

Reetta Paavola & Henriikka Saarnio

**BIOKAASUTUOTANNON MAHDOLLISUUKSIEN KARTOITTAMINEN
LUMIJOEN ALUEELLA**

**BIOKAASUTUOTANNON MAHDOLLISUUKSIEN KARTOITTAMINEN
LUMIJOEN ALUEELLA**

Reetta Paavola & Henriikka Saarnio
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijät: Reetta Paavola & Henriikka Saarnio

Opinnäytetyön nimi: Biokaasutuotannon mahdollisuuksien kartoittaminen Lumijoen alueella

Työn ohjaaja: Mikko Aalto

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021

Sivumäärä: 50

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biokaasutuotannon mahdollisuuksia Lumijoen alueella. Tutkimus toteutettiin Webropol-kyselyä, jossa selvitettiin lumijokisten maatilojen kiinnostusta biokaasulaitoksen rakentamiseen sekä biokaasulaitoksen lopputuotteiden käyttämiseen. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Oulun ammattikorkeakoulun Biokaasua ja biometaania maataloilta -hanke.

Biokaasu on orgaanisista jätteistä mädättämällä saatavaa kaasua, jota käytetään energianlähteenä. Biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon tai jalostaa liikennepolttoaineeksi. Biokaasuprosessissa syntyy sivutuotteena mädätysjäännöstä, jota voidaan käyttää myös lannoitteena.

Kyselyn pohjalta voitiin havaita, että Lumijoen alueella on kiinnostusta sekä biokaasulaitoksen rakentamiseen että lopputuotteiden käyttämiseen. Lumijokiset maatilat olivat kiinnostuneita enemmän biokaasulaitoksen rakentamisesta yhteistyönä muiden tekijöiden kanssa kuin yksin. Biokaasulaitoksesta saatavalle biokaasulle sekä siitä mahdollisesti jalostettavan liikennepolttoaineen käytölle oli selkeästi havaittavissa kiinnostusta. Maatilat olivat myös kiinnostuneita mädätysjäännöksen käytöstä lannoitteena.

Kyselyssä selvitettiin biokaasulaitokseen saatavia syötteitä. Syötteet mallinnettiin kartalle, jonka perusteella pystyttiin arvioimaan alueita, joissa olisi paljon potentiaalia biokaasutuotannolle. Suurin osa syötteistä oli olkea ja vihermassoja, joten Lumijoelle mahdollisesti rakennettavat biokaasulaitokset tulisivat olemaan kuivamädätyslaitoksia.

Laitosrakentamisen aloittaminen vaatii vielä tarkempia selvityksiä. Biokaasutuotannosta kiinnostuneista yrittäjistä voi löytyä ryhmiä, jotka olisivat kiinnostuneita yhteistyölaitoksen rakentamisesta. Biokaasutuotannon aloittamista tulee tarkastella ennen kaikkea kannattavuuden näkökulmasta: riittävätkö saatavilla olevat syötteet kannattavaan liiketoimintaan ja onko biokaasulle ja mädätysjäännökselle käyttäjiä. Lumijoen alueella haasteena voi olla mädätysjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena. Alueen syötteistä saatava mädätysjäännös olisi kiinteässä muodossa, joten sen levittämiseen tarvittaisiin kuivalannanlevityskalusto. Tämä voi lisätä kustannuksia erityisesti kasvinviljelytiloilla. Ratkaisuna sekä laitosrakentamisen että mädätysjäännöksen käytön haasteisiin voidaan ehdottaa eläintilojen kysymistä mukaan, jolloin prosessiin saadaan mukaan lantaa.

Asiasanat: maatilojen biokaasulaitokset, biokaasu, biometaani, biopolttoaine, mädätysjäännös

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Agricultural and Rural Industries

Authors: Reetta Paavola & Henriikka Saarnio
Title of thesis: Surveying the Possibilities of Biogas Production in Lumijoki Municipality
Supervisor: Mikko Aalto
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Number of pages: 50

The goal of this thesis was to examine the possibilities of biogas production in Lumijoki municipality. The information was gathered via Webropol questionnaire from the farms in Lumijoki area. Thesis is commissioned by Oulu University of Applied Sciences project Biogas and biomethane from farms (Biokaasua ja biometania maataloilta). The questions concerned farm's interest in building a biogas plant and using the biogas end products on their farms'. Biogas is a renewable energy source which can be used in combined heat and power production and as fuel in vehicles. The digestate from the biogas process can also be used as fertilizer.

The results of the questionnaire were positive: there is interest in Lumijoki area for building a biogas plant and utilizing biogas in vehicles and energy production. The farms were also interested in using the biogas digestate in the fields as fertilizer. One important part of the questionnaire was to find out if there is enough input to a possible biogas plant in the area. The results show, that there is mainly straw and grass biomass input, which indicates that the possible biogas plant would be dry anaerobic digestion process.

Starting the biogas production in Lumijoki still requires more research. The one important aspect is to look at the viability of production. Users for end products and input for the biogas plant are needed. The digestate from dry anaerobic process is also a lot harder to handle than from the ordinary wet digestion method. These problems could be solved if there were animal farms included in the biogas production.

Keywords: farm biogas plant, biogas, biomethane, digestate

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	LUMIJOEN ALUE	8
3	BIOKAASUTUOTANTO.....	9
3.1	Biokaasuprosessi	9
3.1.1	Anaerobinen hajoaminen	10
3.1.2	Lämpötila	11
3.1.3	Viipymäaika.....	12
3.1.4	Kuormitus.....	13
3.1.5	pH	13
3.2	Märkä- ja kuivaprosessi.....	13
3.3	Jatkuva- ja panostoiminen laitos	14
3.4	Biokaasutuotanto käytännössä.....	15
3.5	Palopuron biokaasulaitosyhteistyö	16
4	SYÖTTEET	17
4.1	Lannat	18
4.2	Peltobiomassat.....	18
5	BIOKAASUN KÄYTTÖKOHTTEET.....	20
5.1	Biokaasun puhdistaminen ja jalostaminen.....	20
5.2	Sähkön- ja lämmöntuotanto.....	21
5.3	Liikennepolttoaine	22
6	MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN HYÖDYNTÄMINEN.....	25
6.1	Lainsäädäntö ja ympäristökorvausjärjestelmä.....	26
6.2	Mädätysjäännöksen jalostaminen	27
7	KYSELY LUMIJOKISILLE MAATILOILLE	28
7.1	Kyselyn toteutus.....	28
7.2	Kysymykset	28
7.3	Kyselyn tulokset	29
8	TULOSTEN TARKASTELU	37
8.1	Biokaasulaitoksen rakentaminen.....	37
8.2	Syötteet	37

8.3	Laitos ja tankkausasema.....	39
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	41
10	POHDINTA	43
	LÄHTEET.....	45

1 JOHDANTO

Biokaasu on uusiutuva energianlähde, jota saadaan mädättämällä orgaanisia jätteitä. Biokaasua voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon tai jalostaa liikennepolttoaineeksi. Biokaasulaitoksesta syntyy lopputuotteena mädätysjäännöstä, jota voidaan hyödyntää pellolla lannoitteena. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, millaiset mahdollisuudet Lumijoen kunnan alueella on biokaasutuotantoon. Pohjois-Pohjanmaalla on tehty selvityksiä alueellisista metaanintuottopotentiaaleista käyttämällä hyödyksi erilaisia tietoaineistoja. Näiden selvitysten avulla on voitu hahmottaa alueita, joissa on paljon potentiaalia biokaasutuotantoon. Biokaasulaitosten määrä ei kuitenkaan ole lisääntynyt Pohjois-Pohjamaan alueella ja suurin osa metaanintuottopotentiaalista on vielä hyödyntämättä.

Biokaasulaitoksen rakentamiseen maatilalle vaikuttaa saatavilla olevien syötteiden lisäksi tuotannon kannattavuus sekä yrittäjän kiinnostus biokaasutuotantoon. Metaanintuottopotentiaali jää hyödyntämättä, jos yrittäjillä ei ole kiinnostusta rakentaa biokaasulaitoksia ja alkaa tuottamaan biokaasua. Biokaasutuotannon tulee myös olla kannattavaa. Tässä opinnäytetyössä selvitämme Lumijoen kunnan alueen mautilojen kiinnostusta osallistua biokaasutuotantoon sekä näiden tilojen saatavilla olevat syötteet. Selvitämme myös kiinnostusta käyttää biokaasutuotannon lopputuotteita energianlähteenä tai lannoitteena. Näitä tietoja hyödyntämällä ja jatkojalostamalla voidaan löytää kannattavia ratkaisuja biokaasutuotannon aloittamiseksi. Selvitystyön teemme Webropol-kyselyn avulla. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Oulun ammattikorkeakoulun Biokaasua ja biometaania mautiloilta -hanke.

