

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

**PIENIMUOTOISEN BIOKAASUN TUOTANNON RAT-
KAISUT JA HAASTEET SUOMESSA**

**Solutions and challenges of small-scale biogas production in
Finland**

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen
Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Jouni Havukainen

Lappeenrannassa, 18.10.2018

Minttu Valjakka

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Minttu Valjakka

Pienimuotoisen biokaasun tuotannon ratkaisut ja haasteet Suomessa

Kandidaatintyö

2018

40 sivua, 2 taulukkoa, 0 liitettä

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen

Työn ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Jouni Havukainen

Hakusanat: kandidaatintyö, biokaasu, biokaasulaitos, maatila

Keywords: bachelor's thesis, biogas, biogas plant, farm

Tässä kandidaatintyössä on selvitetty pienimuotoisen biokaasun tuotannon ratkaisuja ja haasteita Suomessa. Kandidaatintyö on tehty kirjallisuuskatsauksena muiden jo olemassa olevien oppaiden ja selvitysten perusteella. Pienimuotoiseksi tuotannoksi tässä työssä on määritelty maatilakokoluokan laitokset sekä sitä pienemmät tuotantomuodot. Aiheeseen on perehdytty niin teknisten ratkaisujen kuin hieman taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta. Suomessa on jo olemassa hyviä ratkaisuja pienen kokoluokan biokaasun tuotantolaitoksissa, mutta tavoitteena on saada käyttämätöntä biokaasupotentiaalia hyödynnettyä enemmän. Haasteita aiheuttavat erityisesti ilmasto-olot ja kannattavuus. Suomen viileä ilmasto vaatii, että biokaasulaitoksen mädätysreaktoria lämmitetään, sillä mädätysprosessi vaatii tietyn lämpötilan toimiakseen. Tästä johtuen osa biokaasusta saatavasta energiasta kuluu itse tuotantoprosessiin. Myös taloudellista kannattavuutta olisi tuettava ja helpotettava enemmän, jotta pienimuotoinen biokaasun tuotanto koettaisiin kannattavamaksi energiantuotantomuodoksi. Taloudellista kannattavuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi Saksan kaltaisella kannattavammalla syöttötariffijärjestelmällä tai Ruotsissa yleisesti käytetyillä biokaasusertifikaateilla.

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO.....	4
1 JOHDANTO	5
2 BIOKAASUN TUOTANTO	6
2.1 Biokaasulaitoksen rakenne.....	7
2.2 Biokaasuprosessin raaka-aineet	11
2.3 Mesofiilinen ja termofiilinen prosessi.....	14
2.4 Märkä- ja kuivaprosessi	14
2.5 Panostoiminen ja jatkuvatoiminen prosessi	15
3 ESIMERKKEJÄ TUOTANNOSTA.....	16
3.1 Huutolan tila.....	16
3.2 Junttilan tila.....	18
3.3 Juvan Bioson Oy	19
3.4 Bioboksi, Kuitian tila	20
3.5 Esimerkkejä ulkomailta.....	22
3.5.1 Siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö	22
3.5.2 WC:hen yhdistetty biokaasuntuotantolaitos.....	24
4 HAASTEET JA SOVELTAMINEN	27
4.1 Prosessin omat haasteet.....	27
4.2 Biokaasun loppukäyttö.....	29
4.3 Taloudellinen kannattavuus	30
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	33
6 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	37

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

ALV	arvonlisävero
a	vuosi
CHP	Combined Heat and Power (yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto)
FRP	Fibre-reinforced plastic (kuitulujuitettu muovi)
MTT	Maa- ja elintarviketeollisuuden tutkimuskeskus
PVC	polyvinyylikloridi
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TS	kuiva-aine
VS	orgaaninen kuiva-aine
vrk	vuorokausi

Yläindeksit

2	neliö-
3	kuutio-
°	aste

1 JOHDANTO

Biokaasu on kaasua, jota syntyy luonnossa biologisen hajoamisprosessin lopputuloksena, kun eloperäinen materiaali hajoaa hapettomissa olosuhteissa. Teollisesti biokaasua saadaan mädättämisprosessin lopputuloksena. Energiämäärä, joka biokaasulla tuotetaan, on noin 0,5 % koko Suomen uusiutuvalla energialla tuotetusta energiämäärästä (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 19). Vuonna 2016 uusiutuvan energian osuus sähköntuotannosta oli 45 % ja lämmöntuotannosta 57 % (SVT 2017). Biokaasu lasketaan uusiutuvaksi energiaksi, joten sen poltosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ei lasketa hiilidioksidipäästötilastoihin. Biokaasun poltossa syntyneiden hiilidioksidipäästöjen ajatellaan sitoutuvan yhteyttäviin kasveihin, joita jälleen voidaan käyttää biokaasutuotantoon. Biokaasua voidaan käyttää esimerkiksi sähkön- ja lämmöntuotantoon sekä liikennepolttoaineena.

Biokaasun tuotannon on Suomessa perinteisesti oletettu vaativan suurta tuotantolaitoksen kokoluokkaa. Biokaasua tuotetaan yhdyskuntien ja teollisuuden jätevedenpuhdistamoilla, biojätteen käsittelylaitoksilla sekä maatiloilla (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 21). Biokaasua voidaan tuottaa melkein mistä tahansa eloperäisestä jätteestä. Vaikka biokaasun tuotanto ja käyttö on viime vuosina lisääntynyt paljon, on Suomessa suuri osa biokaasun tuotantopotentialista käyttämättä. Suomessa on myös asetettu tavoitteeksi tuottaa maatalouspohjaisesta bioenergiasta biokaasulla 0,32 TWh/a vuoteen 2020 mennessä, mikä tarkoittaa esimerkiksi 15-20 suuren (2 MW) tai noin 50 pienen (0,1 MW) kokoluokan biokaasulaitoksen rakentamista (SYKE 2013, s. 9). Ajankohtaista on siis selvittää pienimuotoisen biokaasun tuotannon ratkaisuja ja haasteita. Pienimuotoiseksi biokaasun tuotannoksi tässä työssä katsotaan maatilakokoluokan tuotanto sekä mahdollisesti muut pienemmät tuotantomuodot.

Työ tehdään pääasiassa kirjallisuustarkasteluna ja sen tavoitteena on perehtyä, mitä ratkaisuja ja haasteita pienimuotoiseen biokaasun tuotantoon liittyy. Tarkastelua tehdään myös hieman taloudellisesta näkökulmasta. Työssä perehdytään myös muutamiin ulkomailla toteutettuihin biokaasutuotannon ratkaisuihin ja pohditaan, voisiko niitä soveltaa Suomessa, ja voisiko niiden avulla biokaasun tuotantokustannuksia alentaa.

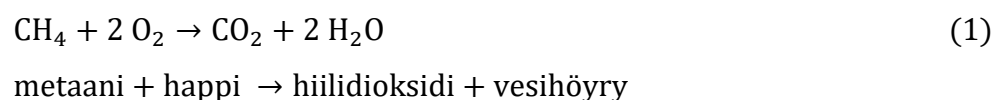
2 BIOKAASUN TUOTANTO

Suomen valtion kestävän kehityksen yhtiö Motiva Oy, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön, on koonnut melko kattavan oppaan biokaasun tuotannosta maataloilla. Oppaan mukaan biokaasu on kaasuseos, joka koostuu pääasiassa metaanista ja hiilidioksidista, ja sen polttamisesta syntyy pääasiassa hiilidioksidia ja vesihöyryä. Yleensä biokaasu sisältää noin kaksi kolmasosaa metaania ja yhden kolmasosan hiilidioksidia. Taulukossa 1 on esitetty biokaasun keskimääräinen koostumus. Biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon sekä jatkojalostaa liikennepolttoaineeksi. (Motiva 2013, s. 3)

Taulukko 1. Biokaasun keskimääräinen koostumus. (Motiva 2013, s. 3)

Aine		%-osuus
Metaani	CH ₄	55-75
Hiilidioksidi	CO ₂	25-45
Hiilimonoksidi	CO	0-0,3
Typpi	N ₂	1-5
Vety	H ₂	0-3
Rikkivety	H ₂ S	0,1-0,5

Myös Suomen ympäristökeskus (SYKE) on koonnut tietoa biokaasun tuotannosta maataloudessa. Biokaasun sisältämä metaani on voimakas kasvihuoneilmiötä lisäävä kaasu, mutta siitä huolimatta biokaasun käyttäminen energiantuotannon ja liikenteen polttoaineena ympäristöystävällistä. Metaanin reagoiessa hapen kanssa, syntyy hiilidioksidia ja vesihöyryä. Hiilidioksidi on noin 25 kertaa lievempi kasvihuonekaasu kuin metaani (Greenhouse Gas Protocol 2014). Biokaasua poltettaessa ei myöskään synny pienhiukkaspäästöjä, toisin kuin fossiilia polttoaineita käytettäessä. Alla on esitetty metaanin palamisreaktio hapen kanssa.

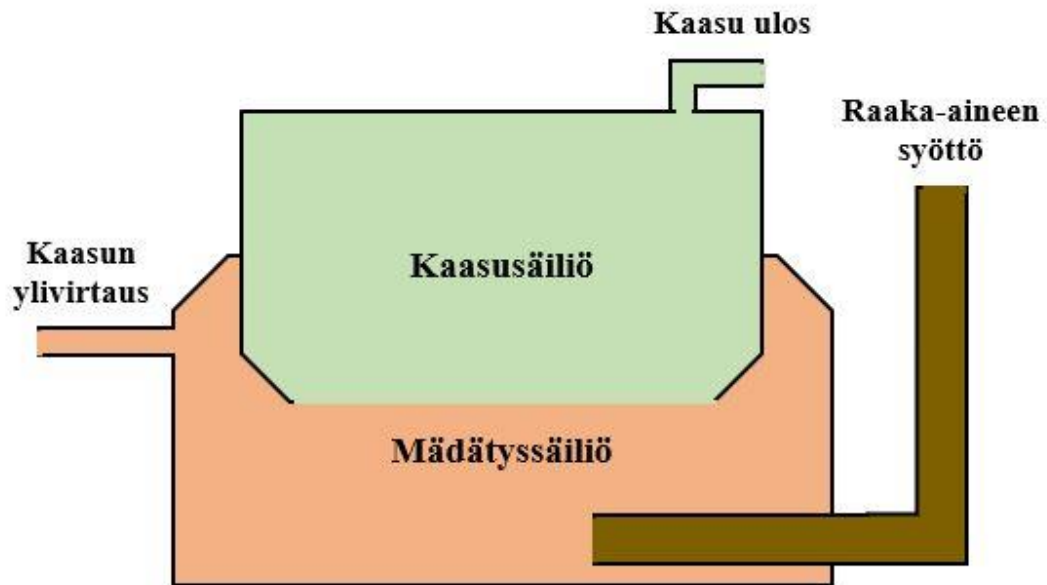


Biokaasua syntyy luonnollisen biologisen hajoamisprosessin lopputuloksena. Normaalisti biokaasua muodostuu esimerkiksi hapettomissa oloissa järvien ja soiden pohjasedimenteissä sekä muissa paikoissa, joissa eloperäistä materiaalia hajoaa hapettomissa olosuhteissa. Hapettomuus on olennainen tekijä, jotta orgaanista materiaalia voidaan muuttaa poltettavaksi kaasuseokseksi. (Motiva 2013, s. 3) Tuotantoprosessia kutsutaan mädätykseksi, jossa hydrolyysin, happokäymisen ja asetogeneesin jälkeen metanogeneettiset bakteerit tuottavat hajoamistuotteista biokaasua (SYKE 2013, s. 14). Hydrolyysivaiheessa, eli niin kutsutussa liukoistumisvaiheessa, orgaanisen materiaalin kiinteät hiilihydraatit, valkuaisaineet ja rasvat pilkkoutuvat ja liukenevat veteen yksinkertaisemmiksi yhdisteiksi. Näitä ovat esimerkiksi sokerit, rasvahapot ja aminohapot. Tämä tapahtuu bakteerien erittämien entsyymien avulla. Happokäymisessä eli asidogeneesissa pilkkoutuneista ja liuenneista aineista taas muodostuu vielä pienempiä rasvahappoja, esimerkiksi propioni- ja voihiappoja, jotka edelleen hajoavat etikkahapoksi ja hiilidioksidiksi. Asetogeneesin eli etikkahappokäymisen aikana etikkahaposta ja eri reaktioiden välituotteista, vedystä ja hiilidioksidista, syntyy metaania. Käymisessä syntyvät rasvahapot ovat haitallisia reaktioita tuottaville bakteereille, joten tärkeää on, että ne poistuvat metaanintuotannosta yhtä nopeasti kuin syntyvät. Biokaasun tuotannon vaiheet eivät ole erillisiä, vaan niitä tapahtuu reaktorissa yhtä aikaa. (Motiva 2013, s. 4)

