbi viidud mahukatest ja detailsetest teadusuuringutest, koos tulemustega Saksamaalt ja Ühendkuningriigist. Kui substraadina on kasutatud ka loomseid (II kategooria) jäätmeid, siis need on vastavalt EL standardile pastöriseeritud 70°C juures ühe tunni jooksul või termofiilse kääritusprotsessi puhul 5 tunni jooksul on kääritis garanteeritud 53°C (Saksamaal: 24 tundi 55°C). Mesofiilses kääritusprotsessis hävivad patogeenid reeglina 2-3 päeva jooksul, maksimaalselt 8 päeva jooksul 35°C juures. Kääritamata lägahoidlates kulub aga haigustekitajate hävimiseks 1-22 nädalat, sõltuvalt temperatuurist.

Kui läga ja sõnnik anaeroobselt kääritades umbrohuseemned suures osas hävivad (eeldame et 80%), siis järelikult teeb taimekasvataja umbrohutõrjele vähem kulutusi. Seda kokkuhoitud kulu võib arvestada avaliku hüvena.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 15. Patogeenide ja nematoodide eluea võrdlus tundides biogaasi kääritis erineva kääritustemperatuuri juures ja toores, kääritamata lägas (T90) [1]Bendixen, 1994; [2]Test carried out by ADAS; [3]Bohm et al., 1999).

Patogeen	Biogaasi käärimisprotsessi **temperatuur** ja haigustekitajate hävimiskiirus tundides			Toore (kääritamata) läga temperatuur ja haigustekitajate hävimiskiirus tundides	
	70 °C	**53 °C**	**35 °C**	**18-21 °C**	**6-16 °C**
Salmonella T.[1]	0.0017	0.7	58	336	991
Salmonella D.[1]	0.0017	0.6	50		
Coliform bacteria[1]	0.0056	0.6	74	353	1562
Staphilococcus Aureus[1]	0.0022	0.5	22	151	1193
Mycobacterium Para TB[1]	0.0022	0.7	144		
Strep faecalis (FS)[1]	0.0653	1	48		
Group D Streptococococci[1]	0.0056	?	170	958	3595
M.Bovis (TB)[2]	0.0250	nt	nt	3696	nt
Larvae of nemotodes[3]	0.0002	<0.7	58	336	991

Arvutame selle kokkuhoitud kulu järgmistel eeldustel:

Viimaste aastate keskmiste näitajate aluel tekib Eestis sõnnikut aastas keskmiselt kokku 4.2 mln tonni, kui sõnnikukulu hektarile on 30 t/a siis sellega kogusega saab väetada 140'000 ha. Seega selline kogus hektareid ei vaja umbrohutõrjet.

Asendatav kulu on umbrohu tõrjele tehtavad kulud, eeldame, et 1 ha tehtava umbrohutõrje keskmine kulu aastas on 50 €, aluseks on võetud ühe pritsimiskorra maksumused hektari kohta tabelis 16, samas pritsida tuleb mitu korda aastas.

Tabel 16. Taimekaitse ühe pritsimiskorra maksumused €/ha 2012.a.[11]

Taimekaitse:

	Preparaadi hind, €/kg; €/l	Kulunorm, l/ha; kg/ha	Ühe pritsimiskorra maksumus, €/ha
Herbitsiid Titus	998,00	0,03	29,94
Fungitsiid Ridomil Gold MZ 68 WG	17,50	2,5	43,75
Fungitsiid Dithane NT	7,67	2,0	15,34
Fungitsiid Infinito	18,00	1,2	21,60
Insektitsiid Fastac 50	10,50	0,2	2,10
Insektitsiid Detcis Mega	22,50	0,15	3,38

Toodud eeldustel on aastane kokkuhoitud kulu taimekaitsevahenditele 7 mln €/a.

[11] Põllumajandusministeerium, Maamajanduse infokeskus 2012. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatuses, Jäneda, lk 28.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 17. Aastane kokkuhoitud kulu taimekaitsevahenditele.

Eeldus	ühik	tulemus
Sõnniku ja läga kogus kokku aastas	mln t	4.2
Sõnnikukogus 1 hektarile	t/ha	30
Sõnniku ja lägaga väetatava maa pindala	mln ha	0.14
1 ha taimekaitsevahendite maksumus	€/ha	50
kokkuhoitud kulu aastas	mln €/a	7

Kasutamata maade kasutusele võtmise avalikud hüved

Kasutamata maade kasutusele võtmise avalikke hüvesid saame käsitleda kolmest aspektist: a) maa(hinna)väärtuse muutus; b) saamata jäänud kasum biometaani tootmisest; c) saamata jäänud maksutulu kasutamata maade harimisest.

Maa väärtuse muutumine selle kasutusele võtmisel

Ühekordne kasu maa väärtuse hinna tõusust keskmisele maaomanikule on 23'750 € ja iga-aastane saamata jäänud tulu kokku 11 miljonit €/a.

Energiakultuuride kasvatamine biogaasi tootmiseks täna (mai 2013) kasutusest väljas oleval põllumajandusmaal (50% sellest on 177'385 ha) suurendab Eesti maamajanduse **mitmekesisust.** See intensiivistab **maakasutust** ja annab mõningal määral täiendavat **tööhõivet**; suurendab riigisisest põllumajanduse konkurentsivõimet, välisturgudel aga konkurentsivõime ei muutu. Üldist mõju on raske hinnata, mis mitmekesistab põldude kasutamist rohkem, kas korralik viljavaheldus või energiakultuurid. Kui energiakultuurid on monokultuuridena, siis see on pigem negatiivne mõju maale. Samas kui tulevikus soodustada liblikõieliste kasvatamist biogaasiks täna kasutusest väljas oleval põllumajanduslikul maal, siis see parandaks oluliselt ka mulla omadusi. Seega küsimus on pigem õigete kultuuride valikus, see vajadus võib tekkida ka asjaolust, et biogaasi tootmise kasutegur on seda suurem, mida rohkem on seal tasakaalus erinevad toorained.

Rahaliselt saab hinnata maa väärtuse muutust – kui võtta täna põllumajanduslikust kasutusest väljas olev maa kasutusse, siis maa väärtus muutub. Ühekordne kasu maa väärtuse hinna tõusust (10 eursendilt 24 eurosendini m^2 kohta) keskmisele maaomanikule (10 ha) on 23'750 € ja iga-aastane tulu 11 miljonit €/a, mis selle maa mittekasutamisel jääb saamata.

Biometaani omahinna ja ka maa väärtuse muutuse arvutamisel on võtmetähendusega silo omahind. Põllumajandusministeeriumi Maamajanduse infokeskus (2012) välja antud taime- ja loomakasvatuse kattetulu arvestuse tulemusena selgus, et pallisilo maksumus 2012. aastal oli 0,035 €/kg ja ühe palli (700 kg) maksumus 24,50 €. Hoidlasilo valmistamine oli odavam (0,030 €/kg), kuid siin tuleb arvestada ka sellega, millise mahutavuse ja maksumusega on hoidla. Viidatud arvestustes on võetud aluseks 5000 t mahutavusega hoidla, maksumusega 225 000 €, kasutusaeg 35 aastat.[12]

[12] Põllumajandusministeerium, Maamajanduse infokeskus 2012. Kattetulu arvestused taime- ja loomakasvatuses, Jäneda lk 31.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Hinnatud on maa väärtuse muutust Tabelis 18 toodud eelduste kohaselt.

Tabel 18. Maa väärtuse muutus selle kasutusele võtmisel rohelise biomassi tootmiseks biometaani jaoks.

Eeldus	**ühik**	**tulemus**
Rohtse biomassi saagikus 1 ha kohta (värske mass)	t/ha	15
Biogaasi took 1 tonni värske rohtse biomassi kohta	Nm^3/t VM	150
Biometaani took 1 tonni värske rohtse biomassi kohta	Nm^3/t VM	90
Biometaani kogus 1 ha kasutusse võetud maalt	Nm^3/ha	1350
Biometaani hind	€/Nm^3	0.88
Biometaani hinna müügist saadav tulu ha kohta	€/ha	1188
Biometaani hinna kasumimarginal	%	5%
Biometaani müügist saadav kasum 5% marginaliga aastas	***€/ha***	***59.4***
Biometaani müügist saadav kasum 50 aasta jooksul	€	2970
Kasutusse võetud maa hind 2013.a.	€/m2	0.30
Kasutusest väljas oleva maa hind 2013.a.	€/m2	0.10
Maa hinna tõus	€/m2	0.20
Maa väärtuse suurenemine ha kohta	€/ha	1970
Kasutamata maa pindala, mis aastaks 2050 võetakse kasutusele (50% 2012 kasutamata põllumajanduslikust maast)	ha	177385
iga aastane maaomanike kasum kokku 5% täiendava lisandväärtuse juures 177'385 ha kasutusse võtmisel	***Miljon €/a***	***10.54***
Keskmine maaomandi suurus	ha	10
Maaomanike arv	in	17,739
Maa väärtus kokku kasutusse võtmisel (ha*lisandunud maa väärtus)	Miljon €	349
- ühekordne maa väärtuse kasv	€	19,700
Tuua välja ha kohta		1,970

LÕPPARUANNE 24.09.13

Kasutamata maade biometaani müügist 5% saamata jäänud kasum

Saamata jäänud kasum kasutamata maade rohelisest biomassist tootmata jäänud biometaanist on 17 mln €/a.

Olukorras, kus üleilmselt on põllumajanduslike maade defitsiit, võiks eesti strateegiline eesmärk olla võtta kasutusele kõik vähemväärtuslikud, täna kasutusest väljas olevad põllu/heinamaid tooraine ehk rohelise biomassi tootmiseks. Kasutamata maade kasutamist võivad takistada nende asukoht (st paiknemine teedest ja gaasitrassidest liiga kauge) ja madal mullaviljakus ehk boniteet. ENMAK 2030 biogaasi puudutavas prognoosis on võetud sihiks, et 50%

kasutamata maadest on võetud kasutusse rohelise biomassi tootmiseks, millest siis teha biometaani, kokku 177'385 ha.

Avaliku hüve arvutamise eeldused on järgmised:

Arvutatakse välja kasum, mis jääb saamata kasutamata maade harimisest rohelise biomassi tootmiseks, millest tehakse biometaani, eeldusel, et 80% biogaasist kasutatakse biometaanina mootorikütusena ja 20% elektri ja soojuse koostootmiseks

Kasutusest väljas olevatelt maadelt on kasutusse võetud 50% (177'385 ha), kus kasvatatud rohelisest biomassist (rohukamaral, näiteks päideroog, seob ka süsinikku) toodetud biomassist saab 222.7 mln m3 biometaani, millest 80% realiseerimisel keskmise omahinnaga on kogutulu 174 mln €/a. Nende maade mitteharimisel ja biometaani mittetootmisel jääb 5% kasumimarginali juures 19 mln €/a kasumit saamata. (Tabel 19).

Tabel 19. Saamata jäänud kasum kasutamata maade rohelisest biomassist tootmata jäänud biometaanist on 17 mln €/a.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani (CH4 98%) kogus kokku aastas	mln Nm^3/a	380
Biometaani hind	€/Nm^3	0.88
Biometaani hinna müügist saadav tulu aastas	mln €/a	334
Biometaani hinna kasumimarginal	%	5%
Saamata jäänud kasum tootmata jäänud biometaanist	mln €/a	16.7

Kasutamata maade harimisest saamata jäänud maksutulu

Aastas jääb riigil kasutamata maade mitteharimisest maksutuludena saamata 10 mln eurot.

Kasutamata maade harimisest saamata jäänud maksutulu arvestuse aluseks on võetud 50% kasutamata maid (177'385 ha), kus kasvatatakse silo saagikusega 15 t/ha ja silo omahinnaks on võetud 30 €/t. Eeldusel, et silo omahinnast 30% moodustavad tööjõukulud, millest omakorda 41% on maksude osakaal, **jääb aastas riigil maksutuludena saamata 10 mln eurot.** (Tabel 20)

Tabel 20. Aastas jääb riigil kasutamata maade mitteharimisest maksutuludena saamata 10 mln eurot.

eeldus	ühik	tulemus
kasutamata maadest 50% on võetud kasutusele	ha	177,385
silo saagikus	t/ha VM	15
silo kokku	t/a	2,660,775
silo omahind	€/t	30
kulu silole kokku aastas	mln €/a	80
tööjõukulu osakaal silo omahinnas	%	30%
tööjõukulud silole aastas	mln €/A	24
maksude osakaal tööjõukuludes	%	41%
Saamata jäänud maksutulu aastas	**mln €/a**	**10**

LÕPARUANNE 24.09.13

Õhusaaste peenosakestest tulenevate kaotatud eluaastate tõttu vähenenud panus SKT-sse

Peente osakeste ööpäevakeskmise piirväärtuse [13] (50 µg/m³) ületamisi registreeriti viiel korral Tallinnas 2011.a vaid kesklinnas. Õismäel ja Koplis jäid peente osakeste sisaldused piirväärtusest madalamaks. Peente osakeste emissiooniallikad on lisaks liiklusele veel eramute kütmine, teede liivatamine ja soolamine. Osaliselt on peened tolmuosakesed ka looduslikku päritolu. Riikliku seire raames ei uurita loodusliku ja antropogeense saaste osakaalu tolmus, samuti tolmusaaste päritolu.[14]

Õhusaastamisest tuleneva saamata jäänud panuse SKT-sse arvutamise eeldused:

Eeldame, et pooled välisõhu heitmetest pärinevad transpordist. Seega kaotatud elude arv aastas on ca 4000, ühe inimese panus aastas sisemajanduse koguprodukti on 20 000 €/per capita. Tahked osakesed pärinevad põhiliselt diiselkütuste põletamisest, mida 2011.a põletati 673 mln liitrit. 80% biometaani ehk 304 mln Nm3 aastas saab kasutada transpordis, sellest 66% asendaks 30% diiselkütuseid. See omakorda vähendaks 30% diiselkütuste kasutamist, mis omakorda vähendab 30% kaotatud elude arvu aastas ehk 1200 kaotatud eluaastat. Eeldame, et 1 inimese panus SKT-sse on aastas 20'000 €/a, seega biometaani mittekasutmisel transpordis jääb ühiskonnal saamata kaotatud eluaastate tõttu nende kogupanus SKT-sse aastas summas 24 mln €. (Tabel 21).