Selvityksen kohteena ovat lumijokiset maatilat ja niiden toimintaympäristöt. Opinnäytetyöstä on rajattu pois jätevesien ja biojätteiden kierrätykseen liittyvä biokaasutuotanto.

2 LUMIJOEN ALUE

Lumijoki on Pohjois-Pohjanmaalla noin 40 kilometriä Oulusta etelään päin sijaitseva merenrantakunta. Lumijoen naapurikuntia ovat Oulu, Hailuoto, Liminka ja Siikajoki. Kunnan asukasluku oli vuoden 2020 kesäkuussa 2035 asukasta. Lumijoen pääasiallisia elinkeinoja ovat palvelut sekä maa- ja metsätalous. (Lumijoen kunta 2020.)

Lumijoella oli 73 maatalouden tukea hakenutta maatilaa vuonna 2020. Suurin osa tiloista oli kasvinviljelytiloja, joilla viljellään nurmea ja viljaa. Lypsykarjatiloja Lumijoella oli kuusi ja emolehmä- ja lihanautatiloja kahdeksan kappaletta. Loput tuotantosunnista keskittyvät esimerkiksi perunan-, mansikan- ja viljanviljelyyn. (Kauppi 2020.)

Lumijoella metaanintuottopotentiaalia on selvitetty aiemmin Pohjois-Pohjanmaan biokaasupotentiaalin arviointitutkimuksessa, jossa alueelta paikannettiin lanta- ja peltobiomassoja käyttäen hyväksi kotieläin- ja peltolohkorekisteriä (Imppola & Sankari 2011, 3).

3 BIOKAASUTUOTANTO

Biokaasu on uusiutuvaa energiaa, jota voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotantoon maatalan tuotantoympäristössä tai jalostaa liikennepolttoaineeksi. Perinteisintä on käyttää biokaasua sähkön- ja lämmöntuotantoon CHP-laitoksissa. Biokaasua voidaan myös jalostaa liikennepolttoaineeksi eli biometaaniksi poistamalla siitä hiilidioksidi ja muut epäpuhtaudet. Tällöin metaanipitoisuus nousee noin 95–98 prosenttiin. Sivutuotteena syntyy hiilidioksidia, jota voidaan hyödyntää kasvihuoneiden lannoitteena. Biometaania voidaan myös syöttää kaasuverkkoon, jolloin sen käyttömahdollisuudet laajenevat. Kaasuverkko toimii myös biometaanin varastona. (Kinnunen & Rintala 2015, 17.) Biokaasutuotannossa lopputuotteena syntyy myös mädätysjäännöstä, jota käytetään lannoitteena ja maanparannusaineena (Lehtomäki ym. 2007, 9).

Biokaasutuotannon raaka-aineena voidaan käyttää periaatteessa kaikkea orgaanista ainetta. Parhaiten mädätystekniikka sopii helposti luonnostaankin hajoavalle materiaalille. Hyviä maataloudesta peräisin olevia raaka-aineita ovat eläinten lanta ja rehu, ruohokasvit, juurekset, maissi ja sokerijuurikkaan naatit. Biokaasutuotannossa voidaan myös hyödyntää biojätteet, biodieselin valmistuksen sivutuotteet sekä elintarviketeollisuuden jätteet. Mädätykseen sopii huonoiten paljon kuitua ja ligniiniä sisältävä aines kuten puu tai olki. Suomessa biokaasutuotannon raaka-aineena käytetään pääasiassa lantaa. (Motiva Oy 2013, 8.)

Fossiilisten energianlähteiden korvaaminen uusiutuvalla biokaasulla laskee huomattavasti kasvihuonekaasupäästöjä. Jätteistä valmistettu biometaani on tutkimusten mukaan paras biopolttoaine, kun tarkastellaan sekä kasvihuonekaasupäästöjä että energiatasetta. Biometaanin etuja on myös sen lähes olemattomat hiukkaspäästöt perinteisiin polttoaineisiin verrattuna. (Kinnunen & Rintala 2015, 17.)

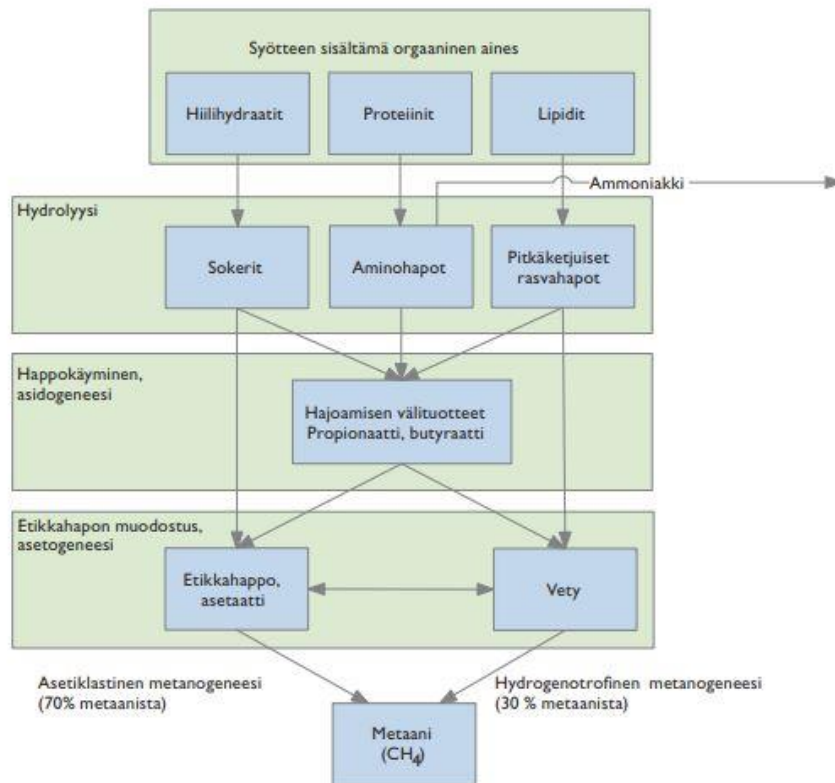
3.1 Biokaasuprosessi

Biokaasua muodostuu, kun mikrobit hajottavat eloperäistä eli orgaanista ainetta hapettomissa anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasu sisältää biomassasta riippuen 55–70 prosenttia metaania ja 30–45 prosenttia hiilidioksidia. Kaasu sisältää myös pieniä määriä rikkivetyä, ammoniakkaa, vetyä

ja häkää. (Lehtomäki ym. 2007, 2–3.) Biokaasuprosessiin liittyy tärkeänä osana parametreja, joiden avulla voidaan mitata biokaasulaitoksen prosessia ja kuinka onnistunut se on.

3.1.1 Anaerobinen hajoaminen

Biokaasutuotannon perustana on orgaanisen aineksen hajoaminen anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa. Hajoaminen voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen, jossa jokaisessa vaikuttavat erilaiset mikrobit. Ensimmäisessä vaiheessa eli hydrolyysissä haponmuodostajabakteerit erittävät entsyymiä, joka hajottaa hiilihydraatit, rasvat ja proteiinit liukoiksi yhdisteiksi, kuten sokereiksi, ammoniakiksi ja pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Nämä yhdisteet jatkavat hajoamista happokäymisessä eli asidogeneesissä, jonka seurauksena syntyy haihtuvia rasvahappoja. Tämän vaiheen jälkeen rasvahapot hajoavat edelleen asetaatiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi vetyä tuottavien bakteerien vaikutuksesta. Tätä vaihetta kutsutaan asetogeneesiksi. Metaaninmuodostajabakteerit tuottavat asetaatista tai vedystä ja hiilidioksidista metaania viimeisessä vaiheessa. Koska metaaninmuodostajabakteerit eli metanogeenit eivät kykene hajottamaan yhdisteitä, muiden bakteerien täytyy hajottaa biomassassa asetaatiksi tai vedyksi ja hiilidioksidiksi metaaninmuodostusta varten. (Kuvio 1.) (Lehtomäki ym. 2007, 22.)