2.1 Biokaasulaitoksen rakenne

Biokaasun tuotantoon on monia hyvin erilaisia tapoja. Motivan oppaan mukaan yksinkertaisimmillaan biokaasulaitos voi koostua käytännössä kahdesta kaasutiiviistä astiasta, jotka on asetettu päällekkäin. Astioista toinen, jota käytetään mädätyssäiliönä, on suuaukko ylöspäin ja toinen, joka toimii kaasusäiliönä, on suuaukko alaspäin. Astioiden pohjien välinen tila on täytetty esimerkiksi veden ja lannan tai ruoantähteiden sekoituksella. Tilassa ei ole lainkaan ilmaa, jossa olisi happea. Mädätysastian raaka-aineen hajotessa syntyy biokaasua, joka kertyy ylemmän astian yläosaan. Järjestelmä muotoutuu kaasutiiviiksi alemmaa astiaa vasten vesilukkoperiaatteella. Tuotettu biokaasu johdetaan putkea pitkin esimerkiksi keittiöön, jossa kaasua käytetään ruoanvalmistuksen energialähteenä. Jotta näin yksinkertainen biokaasulaitos toimisi käytännössä, tulee mädätyssäiliön raaka-

aineet hienontaa etukäteen kunnolla ja laitoksen ympäristön olla tarpeeksi lämmin. (Motiva 2013, s. 14) Tällainen laitos on esitetty kuvassa 1.

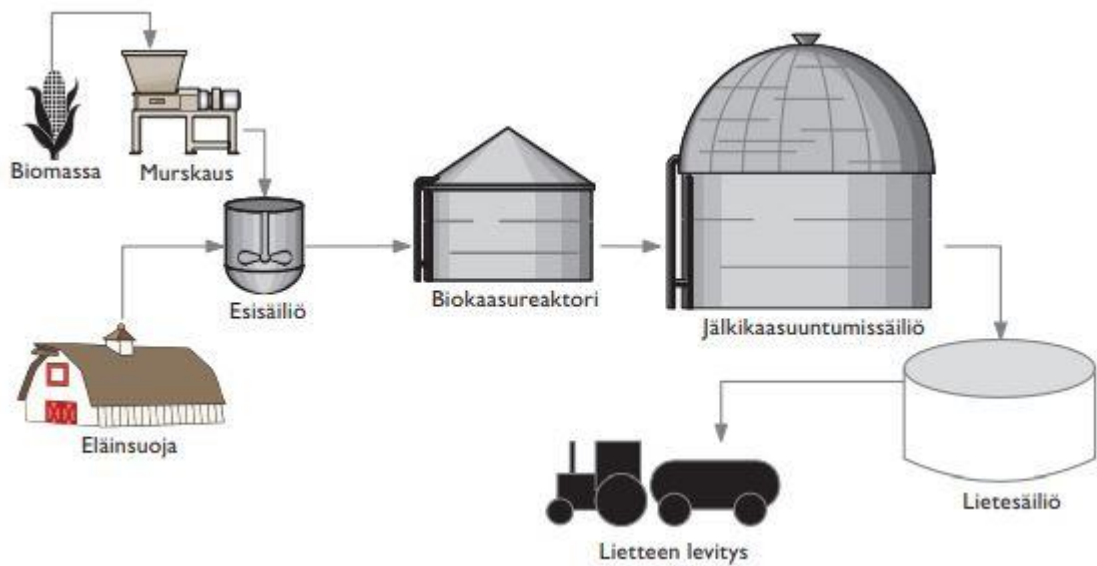


Kuva 1. Yksinkertainen biokaasulaitos, joka koostuu käytännössä kahdesta kaasutiiviistä säiliöstä. (Motiva 2013, s. 14)

Suomen biokaasun tuotannon ratkaisuja esitetään vuosittain julkaistavassa Biokaasulaitosrekisterissä. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 18 mukaan yleisin biokaasulaitoksen energiantuotantotapa on polttaa kaasua lämpökattilassa. Usein käytetään kuitenkin myös CHP (Combined Heat and Power) -yksiköitä, joissa tuotetaan sekä lämpöä että sähköä. (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 21) CHP-tuotannossa, suurin osa saatavasta energiasta on lämpöä (Mutikainen et al. 2016, s.13). Suomessa biokaasulaitokset voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan kokoluokan mukaan. SYKE:en teettämässä julkaisussa, joka käsittelee biokaasun tuotantoa Suomessa, on tuotantolaitokset jaettu maatala-, jätevedenpuhdistamo- ja yhteiskäsittelylaitoskokoluokan laitoksiin. Maatilan yhteydessä olevilla biokaasulaitoksilla tyypillisesti käsitellään tilan omaa tai sopimustilojen lietelantaa ja kasvibiomassaa. Jätevedenpuhdistamojen biokaasulaitoksilla käsitellään yleensä yhdyskuntien jätevesilietettä sekä muita lietteitä. Yhteiskäsittelylaitoksilla biokaasun raaka-aineena käytetään aiemmin mainittujen lisäksi erilliskerättyjä biojätteitä, teollisuuden jätevesiä ja lietteitä sekä muuta orgaanista ja hajoavaa materiaalia. (Latvala 2009, s. 19)

Eri kokoluokkien biokaasulaitokset eroavat toisistaan biokaasun tuotantoon käytettyjen raaka-aineiden ja juuri kokonsa vuoksi. Yhteistä kaikilla tuotantolaitoksille kuitenkin on biokaasureaktori, jossa raaka-aineen mädätys biokaasuksi tapahtuu. Suuremmilla laitoksilla reaktoreita voi olla useampia. Reaktorin tulee tehokkaan biokaasun tuotannon kannalta olla lämmitetty oikeaan lämpötilaan, sekä massaa reaktorissa tulee sekoittaa tasaisin väliajoin. Riippuen siitä, syntyvätkö biokaasulaitoksella käytettävät raaka-aineet paikan päällä toiminnoista, joiden yhteyteen biokaasulaitos on rakennettu, vai toimitetaanko ne paikalle muualta, voi laitoksella olla raaka-aineen esilämmitys tai -käsittelytilat. Joillain laitoksilla on jälkikaasuuntumistilat, joissa mädätysprosessin jo läpikäynyt liete voi vielä muodostaa kaasua ja se kerätään talteen. Tuotantolaitoksilla tulee olla myös lietesäiliö, jossa tuotannossa käytetty massa varastoidaan käsittelyn jälkeen. Tuotantolaitoksilla on myös eri vaihtoehdot mädätetyn raaka-aineen käsittelyyn, jotta sitä ei jouduta hävittämään hyödyntämättömänä. Liete voidaan esimerkiksi maataloilla levittää suoraan lannoitteeksi pelloille. Jätevesien puhdistamoilla liete voidaan käsitellä muun muassa kompostoinnilla tai rakeistamalla. Yhteiskäsittelylaitoksilla liete voidaan jalostaa lannoitevalmisteen ja myydä eteenpäin markkinoilla. (Latvala 2009, s. 19-21) Tuotetusta biokaasusta saatava energia voidaan käyttää joko laitoksen omiin tarpeisiin, myydä esimerkiksi sähköä markkinoille tai jalostaa liikennekäyttöön.

Tyypillinen maatilalla oleva biokaasulaitos on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Maatilan biokaasulaitoksen vaiheet. (SYKE 2013, s. 13)

Tavallisesti maatilan yhteydessä sijaitseva biokaasulaitos sisältää esisäiliön, biokaasureaktorin, jälkikaasuuntumisaltaan ja varastosäiliöt käsittelyjäännökselle. Yleensä eläinsuojasta saatava lietelanta siirretään esisäiliöön suoraan lietelinjaa pitkin. Esisäiliössä sijaitsevat usein sekoitin ja esilämmitin, jotta syöteseos on mahdollisimman tasalaatuista pumpattaessa biokaasureaktoriin. Yleensä maatilojen biokaasureaktoreina Suomessa käytetään jatkuvatoimista- ja sekoitteista reaktoria, jossa lietesyötteen määrää muutetaan säännöllisesti reaktorissa siten, että sen tilavuus pysyy muuttumattomana. Joissakin kaasulaitoksissa prosessiin voi kuulua myös murskain, hygienisointiyksikkö sekä varastotäätä vastaanottosäiliöitä riippuen syötteen käsittelyvaatimuksista. Maatilakokoluokan biokaasulaitoksilla ei tavallisesti ole hajukaasujen ja jätevesien käsittely-yksiköitä, sillä laitos itsessään yleensä vähentää merkittävästi maatilan toiminnasta syntyviä hajupäästöjä, eikä mädätysprosessin läpikäyneestä lietelannasta tarvitse erottaa vettä ennen lietteen levittämistä pelloille. (SYKE 2013, s. 12-13).

Varastosäiliöissä säilytetään mädätyksen lopputuotteet, vesi ja ravinnerikas käsittelyjäännös. Käsittelyjäännös voidaan sellaisenaan käyttää peltolannoitteena tai hyväksytyin menetelmin jatkojalostaa lannoitevalmisteiksi kaupalliseen tarkoitukseen. Maatiloilla yleis-

nen tapa, että käsittelyjännös sijoitetaan suoraan kasvien tuotantoon pellolle, on mahdollista, jos biokaasun tuotantoon on käytetty vain tilalla syntyvää lantaa ja kasvimassoja, eikä reaktorin syötteeseen ole lisätty muita tuotteita. (SYKE 2013, s. 15)

2.2 Biokaasuprosessin raaka-aineet

Maatilalla toimivan biokaasulaitoksen toiminnan lähtökohtana ovat maatilalan omat sivuvirrat, joita käytetään laitoksen raaka-aineina. Myös Envitecpolis Oy, joka on hajautetun uusiutuvan energian sekä energia- ja materiaalitehokkuuden asiantuntijapalveluita tarjoava yritys, on verkkojulkaisussaan esitellyt biokaasun tuotanto maatilalla. Julkaisun mukaan raaka-aineina voidaan käyttää muun muassa liete- ja kuivalantaa, ylijäämä nurmea tai rehua ja tuotannon vihannesjätteitä (Karjalainen 2017, s. 7). Biokaasun tuotantoon käyvät myös energiakasvit, tilatoimintojen, yhdyskuntien ja teollisuuden orgaaniset jätteet ja sivutuotteet, kuten kasvi-, ruoka- ja teurasjätteet, rasvaliete sekä puhdistamoliete (SYKE 2013, s. 13).