Tabel 21. Õhusaaste peenosakestest tulenevate kaotatud eluaastate tõttu vähenenud panus SKT-sse.

eeldus	ühik	tulemus
Transpordist pärineva õhusaaste tagajärjel kaotatud eluaastate arv aastas	eluaastat/a	4,000
Fossiilse diiselkütuse tarbimine aastas (2011.a)	mln l/a	673
Biometaani maksimaalne osakaal fossiilse diiselkütuse asendamisel	%	30%
Diiselkütuse kogus aastas, mis on võimalik asendada biometaaniga (moodustab 66% biometaani kogupotentsiaalist transpordikütusena [304 mln Nm3/a]	l/a	202
Biometaaniga 30% fossiilse diiselkütuse asendamisel väheneb transpordist pärineva õhusaaste tagajärjel kaotatud eluaastate arv aastas	eluaastat/a	1,200
1 inimese panus SKT-sse aastas	€/a	20,000
kaotatud eluaastate tõttu saamata jäänud panus SKT-sse	**mln €/a**	**24**

Orru jt (2011) on uurinud õhusaaste peenosakeste tõttu saamata jäänud panuse määra SKT-sse:

> *"Kokku põhjustavad ülipeened osakesed välisõhus Eestis hinnanguliselt keskmiselt 600 varajast surma aastas, mis lähtuvalt erinevatest tegurites jääb usalduspiiride (95% CI=155– 1061 juhtu) vahele. See teeb kokku 8 312 (2 234–14 608) kaotatud eluaastat aastas ning keskmine oodatava*

[13] Saastatuse taseme piirväärtus (SPV) – saasteaine lubatav kogus välisõhu ruumalaühikus.
[14] keskkonnaseire 2011, lk 15

LÕPPARUANNE 24.09.13

eluea kaotus elaniku kohta on ligi 5 kuud. Suurim oli oodatava eluea langus suuremates linnades nagu Tallinn, Tartu, Narva, Pärnu ja Kohtla-Järve ning mõnevõrra kõrgel Ida-Virumma piirkonnas üldiselt. Peale liikluse oli linnades väga oluliseks tervisemõju tekitajaks kohtkõte, Ida-Virumaal tööstus ning maapiirkondades teistest piirkondadest kohale kantud saaste. Peened osakesed välisõhus põhjustavad Eestis täiendavalt veel 312 (188–460) hingamisteede ja 555 (358–706) südame-veresoonkonna hospitaliseerimise lisajuhtu aastas. Sotsiaalmajanduslikud väliskulud on 378 miljonit eurot aastas varajase suremuse ja 2 miljonit eurot hospitaliseerimiste tõttu.” [15]

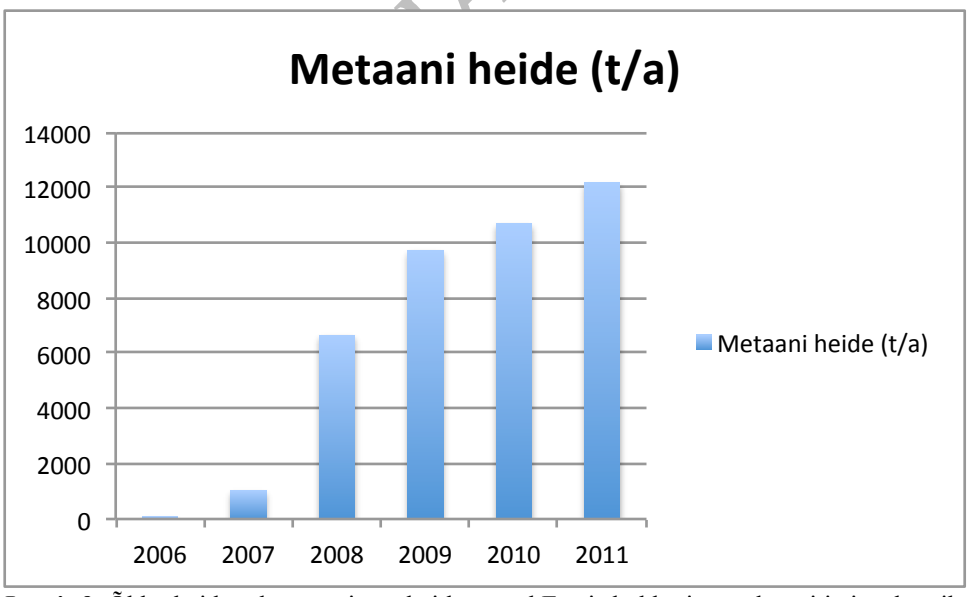
Keskkonnakaitse

PM sektori metaaniheite vähenemine

Anaeroobne kääritamine vähendab põllumajanduslikku metaaniemissiooni. Laudas olev emissioon säilib, väheneb lägakäitluse emissioon, selle mõju on keskmine, kuid ettevaatusprintsiipi arvestades siiski oluline. Keskonnakaitses mõõdetakse metaani kui saastavat kasvuhoonegaasi, anaeroobne kääritamine vähendab seda ja võimaldab saadud energia ära kasutada.

Tahedast sõnnikust, kui seda komposteeritakse korralikult metaani ei teki, (seda peab segama, seal peab saavutama temperatuuri 50-60 C), täna puudub ülevaade, kui palju tekkivast sõnnikust komposteeritakse nõuetele vastavalt, st. et toimuks aeroobne lagunemine, mille käigus metaani ei teki.
Vedela läga hoidlatest, mis on katmata, hakkab metaani eralduma välisõhku, kui seal tekib anaeroobne keskkond, kui seda protsessi ei kontrolli, siis on iseeneslik metaaniheide, mis on keskkonnaprobleem,

Probleemi lahenduseks on a) kas lägast teha biogaasi või b) teha tast tahesõnnik, mida komposteerida.



Joonis 9. Õhku heidetud saasteainete heitkogused Eestis kokku ja maakonniti ajavahemikul 2006-[16]2011.

[15] lk 3, http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/5081/1/Orru2011.pdf

[16] *Allikas: Keskkonnauuringute keskus, 2011. http://www.keskkonnainfo.ee/main/index.php*

Saksa biogaasi positiivsete mõjude ülevaates (Klinger 1998) tuuakse sõnnikumajanduse hinnanguliseks osakaaluks metaani koguheites 7%.
Juhul kui 70% sõnniku aastasest maksimaalsest [65-72% on kasutatava sõnniku- ja läga kogusega arvestatud biometaani potentsiaali arvutuses] kogusest kääritada biometaaniks, siis selle võrra metaaniheide väheneb. (Tabel 22)

Methane is the second most important greenhouse gas in the world, with a global warming potential (GWP) of 25 times higher than CO_2 (in a time horizon of 100 years). Methane emissions occur in any anaerobic processes with organic materials. It has been estimated that methane emissions from agriculture contribute about 33% to the global greenhouse effect. About 7 % alone result from animal excrement.[17]

.

Tabel 22. Keskkonnale hoitakse ära kahju 300'000 €/a, kui 62-75% lägast kääritatakse biometaaniks.

eeldus	ühik	tulemus
Metaani emissioon aastas	t/a	12,000
Sõnnikumajanduse osakaal metaaniheitest	%	7%
Sõnniku osakaal, mida kasutatavas potentsiaali arvutuses on kasutatud	%	70%
Sõnnikumajandusest pärinev metaaniheide aastas	t/a	588
Pika-ajalises perspektiivis on metaan 25 korda suurema negatiivse kliimamõjuga kui CO2	kordaja	25
CO2 ekvivalendis metaaniheide aastas	t/a	14,700
süsinikdioksiidi tonni hind (pika-ajaline, keskmine)	€/t	20
7% metaaniheitme negatiivne keskkonnakulu aastas taandatuna CO2 ekvivalendile	**€/a**	**294,000**

LÕPPARUANNE 24.09.13

Nitraadileostumise vähenemine

Käärimisjääk on taimedele paremini omastatav ja lämmastikuühendite eraldumine pinna- ja põhjavette seega väiksem.

Within the agricultural sector anaerobic digestion may contribute through a double effect to save water resources (e.g. 1 litre of drinking water in the Aral Lake region costs about 1 US Dollar).
1. Through the increased ammonia content in the digested manure an accelerated plant up take occurs. Roots prefer ammonia than nitrate, if they are available at the same time. When ammonia is more and faster absorbed by the plants it cannot be transformed into nitrate and leached downwards in direction of the groundwater level. Thus groundwater pollution through nitrate is prevented.
Trials on cereals have demonstrated the higher uptake of ammonia from digested manure which resulted in an equivalent of mineral fertiliser between 79 to 101 % (mineral fertiliser is 100%). Raw manure achieved an equivalent of 35 to 42% only. This increased up take of accessible nitrogen during the growing period implies for the following period (autumn and winter) a reduced nitrogen content in the soil. Unwanted mineralisation of nitrogen at this time is reduced and the risk of transfer to the groundwater is also reduced [14]. (Klinger 1998, lk 6)

Nitrous oxide generation is a natural microbial process. It is produced during nitrification and denitrification processes in soils, stables and animal waste management systems. In general nitrous oxides emissions appear in soils without anthropogenic influence. Fertilising as well as special conditions during storage can immensely increase the emissions.
Very few detailed information is available about the reduction potential of nitrous oxides through

[17] Allikas: Barbara Klingler, 1998. Environmental Aspects of Biogas Technology, German Biogas Association, Results from GTZ-Project "Promotion of Anaerobic Technologies, 1998" TBW GmbH. Frankfurt. Lk 7.

anaerobic digestion of animal waste. There is still a need for further research. Nevertheless recent research results lead to the opinion that anaerobic digestion of animal waste significantly reduces nitrous oxide emissions. [3,16] by
1. Avoidance of emissions during storage of animal waste.
2. Avoidance of anaerobic conditions in soils.
3. Less N2O-losses through increased nitrogen availability for plants and a faster nitrogen absorption through crop plants.
4. Reduced application of inorganic nitrogen fertiliser and N2O avoidance during production of nitrogen fertiliser.
5. Avoidance of changes of land use (saving of forest resources).
Considering all these effects an N2O-reduction potential through anaerobic treatment of about 10 % could be assumed. (Klinger 1998, lk 8).

Kääritusjäägil on paremad väetusomadused kui sõnnikul

Many farmers have observed improved yields afte using digested manure. Measurements show a yield increase of 2 to 3 % compared to untreated manure2-4. The effect is more significant if the manure is directly injected into or covered with soil and when applied before seeding.
Another observation from farmers after use of digested manure is that the grass variety is higher than with untreated manure.
Through co-fermentation (addition of agro-industrial residues such as slaughterhouse wastes, fat etc.) the nutrient content can easily be increased. Through addition of co-substrates and improved fertilisationtechniques an average of 20% more ammonia (ca. 0.7 kg/mÑ biomass) and 30% more phosphate (ca. 0.3 kg/mÑ biomass) is achieved, which substitute the use of mineral fertiliser [3].
To produce one kg of nitrogen, 2 kg mineral oil is needed (Haber Bosch System). An average of 30 MJ per mÑ of biomass [3] (manure and co-substrates) can be saved through cofermentation.

Vajadus kunstväetiste järgi väheneb, kuna:

1) käärimisjääk taimedele paremini omastatav, st. seda kulub vähem per ha
2) biogaasi edendamine toob uusi biojäätme vooge põllule (st. rohkem biomaterjali jääb ringlusse.

Biojäätmed on nö. uued toormevood, mis muidu jääksid väetisena kasutamata. Mineraalväetise tootmine on energiaintensiivne ja kulukas ja kulutab palju fossiilseid kütuseid. Mineraalväetiste asendamine väetusomadustelt võrdväärse käärtitusjäägiga on keskkonnale kasulik.[18]

Tabel 23. Võrdlev lämmastiku (N) kasutus protsentides sea- ja lehmaläga ning kääritusjäägi puhul erinevate läga/kääritusjäägi päritolu vahel, aastaaegade vahel ja levitamisviisi vahel. (allikas: Birkmose, 2009[19]).

	Kevad		Suvi	
	Kamara alla viiduna	Lohiskingaga	Kamara alla viiduna	Lohiskingaga
Taliraps				
Sealäga		65		
Lehmaläga		45		
Kääritusjääk		75		
Rohi				
Sealäga	60	60	55	45
Lehmaläga	50	45	45	35
Kääritusjääk	70	65	60	45

[18] *Allikas:http://www.farmplant.ee/component/k2/item/93?tmpl=component&aken*

[19] Birkmose, T. 2009. *'Nitrogen recovery from organic manures: improved slurry application techniques and treatment – the Danish scenario'.* International Fertiliser Society Proceedings, 656.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Avaliku hüve leidmiseks arvutame reaalse kääritusjäägi koguse ja selles olevad väetisaine kogused, nii vedelas kui tahkes fraktsioonis, mille puhul annab siis arvutada, kui palju kunstväetisi kokku hoitakse. Kuna mineraalväetised on kallid, siis ega täna enam keegi neid nö umbes põllula ega tuulde ei loobi.

Talinisu RAMIRO (eelvili II kasutusaasta põldhein) väetamisel oli lämmastikväetiste efektiivsus kasvuaastal kõrge. Isegi **N135 kg/ha**, juures ei saavutatud väetamise agronoomilist maksimumi. Kõrgeima terasaak (6500 kg/ha) saadi väetisvariandis N135 P39 K90 kg/ha.

Kääritusjäägi omadused

Käesolev peatükk põhineb informatsioonil IEA Bioenergy 2010. aasta biogaasijaamade kääritusjäägi ülevaatest bioväetisena kasutamise kohta.[20] Biogaasi kääritusjäägi kasutamisel (mahe)bioväetisena on mitmeid lisaväärtusi lisaks temas olevatele väetisainetele.

Kääritusjäägi kasutamine väetisena vähendab fossiilsete kütuste ja mineraalväetiste kasutamist, vähendab kasvuhoonegaaside eraldumist katmata sõnnikuhoidlatest, pakub võimaluse suure efektiivsusega ressursside taaskasutuseks ja sulgeb sellega tootmistsükli, st ained käivad ringi energia muundamise käigus jäätmevabalt, sest kõik tekkivad ühendid on järgmiste protsesside tooraineks. Tabelis 24 toodud võrdluses on näha, et sõltumata läga päritolust, levitamisviisist ja ajast on kääritusjäägis lämmastiku osakaal võrdne või suurem kui kääritamata lägas. Mis tõestab üheselt, et läga kääritamine ei vähenda selle väetisomadusi, vaid pigem suurendab. Enamgi veel, suurim sotsiaalne pluss kääritusjäägi levitamisel võrreldes lägaga on kääritusjäägi levitamisel ebameeldiva haisu puudumine.
Kääritusjäägis oleva lämmastiku väetusomadusi saab väljandada kasutamise protsendina *("utilisation percentage").* See on määratud kääritusjäägis oleva üldlämmastiku koguse kaudu, mis on võrdne suhtelise mineraalväetises oleva lämmastiku kogusega, et saada sama saak. Kääritusjäägi väetusväärtus suureneb koos väetusainete protsentuaalse kasutusefektiivsuse tõusuga. Mida suurem on kasutatava lämmastiku protsent, seda parem on väetis. (Tabel 24)

Tabel 24. Näide Taanis mõõdetud lämmastiku kasutamise protsendist ja ammooniumi osakaalust üldlämmastikust erinevates sõnnikutes ja kääritusjäägis suviodra ja talinisu väetamisel. (Birkmose, 2009).