KUVIO 1. Anaerobisen hajoamisen vaiheet biokaasutuotantoprosessissa (Latvala 2009a)

3.1.2 Lämpötila

Mädätys voi tapahtua yhdellä kolmesta eri lämpötila-alueesta. Luonnossa hajoaminen tapahtuu alle 20 lämpöasteessa ja tätä kutsutaan psykrofiiliseksi mädätykseksi. Kuitenkin biokaasusta puhuttaessa käytetään yleensä meso- tai termofiilistä mädätystä. Mesofiilinen mädätys tapahtuu 20–45 lämpöasteessa ja termofiilinen 50–67 lämpöasteessa. Biokaasuprosessin näkökulmasta lämpötilan tulisi olla mahdollisimman tasainen bakteereille, jotta prosessi ei häiriinny. Kummallakin on tietyt etunsa biokaasuprosessin kannalta, mutta mesofiilisessa mädätyksessä etuna on luotettavuus, joten senkin vuoksi se on Suomessa yleisemmin käytetty mädätyslämpötila. (Al Seadi ym. 2008, 23.)

Termofiilisen mädätyksen etuna on sen jopa puolet nopeampi viipymäaika verrattuna mesofiiliseen prosessiin sekä korkeampi metaanintuottopotentiaali. Täten myös reaktorin koko voi olla pienempi. Korkeamman lämpötilan vuoksi bakteereilla on parempi kasvualusta, ja ne pystyvät hajottamaan

paremmin syötettä. Myös taudinaiheuttajat tuhoutuvat tehokkaammin korkeammassa lämpötilassa, sekä kiinteän ja nestemäisen jakeen erottelu tulee helpommaksi. (Al Seadi ym. 2008, 23.)

Termofiilisessä prosessissa huonona puolena on sen epäluotettavuus verrattuna mesofiiliseen prosessiin. Termofiiliset bakteerit sietävät huonommin lämpötilan vaihteluita ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) ja ne vaativat pidemmän ajan tottuakseen korkeampaan lämpötilaan ja saavuttaakseen maksimaalisen metaanintuottokykynsä. Prosessi vaatii myös enemmän lämpöä pysyäkseen käynnissä ja erityisesti Suomessa tämä korostuu kylmien säiden aikana: biokaasulaitos tulee eristää hyvin, jotta lämpöhävikki ei ole suuri. Korkeampi lämpötila tuottaa myös myrkyllistä ammoniakkia, joka inhiboi prosessia. Inhibitio tarkoittaa kemiallista prosessia, joka estää tai laskee metaanintuottopotentiaalia. (Lehtomäki ym. 2007, 26.) Mesofiiliset bakteerit ovat kestävämpiä lämpötilanvaihtelulle $\pm 3^{\circ}\text{C}$, mutta siinä syötteen viipymäaika on pidempi (Al Seadi ym. 2008, 25.)

3.1.3 Viipymäaika

Viipymä eli HRT (Hydraulic Retention Time) on käsite, joka kuvaa keskimääräistä aikaa, jonka syöte viipyy reaktorissa:

$$\text{HRT (d)} = V \text{ reaktori (m}^3\text{)} / V \text{ syöttö (m}^3\text{)}$$

Syötteen viipymäaika riippuu sen sisällöstä ja prosessin lämpötilasta. Helposti hajoava aines vaatii lyhyemmän viipymäajan: yleensä lietelanta viipyy mesofiilisen prosessin reaktorissa n. 12–20 päivää. Hitaammin hajoavia aineksia ovat taas kasvibiomassat esimerkiksi olki ja muut kasvinjätteet ja ne saattavat vaatia viipymäajaksi jopa 80–120 päivää. (Lehtomäki ym. 2007, 28.)

Jotta mikrobialusta ei huuhtoudu pois, tulee viipymäajan olla vähintään kymmenen vuorokautta, jolloin bakteerien määrä kaksinkertaistuu jatkuvatoimisessa prosessissa (Al Seadi ym. 2008, 28). Jos biokaasulaitoksessa on täyssekotteinen järjestelmä eli CSTR (Continuous stirred-tank reactor) niin syötteen viipymäajan tulee olla vähintään 10–12 päivää (Kymäläinen 2015, 74–75).

3.1.4 Kuormitus

Kuormitus eli OLR (Organic Loading Rate) kuvaa sitä orgaanisen kuiva-aineen (VS) määrää nestetilavuutta kohti, joka voidaan syöttää reaktoriin päivässä. Orgaanisen kuiva-aineen määrä kertoo suoraan, kuinka paljon biokaasua prosessista voi syntyä. Kuormituksen yksikkö on $\text{kg VS/m}^3 \text{ d}$. (Al Seadi ym. 2008. 27–28.) Kuormitus pääosin lietelantaa käsittelevälle maatilakoon laitokselle, jossa on käytössä jatkuvatoiminen mesofiilinen märkäprosessi, on yleensä n. $2,5\text{--}3,5 \text{ kg VS/m}^3 \text{ d}$ (Kymäläinen 2015, 73). Jos kuormitus reaktorissa on liian suuri, prosessissa muodostuu liikaa rasvahappoja, mikä johtaa pH:n laskuun ja metaanintuoton heikkenemiseen (Latvala 2009, 34).

3.1.5 pH

Biokaasuprosessissa olennaista on myös happamuus, sillä mikrobeilla tulee olla tietynlaiset olosuhteet tuottaakseen metaania. pH-arvo $5,5\text{--}8,5$ on optimaalinen metaanintuotannolle, mutta esimerkiksi anaerobisen hajoamisen alkuvaiheessa mikrobit toimivat mieluummin alhaisemmalla pH:lla $4,5\text{--}6,5$. Happamuus asettuu biokaasuprosessissa kuitenkin suhteellisen neutraaliksi lukuun $7\text{--}8$. Mesofiiliselle prosessille optimaalinen pH-luku on $6,5\text{--}8$. Jos pH laskee alle 6 :n tai nousee yli $8,3$:n, metaanintuottoon tulee ongelmia. Termofiilisessä prosessissa pH-arvo on suurempi, sillä hiilidioksidin liukoisuus veteen vähenee korkeammassa lämpötilassa, jolloin hiilidioksidi muodostaa yhdessä veden kanssa hiilihappoja. (Al Seadi ym. 2008. 26.)

pH-arvo voi laskea myös ammoniakkin lisääntymisen vuoksi, jos prosessissa ei ole tarpeeksi proteiineja sisältäviä syötteitä. Syötteiden puskurikyky eli alkaliteetti vaikuttaa myös prosessin pH-arvoon, eli siihen, kuinka hyvin mädäte neutraloi muodostuvia happoja. Joidenkin syötteiden puskurikyky voi myös vaihdella ja esimerkiksi lehmänlannassa se riippuu naudan ruokinnasta ja lannan koostumuksesta. (Al Seadi ym. 2008. 25–26.)

3.2 Märkä- ja kuivaprosessi

Biokaasutuotantoprosessi voidaan jakaa syötteen kuiva-ainepitoisuuden perusteella märkä- tai kuivaprosessiksi. Märkäprosessissa syötteen kuiva-ainepitoisuus on alle 15 prosenttia ja syötemateriaalit ovat pääasiassa lietemäisiä. Märkäprosessissa käytetään usein jatkuvatoimista, täyssekoitteista reaktoria. Syöttömateriaalin alhaisen kuiva-ainepitoisuuden takia sitä voidaan

pumpata reaktoriin ja sieltä pois sekä sekoittaa reaktorissa. Kaiken syötemateriaalin ei tarvitse olla lietettä, syötteenä voidaan käyttää myös kuivia syöttömateriaaleja kuten rehumassoja. Tällöin kuiva syötemateriaali joko sekoitetaan lietteen sekaan ennen syöttöä tai syötetään suoraan reaktoriin erillisellä syöttölaitteella. Jotta reaktorissa olevaa massaa voidaan sekoittaa ja poistaa, reaktorissa olevan syötteen kuiva-ainepitoisuuden on oltava alle 15 prosenttia. (Luostarinen 2015b, 82–83.)

Kuivaprosessissa syötteen kuiva-ainepitoisuus on yleensä noin 20–40 prosenttia ja syötemateriaalit ovat myös kuivia ja kasassa pysyviä (Luostarinen 2015b, 82–83). Kuivaprosessissa eli kuivamädätyslaitoksessa syötemateriaalin päälle pumpataan nestettä ja se valuu syötekerrosten läpi. Kuivamädätyslaitoksessa syötteen koostumuksen tulee olla toisaalta riittävän karkeaa, jotta neste pääsee valumaan syötekerroksen läpi, ja toisaalta hienojakoista, jotta bakteereille on riittävästi elintilaa. Kuivaprosessissa on pidempi viipymä kuin märkäprosessissa, koska kuivaprosessissa syöte hajoaa hitaammin. Siitä huolimatta syötteessä voi olla kohtia, jotka ovat hajonneet huonosti. Kuivaprosessin haasteena voi olla riittämätön sekoittuminen. Ratkaisuna tähän on käytetty karkeita siipiratastyyppisiä järjestelmiä tai laitoksia, joissa on hyödynnetty sekä märkä- että kuivaprosessin toimintaperiaatteita. (Motiva Oy 2013, 17.)