Biokaasulaitoksen tuotantopotentiaali riippuu siitä, millaisia raaka-aineita ja miten paljon laitokseen syötetään (SYKE 2013, s.13). Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT:n raportin liitteeseen 4 on koottu jäte- ja sivuvirtabiomassojen ominaisuuksia biokaasun tuottavuuden ja ravinteiden näkökulmasta. Taulukkoon 2 on koottu niistä maatilalan biokaasutuotannon kannalta olennaisimmat. SYKE:en oppaassa esitetään, että lietesyötteeseen lisäämällä biomassaa tai muuta orgaanista materiaalia saadaan tehostettua biokaasureaktorin toimintaa ja parannettua sen kannattavuutta. Lisämateriaaleina syötteeseen soveltuvat hyvin elintarviketeollisuuden jätteet ja sivutuotteet, sillä ne eivät normaalisti sisällä taudinaiheuttajia, raskasmetalleja tai muita epäpuhtauksia. (SYKE 2013, s. 13) Näitä lietesyötteeseen hyvin sopivia lisämateriaaleja on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 2. Maatilan biokaasutuotannon kannalta tärkeimpien biomassatyyppien ominaisuudet. Lyhenneet TS ja VS tarkoittavat kuiva-ainetta ja haihtuvaa kuiva-ainetta. C, N ja S ovat hiilen, typen ja fosforin kemialliset merkit. (Kahiluoto & Kuisma (toim.) 2010, s. 100)

Biomassatyyppi	TS [%]	VS [%] TS	Biokaasu $\left[\frac{\text{m}^3\text{n}}{\text{tVS}}\right]$		Ravinteet [%] TS		
			Käytetty arvo	Vaihteluväli	C	N	S
Naudan lietelanta	6	80	375	100-800	45	5,5	0,9
Sian lietelanta	5	78	482	210-800	30	11	3,0
Naudan kuivalanta	19	74	300	250-600	46	2,4	0,8
Sian kuivalanta	24	80	360	270-450	43	2,5	1,5
Kananlanta	38	77	450	250-800	38	3,1	1,5
Muu kuivalanta	32	60	420	-	45	2,5	0,9
Maatiloilla syntyvä eläinperäinen jäte	30	80	950	300-1140	56	8,0	1,0

Taulukko 3. Biokaasun tuotannossa lietesyötteeseen sopivien lisämateriaalien ominaisuuksia. Lyhenteet TS ja VS tarkoittavat kuiva-ainetta ja haihtuvaa kuiva-ainetta. C, N ja S ovat hiilen, typen ja fosforin kemialliset merkit. (Kahiluoto & Kuisma (toim.) 2010, s. 100)

Biomassatyyppe	TS [%]	VS [%] TS	Biokaasu $\left[\frac{\text{m}^3\text{n}}{\text{tVS}}\right]$		Ravinteet [%] TS		
			Käytetty arvo	Vaihteluväli	C	N	S
Kesantobiomassa	20	86	660	550-886	47	3,4	0,6
<i>Sadonkorjuujätteet</i>							
Säiliörehu	26	86	660	550-886	47	3,4	0,6
Vihreä kasvijäte	11	85	658	567-750	40	2,2	0,2
Olki	85	91	375	200-550	46	0,5	0,1
Puutarhajäte	70	78	500	-	48	0,5	0,1
Peruna	22	90	700	300-900	45	1,5	0,2
<i>Elintarvikejalostuksen jätteet</i>							
Teurasjäte	42	80	950	300-1140	56	8,0	1,0
Kalajäte	21	55	650	650	40	10	0,2
Maitojäte	13	65	700	700	45	5,0	1,0
Myllyjäte	88	95	500	500-700	45	2,5	1,1
Perunapulppa	16	90	700	300-900	45	1,0	0,1
Perunan soluneste	5	90	700	300-900	45	6,0	0,6
Vihannesjäte	10	70	430	150-700	45	1,6	0,2
<i>Biojätteet</i>							
Rasvajäte	32	75	500	150-885	48	2,0	0,4
Rasvakaivojäte	2	89	1380	600-1600	70	0,1	0,1

Kuten myös taulukoista 2 ja 3 nähdään, paljon rasvaa sisältävän raaka-aineen biokaasupotentiaali on parempi kuin paljon hiilihydraatteja sisältävän raaka-aineen. Täten se myös tuottaa kaasulle korkeamman lämpöarvon. Biokaasun tuotantoa voidaan parantaa myös raaka-aineen murskaamisella ja hienontamisella ennen kuin se syötetään biokaasureaktoriin. (Motiva 2013, s. 10)

2.3 Mesofiilinen ja termofiilinen prosessi

Biokaasun tuotanto voidaan toteuttaa joko mesofiilisella tai termofiilisella prosessilla. Erona näillä prosesseilla on, että mesofiilisen prosessin mädätys tapahtuu noin 35-38 °C lämpötilassa, kun taas termofiilinen mädätys onnistuu noin 50-55 °C:ssa. Näistä yleisimmin käytetty Suomessa on mesofiilinen prosessi, sillä se on prosesseista vakaampi ja kestää paremmin prosessihäiriöitä. Mesofiilinen prosessi vaatii vähemmän energiaa toimiakseen. Termofiilisen prosessin korkeampi lämpötila myös mahdollistaa hygienisoinnin prosessissa, jolloin syötteestä poistuu tehokkaammin taudinaiheuttajia. Termofiilinen prosessi ei myöskään vaadi niin pitkää käsittelyaikaa kuin mesofiilinen prosessi, jolloin reaktiutilavuutta voidaan mitoittaa pienemmäksi. Termofiilinen prosessi on kuitenkin alttiimpi prosessihäiriöille ja inhibiittoreille sekä vaatii enemmän energiaa, mikä tekee mesofiilisesta prosessista yleisemmin käytetyn. (SYKE 2013, s. 14)

2.4 Märkä- ja kuivaprosessi

Biokaasun tuotanto voidaan luokitella myös märkä- ja kuivaprosessiin. Suomessa perinteisempi näistä on märkäprosessi. Syötteiden kuiva-ainepitoisuus märkäprosessissa on n. 5-15%, kun taas kuivaprosessissa kuiva-ainepitoisuus on n. 20-25%. Yleisemmin käytetyn märkäprosessista tekee sen helpompi hallittavuus ja automatisoitavuus. Märkäprosessin syötettä on myös helpompi sekoittaa mekaanisesti ja siirtää pumppaamalla, sen koostumuksen vuoksi. Korkean nestepitoisuuden takia prosessin kaasuntuotanto voi kuitenkin jäädä alhaiseksi reaktiutilavuuteen nähden. (SYKE 2013, s. 14)

Biokaasun tuotanto kuivaprosessilla on kannattavaa, koska sillä kaasuntuotanto reaktiutilavuutta kohden on suurempi ja syötteen lämmittäminen vaatii vähemmän energiaa. Syötteiden sekoittaminen kuitenkin vaatii kuivaprosessissa enemmän kestävyyttä ja soveltuvuutta sakeille syötteille laitoksen rakenteilta. Tämän lisäksi tuotannon syötettä ei voi siirtää pumppaamalla, vaan siirto täytyy järjestää esimerkiksi hihnoilla tai ruuvikul-

jettimilla. Koska prosessi vaatii näitä erityislaitteita ja -rakenteita, voivat sen kustannukset nousta korkeiksi. Edellä esitettyjen syiden takia märkäprosessi on yleensä ollut suosittu tuotantomuoto Suomessa. (SYKE 2013, s. 14)

2.5 Panostoiminen ja jatkuvatoiminen prosessi

Riippuen biokaasulaitoksen reaktorin täyttö- ja tyhjennysominaisuuksista, reaktori voi olla joko panos- tai jatkuvatoiminen. Jatkuvatoimisen prosessin periaatteena on, että käsiteltävää syötettä syötetään reaktoriin jatkuvasti. Sen etuja ovat tasainen kaasuntuotanto sekä prosessin automatisoitavuus. Panostoisissa prosesseissa taas syötettä laitetaan ja suljetaan reaktoriin panoksittain pienemmissä erissä, jolloin kaasuntuotanto ei ole niin tasaista. Kun panos on ollut reaktorissa halutun hajoamisajan, sen poistetaan reaktorista. (SYKE 2013, s. 14-15)

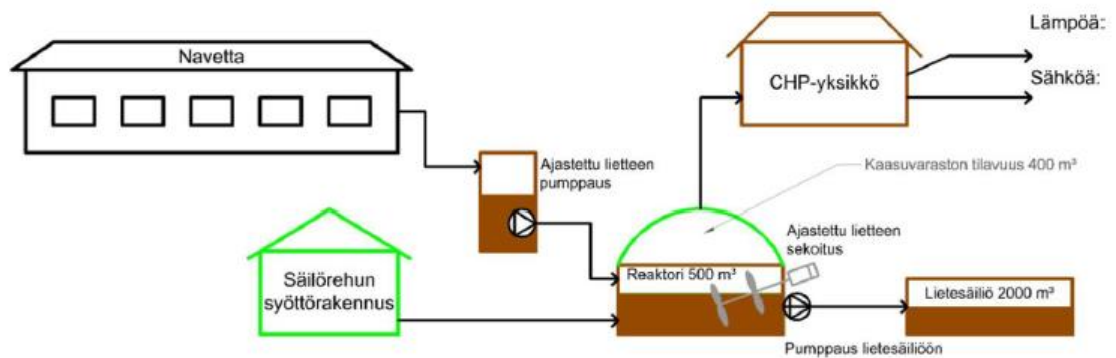
3 ESIMERKKEJÄ TUOTANNOSTA

Suomessa tällä hetkellä olevaksi pienimuotoiseksi biokaasun tuotannoksi voidaan laskea juuri maatilakokoluokan biokaasulaitokset ja sitä pienemmät tuotantomuodot. Maatilojen omatoimirakennettuihin biokaasulaitoksiin on myös Tiina Haverinen perehtynyt selvitystyössään. Haverisen mukaan Suomessa nämä laitokset on toteutettu pääasiassa mesofiilisenä, jatkuvatoimisena märkäprosessina (Haverinen 2014, s. 3). Jokainen biokaasulaitos on hieman erilainen kokonaisuutensa, ja samoja ratkaisuja ei voida soveltaa kaikille maatiloille sellaisenaan. Tämän vuoksi lukuun 3 on pyritty valitsemaan mahdollisimman erilaisia erimerkkejä biokaasun tuotantotapojen ratkaisuista.

3.1 Huutolan tila

Suomussalmelaisen Huutolan tilan biokaasulaitokseen kuuluu biokaasureaktori, lämmönvaihdin, lisäsyöterakennus, lietesäiliö, biokaasuaggregaatti, lämminvesivaraajat sekä kattila kaasupolttimella. Biokaasun raaka-aineena tilalla käytetään nautojen lantaa sekä ylivuotista tai muuten huonompilaatuista säilörehua. Biokaasureaktoriin, joka on rakennettu vanhaan 500 m³:n lietesäiliöön, pumpataan liete navetasta. Liete, jota tulee reaktoriin noin 7 m³/vrk, esilämmitetään lämmönvaihtimessa. Reaktorissa on vesikiertoiset lattia- ja seinälämmitysputket, joilla reaktorissa oleva massa pidetään 35-37 °C:ssa. Reaktori on myös eristetty ulkoa päin ja sen päällä on kaasua ja sääpressut. Lisäsyötettä kuljetetaan elevaattorilla ja kierukalla reaktoriin noin 1 paali/vrk, ja se on silputtu apevaunulla lyhyemmäksi ennen reaktoriin syöttämistä. Riippuen syötemäärästä raaka-ainemassa viipyy reaktorissa 45-60 vrk, ja sitä sekoitetaan kylkisekoittajalla tunnin välein sekä lisäsyötettä lisättäessä. (Huutolan tila 2018) Reaktorissa mädätysprosessin läpikäynyt massa pumpataan lietesäiliöön (Haverinen 2014, s. 9). Reaktorin kaasupressun alle kertyvä kaasu ohjataan putkistoa pitkin biokaasuaggregaatille, joka tuottaa sähköä. Aggregaatti on kytketty valtakunnan sähköverkkoon, ja se seuraa tilan sähkönkulutusta tuottaen biokaasusta sähköä tarvittavalla teholla. Mikäli aggregaatti havaitsee äkillisen tehon tarpeen, se ottaa tarvittavan vajauksen valtakunnan sähköverkosta, kunnes se mukautuu tilan sähkönkulu-

tukseen. Kun taas tehon tarve poistuu, syöttää aggregaatti sähköä valtakunnan sähköverkkoon niin kauan, että se jälleen mukautuu tilan todelliseen kulutukseen. Aggregaatin moottorin käymisestä syntyy hukkalämpöä, joka lämmönvaihtimien avulla otetaan talteen lämminvesivaraajiin, joissa tilaa on 10 000 litraa. Tuotettu lämpö käytetään itse bio-kaasureaktorin, lisäsyöterakennuksen, maatilain konehallin ja kahden asuinrakennuksen lämmittämiseen sekä navetan ja asuinrakennusten käyttöveden lämmittämiseen. Tarvittaessa biokaasun voidaan polttaa myös kaasupolttimella kattilassa, esimerkiksi laitoksen huoltotöiden aikana. (Huutolan tila 2018) Kuvassa 3 on esitetty Huutolan tilan prosessikaavio.