Sõnniku tüüp	**Vili ja kasutamise aeg**	**NH4-N osa üld-N** (%)	**N kasutus (% üld N)**
Sügavallapanu, veised	Suvioder, kevad	22	32
Sügavallapanu, sead	talinisu, sügis	23	27
Veiseläga	talinisu, kevad	52	45
Sealäga	talinisu, kevad	74	63
*Kääritusjääk**	*talinisu, kevad*	83	80
Kääritusjäägi vedel fraktsioon	*talinisu, kevad*	82	78
* Põhineb 20 käärtusjäägi keskmisel, kus substraatideks olid läga ja toiduainetööstuse jäätmed			

[20] Lukehurst, C., Frost, P and AL Seadi T. 2010. IEA Bioenergy, Task 37 – Utilisation of digestate from biogas plants as biofertiliser, June 2010.

LÕPPARUANNE 24.09.13

See on peamiselt mineraalne lämmastik (ammoonium lämmastik), mis on taimedele omastatav kohe pärast mulda viimist. Teoreetiliselt on sõnnikus olev kasutatava lämmastiku osakaal võrdne kääritusjäägis oleva lämmastikuga. Praktiliselt, kui toimub kääritusjäägi levitamine maapinnale, siis mingil määral lendub ammoniaaki, mille tagajärjel taimedel poolt omastatava lämmastiku kogus väheneb. Mistõttu on oluline vähendada kääritusjäägi kokkupuudet õhuga nii ladustamisel, transpordil kui levitamisel, et vältida ammoniaagi lendumise kaudu lämmastiku koguse vähenemist kääritusjäägis.
Kääritusjäägi kasulikkust kinnitab ka saksa (Klinger 1998) biogaasi avalike hüvede uuring:

"Manure, compost or any organic fraction will increase or stabilise the humus level in soil. Humus is one of the most important compounds in the soil since it is responsible for the temperature of the soil;, the water capacity, structure and pore volume (which is very important against desertification) and absorption of nutrients.
During the anaerobic process most of the low molecular substances (less than 1000 g/Mol) are degraded, while lignin substances still contribute to the humus pool of the soil [1].
Thus fermented manure still contributes with its humus building substances to soil fertility.
After anaerobic digestion about 25 to 40% of the organic dry matter is converted to methane (CH4) and carbon dioxide (CO2). This reduction results in a decreased carbon/nitrogen proportion and improves the quality of manure."

Eeldame, et kääritusjääki ei töödelda täiendavalt väetisena kasutmiseks, mistõttu on võetud need sisendid, mille kääritusjääki saab otse kasutada väetisena. Selliste sisendite kogus aastas 10% kuivainele (KA) taandatuna on 18.2 mln t/a.

Eeldame et sisendite anaeroobsel kääritamisel väheneb orgaanilise kuivaine sisaldus 25-40%, keskmiselt siis 30%.

Lisakääritusjääki saab rohtsest biomassist ja põllumajanduslikest muudest jääkidest, v.a. sõnnik ja läga seega 13 mln t/a rohtsest biomassist saab 9 mln t/a kääritusjääki (KA 10%). Kuna väetamine toimub lägana, vedelat ja tahket kääritusjäägi fraktsiooni ei eraldata, siis eeldame, et kääritusjäägis on sama palju lämmastikku kui sõnnikus.

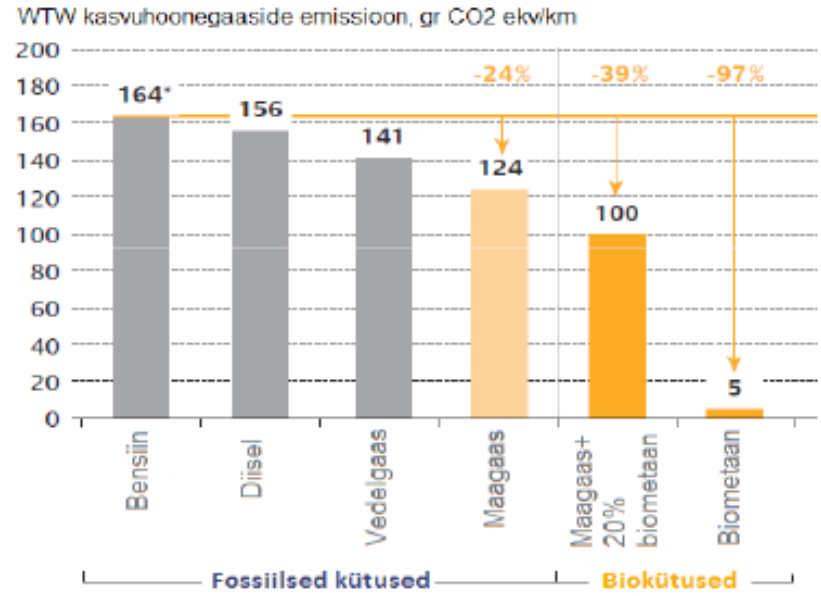
9 mln tonnist kääritusjäägist saab väetada 303'361 ha, samas ei toimu mineraalväetiste asendamist, kuna juurde kasvatatavaid taimi väetatakse kääritusjäägiga, st mineraalväetiste kasutamine ei suurene. Mis on kaudselt positiivne, aga ei ole otseselt rahaliselt mõõdetav.

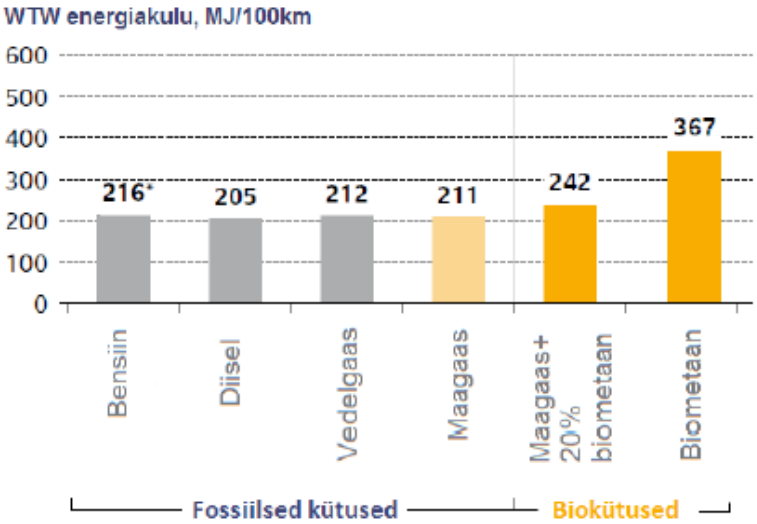
Biokütuse kasutamine põllumajanduses

Põllumajandusmasinad kasutavad biometaani eridiiselkütuse asemel, sel juhul väheneb pm masinate enda heitgaaside kogus, selle mõju on keskmine. Biometaan asendab eridiiselkütuse – esialgu saaste jääb tekitamata, saastekulu, CO_2, võrdlus on toodud Valdo Vakeri ettekandes[21] joonis 10:

[21] http://monusminek.ee/documents/Seminar23_24_03_11_Tartu.pdf

LÕPPARUANNE 24.09.13





Joonis 10. Energiakulu erinevate autokütuste kasutamisel 100 kilomeetri läbimiseks WTW meetodil. (võrdlus on taandatud sissepritsega ottomootoriga bensiiniautole keskmise kütusekuluga 7 l/100 km).

Kasvuhoonegaaside segu emissioon esitatakse CO_2 ekvivalendina. Kasvuhoonegaase tekib kütuse elutsükli (tootmine, turustamine, tarbimine) turustamine, tarbimine) kõigis osades. Tarbimise faasi ehk kütuse mootoris põletamist tähistatakse lühendiga TTW (Tank-To-Wheels).

WTW (Well-To-Wheels) tähistab kütuse kogu elutsüklit alates selle toorme kaevandamisest maardlas ja tootmisest kuni mootoris põlemiseni.

*Through anaerobic treatment of animal excrement a renewable source of energy is generated, which has an important dual climatic effect: The use of renewable energy reduces the CO_2- emissions through a reduction of the demand for fossil fuel (1 m^3 biogas substitutes 0,5 kg oil for energy purposes reducing **2,6 kg CO_2-emissions**). At the same time the process can diminish uncontrolled methane generation by capturing methane.*

1 liitri bensiini põlemisel eraldub 2370 grammi CO_2 ja 1 liitri diislikütuse põlemisel eraldub 2650 grammi CO_2

Eeldame, et valdav enamus aastasest eridiiselkütusest kasutatakse põllumajanduses, eeldame, et 25% sellest asendatakse biometaaniga. Eeldame, et fossiilsete kütuste asendamisel biometaaniga väheneb kasvuhoonegaaside

LÕPPA 4.09.13

allikast paagini (WTW, well-to-wheel) metoodika alusel 97%. Nendel eeldustel hoitakse ära 154'982 tonni CO_2 ekvivalendis õhuheitmeid ja võttes aluseks CO_2 tonni hinna 20 €/t, on kasu ühiskonnale 3 mln €/a. See sisaldub kogu transpordis vähenenud CO_2 tabelis.

Jäätmekäitlus

Biojäätmete taaskasutuse suurendamine

Anaeroobne kääritamine võimaldab paremini tuua ringlusse biojäätmeid, mis täna lähevad parimal juhul kompostiks (Väätsa, Jõelähtme), halvimal juhul ladestatakse see prügimäele. Anaeroobne kääritamine aitab saavutada biojäätmete ladestamise vähendamise sihtarve (40% aastaks 2020, Rootsis näiteks on juba kümmkond aastat keelatud igasugune biojäätmete ladestamine prügimäele – ja 12 linna bussid sõidavad Rootsis 100% kohalikest biojäätmetest tehtud biometaaniga). Väidetakse, et ka kompostimine on taaskasutus, st. et ei lisa otseselt midagi juurde. Samas võib ka väita, et biogaasi tootmine on kompostimisest parem, kuna kasutatakse ära ka gaasiline energia (metaan), mis kompostimise puhul läheb teiste gaasidena kaduma. Saamata jäänud tulu on toodud kogu biometaani tootmisest saamata jäänud tulu tabelis.

Reoveesette parem käitlus

Enamikesse väike reoveepuhastitesse pole anaeroobse kääriti rajamine otstarbekas, aga kui sete viia biogaasijaama, siis saab see hästi käideldud. Vajalik on reoveesette hügieniseerimine biogaasijaamas, et kasutada kääritusjääki väetisena, see on oluline teema suuremates linnades.
Saamata jäänud tulu tegemata biometaanist ja selle müügist on toodud kogu saamata jäänud tulu tabelis.

Metaaniheite vähenemine käideldud reoveesettest võrreldes kääritamata reoveesettega

Linnades väheneb reoveesette kompostimisväljakutest tuleneb ebameeldiv hais, kui kääriti töötab korralikult ja kui kompostimine viiakse läbi nõuetekohaselt.
Kui kompostimine on õigesti tehtud, siis see vähendab haisu, siis ei ole ka probleemi. Rahaliselt on selle mõju raskesti hinnatav. Teoreetiliselt võiks haisust tuleneva kinnisvara hinna langemist võrrelda muidu samades tingimustes oleva haisuvaba kinnisvara hinnaga. Kvantitatiivselt ei ole seda mõju võimalik hinnata, kogused on ka väga väiksed.

Energeetika

Taastuvenergia edendamine/ energiasektori CO_2 vähendamine

Biometaan on kohalik taastuvkütus, samas ei ole see argument üksi kõige tugevam, kuna nt. tuul/puit annavad suurema taastuvelektri- ja soojusenergia mahu ja on pelgalt energiatootluse järgi arvutades odavamad ehitada ja käitada. Biometaani tootmisega kaasnevad mitmed avalikud hüved. Põlevkivist elektri tootmisel kaasneb CO_2 heide 1.05 tonni 1 MWh_{el} kohta. 20% biometaani potentsiaali kasutamisel SEK-is on selle primaarenergia kogus 760'000 MWh/a. Sama koguse primaarenergia saamiseks põlevkivist on CO_2 heide 798'000 t/a.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Biometaani põletamisel eralduv CO_2 on süsinikunetraalne, kuna see on taastuvkütus ja biomassi tekkimisel on see süsinik atmosfäärist seotud. Põlevkivi põletamisel eralduv CO_2 on fossiilne ja lisandub põletamisel atmosfääri, põhjustades kliimamuutusi. Võttes CO_2 tonni hinnaks 20€, hoitakse aastas ära 16 mln € väärtuses CO_2 heitmeid (Tabel 25).

Tabel 25. Põlevkivi asendamisel biometaaniga (20% potentsiaalist, 76 mln Nm^3) ära hoitud CO_2 kulu aastas.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse SEK elektri ja soojuse koostootmiseks	mln Nm^3/a	76
Biometaani primaarenergiasisaldus 1 Nm^3-s	kWh/Nm^3	10
Biometaani (20%) primaarenergia kogus aastas	MWh/a	760,000
CO_2 teke põlevkivi põlemise MWh kohta	t CO_2/MWh	1.05
CO_2 teke kokku aastas 20% biometaani energiakoguse saamiseks põlevkivi põletamisel	t/a	798,000
Biometaani puhul fossiilse CO_2 heite vähenemise osakaal	%	100%
Põlevkivi asendamisel biometaaniga ära hoitud CO_2 heide aastas	t/a	798,000
CO_2 hinnaprognoos (perioodi keskmine) IEA 2012	€/t	20
Põlevkivi asendamisel biometaaniga ära hoitud CO_2 kulu aastas	€/a	15,960,000

Fossiilsete kütuste asendamisel metaankütustega transpordis väheneb CO_2 heide maardlast paagini metoodikal (WTW) 97%. Statistikaameti andmetel andmetel tarbiti 2011.a Eestis 261 tuhat tonni bensiini (348 miljon liitrit) ja 572 tuhat tonni diiselkütust (673 miljon liitrit). 1 liitri bensiini põlemisel eraldub 2370 grammi CO_2 ja 1 liitri diislikütuse põlemisel eraldub 2650 grammi CO_2, seega aastas eraldub bensiini põlemisel 825 tuhat tonni CO_2 ja diisli põlemisel 1,78 miljonit tonni CO_2, asendades fossiilkütuste tarbimise 80% biometaani potentsiaaliga (304 mln Nm^3) oleks kokkuhoid 753 tuhat tonni CO_2. Ja kasu ühiskonnale on 15 mln €/a WTW metoodika alusel (Joonis 10). Tahked osakesed metaankütuste heitgaasides praktiliselt puuduvad. (Tabel 26).