Suomessa on käytössä myös märkä- ja kuivaprosessin väliltä oleva malli nimeltään kiintomädätys. Kiintomädätysmalli on suomalaisen Demeca Oy:n kehittämä ja vuonna 2014 patentoima biokaasutuotantomenetelmä. Kiintomädätyksessä yhdistyvät märkä- ja kuivamädätyksen ominaisuudet. Syötteen kuiva-ainepitoisuus voi siis olla 0–100%, mutta yleensä se asettuu 10–20%:iin. Demecan kiintomädätysreaktori on konttimallinen, kuten kuivamädätyskin, mutta laitos on silti jatkuvatoiminen. Kuivasyöte silputaan hienommaksi ja reaktoriin syötettävä massa pidetään pumpattavana, jolloin prosessi pysyy tasapainoisena ja tehokkaana. Kuivat jakeet sekoitetaan märän aineksen joukkoon ennen kuin ne syötetään reaktoriin. (Demeca 2021; Pulkka 2018.)

3.3 Jatkuva- ja panostoiminen laitos

Suomessa yleisin laitostyyppi on täysisekoitteinen jatkuvatoiminen märkäprosessi yksivaiheisena (Latvala 2009c, 30). Englannin kielessä tätä kutsutaan termillä continuously stirred tank reactor (CSTR) (Luostarinen 2015, 26). Laitoksen toimintamalli riippuu paljon sinne laitettavasta syötteestä: kuivamädätys tapahtuu yleensä panostoimisissa laitoksissa, kun taas märkäprosessissa jatkuvatoiminen reaktori on yleisempi. Toimintatyyppiä on siis kahdenlaisia:

jatkuvatoimisessa laitoksessa syötettä kulkeutuu jatkuvasti päivittäin reaktoriin, jolloin biokaasua muodostuu myös tasaisesti. Panostoimisessa laitoksessa syötettä lisätään ja sitä poistetaan reaktorista koko reaktoritilavuus kerrallaan. Kaasuntuotto ei siis ole jatkuvaa ja siksi panostoiminen prosessi toimii hitaammin. Mikrobeilla kuluu joka kerta aikaa aloittaa prosessi ns. alusta, jolloin uuteen syötteeseen onkin hyvä lisätä vanhaa massaa, jossa on jo valmiiksi mikrobien kasvualustaa. Tätä kutsutaan myös ympäykseksi. (Luostarinen 2015, 87.)

Yleisin laitosmalli panostoimisessa mädätyksessä on konttimalli, jota kutsutaan myös autotallimalliksi. Konttiin lastataan syötettä, joka ei tarvitse sekoitusta. Prosessin mädätysjäännös, eli biokaasuprosessia ylläpitäviä mikrobeja sisältävä perkolaationeste, käytetään hyväksi ja suihkutetaan syötteen päälle, jolloin mikrobit pääsevät leviämään syötteeseen. Lämpötilaa laitoksessa pidetään yllä esimerkiksi lattialämmityksen avulla. Prosessi on epäluotettavampi hallita kuin jatkuvatoiminen mädätys. (Al Seadi ym. 2008, 76.) Mädätysjäännös saattaa olla heikosti hajonnutta ja siten käyttökelvotonta lannoitteeksi, jolloin se pitää vielä kompostoida aumassa. Kompostointi kuitenkin hävittää osan kallisarvoisesta tuestä ja se aiheuttaa ammoniakkipäästöjä. (Luostarinen 2015, 87.)

3.4 Biokaasutuotanto käytännössä

Maatilakokoluokan biokaasulaitos voi koostua monesta osasta. Biokaasun muodostuminen tapahtuu mädätyssäiliössä eli reaktorissa, johon syötetään esimerkiksi lantaa tai rehumassoja. Jatkuvatoinisessa märkämädätyslaitoksessa rehumassat voidaan sekoittaa lannan sekaan esimerkiksi lietesäiliössä tai syöttää apevaunulla hienonnettu rehumassa suoraan mädätyssäiliöön. Koska mädätysjäännös sisältää vielä osan syötteiden biokaasutuotantopotentiaalista, se kannattaa siirtää mädätyksen jälkeen kaasuviiviseen jälkikaasualtaaseen, jotta saadaan talteen myös jälkikaasuuntumisessa syntyvä biokaasu. Jos laitoksessa käytetään syötteenä orgaanista jätettä, se voidaan hygienisoida erillisessä hygienisointisäiliössä ennen reaktoriin syöttämistä. Panostoimisessa kuivämädätyslaitoksessa reaktori täytetään ja syötemassa mädätetään, jonka jälkeen reaktori tyhjenetään ja täytetään uudelleen. (Motiva Oy 2013, 15–16.)

3.5 Palopuron biokaasulaitosyhteistyö

Hyvinkään Palopurolla on perustettu agroekologinen symbioosi biokaasulaitoksen ympärille. Agroekologinen symbioosi tarkoittaa usean maatilan tai muun toimijan yhteistyöverkostoa, jossa tavoitteena on ravinneomavarainen tuotantomalli. Hyvinkään Palopurolla tähän symbioosiin kuuluvat maatila, kanala, lähileipomo ja biokaasulaitos. (Sitra 2019.)

Laitos kuuluu Palopuron Biokaasu Oy:lle, jonka pääomistaja on energiayhtiö Nivos Energia Oy. Laitoksen teknologian on toimittanut Metener Oy. Laitoskokonaisuuteen kuuluu kaksi 1000 kuutiometrin kokoista reaktorisiiloa. Pääsyötteenä laitoksessa käytetään viherlannoitusnurmia ja lisäsyötteenä hevosen- ja kananlantaa (kuvio 2). Laitos on panostoiminen kuivamädätyslaitos. Kaasuntuoton tasapainottamiseksi reaktorien panokset vaihdetaan vuorotellen 4–5 kuukauden välein. (Agroekologisten symbioosien verkostot -hanke 2020a.)

	PANOS 3 massa (t)	PANOS 3 TS (%) (kuiva-aine)	PANOS 5 massa (t)	PANOS 5 TS (%) (kuiva-aine)
Nurmi	360	29	353	34
Kananlanta	18	39	22,5	69
Hevosenslanta	56	35	7,5	43
Syötteen yht.	434	30	383	36
Mädänte (arvio)	326	23	346	20

KUVIO 2. Esimerkki Palopuron biokaasulaitoksessa käytetyistä syötteistä (Agroekologisten symbioosien verkostot -hanke 2020b)

Laitoksesta saatava biokaasu puhdistetaan ja jalostetaan liikennepolttoaineeksi. Biokaasu myydään julkisella tankkausasemalla, joka sijaitsee Knehtilän tilan yhteydessä. Kaasua käytetään myös tilakeskuksen rakennusten lämmitykseen sekä biokaasuprosessin lämmitykseen. Laitoksesta saatava mädätysjännös sekä prosessissa käytetty suotoneste käytetään kierrätyslannoitteena. (Agroekologisten symbioosien verkostot -hanke 2020a.)

4 SYÖTTEET

Biokaasutuotannon raaka-aineena käytetään erilaisia biomassoja, joita saadaan maatalouden, yhdyskunnan sekä teollisuuden sivutuotteina ja jätteinä. Biomassojen orgaaninen aines, kuten hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat tuottavat anaerobisissa olosuhteissa biokaasua. Maataloudesta saatavia tärkeitä biomassoja ovat kasvin- ja kotieläintuotannon sivutuotteet, erityisesti lanta ja kasvibiomassat. Energiakasveja voidaan kasvattaa myös pelkästään biokaasutuotantoa varten. Yhdyskunnan jätteinä syntyvää yhdyskuntabiojätettä sekä jätevesipuhdistuksen yhteydessä muodostuvia lietteitä voidaan myös hyödyntää biokaasutuotannossa. Biomassoja jalostavasta teollisuudesta syntyvät orgaanisia sivutuotteita ja jätteitä, jotka soveltuvat hyvin biokaasutuotantoon. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 21, 32–33, 39, 41, 42–43.) Taulukossa 1 on esitetty erilaisten maataloudesta peräisin olevien syötteiden metaanintuottopotentiaaleja.