Kuva 3. Huutolan tilan prosessikaavio. (Haverinen 2014, s. 9)

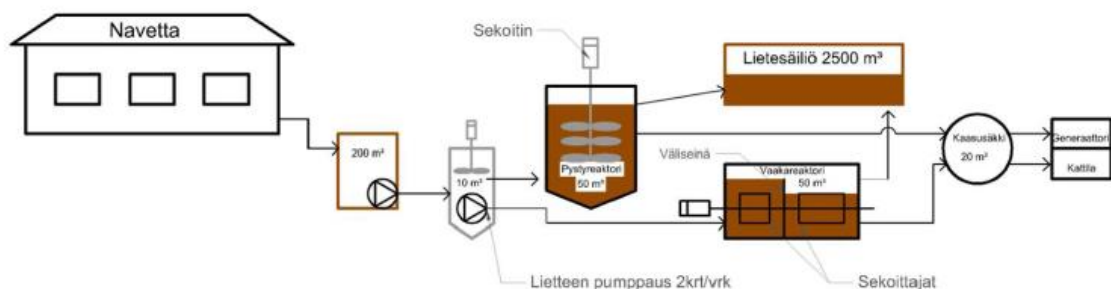
Biokaasulaitosrekisteri n:o 18:sta selviää, että vuonna 2014 biokaasulaitos tuotti kaasua $68\,000\text{ m}^3$, joka käytettiin energiantuotantoon kokonaan. Sähköä tällä määrällä tuotettiin 136 MWh ja lämpöä 196 MWh. Biokaasun metaanipitoisuus oli 58 %. (Huttunen & Kuitinen 2015, s. 28) Sähkön tarve Huutolan tilalla on 60 MWh ja lämmön tarve 140 MWh vuodessa (Haverinen 2014, s. 7).

Biokaasulaitoksen kokonaisrakennuskustannukset ovat olleet 262 000 € (alv. 0 %). Hinta sisältää uuden lietesäiliön, jonka tilavuus on 2000 m^3 , ja kolmasosan apevaunun hinnasta. Laitoksen takaisinmaksuajaksi on laskettu 11 vuotta. Laskelmaan on huomioitu positiivisena laitoksen sähkön- ja lämmöntuotanto, lietteen muuttuminen kasveille käyttökelpoisemmaksi ja hajuttomammaksi sekä vanhojen pyöröpaalien hyötykäyttö. Lämmöntuotannossa on huomioitava, että ennen biokaasulaitosta toinen asuinrakennuksista lämmitettiin öljyllä, toinen puulla ja navetan käyttövesi sähköllä. Huomioitavaa on myös, että lietteen

hajuttomuuden ansiosta sitä voidaan levittää laajemmille alueille. Lisäksi laskelmassa on otettu huomioon negatiivisena maatilalla kuluvat paalaus- ja pakkausmateriaalit, laitoksen päivittäiset työt, huolto ja kunnossapito sekä investointi- ja rahoituskulut. (Huutolan tila 2018)

3.2 Junttilan tila

Nivalassa sijaitsevan Junttilan tilan biokaasulaitokseen kuuluu esisäiliö, kaksi erilaista reaktoria, kaasusäkki, sähkögeneraattori, kaasukattila ja lietesäiliö. Biokaasun raaka-aineena tilalla käytetään naudan lantaa ja tarvittaessa lisäsyötteenä tilalta tulevia peltobiomassoja. Peltobiomassoina viljellään ohraa ja nurmea. Navetasta lietelanta pumpataan ensin esisäiliöön, jossa tapahtuu lietteen sekoitus ja lämmitys. Esisäiliöstä lietettä syötetään reaktoreihin 5 m³ kahdesti päivässä. Toinen reaktoreista on pystyreaktori, joka on alun perin Itä-Suomen yliopiston tutkimuskäytössä ollut reaktori, joka on sittemmin tuotu Junttilan tilalle. Myöhemmin laitokseen on tehty myös vaakareaktori. Biomassa viipyy reaktoreissa noin 14 vrk ja prosessin mädätyslämpötila on 42 °C. Mädätysprosessin läpikäynyt raaka-aine johdetaan lietesäiliöön, jonka tilavuus on 2500 m³. Reaktoreissa tuotettu biokaasu johdetaan kaasusäkkiin, jonka tilavuus on 20 m³. Sieltä kaasu johdetaan putkistoa pitkin sähkögeneraattorille sekä kaasukattilalle, mikä ei tarvitse pumppausta, sillä kaasusäkin päällä olevat painot huolehtivat kaasun virtaamiseen tarvittavasta paineesta. Biokaasusta poistetaan rikkivetyä akvaarion ilmapumpulla sekä kosteutta kaasuputkien kallistusten kautta kondenssikaivoon. (Haverinen 2014, s. 10) Kuvassa 4 on esitetty Junttilan tila prosessikaavio.



Kuva 4. Junttilan tilan prosessikaavio (Haverinen 2014, s. 11)

Vuonna 2014 Junttilan tilalla tuotettiin biokaasua 50 000 m³, joka käytettiin energiantuotantoon kokonaan. Sähköä tällä määrällä tuotettiin 116 MWh ja lämpöä 166 MWh. Biokaasun metaanipitoisuus oli 67 %. (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 28) Tilan sähkön tarve on noin 100 MWh vuodessa. Tuotettu lämpö käytetään maatalan navetan, lämpimän käyttöveden ja prosessin käyttöveden lämmitykseen. (Haverinen 2014, s. 10)

Tilan biokaasulaitos on kustantanut arviolta 60 000 €. Rakentamisessa hyödynnettiin olemassa olevaa hallirakennusta, jonka yhteyteen laitos toteutettiin. Biokaasun tuotannon tavoitteena on ollut vähentää lietteen hajuhaittoja ja parantaa sen lannoitusarvoa. Kokeemuksena on havaittu, että hajuhaitat ovat vähentyneet merkittävästi ja mädätysprosessin läpikäynyt käsittelyjäännös on parempaa lannoitetta kasveille kuin mädättämätön liete. Tilalle tarvitsee hankkia väkilannoitteita vain enää nurmen viljelyyn. (Haverinen 2014, s. 11)

3.3 Juvan Bioson Oy

Juvan Bioson Oy luetaan tuoreimmassa Suomen biokaasulaitosrekisterissä yhteismädätyslaitokseksi (Huttunen ja Kuittinen 2015, s. 35). Osakeyhtiön internetsivujen mukaan se on kuitenkin Suomen suurin maatilakokoluokan biokaasulaitos, joka on jo perustettu jo 1997 alkujaan osuuskuntana keskittyen Etelä-Savon karjantuotantoon. Uusiutuvan energian käyttö kiinnosti jo perustamisvaiheessa, mutta tuolloin ei ollut varmuutta biokaasulaitoksen rahoituksesta ja investointiavustuksesta. Epävarmuutta aiheutti myös puute raaka-aineista ja ympärivuotisen energian loppukäytöstä. Myöhemmin loppukäyttäjien energiantarpeen kasvusta ja raaka-aineiden saatavuuden varmistumisesta johtuen, päätettiin biokaasulaitos perustaa ja osuuskunta muuttaa osakeyhtiöksi. Biokaasuprosessi laitoksella saatiin käyntiin vuonna 2011. (Juvan Bioson 2015)

Laitoksen osakkaat kustantavat raaka-aineen kuljetuksen tiloiltaan sekä mädätysprosessin läpikäyneen käsittelyjäännöksen kuljetuksen takaisin tiloilleen (Juvan Bioson 2015). Osakeyhtiöön kuuluu 22 osakasta (Mäkinen et al. 2018). Raaka-aineen ja käsittelyjäännöksen varsinaisen kuljetuksen hoitaa ulkopuolinen yrittäjä. Laitosreaktori käyttää raaka-

aineenaan lietelantaa ja kanan kuivalantaa. (Juvan Bioson 2015) Reaktorin tilavuus on 1700 m³ (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 35). Lisäksi lisäsyötteenä käytetään vihannesjätettä kolmesti viikossa ja rasvanerotuskaivojen lietettä muutamia kertoja kuukaudessa. Näiden lisäksi laitoksella on kokeiltu leipomojätteen käsittelyä, mistä kokemukset ovat olleet positiivisia. Vuonna 2015 laitokselle valmistui myös hygienisointiyksikkö, joka mahdollistaa ulkopuolisten syötteiden aiempaa riskittömämmän vastaanottamisen. Suurin osa laitoksen raaka-aineista tulee lähialueilta, mutta sillä olisi kapasiteettia ottaa vastaan porttimaksullista raaka-ainetta, vihannesjätteen ja rasvanerotuskaivojen lietteen lisäksi, enemmänkin. (Juvan Bioson 2015) Laitoksella pystytään käsittelemään jätettä vajaa 20 000 tonnia vuodessa (Mäkinen et al. 2018).

Biokaasulaitos myy sähköä noin 1400 MWh ja lämpöä noin 2000 MWh vuodessa naapurissa sijaitsevalle puutarhalle. Puutarha käyttää sähköä kasvihuoneiden valaisuun. Laitoksen tuotannosta yli jäänyt sähkö myydään Suur-Savon Sähkölle. (Juvan Bioson 2015)

3.4 Bioboksi, Kuitian tila

Vaikka biokaasun tuotanto märkämädätysprosessilla on Suomessa yleisempää, on kehitetty kuivämädätystekniikka, jolla biokaasua voidaan tuottaa. Kyseessä on BioGTS Oy:n Bioboksi biokaasulaitoskonsepti, joka suunnitellaan suoraan kohteen tarpeisiin. BioGTS:n internetsivuilla kerrotaan, että Bioboksi on tehdasvalmisteinen, standardoitu pienen kokoluokan biokaasulaitos, jonka liiketoimintamalli perustuu biokaasun valmistamiseen ja jalostamiseen liikennepolttoaineeksi. Bioboksi on konttirakenteinen, miehitämätön, etäohjattu ja sen toimintaa valvotaan etävalvomoista. Laitos toimii automaattilla ja sen konttirakenteen ansiosta se on helposti siirrettävissä eikä sille tarvitse vaativia perustustöitä. Näin laitos on myös kustannustehokas ja helposti skaalattavissa erilaisiin kohteisiin. (BioGTS 2018a) Myös Suomen biokaasuyhdistyksen jäsenlehdessä (1/2016) on esitelty Bioboksi-konseptia. Bioboksi-laitoksien hinnat lähtevät 498 000 eurosta ylöspäin. Bioboksi-laitosten biokaasun tuotanto perustuu kuivämädätysprosessiin reaktorissa, johon raaka-aine syötetään panoksina, mutta reaktorissa on useampi panos yhtä aikaa. Tällä tavoin raaka-aineet, kuten biojäte ja maatalouden jätteet, voidaan mädättää ilman

lisättyä vettä. Näin saadaan korkeampi jätteiden käsittely- ja energiantuotantokapasiteetti reaktoritilavuutta kohti kuin perinteisissä märkämädätysreaktoreissa. (BioGTS Ltd 2016) Taloudellisesti Bioboksi on kannattava vähintään 600 tonnin vuosittaisella kuivasyötemäärällä. Sen ollessa uusi innovaatio biokaasulaitosmarkkinoilla, on sen hankintaan mahdollista saada jopa 40 % investointitukea Bioboksi-laitoksen hinnasta. Bioboksin voi hankkia myös leasing- tai osamaksurahoituksella. (BioGTS 2018a)

BioGTS:n internetsivuilla kerrotaan, että ensimmäisenä maailmassa Bioboksi toteutettiin Kuitian tilalla Paraisissa, jossa tavoitteena on luoda päästötön ja omavarainen maatila niin energiantuotannoltaan kuin ravinnekierrätykseltään (BioGTS 2018b). Laitos koostuu itse biokaasulaitoksesta, biokaasun jalostusyksiköstä sekä laitoksen täyttöyksiköstä. Jalostusyksikössä biokaasu jalostetaan suoraan liikennepolttoaineeksi ja mädätysjäännös orgaaniseksi lannoitteeksi. Kuitian tilan Bioboksi on suunniteltu mädättämään maatalouden jätteitä 850 000 kg vuodessa. (Bio GTS Ltd 2016) Raaka-aineena tilalla käytetään kuivalantaa, säilörehua, kalanperkuujätteitä ja järviruokoa (BioGTS 2018b). Kuvassa 5 on havainnekuva Bioboksi-tuotantolaitoksesta.