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 26. Transpordis fossiilsete kütuste asendamisel biometaaniga ära hoitud CO_2 kulu aastas.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse transpordis kokku (80%), Nm3~~1 liiter	mln Nm3/a	304
Aastas tarbitud diiselkütuse kogus (2011.a.)	mln l/a	673
Aastas tarbitud bensiini kogus (2011.a.)	mln l/a	348
Aastas vedelate fossiilkütuste tarbimine kokku	mln l/a	1,021
Bensiini osakaal kogutarbimisest	%	34%
Diiselkütuse osakaal kogutarbimisest	%	66%
diiselkütuse põlemisel õhku eralduva CO2 kogus liitri kohta	kgCO2/l	2.65
bensiini põlemisel õhku eralduva CO2 kogus liitri kohta	kgCO2/l	2.37
CO2 teke diiselkütuse kasutamisel aastas	t/a	1,783,450
CO2 teke bensiini kasutamisel aastas	t/a	824,760
Biometaan asendab proportsionaalselt bensiini tarbimist aastas	mln l/a	104
Biometaan asendab proportsionaalselt diiselkütuse tarbimist aastas	mln l/a	200
CO2 teke bensiini asendamisel biometaaniga aastas	t/a	245,570
CO2 teke diiselkütuse asendamisel biometaaniga aastas	t/a	531,017
CO2 teke vedelate fossiilkütuste asendamisel biometaaniga aastas kokku	t/a	776,588
fossiilsete mootorikütuste asendamisel biometaaniga tekib WTW metoodika alusel vähem kasvuhoonegaase	%	97%
Ärahoitud kasvuhoonegaaside kogus fossiilsete mootorikütuste asendamisel biometaaniga	t/a	753,290
CO2 hinnaprognoos (perioodi keskmine) IEA 2012	€/t	20
Fossiilsete kütuste asendamisel biometaaniga ära hoitud CO2 kulu aastas	€/a	15,065,798

Tõhusa koostootmise edendamine

Kuna biogaasist toodetakse elektrit koostootmisjaamas, siis biogaasi edendamine aitab kaasa tõhusa koostootmise edendamisele eeldusel, et soojus võetakse kasutusse. St. lahendus ka kohapealsele taastuvale soojatootmisele. Biometaan asendab 20 % 76 mln Nm^3 , s.o. 740 000 MWh primaarenergiat SEK-is kasutegurid on 38 Nel 42 Nth soojahinnaks on võetud 40 €/MWh (Tabel 27).

Tabel 27. 20% biometaanist toodetud sooja müügist saamata jäänud tulu

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse SEK elektri ja soojuse koostootmiseks	mln Nm^3/a	76
Biometaani primaarenergiasisaldus 1 Nm^3-s	kWh/Nm^3	10
Biometaani (20%) primaarenergia kogus aastas	MWh/a	760,000
SEK sooja muundamise kasutegur	%	42%
20% biometaanist muundatud elektri kogus aastas SEK-is	MWh/a	319,200
SEK soojahind (keskmine)	€/MWh	40
Biometaanist toodetud sooja müügist saamata jäänud tulu	€/a	12,768,000

LÕPPARUANNE 24.09.13

Haja-energeetika arendamine – Elektrivõrgu kadude vähendamine

Biogaas on olemuslikult lokaalne (võrreldes ka puiduga) ja edendab hajaenergeetika arengut (sh. võrgukadude vähendamine). Biogaasistrateegia ja tegevuskava näevad ette biogaasijaamade optimeerimisest, mis lähtuvad toormete asukohast ja tarbimise olemasolust. **Võrgukadude reaalne vähenemise** arvutamiseks eeldatakse, et kokku kasutatakse SEK-is 76 mln Nm^3, mille 10% võrgukadude vähenemist käsitleme käesolevas peatükis. (Tabel 28).

Tabel 28. 20% biometaanist toodetud elektri võrgukadudest 10% vähenemisest saadud tulu.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse SEK elektri ja soojuse koostootmiseks	mln Nm^3/a	76
Biometaani primaarenergiasisaldus 1 Nm^3-s	kWh/Nm^3	10
Biometaani (20%) primaarenergia kogus aastas	MWh/a	760,000
SEK elektri muundamise kasutegur	%	38%
20% biometaanist muundatud elektri kogus aastas SEK-is	MWh/a	288,800
võrgukadude vähenemise osakaal	%	10%
võrgukadude vähenemine aastas	MWh/a	28,880
Elektri börsihind (keskmine)	€/MWh	40
20% biometaanist toodetud elektri võrgukadudest 10% vähenemisest saadud tulu	€/a	1,155,200

Energeetiline sõltumatus ja julgolek

Biometaani puhul on tegemist on kohapealse ressursiga, mis ei sõltu Venemaa impordist või ilmastikuoludest. Biometaan asendab põlevkivi elektrit/põlevkiviõli/puitu, mis on ka kohalik tooraine. Kui biometaani kasutada transpordis, siis asendab see 100% importi.

Tabel 29. BM asendab 76 mln Nm^3/a, maagaasi hind 0.33 €/Nm^3

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani ekvivalendis kogus, mida kasutatakse soojuse tootmiseks	mln Nm^3/a	76
Biometaan asendab maagaasi samas koguses	mln Nm^3/a	76
maagaasi hind	€/Nm^3	0.33
BM asendab 76 mln Nm^3/a, maagaasi hind 0.33 €/Nm^3	**€/a**	**25,080,000**

Tabel 30. 80% BM asendab fossiilsete kütuste kasutamise transpordis mln 304 Nm^3/a, bensiini hind ilma maksudeta 0.4 €/l

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse transpordis kokku (80%)	mln Nm^3/a	304
Fossiilsete kütuste asendamine biometaaniga	mln l	304
fossiilsete kütuste hind ilma aktsiisita	€/l	0.40
80% BM asendab fossiilsete kütuste kasutamise transpordis mln 304 Nm^3/a, bensiini hind ilma maksudeta 0.4 €/l	**€/a**	**121,600,000**

LÕPPARUANNE 24.09.13

Maagaasi asendamine soojatootmises ja fossiilsete vedelkütuste asendamine kohaliku taastuva biometaaniga muudab väliskaubanduse bilanssi positiivseks vastavalt 25 mln €/a ja 122 mln €/a (Tabelid 29 ja 30). Nende summade võrra jääb raha ringlema Eestisse, selmet imporditud kauba eest tasumisel liikuda riigist välja. Avalik hüve on siin tinglik, samas ei ole muud moodi võimalik hinnata energiapoliitilise julgeoleku, osalise varustuskindluse tagamise ja regionaalarengu positiivset mõju.

Stabiilne tootmisgraafik (reguleeritav tootmisvõimsus)

Biogaasi tootmine tagab stabiilse energiavarustuse, mis ei sõltu ilmast/tuulest, enamik (koostootmis)jaamu töötab eelkõige taastuvelektri mundamiseks üle 8000 tunni aastas, see on oluline erinevus võrreldes tuuleenergiaga, st. balanseerimiskulud on väiksemad. Biometaani võib nö salvestada maagaasitorustikus, kui tarbimist ei ole ja tarbimise suurenemisel saab biometaani kasutada gaasiturbiinidega elektri muundamiseks.

Öise kasutamata tuuleenergia salvestamise potentsiaal metaanina

Läbi hüdrolüüsi ja Sabatieri valemi saab öist tuuleelektrit, kui tarbimist ei ole, salvestada metaanina (maagaasitorustikus, või kompremeerituna balloonidesse) ja kasutada vajadusel elektri tootmiseks, kui on tarbimine ja pole tuult. Iirimaal on võetud arvutuse aluseks, et öösel 8 tundi elektri tootmine võiks olla suur kui päeval, aga kuna tarbimist ei ole, siis on tuulikud seisma pandud. Iirimaal arvutati välja, et öise tuuleelektri (kolmandiku ööpäevasest) kasutamisel 50% kasuteguriga hüdrolüüsil vesiniku tegemiseks ja sellest Sabatieri katalüüsil saab kokku 4.2% (8.2 PJ) Iirimaa aastasest transpordikütuste tarbimisest.

Murphy et al (2013): "*Storage of night time produced electricity. Most if not all renewable electricity tends to have some limitation associated with it. Electricity from wind is intermittent. Reliable forecasts are essential to manage the electricity grid and to keep the power flowing. But wind also blows when the demand for electricity is low, such as at night time. There are a number of methods available to store this including: compressed air; flywheels; batteries. In Ireland a concept termed "Spirit of Ireland" has been proposed which is suggested may make Ireland energy independent [13]. In essence this involves a number of large scale pumped hydroelectricity schemes whereby wind turbines are installed in close proximity to a large coastal valley. The valley is dammed; by night the electricity associated with the wind turbines is used to pump sea water into the dammed valley. At peak demand time the water is released from the dam creating electricity. This may be visually intrusive and of significant environmental impact depending on the situation and suitability of the valleys. For Ireland to be energy independent the scale must be significant and the authors would suggest must have a significant impact.*

Hydrogen - Hydrogen may be produced from electrolysis. However losses of approximately 50% have been suggested by Page and Krumdieck [14]. A viewpoint may be that inefficiency with a resource that will be otherwise lost is not that inefficient. In essence electrolysis and hydrogen production are in competition with pumped storage, compressed air and flywheels for the night time electricity not stored in electrical vehicles (Evs). A limitation with hydrogen exists in that large scale hydrogen infrastructure (including for production, distribution, service stations and cars) cannot be said to be in place at a country level as of yet. This infrastructure is very expensive; hydrogen pipelines are more expensive than natural gas pipelines due to the low molecular weight of hydrogen as compared to methane and service stations are more expensive due to the need to compress the gaseous fuel (typically to 700 bar)

The Sabatier Equation - Many countries have advanced natural gas (or methane) grids. In Ireland the gas grid is connected to 48% of houses [2]. There is merit in generating hydrogen from wind produced electricity and transforming it to methane.

LÕPARUANNE 24.09.13

$$4H_2 + CO_2 = CH_4 + 2H_2O$$
$$AH_{298} = -165 \text{ kJ/mol Sabatier Equation}$$

The Sabatier Equation [15] is an exothermic reaction (gives off energy) which describes the conversion of hydrogen (ca. 12 MJ/mn 3) to methane (37 MJ/mn 3). In essence the volumetric density of the gas is increased three fold. The overall efficiency of the conversion of electricity to methane is 60% [16]. This may be broken down into a 75% conversion of electricity to hydrogen [17] and an 80% conversion of hydrogen to methane. There is also potential to sequester carbon dioxide from a fossil fuel powered facility (or an anaerobic digestion facility or a Gasifier). ..... This is a very simplified analysis. Interrogation of the dispatch of electricity producing power plants and matching supply and demand of electricity for an island system such as Ireland is very complex and beyond the brief of this paper. It is assumed that one third of renewable electricity is produced when the demand is not there; this for simplicity is equated to night time produced electricity. It is also assumed that 10% of the transport market is EVs which can consume 18% of this night time produced electricity [1]; especially as they would tend to be plugged in by night. The simplified analysis suggests ***that the Sabatier system has a resource of 8 PJ or 4.2% of energy supply in transport****. This is considerably greater than the resource of EVs."*

Tabel 31. Tuuleenergia salvestamisel metaanina, selle müügist saamata jäänud tulu.

eeldus	**ühik**	**tulemus**
Toodetud tuuleelektri kogus aastas	GWh/a	448
Öise kasutamata tuulelektri osakaal (8 tundi 24st)	%	30%
Öise kasutamata tuulelektri kogus aastas	GWh/a	134.4
Tuuleelektrist vesiniku tegemise kasutegur	%	75%
Kasutamata tuuleelektrist elektrolüüsil toodetud vesinikus olev energiahulk	GWh/a	101
Vesinikust metaani konverteerimise kasutegur Sabatieri katalüüsil	%	60%
Kasutamata tuuleelektri vesinikust muundatud tuulemetaanis olev energia kogus	GWh/a	60
1 Nm3 biometaanis olev energia kogus	kWh/Nm3	10
Tuulest muundatud metaani kogus aastas	mln Nm3/a	6
Biometaani hind	€/Nm3	1.00
Tuulemetaani müügist saamata jäänud tulu	**mln €/a**	**6**

Võttes samad eeldused Eesti jaoks nagu olid Iirimaal, siis 2012.a muundati tuulest elektrit kokku 448 GWh/, millest 30% (öine, kasutamata elekter, millest toodetud metaan lisandub biometaani kogusele) on 134.4 GWh/a, millest 75% kasuteguriga saab elektrolüüsil vesinikku ja sellest omakorda Sabatieri katalüüsil 60% kasuteguriga metaani. Niimoodi saadud tuuleenergia salvestatuna metaanis on 60 GWh/a, teades, et 1 Nm^3 biometaanis on 10 kWh el, on keskmise biometaani hinna juures (1 €/Nm^3) **saamatu jäänud kogutulu tuulemetaanist on teoreetiliselt 6 mln € aastas**. Kuna täna selle öise kasutamata tuuleelektri salvestamise kulud metaanina ei ole teada, siis teema väärib edasist uurimist, aga biometaani avalike hüvedena käesolevas töös ei kajastata. (Tabel 31).