TAULUKKO 1. Eri syötteiden metaanintuottopotentiaaleja (1. Lehtomäki ym. 2007, 21; 2. Kymäläinen & Luostarinen 2015, 36; 3. Mahal ym. 2014, 8; 4. Niemeläinen ym. 2014, 3)

Syöte	m ³ CH ⁴ / t orgaanista ainetta	m ³ CH ⁴ / t kuiva-ainetta	m ³ CH ⁴ / t märkäpaino	Lähde
Naudan liotelanta	120–300		5–36	3.
Naudan kuivalanta	126–250		24–55	2.
Sian lanta	300–400		17–22	1.
Hevosien lanta	200		51	3
Lampaan lanta	88–113		24–30	3.
Säilörehu	213–360		38–130	3.
Olki	240–320	220–290	200–260	1.
Viljakasvien lajittelujäte	230		180	3.
Vihannesjäte	180–514		18–52	3.
Hoidettu viljelemätön pelto		255		4.

4.1 Lannat

Kotieläintaloudesta peräisin oleva eläinten lanta hyödynnetään maataloudessa pääasiassa lannoitteena. Maataloudesta muodostuu erilaisia lantatyyppejä, kuten kuiva-, liete-, kuivike- ja kuivikepohjalantaa. Näiden muodostumiseen vaikuttavat eläinlaji ja eläinsuojien ratkaisut. Tuotettuun lantamäärään vaikuttavat myös eläinlaji ja lantatyppi. Maatilalla tuotetun lantamäärän laskennassa otetaan huomioon eläinmäärä, eläinlaji sekä eläinakohtainen vuosittainen lantamäärä. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 34.) Vuosittaisen lantamäärän laskemisessa apuna on Suomen normilanta -järjestelmä, joka laskee lannan määrät ja ominaisuudet eläinryhmittäin ja lantatyypeittäin (Grönroos ym. 2017, 7).

Suomalaisissa biokaasulaitoksissa käytetään pääraaka-aineena lantaa (Motiva Oy 2013, 8). Lanta on hyvä perussyöte, koska sitä on saatavilla tasaisesti ympäri vuoden. Lannan käyttö syötteenä tuo myös prosessiin vakautta, koska sillä on usein korkea puskurointikyky. Toisaalta lantojen metaanintuottopotentiaali ei ole kovin korkea, koska eläin hyödyntää rehusta helposti hajoavan orgaanisen aineksen ja lantaan jää heikommin hajoava aines. Lannan metaanintuottopotentiaaliin vaikuttaa myös eläinlaji: esimerkiksi nauta sulattaa rehun ruoansulatuksessaan paremmin kuin sika, jolloin lantaan jää vähemmän orgaanista ainesta. Erilaisten lantatyypien metaanintuottopotentiaali vaihtelee, jos tarkastellaan potentiaalia tuorepainoa kohti mitattuna. Lietelantaan johdetaan usein eläinsuojien pesuvedet, jolloin se on laimeampaa. Erilaisilla kuivalannoilla on taas korkea kuiva-ainepitoisuus, jolloin niiden metaanintuottopotentiaali on korkeampi kuin liotelannalla tuorepainoa kohti mitattuna. Kun tarkastellaan eri lantatyypien metaanintuottopotentiaalia suhteessa orgaaniseen ainekseen, saman eläimen liotelannan ja kiinteän lannan metaanintuotto ei juurikaan vaihtelee. Kiinteän lannan mukana voi olla kuivikkeita, kuten olkea, jotka lisäävät metaanintuottopotentiaalia. Kuivike voi toisaalta olla huonosti hajoavaa turvetta tai hajoamatonta purua, mikä taas lisää laitoksen kapasiteettitarvetta lisäämättä kuitenkaan biokaasutuottoa. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 36–37.)

4.2 Peltobiomassat

Maatilalla voi syntyä monenlaisia peltobiomassoja. Näitä kutsutaan myös kasvibiomassoiksi. Biokaasutuotannossa käytettävät peltobiomassat voivat olla siihen tarkoitukseen viljeltyjä energiakasveja tai maatalouden sivuvirtoja. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 37.) Sivuvirtoja

voivat olla vilja- ja öljykasvien oljet ja varsibiomassat, peruna- ja juurikasvien naatit sekä viherkesannoista, luonnonhoitonurmista sekä suojavyöhykenurmista saatava nurmibiomassa (Biomassa-atlas 2020). Viljan ja rypsin kauppakunnostuksesta syntyvä lajittelujäte sopii myös biokaasutuotantoon (Häkkinen & Kari 2021, 2).

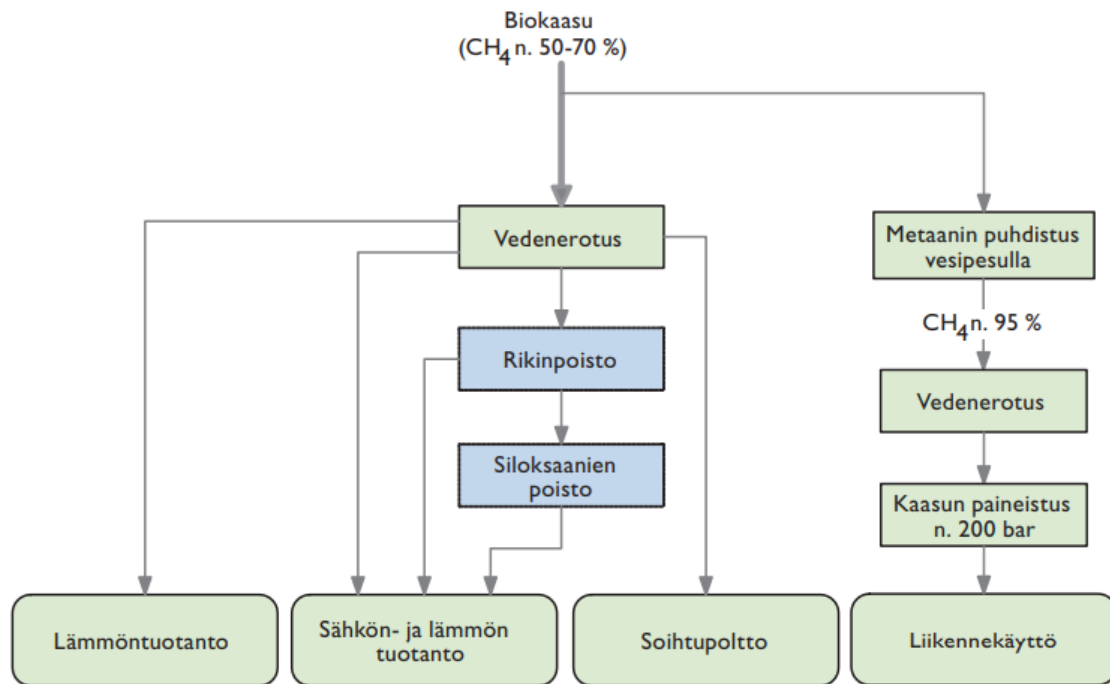
5 BIOKAASUN KÄYTTÖKOHTEET

Biokaasua voidaan käyttää hyödyksi monella eri tavalla ja puhdistettuna sitä voidaan käyttää hyödyksi sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä jalostettuna liikenteessä autojen polttoaineena. Kuviossa 3 voidaan nähdä biokaasun käsittelyn eri vaiheita.

5.1 Biokaasun puhdistaminen ja jalostaminen

Kun biokaasua käytetään hyväksi sähkön- ja lämmöntuotannossa, se tulee puhdistaa. Käytännössä tämä tarkoittaa haitallisten yhdisteiden, kuten rikkivedyn, ammoniakkin ja siloksaanien poistamista kaasusta, jotta ne eivät vaurioita ja syövytä laitoksien rakenteita. Myös haitallisten aineiden päästöt pysyvät maltillisina. Tärkeintä on puhdistaa kaasusta vesi ja rikkivety, sillä yhdessä ne muodostavat rikkihappoa. (Latvala 2009c, 41.) Liikennebiokaasun metaanipitoisuus on 95–98 %, kun taas raakabiokaasun metaanipitoisuus on yleensä noin 55–70% (Kinnunen & Rintala 2015, 17).

Biokaasun jalostamisen tavoitteena on taas kaasun energiatihedysten nostaminen, jotta sen kuljettaminen ja varastointi olisi kustannustehokasta: jalostuksessa poistetaan inerttejä kaasuja kuten hiilidioksidia ja typpeä, jotka eivät ole epäpuhtauksia. Yleinen ja helppo tapa poistaa haitallisia yhdisteitä biokaasusta on vesiabsorptio. Vesipesussa toimintatapa perustuu hiilidioksidin suurempaan vesiliukoisuuteen metaaniin verrattuna. Biokaasu paineistetaan, yleensä n. 6–10 bariin ja syötetään vesikolonneihin. Kolonnissa ylhäältä tuleva kaasukohta kohtaa alhaalta päin tulevan veden, jolloin hiilidioksidi ja osa haitallisista yhdisteistä liukenee veteen. Vesipesun lisäksi on olemassa kemikaalinen ja fysikaalinen pesu, jolloin veden sijasta aineet voivat olla kemiallisia liuoksia, jolloin puhdistusprosessista tulee tehokkaampi. (Lampinen 2015, 140–142.)