Kuva 5. Havainnekuva konttirakenteisesta Bioboksi-kaasulaitoksesta. (BioGTS 2018c).

Kuitian tilan Bioboksi tuottaa sähköä, lämpöä ja liikennepolttoainetta. Laitokselta saadaan lopputuotteina 53,3 t biometaanina vuodessa (Kull 2017). Osa tuotetusta biokaasusta

lämmittää itse reaktoria, mutta pääasiassa biokaasu jalostetaan biometaaniksi (metaanipitoisuus 95-98 %), jota käytetään liikennepolttoaineena (riittää yli 60 henkilöauton vuoden kulutukseen) (BioGTS Ltd 2016). Tuotetusta energiasta käytetään vuodessa noin 20 MWh lämpöenergiaa reaktorin lämmittämiseen ja syötteiden hygienisointiin, mikä vastaa noin 5-6 % tuotetun biokaasun energiamäärästä. Sähköä biokaasulaitoksen omiin tarpeisiin kuluu 32 MWh vuosittain. Tämä vastaa noin 8-9 % laitoksen tuottaman biokaasun energiamäärästä. (Kull 2017)

3.5 Esimerkkejä ulkomailta

Suomen ulkopuolella biokaasun tuotanto on paljon yleisempää ja biokaasua hyödynnetään paljon suuremmassa mittakaavassa. Esimerkiksi Saksassa biokaasulla energiaa tuotetaan noin 59 TWh vuodessa (Motiva 2013, s. 8). Määrä on valtava verrattuna Suomen 613,3 GWh/a tuotantoon (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 19). Myös eteläisemmissä maissa, kuten Afrikan ja Aasian eri valtioissa, biokaasua tuotetaan pienissä tuotantolaitoksissa huomattavasti Suomea enemmän. Seuraavissa luvuissa on esitelty muutama esimerkki näistä hyvin pienen mittakaavan tuotantomuodoista, joita hyödynnetään jopa kotitalouksien mittakaavassa.

3.5.1 Siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö

Intiassa sijaitsevan Keralan alueen paikallishallinnon alaisuudessa toimivan Suchitwa Mission, jonka tavoitteena on jätteen ja saasteeton ympäristö, yleinen hyvinvointi ja puhtaus yhdessä paremman elämänlaadun kanssa (Suchitwa Mission 2018), on laatinut oppaan erilaisten jätteiden ja niiden käsittelymahdollisuuksista. Yksi orgaanisen ja biohajoavan jätteen käsittelymahdollisuuksista on siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö, jolla tuotettua biokaasua voidaan käyttää esimerkiksi liedellä ruoanlaittoon. (Suchitwa Mission, s. 34-35).

Siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö on oppaan mukaan toteutettavissa kolmessa eri koossa. Säiliön tilavuus voi olla 0,5 m³, 0,75 m³ tai 1 m³, joiden kapasiteetti ottaa raaka-

ainetta vastaan on joko 2,5 kg, 5 kg tai 7,5 kg päivässä. Säiliö voi olla valmistettu FRP- tai PVC-muovista ja se voidaan toteuttaa vesivaipalla, joka on mädätyssäiliön ja kaasusäiliön välissä, tai ilman sitä. (Suchtiwa Mission, s. 34) FRP-muovi (fibre-reinforced plastic) kuitulujuitettua muovia, joka on muovin ja siihen sekoitettujen kuitujen muodostama komposiittimateriaali (Saarela et al. 2003, s. 17 & 477). PVC-muovi taas on yleisesti käytettyä polyvinyylidikloridista valmistettua muovia (Saarela et al. 2003, s. 53). Sen lisäksi säiliössä on raaka-aineen syöttöputki, jonka halkaisija on 11 cm. Putki johtaa raaka-ainesäiliöön, jossa on kansi. Säiliöstä johtaa ulos halkaisijaltaan 6,3 cm putki, joka menee tilavuudeltaan 10 litraa olevaan säiliöön, jonne varastoidaan mädätysprosessin läpikäynyt liete. Kaasusäiliöstä tuotettu biokaasu johdetaan ulos 2,5 cm paksua ja maksimissaan 10 m pitkää kumiletkeä pitkin. Lisäksi biokaasuntuotantosäiliöön tulee olla liitetty liesi yhdellä polttimella ja venttiili kaasun määrän säätämistä varten, jotta tuotettua biokaasua voidaan käyttää. (Suchtiwa Mission, s. 34) Kuvassa 6 on esitetty vastaava siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö.



Kuva 6. Siirrettävä biokaasuntuotantosäiliö. (Spearhead Technology Services 2018)
Näin pienen mittakaavan biokaasutuotantolaitteistossa tulee raaka-aineen kannalta ottaa huomioon useampia asioita kuin suuremmissa tuotantolaitoksissa. Suchtiwa Mission:n

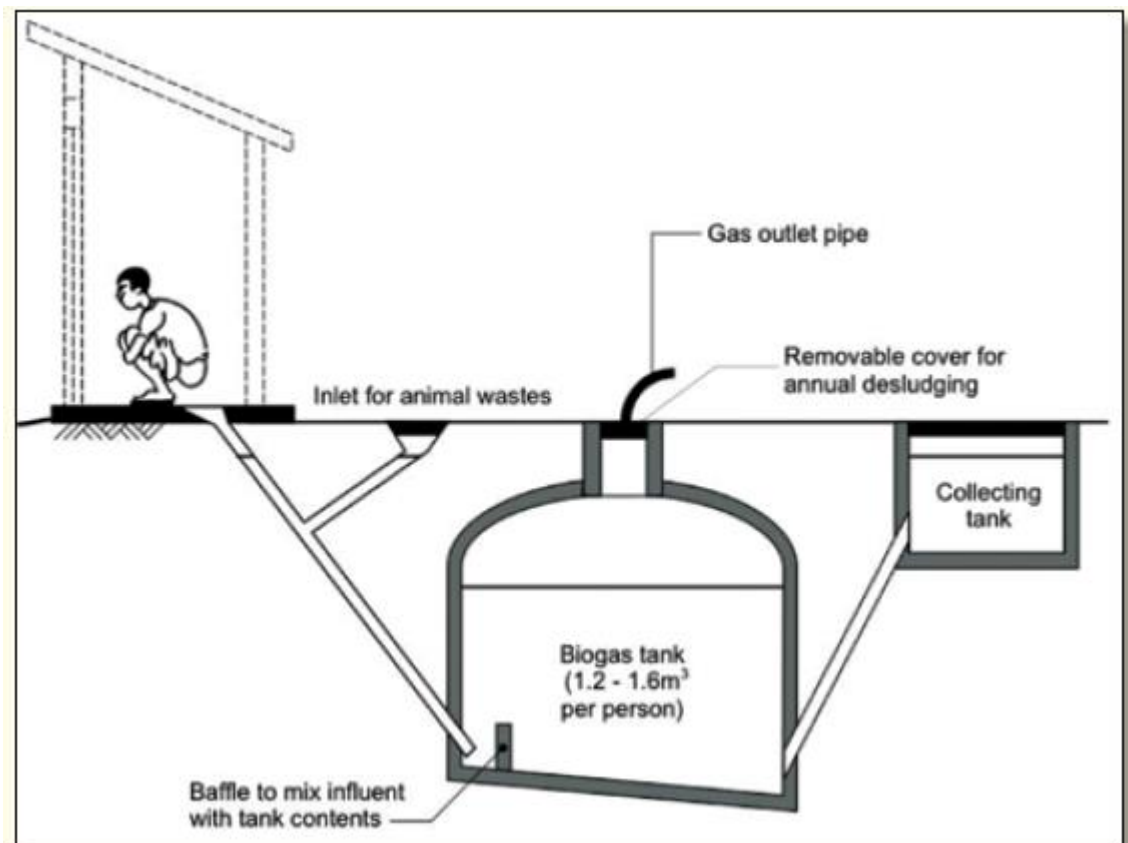
oppaan mukaan tällaisen siirrettävän biokaasuntuotantosäiliön raaka-aineeksi sopii hyvin karjan ja kanan lanta sekä muu biohajoava jäte. Kuitenkaan esimerkiksi munankuoret, kookospähkinän kuoret, appelsiini, lime, maustekurkut eivät ole sopivia raaka-aineita tälle biokaasuntuotantomuodolle. Raaka-aineet tulee pilkkoa 3-5 cm kokoisiksi palasiksi, jotta mädätysprosessi alkaa nopeammin ja jotta biokaasun tuotanto on nopeampaa. Jotta biokaasuntuotantosäiliö saadaan toimintaan nopeammin, olisi hyvä, jos alussa raaka-aine sisältäisi toisessa tuotantosäiliössä jo mädätysprosessin läpikäynyttä lietettä tai tuoretta karjan lantaa. Riippuen raaka-aineesta voi mennä muutamista päivistä muutamaan viikkoon, jotta saavutetaan tasainen mädätysprosessi. Käytettäessä raaka-aineena esimerkiksi rehuja ja muita kasveja, raaka-aineeseen tulee sekoittaa vettä, jotta kiinteät ja nestemäiset materiaalit eivät erotu toisistaan mädätysprosessissa. Karjan lannan määrä tulee olla n. 2-3 % raaka-aineen määrästä kaasun tuotannon alkuvaiheessa. Raaka-aineen tulee olla myös tasaista massaa, jotta vältetään syöttö- ja ulostuloputkien tukkeutuminen. Intian olosuhteissa tulee varautua myös siihen, että vesivaipallisissa tuotantoyksiköissä hyttysset saattavat munia vesivaippaan. Tämän voi estää lisäämällä esimerkiksi hieman polttoainetta tai öljyä veteen. (Suchtiwa Mission, s. 35)

Siirrettävän biokaasuntuotantosäiliön hankintakustannus riippuu sen materiaalista, koosta ja teknisistä ominaisuuksista. Esimerkiksi tilavuudeltaan 0,5 m³:n säiliö FRP-muovista ilman vesivaippaa kustantaa 8500 Intian rupiaa (noin 110 € (Valuuttalaskuri 2018)), kun taas PVC-muovista valmistettuna hinta on 8000 rupiaa (noin 100 €). Kaiken kaikkiaan eri säiliöiden hankintakustannukset vaihtelevat 8000 - 135 000 rupian (n. 100 – 1700 €) väliltä ja hankintaan on haettavissa 4000 – 5000 rupian (n. 50 – 65 €) avustus. (Suchtiwa Mission, s. 34) Huoltokustannuksen arvioidaan vuodessa olevan n. 200 Intian rupiaa (alle 3 €) (Suchtiwa Mission, s. 35).