LÕPPARUANNE 24.09.13

Regionaalareng/maamajandus

Toetust saavast omavalitsusest isemajandavaks ökoregiooniks

Inimesed ei tule maalt ära, kui seal on hea elada – vähe tõenäoline on, et kui on tasuv ja huvitav töö ja rajatud kodu ja toimub muu sotsiaalne võrgustik, siis paaripäevase läga levitamise haisu pärast keegi lahkuma ei hakka. Pigem lahkutakse tööpuuduse tõttu.
Riik annab tasandusfondi kaudu KOVidele abi, toetust, kelle sissetulekud jäävad alla kokkulepitud piiri. Tasakaalustatud regionaalarengu küsimus on, kuidas igal pool Eestis tagada, et oleks hea olla,

Biogaasi sisendite tootmine, biogaasi tootmine, puhastamine ja tarbimine loob maapiirkondadesse töökohti. Eeldame, et iga miljoni normaalkuupmeetri biometaani tootmisel ja tarbimisel luuakse täiendavalt 2 lisatöökohta. Biometaani aastase kasutatava koguse juures 380 mln Nm^3 teeb see kokku 760 töökohta (kõik kokku). Eeldame, et *493 € maksutulu on 41% palgafondist *12 kuud= 4'498'476, see kasu ühiskonnale on näidatud tööhõive suurenemise peatükis, siinkohal ainult illustratiivne, näitamaks KOV-idele maksutulu potentsiaali, kui biogaasi tootmise on nende territooriumil.
Selle summa võrra ei pea makse ümber jaotama, vaid seda saab kasutada kohapeal, sellevõrra tekib võimalus raha küsivast KOV-ist saada raha teeniv KOV, seega omavalitsused võiksid olla huvitatud biogaasi tootmise rajamisest oma territooriumile ja seda protsessi igati toetada. (Tabel 32).

Tabel 32. Maksutulu 380 mln Nm3 biometaani tootmise puhul aastas.

eeldus	ühik	tulemus
Töökohti 1 mln Nm^3 biometaani tootmiseks	töökoht/1 mln Nm^3 BM	2
Biometaani maksimaalne toodetav kogus aastas	mln Nm^3/a	380
Biometaani otsesed ja kaudsed töökohad	töökohtade arv	760
maksutulu on 41% 1 töötaja kohta, keskmine brutopalk 900 €/k	€/kuus	493
Maksutulu biometaani tootmisest aastas 1 töötaja kohta	€/a	5,919
Maksutulu 380 mln Nm3 biometaani tootmise puhul aastas	**€/a**	**4,498,476**

Soojahinna vähendamine

Paljudes maa-asulates on soojahind väga kõrge ja biogaasi jaama abil saaks seda vähendada. Samuti parandab see elukeskkonda ja aitab hoida/tuua noori/ettevõtlust maale. Soojahinna vähendamine sõltub soojatootjate ja tarbijate vahelisest lepingust, aga võib ju teha toetuse saamise eeltingimuseks, et hind peab vähenema võrreldes olemasoleva kütusega.
Eeldame, et biometaani kasutamine vähendab soojahinda lõpptarbijale keskmiselt 20 €/MWh. (Tabel 33).

LÕPPARUANNE 24.09.13

Tabel 33. 20% biometaanist toodetud sooja müügist soojahinna alanemine aastas lõpptarbijale.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus, mida kasutatakse SEK elektri ja soojuse koostootmiseks	mln Nm^3/a	76
Biometaani primaarenergiasisaldus 1 Nm^3-s	kWh/Nm^3	10
Biometaani (20%) primaarenergia kogus aastas	MWh/a	760,000
SEK sooja muundamise kasutegur	%	42%
20% biometaanst imuundatud soojuse kogus aastas SEK-is	MWh/a	319,200
Soojahinna langemine keskmiselt lõpptarbijale	€/MWh	20
20% biometaanist toodetud sooja müügist soojahinna alanemine aastas lõpptarbijale	€/a	6,384,000

Tööhõive maal

Biogaasi tootmine aitab luua/hoida täiendavaid töökohti - nii otse jaamas kui ka lisatööhõive põllumajanduses rohelise biomassi/energiakultuuride kasvatamise näol. Otsene töökohtade loomine biogaasijaamas on suhteliselt väike 1-3 inimest, aga kaudne mõju põllumajanduses suurem. Samuti võib väita, et elukeskkonna parandamine (väiksem hais, odavam soojus) soodustab kaudselt ettevõtlust ja tagab maaelu jätkusuutlikkuse. (Tabel 34).

Tabel 34. Maksutulu 380 mln Nm^3 biometaani tootmise puhul aastas.

eeldus	ühik	tulemus
Töökohti 1 mln Nm^3 biometaani tootmiseks	töökoht/1 mln Nm^3 BM	2
Biometaani maksimaalne toodetav kogus aastas	mln Nm^3/a	380
Biometaani otsesed ja kaudsed töökohad	töökohtade arv	760
maksutulu on 41% 1 töötaja kohta, keskmine brutopalk 900 €/k	€/kuus	493
Maksutulu biometaani tootmisest aastas 1 töötaja kohta	€/a	5,919
Maksutulu 380 mln Nm^3 biometaani tootmise puhul aastas	**€/a**	**4,498,476**

Kohalik biokütus

Varustuskindlus, biogaas sobib kohaliku transpordi jaoks, võimaldab teha energiaühistuid. Biogaasi energeetiline ärakasutamise kasutegur on suurem mootorikütusena, kuna sõidukimoooris kasutatakse koguenergia. St biogaasi ahel on jätkusuutlik!

Maastikukaitse

Biogaasi sisendite tootmine vähendab kasutamata maade võsastumist ja tagab avatud maastike säilimisee, jätkusuutliku ühiskonna eesmärk võiks olla kasutamata ja võsastuvate maade pindala hoidmine võimalikult väiksena.

Ettevõtluse elavnemine

Biometaani tootmise arendamine suurendab eesti ettevõtete võimekust vajalikke seadmeid ise toota. Betooniehitiste ja metallkonstruktsioonide tootmise kohapealne kogemus on juba olemas, el.generaatorite tootmine toimub täna Eestis. Ise biogaasi tegemine ja vastavate tehnoloogate tootmise annab

LÕPPARUANNE 24.09.13

majandusele hoogu ja muudab väliskaubanduse bilanssi positiivsemaks. See omakorda annab võimaluse tehnoloogiat edaspidi eksportida.

Biometaani tootmise keskkonna ja tervise mõjud Rootsis

Through anaerobic treatment of animal excrement a renewable source of energy is generated, which has an important dual climatic effect: The use of renewable energy reduces the CO_2-emissions through a reduction of the demand for fossil fuel (1 m^3 biogas substitutes 0,5 kg oil for energy purposes reducing 2,6 kg CO2-emissions, see also table 4). At the same time the process can diminish uncontrolled methane generation by capturing methane [15].

Rootsis on samuti arvutatud biometaani tootmise avalikud hüved:

Combined cost saving for CBG & LBG ***subject to health and green house gases*** *is* ***€ 0,4-0,7/ Nm3.***
Total cost saving for Sweden over the last 18 years is estimated to 168 – 293 M€ and with 30% increase gives a projection to 2020 to increase to 1 400 – 2 400 M€
Total investment grants etc is estimated to 120 M€. Summary: ***The state got their money back!*** *+ Have a solid investment for the future which continuously creates cost savings.* [22]

Kui võtame samad eeldused Rootsiga biometaani tervise ja keskkonnahüvede arvutamisel, saame ühikondlikuks kasuks € 0.55/Nm3*380 mln *20 aastat=4 miljardit eurot. (Tabel 35).

Tabel 35. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis keskmise väliskulu puhul.

eeldus	ühik	tulemus
Biometaani kogus kokku	mln Nm^3/a	380
Rootsi hinnang biometaani keskkonna ja sotsiaalsetele hüvedele (vahemikus 0.4-0,7 €/Nm^3), **keskmiselt**	€/Nm^3	0.55
Biometaani tervise ja keskkonna tulud 1 aastas **keskmiselt**	mln €/a	209
Arvestusperiood	a	20
Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul	**mln €**	**4'180**
Rootsis kulunud investeeringute toetused	**mln €**	**120**

LÕPPARUANNE 24.08.2013

[22] Allikas: Hans Kättsrtöm ettekanne global biogas congess 2011, 0.4-0,7 €/Nm3

Biometaani tootmisega kaasnevad avalikud mõõdetavad hüved

Käesolevas rakendusuuringus identifitseeritud ja kirjeldatud biometaani kavandatud mahus 380 mln Nm³ tootmisega kaasnevad avalikud hüved on võimalusel kvantifitseeritud sotsiaal-majanduslike mõjude hinnangus ja on kokku 271 mln €/a ning on toodud tabelis 36.

Tabel 36. Biometaani tootmise avalikud hüved aastas mln €.

miljonit €				
Biometaani potentsiaali kasutamise osakaal maksimaalsest, 2030.a tasemest	*25%*	*50%*	*75%*	***100%***
Biometaani potentsiaali kasutuselevõtu aasta	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
Umbrohu seemnete vähenemisega kääritusjäägis kokku hoitud kulu fossiilsetele taimekaitsevahenditele	1.8	3.5	5.3	**7.0**
iga aastane maaomanike kasum kokku 5% täiendava lisandväärtuse juures 177'385 ha kasutusse võtmisel	2.6	5.3	7.9	**10.5**
Saamata jäänud kasum tootmata jäänud biometaanist	4.2	8.4	12.5	**16.7**
50% kasutamata maa harimisest saamata jäänud tööjõumaksud	2.5	4.9	7.4	**9.8**
kaotatud eluaastate tõttu saamata jäänud panus SKT-sse	6.0	12.0	18.0	**24.0**
Metaaniheite vähenemine	0.1	0.1	0.2	**0.3**
Kulu CO2-le väheneb biometaani 20% kasutamisel SEK (CO2 20€/t) võrreldes põlevkivi põletamisega	4.0	8.0	12.0	**16.0**
Fossiilsete kütuste asendamisel biometaaniga ära hoitud CO2 kulu aastas	3.8	7.5	11.3	**15.1**
biometaanist toodetud sooja müügist saamata jäänud tulu	3.2	6.4	9.6	**12.8**
10% võrgukadude vähenemine 20% BM SEKis tootmisel (40 €/MWh)	0.3	0.6	0.9	**1.2**
BM asendab 20% maagaasi (74 mln Nm3/a) maagaasi hind 0.33 €/Nm3	6.3	12.5	18.8	**25.08**
80% BM asendab fossiilsete kütuste kasutamise transpordis mln 304 Nm3/a, bensiini hind ilma maksudeta 0.4 €/l	30.4	60.8	91.2	**121.6**
Kokku töökohti 370 2 ini mil 740 töökohta (kõik kokku) *500 € maksutulu pool brutopalgast	1.1	2.2	3.4	**4.5**
Soojahinna vähenemine keskmiselt 20 €MW/h	1.6	3.2	4.8	**6.4**
kokku € mln	**67.7**	**135.4**	**203.2**	***270.9***

Juba toodud võrdlus Rootsiga (tabelid 37 ja 38) on samas suurusjärgus, kui võtta rootsi maksimaalne tervise ja keskkonnamõju määr ja korrutada see aastate arvuga, näiteks oletusliku biogaasijaama tootmise perioodiga, siis on see samas suurusjärgus, kui Eestis vajaminev toetus. Kui võtta Rootsi minimaalne avalik hüve kuupmeetri kohta (0.4 €/Nm³), siis on aastane kasu ühiskonnale 152 mln

€/a, mis on võrreldavas suurusjärgus eesti arvutustega ilma positiivse kaubandusbilansi mõjuta (128 mln €/a).

Tabel 37. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis minimaalse väliskulu puhul.

eeldus	**ühik**	**tulemus**
Biometaani kogus kokku	mln Nm3/a	380
Rootsi hinnang biometaani keskkonna ja sotsiaalsetele hüvedele minimaalselt 0,4 €/Nm3	€/NM3	0.40
Biometaani tervise ja keskkonna tulud 1 aastas	mln €/a	152
Arvestusperiood	a	20
Biometaani avalikud hüved maksimaalselt Rootsis 20 jooksul	mln €	3,040
Rootsis kulunud investeeringute toetused	**mln €**	**120**

Muidugi peab Rootsi andmete kasutamisega ja võrdluste toomisega pidama meeles eesti ja rootsi ühiskondade erinevusi, kuid metoodiliselt ja suurusjärkudega annab see esialgse tunnetuse, et eesti arvutused on tehtud õiges suunas.

Tabel 38. Biometaani avalikud hüved 20.a jooksul Rootsis maksimaalse väliskulu puhul.

eeldus	**ühik**	**tulemus**
Biometaani kogus kokku	mln Nm3/a	380
Rootsi hinnang biometaani keskkonna ja sotsiaalsetele hüvedele **maksimaalselt** 0,7 €/Nm3	€/NM3	0.70
Biometaani tervise ja keskkonna tulud 1 aastas Rootsis	mln €/a	266
Arvestusperiood	a	20
Biometaani avalikud hüved maksimaalselt Rootsis 20.a jooksul	mln €	5,320

LÕPPARUANNE 24.09.13

Biometaani avalike hüvede kokkuvõte

***Põhijäreldus**: Biometaani avalike hüvede rakendusuuringu põhijäreldus on, et biometaani tootmist tasub toetada, kuna ühiskond saab biometaani tootmisest kaudselt kasu 271 mln €/a ja investeeringutoetuse vajadus 500-600 mln € kaetakse 3 aastaga.*

Investeeringutoetuse vajadus on kuni 50% CAPEX ja selle saab ühiskond tagasi 4 aastaga ja kogukasum 20 aastase perioodi puhul on 5.4 miljardit eurot.

Põhijärelduse kontrollimiseks tuleb järgmiste uuringutega selgitada biometaani tootmise investeeringu-, püsi- ja muutuvkulud eesti tingimustes, mille tulemusena võib biometaani omahind ja sellest tulenev investeeringu toetuse vajadus ja suurus muutuda. Investeeringu toetuse vajadus tuleneb biometaani omahinnast ja maagaasi müügihinnast

Tabel 39. Biometaani tootmise kasu ühiskonnale: 90% investeeringutoetus miinus 20.a avalikud hüved.

eeldus	**ühik**	**tulemus**
Biometaani kogus kokku	**mln Nm3/a**	**380**
Rootsi hinnang biometaani keskkonna ja sotsiaalsetele avalikele hüvedele, maksimaalselt 0.7€/Nm3, toodud võrdluseks	*€/NM3*	*0.70*
Biometaani tervise ja keskkonna tulud 1 aastas Rootsis (maksimaalselt, toodud võrdluseks)	*mln €/a*	*266*
Biometaani tervise ja keskkonna tulud 1 aastas Eestis (tabel 37 alusel)	**mln €/a**	**275**
Amortisatsiooni arvestusperiood	20	20
Kogutulu Eesti ühiskonnale 20.a jooksul biometaani avalikest hüvedest	**20**	**5,492**
Investeeringutoetuse vajaduse 380 mln Nm3 biometaani tootmiseksEestis 70% CAPEX)	mln €	1,120
Biometaani tootmise kasum ühiskonnale: 70% investeeringutoetus miinus 20.a avalikud hüved	**mln €**	**4,372**

Esialgsetele tulemustele toetudes võime teha järelduse, et kogu Eesti biometaani tootmise 50% investeerigutoetuse (500-600 mln € kokku) teenib ühiskond piltlikult öeldes tagasi kolme aastaga (aastane tulu ühiskonnale on 271 mln €/a). Kui võtta biometaani tootmise tehnoloogia kestvuseks 20 aastat ja lahutada sellest investeeringutoetus, siis on kogukasum ühiskonnale 4.4 miljardit eurot. Toetudes Euroopa kogemusele võib eeldada, et paljud seadmed kestavad aga oluliselt kauem, kui 20 aastat, mistõttu ühiskondlik kasum võib olla veelgi suurem. Põhijärelduse kontrollimiseks **tuleb järgmiste uuringutega selgitada biometaani tootmise investeeringu-, püsi- ja muutuvkulud eesti tingimustes, mille tulemusena võib biometaani omahind ja sellest tulenev investeeringu toetuse vajadus ja suurus muutuda.** Investeeringu toetuse vajadus tuleneb biometaani omahinnast ja maagaasi müügihinnast. Nendest kahest muutujast sõltub investeeringu toetuse suurus. Järgmised uuringud peavad selgitama, miks eesti biometaani omahind on euroopa riikide biometaani omahinnast mõnevõrra kõrgem. (Tabel 39).