KUVIO 3. Biokaasun käsittelyn vaiheet (Latvala 2009c)

Muita tapoja jalostaa kaasua ovat esimerkiksi adsorptio ja membraaniteknikka. Adsorptiotekniikka perustuu paineenvaihteluun, jossa kaasu johdetaan korkeassa paineessa esimerkiksi aktiivihillen läpi. Hiilidioksidi tarttuu materiaaliin ja kaasu puhdistuu. Membraaniteknikassa, eli kalvopuhdistuksessa, biokaasu johdetaan puoliläpäisevien kalvojen läpi, jolloin erisuuruiset molekyylit läpäisevät kalvon eri tavalla. Hiilidioksidin pienemmät molekyylit läpäisevät kalvon nopeammin kuin metaanin molekyylit. Kaasut ohjautuvat eri virtoihin, joista toinen on metaanirikas biokaasu. (Hamila 2015, 9.) Pesun jälkeen biokaasusta poistetaan kosteus ja se paineistetaan varastointia varten. Liikennekäyttöön tuleva kaasu tulee olla paineistettu 200 bariin. (Latvala 2009c, 47.)

5.2 Sähkön- ja lämmöntuotanto

Maatilakokoluokan biokaasulaitoksissa lämmön tuottaminen on yksinkertaisin tapa käyttää biokaasua. Biokaasu hyödynnetään polttamalla se kaasukattilassa, joka lämmittää veden. Lämmöntuotantopotentiaalia on kuitenkin tavallisesti enemmän kuin tarpeeksi omaan käyttöön, joten useimmiten kaasu hyödynnetään yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa. (Motiva Oy 2013, 18.) Lämmöntuotannossa on kaksi toteutusvaihtoehtoa: keskitetty tai laitekohtainen järjestelmä. Laitekohtaisella järjestelmällä lämpö siirretään käyttöön jonkin aineen kautta, joka on

yleensä vesi. Keskitetty järjestelmä on yleisempi esimerkiksi maatilakokoisilla laitoksilla: kattilalla voidaan saada lämpö esimerkiksi viljakuivuriin, veden lämmitykseen ja biokaasulaitoksen reaktorin lämmittämiseen. (Lampinen & Rautio 2015, 150.)

Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa, eli CHP- tuotannossa (combined heat and power), biokaasua käytetään yleensä sähköntuotantoon polttamalla se joko ottomoottorissa tai dieselmoottorissa, mutta myös Stirlingmoottorin tai mikrokaasuturbiinin käyttö on mahdollista. Moottorilla pyöritetään vakiokierrosluvulla sähköverkkoon tahdistettua generaattoria. Kun biokaasua poltetaan moottorissa ja tuotetaan sähköä, sen energiasisällöstä noin 30 prosenttia muuttuu sähköksi. Isompien kaasu- ja dieselmoottorien hyötysuhde voi olla jopa 40 prosenttia. Lopusta tulee lämpöä. Biokaasulaitosta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös lämmöntuotanto ja laitos kannattaa sijoittaa niin, että lämpö voidaan hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla. Jos lämpöä ei voida hyödyntää laitoksen läheisyydessä, vaihtoehtona voi olla kaasun siirtäminen putkiston avulla paikkaan, jossa lämpö voidaan hyödyntää. Lämpöenergiaa syntyy yli puolet biokaasun energiasisällöstä, joten varsinkin kesäisin suurin osa energiasisällöstä jää hyödyntämättä. Biokaasulaitos tarvitsee myös lämpöenergiaa, jotta saadaan ylläpidettyä termofiilista tai mesofiilista prosessia. Tästä syystä osa tuotetusta lämpöenergiasta menee yleensä laitoksen omaan käyttöön. (Motiva Oy 2013, 18–20.)

5.3 Liikennepolttoaine

Liikennepolttoaineena käytetään biokaasusta jalostettua biometaania, jota kutsutaan paineistetuksi tai nesteytetyksi biokaasuksi. Paineistettua biokaasua eli CBG:tä (compressed biogas) käytetään yleisemmin henkilöautoissa, jäteautoissa, paikallisjakelussa ja bussiliikenteessä. Nesteytettyä biokaasua eli LBG:tä (liquefied biogas) käytetään raskaan liikenteen autoissa. Nesteytetty biokaasu on tilavuudeltaan tiheämpää kuin paineistettu, joten se sopii paremmin pitkän kantaman tarvitseviin ajoneuvoihin. (Roinila 2020a.) Myös nesteytetty maakaasu LNG (liquefied natural gas) ja paineistettu maakaasu CNG (compressed natural gas) toimivat samoissa moottoreissa, sillä pelkästään kaasun syntyminen on erilainen. (Impola ym. 2020, 6.)

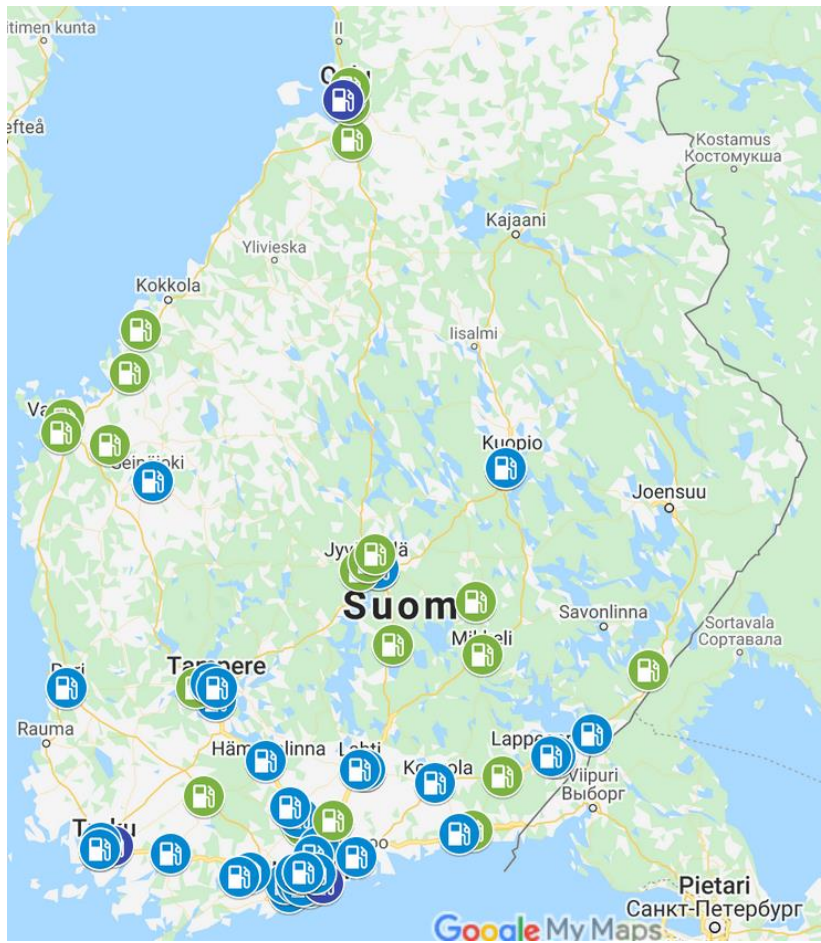
Biokaasuautot ovat yleensä bi-fuel-autoja, joka tarkoittaa, että ne kulkevat biokaasun lisäksi bensiinillä. Jos auto kulkee biokaasun lisäksi dieselillä, käytetään siitä nimitystä dual-fuel. Kun auto käyttää pelkästään kaasua polttoaineenaan, käytetään siitä nimitystä mono-fuel. Autoja voi myös

muuntaa biokaasukäyttöiseksi ja yleistä onkin, että bensiiniauto konvertoidaan biokaasuautoksi, jolloin se toimii ensisijaisesti kaasulla. Biokaasua voidaan käyttää kaikissa liikenteen ajoneuvoissa, kuten pakettiautoissa, kuorma-autoissa, linja-autoissa, mopoissa tai junissa. (Roinila 2020a.)

Biokaasun käyttö liikennepolttoaineena yleistyy koko ajan. Tällä hetkellä Suomessa on kaasukäyttöisiä autoja yli 12 000, mikä sisältää myös raskaan liikenteen autot. Suomen hallituksen tavoite kaasuautojen määrälle vuoteen 2030 mennessä onkin yli 50 000 kappaletta. Vuoden 2019 aikana rekisteröitiin enemmän biokaasukäyttöisiä raskaan liikenteen ajoneuvoja kuin aikasempina vuosina. (Gasum 2020.) Vuoden 2022 loppuun asti on mahdollista hakea tukea valtiolta uuden kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintaan (Traficom 2021).