3.5.2 WC:hen yhdistetty biokaasuntuotantolaitos

Intialaisen Suchtiwa Mission:in oppaassa on myös esitelty WC:hen yhdistetty biokaasuntuotantolaitos. Ihmisen uloste on myös vaihtoehtoinen raaka-aine biokaasun tuotannolle ja varsinkin maassa, jossa jätevesien käsittely on vielä ongelmallista, ulosteen käyttäminen biokaasun tuotannossa voi ratkaista ongelman. Kuitenkin ihmisen ulosteen fyysiset,

kemialliset ja mikrobien ominaisuudet poikkeavat niin paljon eläinten lannan ominaisuuksista, että biokaasulaitosta, joka on suunniteltu toiminaan eläinten lannalla ja muulla orgaanisella jätteellä, ei voi suoraan käyttää ihmisen ulosteen mädättämiseen biokaasuksi. Laitos koostuu lähinnä muutamasta putkesta ja kaasusäiliöstä. Uloste, jota käytetään kaasu- ja lämmön tuotannon raaka-aineena, johdetaan WC:stä putkea pitkin maanalaiseen mädätys- ja kaasusäiliöön. Putkeen voidaan yhdistää myös tuloaukko eläinten lantaa varten. Kaasu kerääntyy mädätys- ja kaasusäiliön yläosaan, josta se johdetaan putken pitkin käyttökohteeseensa. Säiliön yläosassa on myös irrotettava kansi, jotta säiliö voidaan puhdistaa säännöllisesti. Mädätysprosessin läpikäynyt liete johdetaan putkea pitkin erilliseen tankkiin. (Suchtiwa Mission, s. 37-38) Tällainen biokaasulaitos on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. WC:hen yhdistetty biokaasun tuotantolaitos. (Suchtiwa Mission, s. 38)

Tällaisen biokaasuntuotantolaitoksen toiminnassa tulee ottaa huomioon myös muutama muu asia eri tavoin kuin eläinten lannan käsittelyyn tarkoitetussa laitoksessa. Oppaassa esitetään, että ihmisen ulostetta ei tule käsitellä missään vaiheessa suoraan, vaan se tulee

johtaa putkea pitkin mädätyssäiliöön. Mädättämätöntä ulostetta ei tulisi myöskään päästä ympäristöön eikä eläinten ja hyönteisten tulisi päästä käsiksi siihen. Myös hajujen tulisi päästä poistumaan vapaasti WC:stä ja tuotantolaitoksesta. WC, joka on yhdistetty biokaasulaitokseen, tulisi olla käytössä säännöllisesti ja pidettävä puhtaana. Puhtaanapidossa ei tule kuitenkaan käyttää antiseptisiä tai desinfioivia puhdistusaineita, sillä ne haittaavat biokaasua tuottavien bakteerien toimintaa, jolloin biokaasun tuotanto vähenee tai voi loppua kokonaan. Antiseptisten ja desinfioivien aineiden sijaan puhtaanapitoon voidaan silloin tällöin käyttää orgaanista saippuaa tai pesuainetta. Jotta mädätyssäiliöön muodostuvilta tukkeilta vältyttäisiin, tulee muiden materiaalien kuin ihmisen ulosteen pääsy säiliöön estää. Mädätyssäiliö tulee myös puhdistaa kokonaan tyhjäksi kerran 5–10 vuodessa siihen sopivalla pumppujärjestelmällä. Jotta ihmisen ulosteessa olevat taudinaiheuttajat saadaan mädätysprosessissa tuhottua ja liete voidaan jatkokäsitellä, tulee ulosteen viipyä mädätyssäiliössä 45 vuorokautta. Laitoksen jätevedet ja mädätysprosessin läpikäynyt liete tulisi jatkokäsitellä kompostoimalla. (Suchtiwa Mission, s. 38-39)

WC:hen yhdistetyn biokaasuntuotantolaitoksen mädätyssäiliön koko riippuu siitä, kuinka moni ihminen kyseistä WC:tä käyttää. Oppaan mukaan sopiva koko säiliölle on 1,2–1,6 m³ yhtä henkilöä kohden. Ihminen tuottaa ulostetta noin 200–300 g päivässä, joten yhden henkilön käyttämänä WC:hen yhdistetystä laitoksesta saadaan biokaasua noin 30–40 litraa vuorokaudessa. Ihanteellinen lämpötila tehokkaalle mädätysprosessille ja optimaaliselle taloudelliselle kannattavuudelle laitoksessa on 25–30 °C. Jotta biokaasun tuottaminen olisi tehokasta, kiinteä raaka-aineen määrän tulisi olla 5 % säiliön tilavuudesta. (Suchtiwa Mission, s. 38)

4 HAASTEET JA SOVELTAMINEN

Pienen kokoluokan biokaasuntuotantoon liittyä monia haasteita niin Suomessa kuin muuallakin maailmalla. Esimerkiksi Suomen suhteellisen viileät ilmasto-olosuhteet tuottavat biokaasun tuotannossa omat haasteensa, joten täällä kaikkein yksinkertaisimmat biokaasun tuotantolaitokset eivät ole mahdollisia kuten eteläisemmissä sijainneissa, vaan laitokset tarvitsevat paremman eristyksen. Muita haasteita ovat muun muassa tuotantoprosessin omat haasteet, biokaasulla tuotettavan energian loppukäyttö sekä taloudellinen kannattavuus. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra on myös tehnyt selvityksen biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuuksista. Selvityksessä myös esitetään muutama seikka, joiden avulla voidaan turvata pienimuotoisen biokaasun tuotannon jatkuvuutta ja sen positiivista kuvaa siitä. Ensinnäkin maatalouden yrittäjien on saatava positiivisia esimerkkejä biokaasun tuotannon onnistuneista ratkaisuista. Lisäksi maataloille suunnattuja taloudellisia tukimekanismeja on tehtävä selkeämmiksi. Tällä hetkellä tukia haetaan liian monelta eri taholta. Myös ravinteiden kierrätystä koskevaa lainsäädäntöä tulisi yksinkertaistaa ja selkiyttää, jotta esimerkiksi kierrätyslannoitteiden käyttö helpottuisi. (Mutikainen et al. 2016, s. 65)

4.1 Prosessin omat haasteet

Yksi biokaasun tuotantoprosessin omista haasteista on sopiva lämpötila. Motivan oppaan mukaan biokaasun tuotannossa syntyy hyvin vähän lämpöä. Yleisesti ottaen mitä korkeampi prosessin lämpötila on, sitä nopeammin biologiset ja kemialliset reaktiot tapahtuvat. On arvioitu, että noin 3–5 % tuotannon raaka-aineiden energiasisällöstä muuttuu mädätysprosessissa toimivien bakteerien elintoimintojen kautta lämmöksi. Tämä tarkoittaa, että Suomen olosuhteissa mädätys säiliöiden tulee olla lämmitettyjä, jotta raaka-aineen nopeaa hajoamista ja kaasun tuotantoa voidaan ylläpitää tarvittavassa 35-55 °C lämpötilassa. Lämmitystarpeen takia biokaasulaitokset tarvitsevat jonkinlaisen lämmitysjärjestelmän, joka kasvattaa biokaasun tuotantokustannuksia. Biokaasua muodostavien bakteerien kannalta on myös tärkeää, ettei reaktorin lämpötilassa tapahdu suuria muutoksia. (Motiva 2013, s. 5)

Myös biokaasun tuotannossa käytettävässä raaka-aineessa olevan hiilen ja typen suhde tulee olla oikea. Liian suuri hiilen määrä, esimerkiksi mädätettäessä vain peltobiomas-soja, saattaa aiheuttaa sen, että osa raaka-aineen biokaasutuotantopotentiaalista saattaa jäädä käyttämättä. Jos taas raaka-aineessa on liikaa typpeä, saattaa mädätysprosessi muodostua ammoniakkaa, joka estää biokaasun syntymisen. Tällaista raaka-ainetta saattaa olla esimerkiksi sikaloiden lanta. Sopiva suhde hiillelle ja typelle on noin 20:1. (Motiva 2013, s. 6-7)

Myös prosessin raaka-aineen tulee olla oikeanlaista. Motivan oppaassa esitetään, että bio-kaasureaktoriin syötettävät materiaalit voivat sisältää prosessille haitallisia aineita, kuten antibiootteja, desinfiointiaineita, kasvimyrkkyjä, suoloja ja raskasmetalleja. Nämä voivat suurina määrinä vaikuttaa prosessiin negatiivisesti. Esimerkiksi navetan laajemmat anti-bioottikuurit voidaan havaita biokaasun tuotannossa, jos antibioottia sisältävät raaka-ai-neet pääsevät suoraan reaktoriin. Tuotannon väheneminen voidaan kuitenkin välttää sillä, että antibioottia sisältävää lantaa ei syötetä reaktoriin heti, sillä antibiootti hajoaa lannan joukossa viimeistään muutamien viikkojen aikana. (Motiva 2013, s. 7) Antibioottien vai-kutus on huomattu käytännössä esimerkiksi Huutolan tilalla (Haverinen 2014, s. 9).

Biokaasun tuotannossa reaktorin pohjalle saattaa muodostua saostumia. Ajan mittaan sa-ostumat pienentävät reaktorin aktiivista tilavuutta, minkä takia reaktorissa olevan massa sekoittaminen on tärkeää. Biojätteen ja kananlannan mädätyksessä saostumia muodostuu suuria määriä, kun taas lehmänlannan ja energiakasvien mädättäminen aiheuttaa saostu-mia hyvin vähän. Saostumien poistamiseksi on olemassa useista eri ratkaisuja, kuten re-aktorisäiliön pohjaan rakentaminen kartiomaiseksi tai säiliöön asennetut mekaaniset raa-pat tai kuljetusruuvit. Tällaiset ratkaisut tekevät biokaasulaitoksesta kuitenkin kalliim-man, joten tämän tyyppisiä järjestelmiä on vain suurimmissa laitoksissa. (Motiva 2013, s. 13)

4.2 Biokaasun loppukäyttö

Huomattavaa osaa biokaasupotentiaalista ei hyödynnetä oikein. Biokaasulaitosrekisterin mukaan tällä hetkellä soih tupolttoon menevän biokaasun käyttämisen toteuttaminen liikennepolttoaineena olisi usealla biokaasulaitoksella mahdollista teknisesti ja taloudellisesti kannattavalla tavalla (Huttunen & Kuittinen 2015, s. 12). Tämä tarkoittaa biokaasun jalostamista yli 97 % metaanipitoisuuteen ja epäpuhtauksien poistamista. Sitran selvityksen mukaan liikennepolttoaineeksi jalostetusta biokaasusta saa jopa korkeamman tuoton kuin energiantuotannossa. (Mutikainen et al. 2016, s. 14) Tämän tiedostaminen voisi monella biokaasulaitoksella auttaa käyttämättömän potentiaalin hyödyntämisessä siitä huolimatta, että alkuinvestointi biokaasun jalostustekniikkaan liikennepolttoaineeksi on melko kallis.