LÕPPARUANNE 24.09.

Vetikatest rohelise biomassi saamise kaasaegsed tehnoloogiad ja nende rakendamise võimalused Eestis

Vetikatest biomassi tootmine tasub täna meie klimaatilistes tingimustes ära selle toodangu kasutamiseks farmaatsias, meditsiinis, kosmeetikas ja inimning loomatoidu tootmiseks. Energia tootmiseks saab kasutada vetikate muude kasutuste jääkprodukti, kaudselt ka biogaasi puhastamise CO2 saab kasutada vetikate kasvatamiseks. Mujal maailmas toodetakse vetikaid energia tootmiseks avatiikides (open pond), mis meie klimaatilistes tingimustes ei tööta. Sel juhul algab tootmine tootest ja selle turustamisest. Selles valguses tasub ka Eestis teemaga tegeleda ja riskiinvestoritele need võimalused välja pakkuda.

Omaette rakendusuuringu eesmärgiks oli koostada ülevaade "Vetikatest rohelise biomassi saamise kaasaegsed tehnoloogiad ja nende rakendamise võimalused Eestis". Nimetatud ülevaate eesmärk oli selgitada Euroopas olemasolev teadmine vetikatest rohelise biomassi saamise võimalused bioenergia, sh biometaani tootmise eesmärgil ja esitada esialgne hinnang vetikatest biomassi tootmise tehnoloogiate rakendamise kohta Eesti tingimustes. Eesti tingimustesse sobib kasvuhoone tüüpi toru-plaat (kinnise tsükliga) mikrovetikate tootmise tehnoloogia, mille ühe näitena toome ECUDUNA tehnoloogia tutvustuse, mida käesoleva peatüki autor külastas ka Austrias maikuus 2013.a.

ECODUNA vetikatootmise fotosünteesiva bioreaktori tehnoloogia tutvustus

ECODUNA on loodud 2008. aastal Martin Mohr ja Franz Emmingeri poolt. 2010.a. saadi esimene finantseering, tänaseks on tehasel 27 töötajat ning 2 patenti, millest 1 on meres vetikate kasvatamise tehnoloogia. Tehas avati ametlikult 2012.a oktoobris.

ECODUNA on täis tööstuslik lahendus vetikate kasvatamiseks, nüüd võib seda suurendada. Neil on kaks tehast juurde tulemas, üks on Saksamaal ja teine Taanis. Järgmised suuremad tehased on Kagu-Aasias, kus on palju päikest. ECODUNA ehitamiseks saadi toetust Euroopa Liidust CIP programmist.

Vetikate kasvatamine on Rifkini definitsiooni järgi tööstuse kolmanda revolutsiooni elluviimise näide, see on tehnoloogia, mis on ökoloogiliselt jätkusuutlik, mittesaastav, bioloogiliselt lagunev, loodusega kokku sobiv ja tundlik (õrn) (gentle).

Fotoaktiivne (photoactive volume) võimsus on 100'000 liitrit. Kasvuhoone pind on 410 m2, see on natuke rohkem kui on tegelikult vaja, 100'000 liitri jaoks piisaks ka 350 m2. Vetikaseinte pindala on 7250 m2, mis teeb põhjapindala ja vetikaseinte pindala suhteks 17.7, suurtes tööstuslahendustes on see suhe tavaliselt 1:20. *Flow course* ehk siis läbivoolu pikkus on 100 km ja vetikad

LÕPPARUANNE - 24.09.

kasvavad kogu selle aja jooksul. Vetikas ei kinnitu torude seintele, vaid on pidevas liikumises. Seega on see nö läbivoolureaktor, mis on maismaal (see pole seda tüüpi protsessile omane, kuna enamus läbivoolureaktoreid on meres).

Vetikad kasvavad kõikjal, kuid nende kasvatamine tehistingimustes ei ole lihtne. Vetikate kasvatamise süsteemid peavad täitma järgmised tingimused:

Kasvatada maksimaalne kogus vetikate biomassi kontrollitud keskkonnas ja ette määratud kvaliteediga. Maksimeerida ei tule ainult kogust, vaid kindla kvaliteediga vetikate biomassi kogust.
Minimaalne vajadus maapinna järele, see maapind ei pea olema viljakandev.
Kasutada maksimaalselt päikesevalgust, mingit varju ei tohi olla.
Vetikaid tuleb kaitsta samas liigse valguse ja risti olevate päikesekiirte eest, et vältida vetikate kasvu pidurdumist liiga intensiivse valguse tõttu ("light inhibition")
Vetikad peavad olema pidevas liikumises ja vett peab olema piisavalt, kui vetikaid saab ruumiühikus liiga palju, siis hakkavad nad üksteist valguse eest varjama ja varjuse olevate vetikate kasv väheneb.
Vesi peab kogu aeg liikuma, peab olema vee turbulents, kui vesi ei liigu, siis kasutavad vetikad ära enda ümber olevad toitained ja seejärel kasv pidurdub.
Seega peab vetikaid kogu liigutama ja segama, vetikad peavad olema pidevas liikumises, aga neid ei tohi segada liiga jõuliselt, siis satuvad vetikad stressi ja kasv pidurdub. Seega õrnaks segamiseks ei saa kasutada tavalisi pumpasid, need lõhuks vetikad ära.
Muutuvkulud (käidukulud) peavad olema väiksed, et olla konkurentisvõimeline.
Vetikate kasvatamine peab toimuma aasta läbi.
Tootmisprotsessi näitajaid peab olema võimalik mõõta teatud kohtades, et kindlustada igale vetikaliigile stabiilselt just talle kõige optimaalsemad tingimused.
Toitaineid tuleb anda võimalikult stabiilselt, et vältida järske muutusi ja sellest tulenevaid šokke vetikatele.
Tuleb võimaldada stabiilset CO2 juurdeandmist ja selle absorbeerimist, samas tuleb võimaldada tekkiva hapniku kiiret eraldumist ja selle kokku kogumist.
Vetikakasvatus ei tohi kokku puutuda ümbritseva keskkonna ja atmosfääriga, et vältida saastumist (contamination).
Temperatuuri tuleb kontrollida kogu protsessi jooksul, süsteemi peab olema võimalik hooldada minimaalse häiringuga ja võimalikult nö protsessi käigus.
Vetikate tootmise hind peab olema konkurentsivõimeline.

ECODUNA tehnoloogia teevad efektiivseks ja konkurentsivõimeliseks järgmised eelised:

Me hoolime vetikate heaolust ja meile on oluline, et vetikatel nende eluea jooksul oleks hea olla.
Me ei kasuta pumpasid, seega ei põhjusta see vetikatele, stressi, ei lõhu nende rakke ega tekita sellega haigusi, müra praktiliselt puudub ja ka energiakulu on pumpamise kulu võrra väiksem
Valguse kontroll, meil on kontrollitud valgus ja vajalik valguse lahjendamine (light dilution). Kui valgus paistab, on vetikate kasv aktiivne ainult pealmises 3

LÕPPARUANNE 24.09.13

cm. Loodus on lahendanud selle rohelise biomassi kasvatamisega kolmandas mõõtmes ehk siis puu puhul kõrguses. Kui tavalise keskmise puu võra diameetri alune pindala on 10 m2 siis kogu võra lehtede päikesevalgust kasvamiseks kasutavate lehtede pindala on 200 m^2, ehk suhe on 1:20 ja see on enamuses looduse ökosüsteemides nii.

ECODUNA tegi sama vetikatega, vetikad kasvavad ca 5.8 m kõrgustes ja 2.1 m laiustes plaatides, mille sees on 3 cm läbimõõduga torud, kus vesi liigub ühes suunas üles alla sissepumbatava rõhu all oleva CO2-ga ja selliseid plaate on kõrvuti ühes moodulis ca 12. Moodul pöörleb aeglaselt ja see tagab selle, et päike ei paista plaadile otse ja risti, vaid nurga all, mis hajutab valgust. Selliste plaatidega tuleb 1 m^2 kohta 460 l aktiivset fotosünteesivat vetikamassi. Võrdluse võib tuua taimedega, mis seavad oma lehed või õisiku õige nurga alla päikese suhtes, (päevalill). Kuna akiivne fotosüntees toimub 1.5 cm kihis, siis tagab 3 cm läbimõõduga toru maksimaalse valguse kasutamise. Moodulite pööramisega on tagatud, et ükski rakk ei saa üle 5% maksimaalsest päikesekiirgusest.
ECODUNA on ainuke läbivoolav fotosünteesiv bioreaktor, kus vetikas kasvavad järjepidevalt algusest kuni lõpuni.
ECODUNA kasvatab eelkõige rasvhappeid (oomega O 3), kuna seda rahastas ka EK.
Kui teha mitte läbivoolu, vaid etapiline vetikakasvatus, siis protsessi lõppedes võetakse välja kõik vetikad, nii täiskasvanud kui noored ja vanad, kelle õlisisaldus on palju väiksem normaaljaotuse tõttu. Läbivoolu reaktoris kasvatatakse vetikad maksimaalse õlisisalduseni ja siis võetakse nö ainult täiskasvanud vetikad süsteemi lõpus välja, seal ei ole noori, õlilahjasid vetikaid, ega ülekasvanud, kuna läbivoolusüsteemis ei saa vetikad üle kasvada, nad lihtsalt võetakse süsteemist välja, kui nende õlisisaldus on maksimaalne.

Seega läbivoolu reaktoris on moodulid omavahel ühendatud. Kõigepealt kasvatatakse laboris ette vetikakultuur, segatakse seda ka inokulumiga, siis viiakse vesi koos vetikatega eelkasvatusse, mille järel see lahjendatakse kaks korda, kuna vetikas kasvavad suuremaks, tuleb vältida varju tekkimist selles 1.5 cm fotosünteesivas kihis, ning viimases osas kogutakse vetikate biomass kokku, eraldatakse veest ja vesi läheb korduskasutusse.

ECODUNA tehnoloogia on kokku pannud tiigivetikate kasvatuse ja puude 1:20 suhte kasutades sama pindala kohta 20 rohkem fotosünteesivat pinda.

Tootmiskulud

ECODUNA tootmiskulu võrrelduna veehoidla (pond) vetikakasvutusele on kallis ainult esmapilgul, kui vaadata tootmiskulu ruutmeetri kohta, siis veehoidlas tuleb see 150 € ja ECODUNA tööstuslikus lahenduses 1'134 €. Võrreldes aga fotosünteesivat massi ruutmeetri kohta, on olukord vastupidine, veehoidla vetikate puhul on see 33 l, kui ECODUNAS on see 487 l. Kui need näitajad omavahel seostada ning lisada maa hind ja kasvuhoone efekt (veehoidla talvel ei tööta), siis on ECDUNA investeeringu kulu fotosünteesiv liitri kohta 3.7 € võrreldes veehoidla vetikakasvatusega 8.8 €.

LÕPPARUANNE 24.09.13

ECODUNA eelised

Maailma esimene fotosünteesiv tööstuslik vetikakasvatus, kus valgust kasutatakse 100%, samas ei ole liigne valgus limiteerivaks seigaks, kasutatakse püstiseid mooduleid, mis võimaldavad samal pinnaühikul kasutada 20 korda suuremat fotosünteesivat pinda. Vetikate kasvu ei piira selle tehnoloogia puhul vari mitte kunagi.

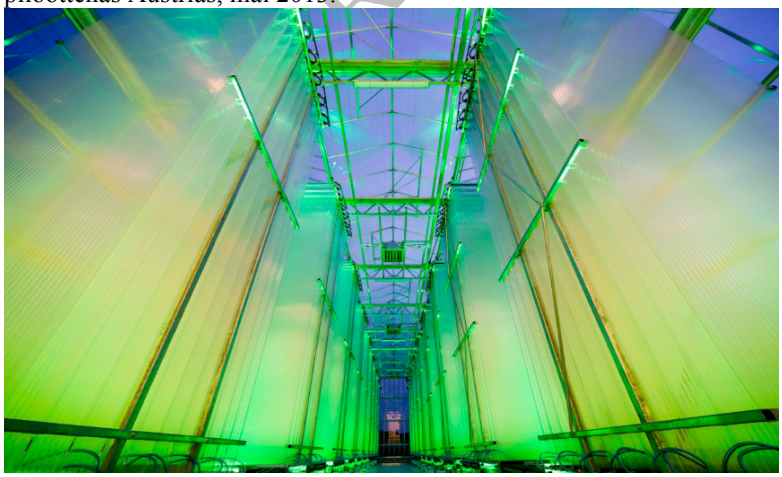
Maailma esimene fotosünteesiv vetikatehas, kus valguspidurdus (light inhibition) puudub ja puuduvad sellest tulenev stress ja osmootne šokk (osmotic shock), kuna see on lahendatud patenteeritud pöörlevate moodulitega, mis tagab maksimaalseltoptimaalse valguse.

Maailma esimene läbivoolu vetikate fotosünteesiv süsteem, puuduvad "eakad" vetikad, saagi koristamise ajaks on kõik vetikad sama suured ja samade omadustega, (õlisisaldusega), puudub protsessi saastumise võimalus (no back contamination).

Maailma esimene tööstuslik ja kontrollitud fotosünteesiv läbivoolu vetikakasvatus, suure automatiseerituse astmega, madalad tööjõukulud ja vetikakultuurid on kergesti vahetatavad.