Tällä hetkellä (päivitetty 14.3.2021) Suomessa on bio- ja maakaasun tankkausasemia yhteensä 57, joista 21 on pelkästään biokaasun tankkausasemia (kuvio 4). Pohjoisin biokaasun tankkausasema on tällä hetkellä Oulussa, mutta suunnitteilla on asemia myös Rovaniemelle ja Kemijärvelle. Tulevia biokaasun tankkausasemia on Suomessa 58, joista osa on vasta suunnitteluvaiheessa ja osa rakenteilla. (Liimatainen 2021.) Suomen valtion omistama Gasum on suurin liikennekaasun jakelija, sillä on jo 37 tankkausasemaa. Muita biokaasun jakelijoita ovat esimerkiksi Nivos, Envor Group Oy, Jeppo Biogas Ab, SEO ja Kiertokaari. (Roinila 2020b.)

Useat eri tahot ovat kirjoittaneet julkilausuman, jossa halutaan edistää biokaasutuotantoa ja mahdollisuuksia Suomessa. Lausuman päätavoitteena on tuottaa 4 TWh biokaasua vuonna 2030. Tällä hetkellä Suomessa tuotetaan vuositasolla biokaasua 1 TWh, vaikka teoreettinen potentiaali on jopa 25 TWh, jolloin esimerkiksi koko Suomen lantamäärä hyödynnettäisiin tuotannossa. (Suomen biokierto & biokaasu ry, 2020.)



KUVIO 4. Biokaasun tankkausasemat keskittyvät Etelä- Suomeen (Liimatainen 2021)

6 MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN HYÖDYNTÄMINEN

Biokaasutuotannossa lopputuotteena syntyy lisäksi mädätysjäännöstä, jota voidaan käyttää lannoitteena ja maanparannusaineena. Jäännöksessä on jäljellä kaikki biokaasuprosessiin syötettyjen biomassojen ravinteet. Ravintosisältöön vaikuttavat mädätettävä materiaali, käytettävä prosessi sekä sen ajallinen kesto. Esimerkiksi lantaa mädättämällä saavutetaan monenlaisia etuja: lannan tyyppi muuttuu kasveille käyttökelpoisempaan muotoon ammoniumtypeksi ja hajuhaitat vähenevät. Mädätysjäännös on myös tasalaatuisempaa ja sitä voidaan levittää pellolle samalla tekniikalla kuin kuiva- tai lietelantaa. Jos mädätysjäännöstä separoidaan, saadaan fosforipitoista kiinteää lannoitetta ja typpipitoista nestemäistä lannoitetta. Separoitua mädätysjäännöstä voidaan myös levittää eri lohkoille, riippuen siitä, tarvitaanko pellolla enemmän fosfori- vai typpipitoista lannoitetta. (Motiva Oy 2013, 13.)

Ravinneomavaraisuus ja ravinteiden tehokkaampi kierrättäminen tulee olemaan entistä ajankohtaisempaa tulevaisuudessa. Biokaasulaitoksen rakentaminen edistääkin energiaomavaraisuutta ja lannoitevalmisteiden omavaraisuutta. Mädätysjäännöksen ravinnepitoisuuteen ja ominaisuuksiin vaikuttavat kuitenkin monet tekijät: syöte, lämpötila, viipymä ja onko prosessi esimerkiksi mesofiilinen vai termofiilinen tai kuiva- vai märkäprosessi. (Paavola 2015a, 94.)

Maatilan biokaasulaitoksen tyyppisiä syötteitä ovat lannat ja erilaiset kasvibiomassat. Tilan omia syötteitä voidaan hyödyntää biokaasutuotannossa ilman hygienisointia ja myös mädätysjäännöstä voidaan käyttää tilan omilla pelloilla raakalannan tavoin. Yhteislaitokset ovat myös tilakohtaista toimintaa, jos laitoksen mädätysjäännös käytetään lannoitteena laitoksen omistajien omilla pelloilla. Jos laitokseen tuodaan sivutuoteasetuksen piiriin kuuluvia syötteitä, niiden hygienisoinnista on huolehdittava joko erillisellä hygienisointiyksiköllä tai varmistuttava muuten riittävästä hygienisoimisesta. Syötteet tulee hygienisoida myös silloin, jos mädätysjäännöstä markkinoidaan tai luovutetaan tilojen ulkopuolelle. (Paavola 2015a, 96.) Mädätysjäännöksen käyttöä rajaavat erilaiset lainsäädännölliset tekijät, kun lannoite on peräisin eläinperäisistä sivutuotteista tai ihmisistä lähtöisin olevista jätevedenpuhdistamolietteistä (Latvala 2009c, 16–17).

Mädätysjäännöksen varastoinnissa tulee ottaa huomioon ravinteiden haihtuminen. Osa ammoniumtypestä on muuttunut prosessissa ammoniakiksi, joka haihtuu helposti. Haihtumisen estämiseksi mädätysjäännöksen varastot kannattaa kattaa, jottei tärkeitä ravinteita pääse haihtumaan ilmaan. Mädätysjäännös kannattaa myös sijoittaa tai mullata peltoon, jotta kasvi pääsee hyödyntämään tehokkaasti jäännöksessä olevan typen. (Luostarinen & Pyykkönen 2013, 19.)

Tällä hetkellä kierrätysravinnemarkkinoilla on monia pullonkauloja sekä valmistajan että loppukäyttäjän näkökulmasta. Luonnonvarakeskuksen teettämässä tutkimuksessa ”Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi” (2018) tulee ilmi, että kierrätyslannoitemarkkinoilla on vielä paljon kehitettävää. Valmistaja vaikuttaa tyytyväiseltä lopputuotteisiin nykyisellään, vaikka etsiikin erilaisia jalostuskeinoja tuotteelle. Valmistaja toivoisi, että tuotteen käyttäjä pystyisi varastoimaan lannoitteen ja levittämään sen itse pellolleen. Viljelijän näkökulmasta taas pohdituttavat lannoitteen riittämättömät ravinnesuhteet ja tuotteen levitettävyyden ja olomuoto: tällä hetkellä viljelijöillä ei ole kiinnostusta investoida uusiin levittämiin. Viljelijöillä ei myöskään ollut halua varastoida lannoitetta muussa kuin säkkimuodossa. Puhdistamolietteestä peräisin oleva lannoite mietityttää myös erityisesti viljanviljelijöitä. Pääosin viljelijät suhtautuvat kuitenkin positiivisesti kierrätelannoitteisiin ja haluaisivat lisätä niiden käyttöä. (Laakso, Luostarinen & Seppänen 2018, 36.)

6.1 Lainsäädäntö ja ympäristökorvausjärjestelmä

Mädätysjäännöksen käytössä sovellettavaan lainsäädäntöön vaikuttavat biokaasulaitokseen tulevat syötteet sekä mädätysjäännöksen käyttökohde. Mädätysjäännös voidaan katsoa raakalannaksi, jos laitoksessa käsitellään vain tilojen omia syötteitä ja mädätysjäännös hyödynnetään tilan omilla pelloilla. Tällöin sovelletaan samaa lainsäädäntöä kuin raakalannan levityksessäkin (Paavola 2015b, 184.) Mädätysjäännöksen levitystä pellolle säätelee muun muassa Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. Vuosittain pellolle levitettävä kokonaistypen määrä saa olla enintään 170 kg/ha. Liukoisen typen enimmäismääriin vaikuttavat myös kasvilaji sekä maalaji. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014, 11§.)

Maatalouden ympäristökorvausjärjestelmässä on myös tiettyjä ehtoja, jotka vaikuttavat mädätysjäännöksen käyttöön lannoitteena. Ympäristösitoumuksen tehneet maatilat ovat

sitoutuneet muun muassa enimmäislannoitusmäärien noudattamiseen. Yksittäiset viljelijät ovat voineet sitoutua lohko-kohtaisiin toimenpiteisiin, joita on muun muassa lietelannan sijoittaminen. (Paavola 2015b, 185.)