Tuotannon mitoittaminen oikein asettaa myös omat haasteensa pienimuotoisessa biokaasun tuotannossa. Motivan oppaassa mainitaan, että suurin osa biokaasun energiasisällöstä muutetaan sähkön- ja lämmöntuotannossa lämmöksi. Laitoksen sijoituspaikkaa valittaessa kannattaa pyrkiä siihen, että tuotettu lämpö voidaan hyödyntää hyvin ja tasaisesti. Jos lämmölle ei löydy käyttöä oman biokaasulaitoksen yhteydestä, kannattaa harkita esimerkiksi biokaasun johtamista putkistolla pois muualle, jossa lämpö voidaan hyödyntää. (Motiva 2013, s. 19) Biokaasusta voidaan toki tuottaa myös pelkkää sähköenergiaa esimerkiksi kaasumoottorilla. Tällöin hyötysuhde jää kuitenkin pienemmäksi kuin yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa. (Mutikainen et al. 2016, s. 13)

Biokaasun syöttäminen maakaasuverkkoon on yksi vaihtoehto kaasun käyttämiselle, mikäli kaasun hyödyntäminen paikallisesti on ongelma. Tämä on hyvä vaihtoehto maakaasuputkiston läheisyydessä sijaitseville laitoksille, sillä pitkän putkiston rakentaminen ja liittäminen maakaasuverkkoon on kallista. Jotta biokaasua voidaan johtaa maakaasuverkkoon, tulee sen määräysten mukaan lämpöarvoltaan ja hajultaan vastata maakaasua. Suomessa käytetty venäläinen maakaasu on miltei kokonaan metaania, joten biokaasu tulee jalostaa vastaamaan lähes sitä metaanipitoisuudeltaan. Biokaasusta tulee poistaa myös rikkivety, hiilidioksidi ja kosteus. (Motiva 2013, s. 20)

Biokaasulaitoksen lämmön- ja sähköntuotannon pakokaasuja voidaan myös hyödyntää. Esimerkiksi Keski-Euroopassa on laitosten kaasumoottoreiden pakokaasuja käytetty kasvihuoneiden hiilidioksidilannoituksessa. Tämä onnistuu, kun pakokaasuista puhdistetaan typpioksidit. (Motiva 2013, s. 19)

4.3 Taloudellinen kannattavuus

Pienimutoisen tuotantolaitoksen kannattavuuden näkökulmasta on melko tärkeää, että kaasusta saatava energia voidaan hyödyntää mahdollisimman hyvin itse. Envitecpoliksen julkaisun mukaan, mikäli biokaasulaitoksen tuottama kaikki sähkö voidaan hyödyntää kokonaan itse ja ylimääräinen lämpö hyödyntää öljyn hinnalla, on maatilan biokaasulaitoksen kannattavuudelle hyvät edellytykset (Karjalainen 2017, s. 13). Jos kaikkea tuotettua energiaa ei voida hyödyntää kokonaan itse, kannattavuus heikkenee. Esimerkiksi Fortumille sähköä myytäessä myyjälle maksetaan Nord Pool Spot AS:n Suomen alueen toteutunut Spot-tuntihinta, josta vähennetään 0,24 snt/kWh (ALV 0 %) hintatekijä, mutta laskutuksessa huomioidaan sillä hetkellä voimassa olevat verot ja viranomaismaksut, kuten arvonlisävero ja sähkövero (Fortum 2018). Heinäkuussa 2018 Spot-tuntihinta oli 6,70 snt/kWh (Nordic Green Energy 2018). Jos taas esim. hajuhaittojen vähentämisellä pystytään säästämään väkilannoitteiden hankinnassa, biokaasulaitoksen kannattavuus paranee (Karjalainen 2017, s. 13). Maatilalaitosten kannattavuus paranisi myös, mikäli ne voisivat vastaanottaa porttimaksullista jätettä muun muassa kapan alalta ja teollisuudesta ja näin saada jätteenkäsittelystä lisätuloja. Tähän onkin varauduttu esimerkiksi Juvan Biosonin biokaasulaitoksella (Juvan Bioson 2015).

Saksassa, jossa biokaasua valmistetaan paljon maissista ja ruohokasveista, saavat pientuottajat hyvän hinnan sähköverkkoon tuottamastaan uusiutuvasti tuotetusta sähköstä (Motiva 2013, s. 8). Biokaasulla tuotetusta ja verkkoon syötetystä sähköstä saa 8-12 snt/kWh ja biometaanilla tuotetusta sähköstä 6-13 snt/kWh. Summa riippuu laitoksen koosta ja siitä kuinka suuri osa tuotannosta on CHP-tuotantoa. Lisäksi maassa on käytössä erillinen tuki raaka-aineen käsittelylle, joka on 6-25 snt/kWh riippuen raaka-aineesta sekä käsittelyteknologiasta. Pienet laitokset (alle 5 MW) saavat myös lisätukea maksimissaan

3 snt/kWh. Tämän seurauksena Saksassa pienen kokoluokan tuotantolaitokset voivat saada jopa yli 30 snt/kWh syöttötariffitukea. Keskimäärin Saksassa biokaasulla tuotetun sähkön tuottaja saa sähköenergiasta keskimäärin kuitenkin 15 snt/kWh. (Sitra 2016, s. 37-38) Hinta on myös taattu 20 vuodeksi eteenpäin, joten biokaasulaitokset ovat kannattavia. Muun muassa näistä syiden takia, biokaasun tuotantokapasiteetti Saksassa on noin 59 TWh vuodessa. Kapasiteettia voidaan verrata Suomessa rakenteilla olevaan maailman suurimpaan ydinvoimalaitosyksikköön, jonka vuosittaiseksi tuotantokapasiteetiksi on arvioitu 14 TWh. Vuoden 2011 lopussa Saksassa oli melkein 19 500 biokaasulaitosta. (Motiva 2013, s. 8)

Suomessa vuodesta 2011 eteenpäin biokaasulla tuotetun sähkön tuottaja on voinut hakea tariffijärjestelmään, jossa takuuhinta eli syöttötariffina tuotetusta sähköstä maksetaan 13,35 snt/kWh. Järjestelmään pääsy edellyttää kuitenkin, että biokaasulaitoksen rakentamiseen ei ole käytetty investointitukia ja sen rakentamisessa ei ole hyödynnetty käytettyjä osia. Lisäksi laitoksen sähkötehon tulee olla vähintään 100 kW, joka on niin suuri teho, että hyvin harva maatila pystyy saavuttamaan sen käyttäen tilan omaa lantaa ja ylijäämärehua. Vuoden sisään tariffijärjestelmän perustamisesta, ei yksikään maatilakokoluokan biokaasuntuottaja ollut hakenut järjestelmään mukaan. (Motiva 2013, s. 8-9) Sitran tekemän selvityksen mukaan biokaasuhankkeille, jotka eivät täytä tariffijärjestelmään hyväksymisen kriteereitä, voidaan kuitenkin investointivaiheessa myöntää 20–30 % suuruinen tuki investointisummasta. Myös tariffijärjestelmän ulkopuolelle jääville biokaasusähkön tuottajille myönnetään 4,2 €/MWh tuotantotukea. Kuitenkin EU-tasoisten linjausten seurauksena ongelmaksi muodostuu, että investointitukea ei saa, mikäli maatilalta myydään energiaa merkittävästi sen ulkopuolelle. (Mutikainen et al 2016, s. 24-25)

Biokaasun tuotantoa ja sen kannattavuutta pyritään parantamaan myös biokaasusertifikaattijärjestelmillä. Järjestelmiä hyödynnetään uusiutuvan energian lisäämiseen poliittisesti päätetyllä kiintiömekanismilla ja niiden tavoitteena on lisätä markkinalähtöisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä siellä, missä se on kustannustehokkainta. (Mutikainen et al. 2016, s. 26) Sitran selvityksessä kerrotaan, että Suomessa Gasum on kehittänyt eräänlaisen järjestelmän, jossa sertifikaatteja myönnetään Suomessa tuotetulle ja kaasuu-

verkkoon syötetylle biokaasulle. Sertifikaatteja myydään ja ostetaan riippumatta fyysisistä kaasun toimituksista. Kaasuverkkostoon liittynyt käyttäjä voi mitätöidä hankkimiaan sertifikaatteja, millä osoitetaan, että käytetty kaasu on verkkostoon syötettyä biokaasua. Suomessa ei kuitenkaan vielä ole aktiivista hinnoiteltua markkinaa biokaasusertifikaateille, joten sertifikaatteja myydään ja ostetaan kahdenvälisin sopimuksin määräytyvin hinnoin. Sen sijaan Ruotsissa vastaavat vihreät sertifikaatit ovat yksi tärkeä energiatuotannon ja -kulutuksen ohjauskeino. Siellä sertifikaatteja myönnetään vihreän sähkön tuotantolaitoksille, jotka saavat lisätuloja myymällä sertifikaatteja muille sähköntuottajille tai -käyttäjille. Sertifikaateilla ostajat todistavat, että tietty osuus niiden sähköstä on ympäristöystävällistä. Muutoin niiden on maksettava kiintiövelvoitemaksu. Vuonna 2016 yksi sertifikaatti vastasi 1 MWh:n sähköntuotantoa ja sen hinta oli noin 14 euroa. (Mutikainen et al. 2016, s. 26)

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa on jo olemassa hyviä ratkaisuja pienimuotoiseen biokaasun tuotantoon. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen perustamiseen on myös hyvin saatavilla tietoa ja oppaita esimerkiksi Suomen ympäristökeskukselta ja Motivalta. Maatilojen omat ja yhteiskäyttölaitokset ovat toimivia, ja niillä pystytään kattamaan vähintään oman tilan sähkön ja lämmön tarve. Joillakin biokaasulaitoksilla on myös jo hyödynnetty mahdollisuus jatkojalostaa biokaasua liikennekäyttöön ja näin parannettu laitoksen kannattavuutta. Huutolan, Junttilan ja Juvan Bioson Oy:n tyyppisten laitosten, jossa biokaasua tuotetaan perinteisemmällä mädätysprosessilla, rinnalle on myös hiljalleen syntyneissä uusissa innovaatiota ja tekniikoita, kuten BioGTS:n patentoima Bioboksi-biokaasulaitos.

Biokaasun tuotanto maatilalla edistää maatilalan omavaraisuutta, sillä tila ei biokaasulaitoksen ansiosta ole niin riippuvainen ostetusta sähköstä ja kaukolämmöstä. Biokaasun tuotanto maatilalla helpottaa myös lietteen käsittelyä ja tuottaa säästöä lannoitekustannuksissa, sillä mädätysprosessin läpikäynyt liete on hajuttomampaa kuin mädättämätön ja sitä voidaan levittää tilan peltojen lannoitteeksi sellaisenaan laajemmalle alueelle ja lähemmäksi asutusta. Tilalla on myös mahdollisuus myydä biokaasua sellaisenaan muihin käyttökohteisiin tai esimerkiksi jatkojalostettuna biometaaniksi liikennekäyttöön.

Suomessa erityisiä haasteita pienimuotoisessa biokaasun tuotannossa aiheuttavat ilmasto-olosuhteet ja laitoksen perustamista koskeva lainsäädännön ja tukien monimutkaisuus sekä taloudellinen kannattavuus. Muita haasteita ovat tuotantoprosessin omat haasteet ja biokaasun loppukäyttö. Ilmasto-oloista johtuen esimerkiksi Intiassa käytännön toteutuksessa olevat ratkaisut siirrettävästä biokaasuntuotantosäiliöstä ja WC:hen yhdistetystä biokaasulaitoksesta eivät todennäköisesti toimisi. Biokaasun tuotantoprosessissa syntyy niin vähän lämpöä, että esimerkiksi siirrettävän tuotantosäiliön sisällä mädätysprosessiin tarvittavaa 35 – 55 °C:n lämpötilaa tuskin saavutettaisiin kuin ainoastaan lämpimimmillä kesähelteillä. Tällä hetkellä Suomessa toteutuneissa laitosratkaisuihin tila, jossa mädättäminen tapahtuu, on eristetty sopivaan lämpötilaan ja raaka-ainetta esilämmitetään yleensä aina.

Suuri vaikutus siihen, että maatilayrittäjät, jotka ovat harkinneet biokaasulaitoksen perustamista, ovat ehkä kokeneet projektin haastavaksi, johtuu tukien monimutkaisuudesta ja pienimuotoisen tuotannon taloudellisesta kannattavuudesta. Suomessa pienen kokoluokan laitos voi saada investointitukea, mutta se tarkoittaa, että laitos ei pääse mukaan sähkön myynnin syöttötariffijärjestelmään, mikäli se haluisi myydä biokaasulla tuotettua sähköä oman tilan ulkopuolelle. Laitoksen tulee olla myös riittävän iso, jotta se hyväksytään syöttötariffijärjestelmään. Järjestelmän raja on kuitenkin niin korkea, että käytännössä yksittäisen maatilan biokaasulaitos ei sitä pysty saavuttamaan. Tämä johtaa siihen, että maatilan biokaasulaitokselle kannattavinta on mitoittaa tuotanto oman tarpeen mukaan.