Kerge on hooldada, ei pea süsteemi kinni panema, see tööstuslikus skaalas pilootehas on ehitatud tavalistest standardsetest ehitusmatejalidest. Tehas töötab ilma tavaliste pumpadeta, seega puudub müra ja kulud on väiksemad. Puudub risk suuremate tehaste ehitamisel, kuna see pilootehas on tööstusliku tehase väikseim võimalik variant, seda saab ülespoole dimensioneerida. Seega on madalad käidu- ja tööjõukulud, ning fotosünteesiva vetikaliitri maksumus on väiksem veehoidla tüüpi vetikakasvatusest.

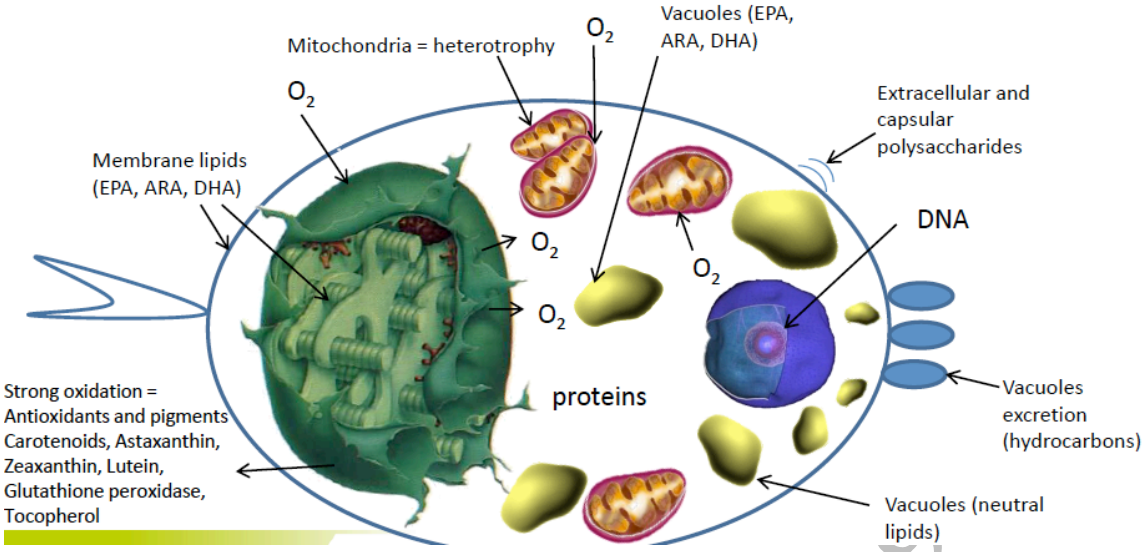
Foto 1. Ecoduna töötav mikrovetikate fotosünteesiv kasvuhoones paiknevate bioreaktoritega pilootehas Austrias, mai 2013.



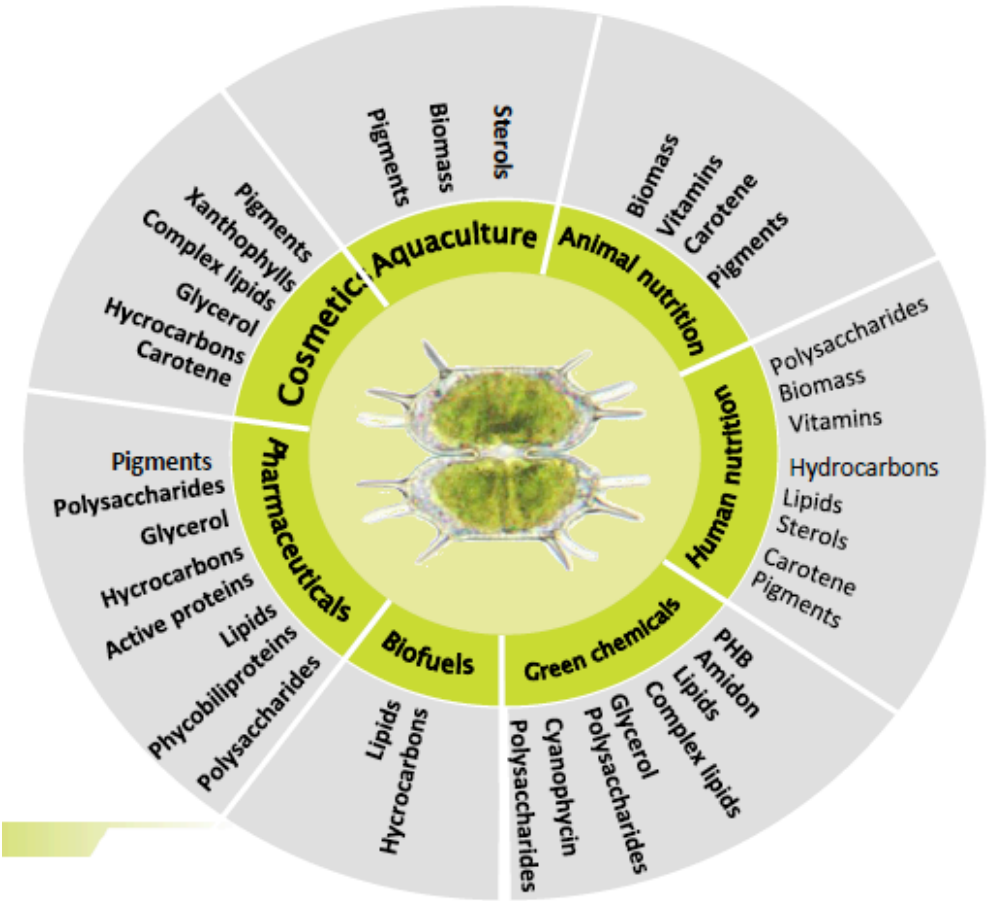
Vetikatest biomassi tootmise tehnoloogiad

Vetikas on ainurakne. Tema rakus puudub ligniin ja hemitselluloos, seal on põhiliselt süsivesinikud, nagu tärklis, tselluloos, suhkrud ja teised polüsahhariidid.

RDANNE 24.0.13



Võrreldes maismaataimedega on mikrovetikates palju kõrgem proteiini sisaldus (kuni 60% vs 25% maismaataimedel), mikrovetikatel on 5-10 korda suurem kasvukiirus. Maksimaalne teoreetiline fotosünteesi efektiivsus on 9% (vs 1-2% maismaataimedel). Mikrovetikates on kuni 80% süsivesinikke ja kuni 70% proteiine on kasutatavad. Mikrovetikaid on 100'000 liiki, 35'000 määratud, 12 on kasutuses ärilises tootmises, need on patenteeritud. Ameerikas on vastavad "vetika-pangad-hoidlad", mis hoiustavad, säilitavad ja müüvad litsentse.



Vetika rakus on kogu eluks vajaminev masinavärk, kogu biotööstuskompleks on 1 rakus, sisenditeks vesi, valgus, CO_2 ja toitained. Mikrovetikas on nn **multitalent,** kuna vetikarakust saab järgmisi tooteid:

1. Farmaatsia
2. Kosmeetika
3. Toidulisand
4. Inimtoit
5. Loomasööt
6. Kalasööt
7. Biokütused
8. Rohelised kemikaalid

Näide: vetikast "***Haematococcus pluvialis***" tehtud antioksüdant on 6000 tõhusam kui C vitamin:

*Why is **Haematococcus** pluvialis a High Value Algae?*
It has high content of Natural Astaxanthin.
Astaxanthin is a super antioxidant
6000 times more powerful than VITAMIN C
550 times more powerful than GREEN TEA
3000 times stronger than Resveratrol
800 times stronger than Co-enzyme Q10

Väärtuslike vetikatoodete kilohinnad võrreldes soja proteiiniga, tootmiskulu on vahemikus **$8-$80/kg**:

Outdoor Ponds (30,000 mt/yr):
–Arthrospira/Spirulina (bluegreen algae)
–Dunaliella (green algae)
–Haematococcus (green algae)
–Chlorella (green algae)

Photobioreactors (100-200 mt/yr)
*–**Haematococcus** (green algae)*
–Chlorella (green algae)
*•Production costs: **$8-$80/kg***

Täna toodetakse vetikaid toidulisanditeks väärtuslike proteiinide ja õlidena:

***Arthrospira/Spirulina* (bluegreen algae) – Whole cell forms**
–Nutritional supplements/food additive
•***Dunaliella* (green algae) – Beta-carotene**
–Nutritional supplement/food ingredient
•***Haematococcus* (green algae) - <u>Astaxanthin (eeltoodud näide)</u>**
–Nutritional supplement/animal feed ingredient
•***Schizochytrium* (stramenopile) – DHA & DHA+EPA oils**
–Nutritional supplements/food ingredient/animal feed ingredient
•***Crypthecodinium* (dinoflagellate) – DHA oil**
–Nutritional supplements/infant formula ingredient
•***Chlorella* (green algae) – Tablets/cosmetic oils/veg oil repl.**
–Nutritional supplement/food ingredient

Mikrovetikate **produktiivsus** (g/m^2/day) on maismaataimede omast oluliselt **suurem**

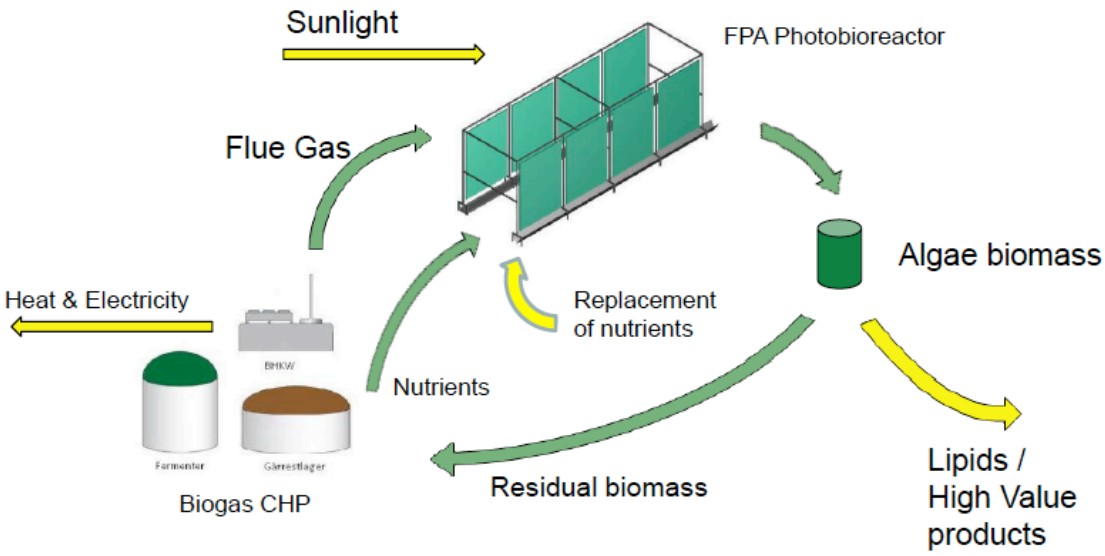
–Vetikad **25-35** g/m^2/day vs suhkruroog **3-5** g/m^2/day

Mikrovetikad **ei konkureeri viljapõllu pinnaga**, vastupidi:

mikrovetikatest saab toitu
–kasutab pigem soolast vett kui värsket magedat vett
–saab kasutada jäätmaad, mis millekski muuks ei kõlba

Mikrovetikas võib otse **kasutada** tööstuslike jm põlemisprotsesside **CO_2**.
Mikorvetikad toodavad rohkem lipiide (bioõli) kui maismaataimed. Kui kõik väärtuslik on välja võetud, saab vetikajäägist teha biogaasi, mille puhastamise CO_2 saab sööta vetikatele toiduks.

Metaani took on samas vahemikus nagu lehmasõnnikul ja rohelisel biomassil
Vetikatel 0.15 kuni 0.4 Nm^3 metaani/kg (biomass)
Sõnnikul 0.20 Nm^3/kg ja maisil 0.4 Nm^3/kg, C/N suhe on madalam kui tavalistel biogaasi toormetel.



Järeldused Eesti jaoks:

1. Eesti kliimasse sobivad kasvuhoonetes kinnised fotosünteesivad bioreaktorid (PBR – photobioreactor)
2. Vetikate tootmine nõuab kontrollitud keskkonda (temperatuur, toitained, jne)
3. Võimadab kasvatada erinevaid vetikaid (vastavalt turunõudlusele), mõnede vetikate puhul mass kahekordistub 3 päevaga
4. PBR vetikatehnoloogia hakkab jõudma arendusfaasist tööstuslikku tootmisse (Ecoduna näide Austriast)
5. PBR Vetikatehnoloogiate arendamisega Eestis tasub tegelda juhul, kui on tehtud korrektne äriplaan valitud toote turundamiseks

6. Soovitav on vastav turu-uuring teha
7. "Kallilt" müüdavate vetikatoodete (näitena toodud ***Haematococcus* (rohevetikas) toodetud Astaxanthin)** tootmine suurendab eesti eksporti, see sobib väikeriigile, kus edu alus on kvaliteedi, mitte mass
8. Võimaldab rakendada IT lahendusi ja töötada välja uusi vetikatest muude kasulike ainete ekstraheerimise tehnoloogiaid, mida saab omakorda patenteerida ja neid patente eksportida
9. Biokütuste (biodiisel, biometaan) tootmiseks on PBR-s toodetud vetikate omahind liiga kõrge ja tänaste teadmiste põhjal see ei tasu ära
10. Küll tasub aga vetikatehnoloogiate väljaarendamisel siduda see biogaasi tootmisega, kus saab kasutada vetikate pressjääke
11. Biogaasi puhastamise CO2 saab kasutada vetikate kasvatamise sisendina
12. Patenteeritud tehnoloogiad ühendavad vetikakasvatuse fotosünteesi fermentatsiooniga (3. ja 4 põlvkond), aga need on veel tööstusliku arendamise algusjärgus (FermentAlg)
13. Vetikatehnoloogiate (PBR) arendamisega tasub Eestis tegelda, kuna tundub, et selle tehnoloogia areng on maailmas oma "puujuurekaelal" ehk tõusu alguses.

Lisa 1. Näitlik metaansõidukite arv juhul kui 10% fossiilsetest vedelkütustest asendada biometaaniga.

Tabel 40. Biometaani kasutavate sõidukite näitlik arv juhul, kui 10% mootorikütuste tarbimisest on biometaan.