Mallia pienimuotoisen tuotannon taloudellisiin haasteisiin voisi ottaa esimerkiksi Saksasta tai Ruotsista, joissa biokaasun tuotantoa ja käyttöä energiamuotona tuetaan paljon enemmän. Esimerkiksi Saksassa biokaasulla tuotetun sähkön syöttämisestä sähköverkkoon tuottajat saavat huomattavasti paremman hinnan ja helpommin kuin Suomessa. Siellä pienen kokoluokan tuotantolaitokset voivat saada syötetystä sähköstä yli 30 snt/kWh. Ruotsissa taas on käytössä vihreiden sertifikaattien järjestelmä, jolla voi todistaa tuotetun tai käytetyn sähkön olevan ympäristöystävällistä. Suomessa ei ole vastaavaa kansallista järjestelmää, vaikka muualla maailmassa se on hyvin yleinen ympäristöystävällisiin energiaratkaisuihin kannustava ohjauskeino.

6 YHTEENVETO

Biokaasu on kaasua, jota muodostuu eloperäisistä aineista hapettomissa olosuhteissa. Biokaasua koostuu pääasiassa metaanista hiilidioksidista, joten sen käyttäminen energialähteenä on ympäristöystävällistä. Biokaasua voidaan tuottaa melkein mistä tahansa yhteiskunnan eloperäisistä jätteistä ja yksi merkittävä melko hyödyntämätön biokaasun tuotantopotentiaali ovat maatilat. Biokaasun tuotantoon on erilaisia tapoja, joita ovat muun muassa meso- tai termofiilinen prosessi, märkä- tai kuivaprosessi ja jatkuva- tai panostoiminen prosessi. Biokaasua tuotetaan jollakin näiden kolmen vaihtoehdon yhdistelmällä ja kussakin on omat puolensa. Tuotannon raaka-aineesta riippuu, kuinka paljon biokaasua raaka-aineesta saadaan. Tyypillisiä maatilan biokaasulaitoksen raaka-aineita on eläinten lanta ja ylimäärärehu. Niiden lisäksi paras biokaasutuotantopotentiaali on paljon rasvaa sisältävissä raaka-aineissa.

Yksinkertaisimmillaan biokaasun tuotantolaitos voi olla säiliö, johon mädätysprosessin raaka-aineet kuljetetaan ja mädätysprosessin lopputuloksena biokaasu nousee säiliön yläosaan. Maatilojen biokaasulaitoksilla on kuitenkin raaka-aineen esi- ja jälkikäsitteilytiloja sekä esimerkiksi mädätysprosessin jo kerran läpikäyneen lietteen jälkikäasuuntumisallas. Tuotettu biokaasu johdetaan monesti moottoriin, jolla tuotetaan yhteistuotannolla sekä sähköä että lämpöä. Suomessa yleisin tapa tuottaa biokaasua on mesofiilinen, jatkuvatoiminen märkäprosessi. Myös muita kannattavia ratkaisuja on kehitetty lähivuosina.

Maatilakokoluokan biokaasulaitos on todennäköisesti tällä hetkellä pienin mahdollinen kannattava biokaasun tuotantomuoto Suomessa. Pienemmät, esimerkiksi kotitalousmittakaavan, tuotantomuodot, joita on toteutettu esimerkiksi Intiassa, eivät ole ainakaan sellaisenaan toteutettavissa Suomessa. Tämä johtuu pitkälti Suomen kylmistä ilmasto-oloista ja biokaasuprosessin vähäisestä lämmöntuotannosta. Biokaasun tuotanto maatilalla kannattaa mitoittaa mahdollisimman tarkkaan oman tilan lämmöntarpeen mukaan, mikäli biokaasua ei halua toimittaa muualle tai jatkojalostaa esimerkiksi liikennekäyttöön. Ylimääräisen sähkön myyminen tilan ulkopuolella on kannattavampaa kuin lämmön myyminen, mutta pienet tuotantolaitokset eivät saa juuri tuottoa siitä. Taloudelliseen

kannattavuuteen voisi ottaa mallia esimerkiksi Saksasta tai Ruotsista, joissa biokaasun tuotanto on paljon yleisempi energiantuotantomuoto. Näissä maissa biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffijärjestelmä ja vihreän energian käyttöön ohjaavat sertifikaatit on toteutettu melko hyvin.

LÄHTEET

BioGTS, 2018a. Bioboksi – Biokaasulaitosten T-Ford. [Verkkosivu]. BioGTS Oy. [Viitattu: 20.6.2018]. Saatavissa: <https://biogts.com/fi/tuotteet/bioboksi/>

BioGTS, 2018b. Ilkka Herlinin maatilalle maailman ensimmäinen Bioboksi-biokaasulaitos. [Verkkosivu]. BioGTS Oy. [Viitattu: 20.6.2018]. Saatavissa: <https://biogts.com/fi/referenssit/ilkka-herlinille-maailman-ensimmainen-bioboksi-biokaasulaitos/>

BioGTS, 2018c. BioGTS Oy toimittaa Bioboksi-biokaasulaitoksen Ilkka Herlinin maatilalle. [Verkkoartikkeli]. (Päivitetty: 9.12.2015). BioGTS Oy. [Viitattu: 20.6.2018]. Saatavissa: <https://biogts.com/fi/uutiset/biogts-oy-toimittaa-bioboksi-biokaasulaitoksen-ilkka-herlinin-maatilalle/>

BioGTS Ltd, 2016. The first Bioboksi biogas plant will produce local vehicle fuel in Qvidja. [Verkkojulkaisu]. (Päivitetty: 1.6.2016). Issuu.com: Suomen Biokaasuyhdistys: Suomen biokaasuyhdistyksen jäsenlehti 1/2016. [Viitattu: 20.6.2018]. Saatavissa: https://issuu.com/suomenbiokaasuyhdistys/docs/biokaasulehti_netiversio

Fortum, 2018. Lähisähkösopimus. [Verkkosivu]. Fortum Oy. [Viitattu: 28.8.2018]. Saatavissa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/oman-tuotannon-myyntilahisahko/ehdot>

Greenhouse Gas Protocol, 2014. Global Warming Potential Values. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu: 29.5.2018]. Saatavissa: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf

Haverinen T., 2014. Maatilojen omatoimirakennetut biokaasulaitokset. [Verkkójulkaisu]. (Päivitetty: 18.12.2014). Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu Oy: Tekniikan ja luonnonvara-alan yksikkö. [Viitattu: 7.3.2018]. Saatavissa: http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/Biokaasu_selvityksen_raportti_Tiina_Haverinen.pdf

Huttunen M. & Kuittinen V., 2015. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 18. [Verkkójulkaisu]. Joensuu: University of Eastern Finland: Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences: No 21. ISSN 1798-5684. [Viitattu: 7.3.2018]. Saatavissa: http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1875-8/urn_isbn_978-952-61-1875-8.pdf

Huutolan tila, 2018. Biokaasulaitos. [Verkkosivu]. [Viitattu: 5.6.2018]. Saatavissa: <http://www.huutolantila.fi/biokaasulaitos/>

Juvan Bioson, 2015. Yritys. [Verkkosivu]. Juvan Bioson Oy. [Viitattu: 7.6.2018]. Saatavissa: <http://www.bioson.fi/yritys.html>

Kahiluoto H. & Kuisma M. (toim.), 2010. Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi – JaloJäte-tutkimushankkeen synteesiraportti. Jokioinen: MTT. 118 s.

Karjalainen H., 2017. Maatila biokaasun tuottajana – Digitalisaation vaikutuksia biokaasutoimialalla. [Verkkójulkaisu]. (Päivitetty: 15.11.2017). Envitecpolis Oy. [Viitattu: 5.3.2018]. Saatavissa: <https://www.univaasa.fi/fi/sites/digi-botnia/2-kiertotalous/karjalainen.pdf>

Kull T., 2017. Biokaasulaitoksen ympäristölupa, Qvidja Kraft Ab. [Verkkójulkaisu]. Miljönämnden. [Viitattu: 11.10.2018]. Saatavissa: http://www.parainen.fi/html/dynasty/sv_SE/kokous/20174259-21.PDF

Latvala M., 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa ympäristössä – Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). [Verkkajulkaisu]. (Päivitetty: 15.5.2009). Helsinki: Suomen ympäristökeskus: Suomen ympäristö 24/2009. ISSN 1796-1637. [Viitattu: 20.8.2018]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37998>

Motiva, 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. [Verkkajulkaisu]. (Päivitetty: 9.8.2017). Helsinki: Motiva Oy. [Viitattu: 6.3.2018]. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ajankoh-taista/julkaisut/maatalous/biokaasun_tuotanto_maatilalla.10755.shtml

Mutikainen M. et al., 2016. Biokaasusta kasvua – Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sitra: Sitran selvityksiä 111. ISSN 1769-7112. [Viitattu: 21.8.2018]. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/julkaisut/biokaasusta-kasvua/>

Mäkinen H., Himanen S. & Rimhanen K., 2018. Juvan Bioson Oy. [Verkkosivu]. Luonnonvarakeskus: Ilmastoviisaita ratkaisuja maaseudulle (VILMA) -hanke. [Viitattu: 7.6.2018]. Saatavissa: <https://www.ilmase.fi/site/alueelliset-esimerkit/juvan-bioson-oy-2/>

Nordic Green Energy, 2018. Suomen alueen hinta. [Verkkosivu]. Nordic Green Energy. [Viitattu: 28.8.2018]. Saatavissa: <https://www.nordicgreen.fi/asiakaspalvelu/energiatieto/spot-hinta/>

Saarela O. et al., 2003. Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry. 494 s. ISBN 951-9271-27-9.

Spearhead Technology Services, 2018. Portable Biogas Plant. [Verkkosivu]. [Viitattu: 20.8.2018]. Saatavissa: <https://www.exportersindia.com/spearhead-technology-services/portable-biogas-plant-3196585.htm>

Suchtiwa Mission, 2018. Vision & Mission. [Verkkosivu]. [Viitattu: 15.8.018]. Saatavissa: <http://sanitation.kerala.gov.in/vision-mission/>

Suchtiwa Mission. Technical Handbook. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu: 15.8.2018]. Saatavissa: <http://sanitation.kerala.gov.in/wp-content/uploads/2017/07/Technical-Hand-Book.pdf>

Suomen Kaasuyhdistys, 2018. Palaminen. [Verkkosivu]. [Viitattu: 29.5.2018]. Saatavissa: <http://www.kaasuyhdistys.fi/kirjat/maakaasukasikirja/palaminen>

SVT (Suomen virallinen tilasto), 2017. Uusiutuvilla tuotettiin 45 % sähköstä ja 57 % lämmöstä. [Verkkoartikkeli]. (Päivitetty: 2.11.2017). Helsinki: Tilastokeskus. ISSN 1798-5072. [Viitattu: 28.5.2018]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/salatuo/2016/salatuo_2016_2017-11-02_tie_001_fi.html

SYKE (Suomen ympäristökeskus), 2013. Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa – Opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Suomen ympäristökeskus: Kulutuksen ja tuotannon keskus. ISSN: 1796-1726. [Viitattu: 6.3.2018]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42289/SYKEra_33_2013.pdf?sequence

Valuuttalaskuri, 2018. Intian rupia (INR) -> Euro. [Verkkosivu]. (Päivitetty: 14.8.2018). [Viitattu: 15.8.2018]. Saatavissa: <https://www.valuuttalaskuri.org/intian-rupia-euro.html>