	Bensiinisõidukid täismassiga alla 3.5 t	Veoautod (diisel)	Bussid (diisel)	**Kokku**	Tänane biometaani arvutuslik kogus taandatuna biogaasi tootmisest (13 mln Nm³) /maagaasisõidukite arv
Biometaani tarbitav kogus aastas Nm³	17,000,000	60,000,000	40,000,000	**117,000,000**	7,800,000
Biometaani tarbitav kogus aastas ktoe	13.39	47.24	31.50	**92.13**	0
Sõidukite arv	9,714	1,714	1,000	**12,429**	153
Sõidukite osakaal koguarvust	2%	6%	26%		

NREAP 2020 eesmärgi taastuvate transpordikütuste osas – 92 ktoe = 117 mln Nm^3 kasutamine transpordikütusena tähendab näitlikult (arvutuslike keskmiste kütusekulude ja läbisõitude alusel) 9'714 bensiinisõiduki (täismassiga alla 3,5 t), 1'000 diiselbussi ja 1'714 diiselveoauto kasutusele võtmist aastaks 2020. Eeltoodud arvud ei ole mõeldud sihtarvudena, vaid taastuvenergia koguse piltlikustamiseks, mida see 92 ktoe tähendab sõidukite arvus, kui see jagada toodud eelduste kohaselt.

Sellise koguse biometaani tootmine tähendab 42 biogaasi tootmisüksuse loomist, mille aastane biometaani (CH_4 on 98%) toodang on keskmiselt 2'756'000 Nm^3 (N_{el} 1 MW).

Tartus on 5 linnaliinibussi ja mõnekümne kergeveoki aastane metaankütuse tarbimine tanklas suurusjärgus 500-600'000 Nm^3, juhul kui tankla tarbimine oleks poole suurem, 1.2 mln Nm^3 aastas, siis selliseid tanklaid tuleks rajada 98. Juhul kui tanklas oleks alaline tarbimine 20 bussi ja enam, siis tähendab see ca 50 metaankütuse tankla rajamist.

LÕPPARUANNE 24.09.13

Eeltoodud näide korreleerub suurusjärkudes meie mudelmaa Rootsi numbritega: Rootsi pindala ja rahvaarv on ca 10 korda Eestist suuremad ja sealne prognoos nii sõidukite arvu kui tanklate osas on ligi 10 korda suurem eeltoodud näites toodud Eesti arvudest aastal 2014, ehk siis sõidukite arvuks Rootsis eeldatakse 120'000 sõidukit ja tanklate arvuks on 350. See on ka arusaadav, on ju Rootsi võtnud väga selge strateegilise eesmärgi: kasutada transpordis aastaks 2030 100% taastuvaid kütuseid ja aastaks 2050 olla 100% taastuvaenergia allikaid kasutav Põhjala riik.

Lisa 2. Lisainfo vetikate tehnoloogia kohta

- Higher BioMass concentration than DAF
- No need for flocculation chemicals
- Lower overall energy
- 100% algae harvest yield
- Water & nutrient recycle
- Algae technology is rapidly gaining momentum
- Currently used for **high added value products** like carotenoids

Low cost products like biodiesel not feasible yet, because
Upscaling is difficult:
Open ponds are susceptible for infections
Closed systems are expensive
Biomass concentration is low
You are processing a lot of water
Optimal light capturing not easy to achieve
CO2 and CO2/O2 separation not optimal
Low efficiency of biomass/medium separation

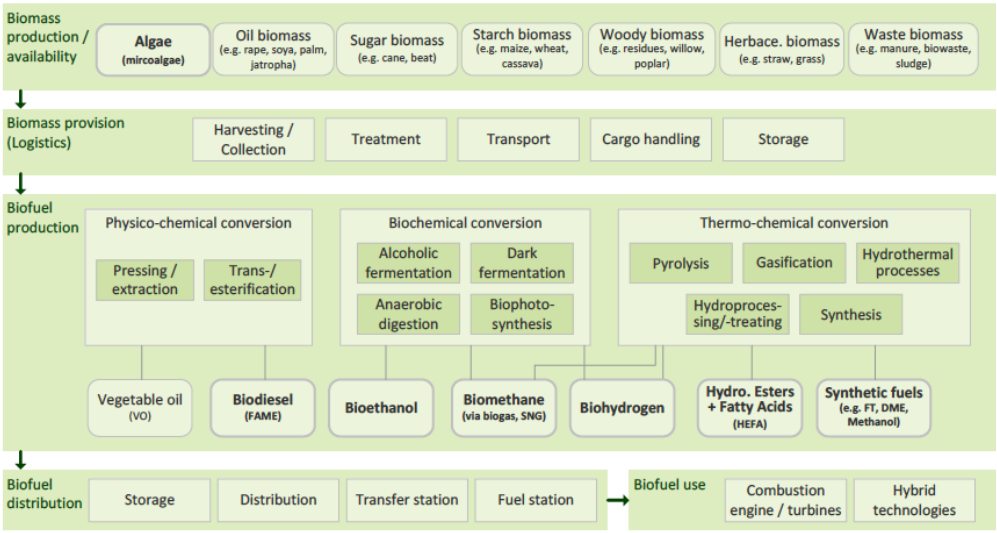
The Potential and Promise of Microalgae Production
•Microalgae productivities (g/m2/day) can be significantly higher than terrestrial crops
  –Algae 25-35 g/m2/day vs sugar cane 3-5 g/m2/day
•Microalgae does not compete directly with food production
  –Utilize saline water rather than fresh water
  –Utilize desert/non-agricultural land
•Microalgae can directly utilize CO2 from industrial sources
•Microalgae can exhibit higher production of lipids than traditional crops

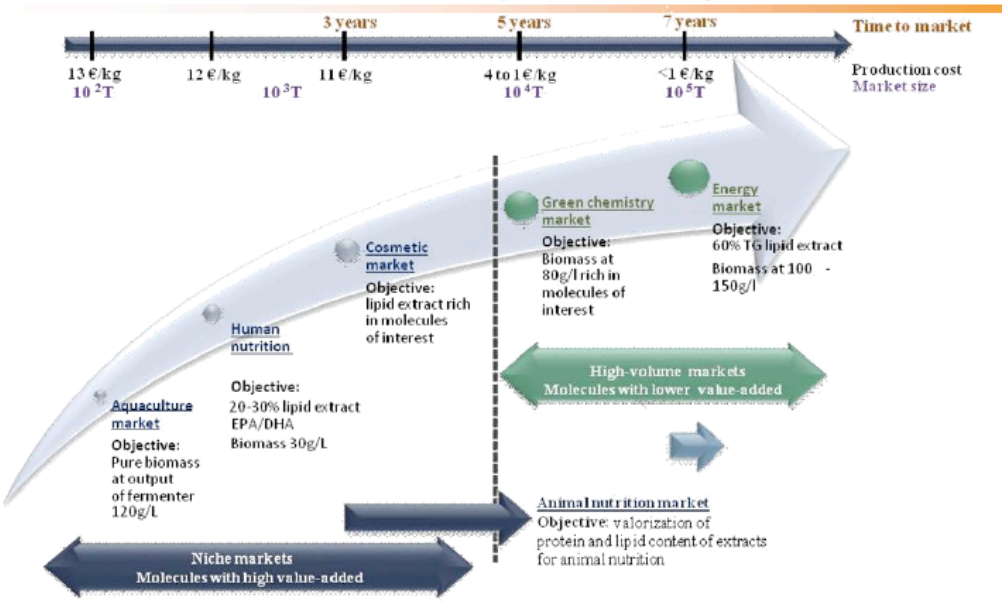
Vetikatoodete müügikäive 2010
<u>Cosmetics (~ 1 Billion $*)</u>
<u>Food</u>
◦Food Supplements (~ 1.5 Billion$*)
◦Food Colorants (~ 0.1 Billion $*)
◦Food Additives (Omega-3, anti-oxidants…)
◦Bulk Food Ingredients (Proteins, Lipids)
<u>Feed</u>

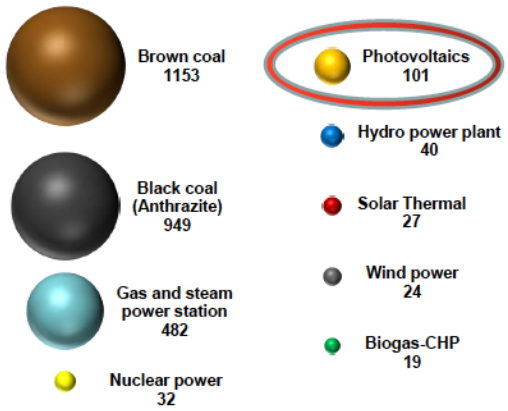
LÕPPARUANNE 24.09.13

◦Aquaculture
◦Feed Additives
<u>Fuel</u>
Vetika bioreaktorid majade seintel
Biometaani tootmine vetikatest, 2-11 liitristes nõudes laborikatsetes
Biokütuste väärtusahel

Biokütuste väärtusahel



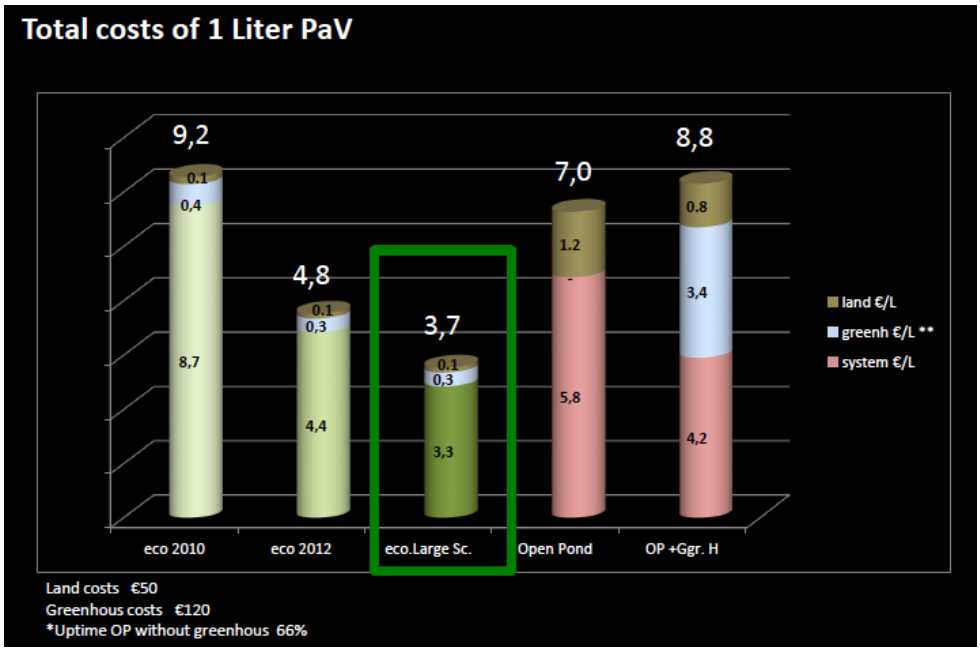




CO_2 footprint (in g/kWh)

Reactor	Substrate	T[a] (°C)	HRT[b] (d)	Loading rate (g VS L^{-1} j^{-1})	Methane yield (L CH_4 g VS^{-1})	CH_4 (% vol)	References
Batch 11 L	Algae sludge (*Chlorella-Scenedesmus*)	35–50	3–30	1.44–2.89	0.17–0.32	62–64	(Golueke et al., 1957)
	Algal biomass	35	28	1	0.42	72	(Chen, 1987)
	Spirulina	35	28	0.91	0.32–0.31		
	Dunaliella	35	28	0.91	0.44–0.45		
CSTR[c] 2–5 L	*Tretraselmis* (fresh)	35	14	2	0.31	72–74	(Asinari Di San Marzano et al., 1982)
	Tretraselmis (dry)	35	14	2	0.26	72–74	
	Tretraselmis (dry) + NaCl 35 g/L	35	14	2	0.25	72–74	
Batch 5 L	*Chlorella vulgaris*	28–31	64	–	0.31–0.35[d]	68–75	(Sanchez and Travieso, 1993)
Semi-continuous (daily fed) 10 L	*Spirulina maxima*	35	33	0.97	0.26	68–72	(Samson and LeDuy, 1982)
Fed batch 2 L	*Spirulina maxima*	15–52	5–40	20–100	0.25–0.34	46–76	(Samson and LeDuy, 1986)
CSTR[c] 4L	*Chlorella-Scenesmus*	35	10	2–6	0.09–0.136	69	(Yen and Brune, 2007)

Typical Wastewater Biomass Digestion: 0,5 – 0,8 l CH4 / g VS



aqualia — Tubular photobioreactors in Almería

Fix capital	Detail	Factor	Cost, €
1	Major purchased equipment	1	214,350
2	Installation costs	0.10	21,435
		0.10	21,435
		0.05	10,718
		0.05	10,718
		0.10	21,435
		0.10	21,435
		0.10	21,435
		0.06	12,861
		0.10	21,435
		0.10	35,582
		0.05	17,791
		0.06	21,349
		Total fix c	412,838.10

Fix capital per annun		Cost, €		
Lifetime	10			
Depreciation		39,140.31		
Property tax (@ 0.01 depreciation)	0.01	391.40		
Insurance (@ 0.006 depreciation)	0.006	234.84		
Purchase tax (@ 0.16 of items 1-12/10)	0.16	6,605.41		
		Total fix capital per annun		46,371.96 €
Raw materials	**Units**	**€/und.**	**Cost, €**	9,966.67 €
Culture medium (m3)	3250.00	1.00	3,250.00	
Carbon dioxide (kg)	16250.00	0.40	6,500.00	
Medium esterilization filters	108.33	2.00	216.67	
Utilities				13,371.43 €
Water (m3)	3250.00	-	-	
Power consumption (Kwh)	133714.29	0.10	13,371.43	
Others	**Units**	**€/und.**	**Cost, €**	94,345.60 €
Labor	1.00	30,000.00	30,000.00	
Supervision	0.20		6,000.00	
Payroll charges	0.25		9,000.00	
Maintenance	0.04		8,574.00	
Operating supplies	0.00		1,114.62	
General plant overheads	0.55		24,515.70	
Tax	0.16		7,834.95	
Contingency	0.01		2,786.55	
Marketing	0.01		4,519.78	
	Total direct production costs (€)			117,683.70 €
	Total production costs (€)			164,055.66 €
	Unit cost of producing biomass (€/kg)			25.24 €

Investment 14 k€/m3

Production 6.5 t/yr

Energy Ratio
134 Mwh / yr
for 6,5 t / yr
at 5 Mwh/t
> 4