6.2 Mädätysjäännöksen jalostaminen

Mädätysjäännöksen ominaisuudet ja olomuodot vaihtelevat, mutta yhteistä ja tärkeää niille kuitenkin tulisi olla tasalaatuisuus, hygieenisuus ja tasaiset ravinnepitoisuudet. Voidaan ajatella, että lannoitevalmisteiden olisi hyvä olla verrattavissa teollisuuslannoitteisiin. Käsittelyjäännös sellaisenaan kelpaa lannoitukseen, mutta usein sitä jatkojalostetaan tai muokataan erilaiseen tai ravinnerikkaampaan muotoon. Usein myös helppo kuljetettavuus ja sen kannattavuus on syynä jalostukseen. (Marttinen ym. 2015, 12.) Mädätysjäännös sisältää kaikki kasville tarpeelliset pää- ja hivenravinteet kuten syötekin, mutta hajoamisen yhteydessä typpi muuttuu kasville käyttökelpoisempaan muotoon: osa tuestä hajoaa ammoniumtypeksi. Biokaasuprosessissa heikosti hajoava orgaaninen aine jää mädätysjäännökseen ja se onkin arvokasta peltomaan kunnon ylläpidossa. (Luostarinen & Pyykkönen 2013, 19.)

Mädätysjäännöksestä voidaan myös jalostaa erilaisia tuotteita. Mädätysjäännöksen kiintoaine ja neste voidaan erottaa mekaanisesti kuiva- ja nestejakeiksi. Näin saadaan fosforipitoista kuivajaetta sekä typpipitoista nestejakeetta. Neste- ja kuivajakeen ravinnepitoisuuksiin vaikuttaa erotustekniikka: korkeimmat fosforipitoisuudet kuivajakeeseen saadaan lingolla, kun taas ruuvipuristimella tehty fosforinerotus jättää pitoisuudet paljon pienemmäksi. Mekaanisen erottelun lisäksi kehittämissä on erilaisia kemiallisia menetelmiä, joilla voidaan tehostaa fosforin erotusta. (Luostarinen & Pyykkönen 2013, 19–20.)

Nestejakeetta jalostamalla pyritään väkevöimään tyyppiä. Tällöin sen käytettävyys paranee ja kuljetuskustannukset pienenevät. Nestejakeen jalostamisessa voidaan käyttää strippausta, jossa ammoniumtyppi muutetaan pH:n nostoa hyödyntämällä ammoniakiksi. Tämän jälkeen ammoniakki voidaan sitoa haluttuun nesteeseen kuten veteen tai rikkihappoon, jolloin saadaan joko typpivettä tai ammoniumsulfaattia. Typpipitoisuutta voidaan nostaa edelleen haihuttamalla vettä. Yhdisteiden erotteluun voidaan myös hyödyntää kalvotekniikkaa. (Luostarinen & Pyykkönen 2013, 20.)

7 KYSELY LUMIJOKISILLE MAATILOILLE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biokaasutuotannon mahdollisuuksia Lumijoen alueella. Selvitys toteutettiin kyselynä, joka lähetettiin kaikille lumijokisille mautiloille. Tässä kyselyssä pyrittiin selvittämään mautilojen kiinnostus osallistua biokaasutuotantoon tai lopputuotteiden käyttämiseen. Tulosten pohjalta voitiin arvioida, millaisia mahdollisuuksia biokaasutuotannolle on Lumijoen alueella. Lumijoen alueen biokaasupotentiaali on määritelty vuonna 2011 paikkaan sidonnaisia tietoaineistoja hyödyntäen (Imppola & Sankari 2011, 8). Biokaasupotentiaalin lisäksi tarvitaan tietoa siitä, kuinka moni mautilallinen olisi kiinnostunut toteuttamaan biokaasutuotantoon liittyviä toimenpiteitä. Näitä voi olla esimerkiksi laitoksen rakentaminen, syötteiden tuottaminen biokaasulaitokseen, mädätysjäännöksen käyttäminen lannoitteena tai biokaasun käyttäminen ajoneuvoissa.

7.1 Kyselyn toteutus

Biokaasutuotannon mahdollisuuksia Lumijoella selvitettiin kyselytutkimuksella, joka toteutettiin sähköisesti Webropol-ohjelmalla. Lumijokisille mautiloille lähetettiin sähköpostilla suora linkki kyselyyn, johon olimme valmistelleet myös saatetekstin ja infon biokaasutuotannosta. Linkki kyselyyn lähetettiin 19.11.2020 70 mautilalliselle. Kyselyä mainostettiin eri sosiaalisen median kanavissa, kuten Twitterissä, Instagramissa ja Facebookissa. Tilallisille lähetettiin myös kotiin kuntakirje, jossa oli sama tietopaketti ja kyselyn osoite, joka oli lähetetty sähköpostilla. Kaksi viikkoa kyselyn lähettämisen jälkeen tilallisille laitettiin myös muistutusviesti.

Kyselyyn oli tullut kolmen viikon aikana vain kuusi vastausta, joten päätimme toteuttaa kyselyn osin myös puhelinhaastatteluna. Mautilalliset vastasivat suullisesti puhelussa kysymyksiin ja täytimme kyselyn verkossa heidän puolestaan. Osa myöskin kävi puhelinsoiton myötä vastaamassa kyselyyn vielä itsenäisesti. Kysely sulkeutui 7.1.2021, jolloin olimme saaneet 27 vastausta.

7.2 Kysymykset

Kyselyssä selvitettiin mautilallisten kiinnostusta osallistua biokaasutuotantoon ja biokaasun käyttöön polttoaineena, sekä tilalla saatavilla olevat syötteet. Kyselyssä selvitettiin myös mautilojen

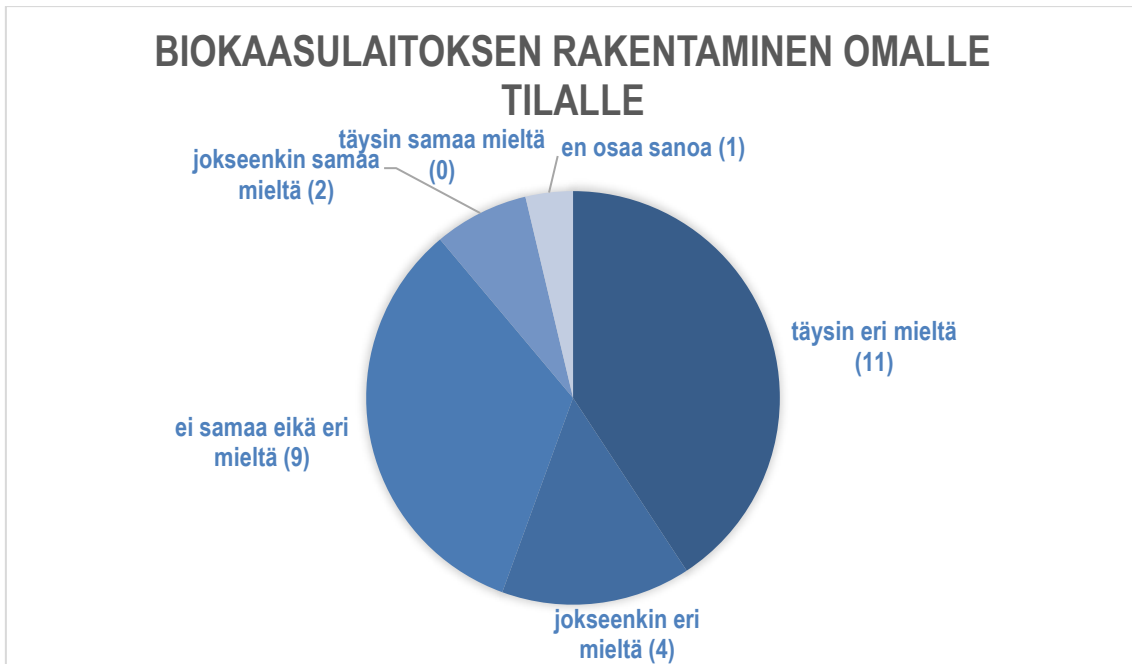
kiinnostusta osallistua tankkausaseman rakentamiseen. Näissä kysymyksissä oli määritetty vastausvelvollisuus.

Kyselyn aluksi vastaajilta kysyttiin kiinnostusta osallistua biokaasutuotantoon rakentamalla biokaasulaitos omalle tilalle, kiinnostusta biokaasutuotantoon useamman toimijan yhteistyönä, kiinnostusta syötteiden tuottamiseen tai luovuttamiseen biokaasulaitokseen sekä kiinnostusta käyttää biokaasua polttoaineena liikenteessä ja työkoneissa. Näiden lisäksi kysyttiin myös kiinnostusta käyttää biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä lannoitteena.

Seuraavaksi kysyttiin, millaisia biokaasutukseen sopivia maatalouden sivuvirtoja eli syötteitä tiloilla on. Vastausvaihtoehtoina olivat lanta, ylijäämärehu, olki, viljakasvien lajittelujäte, perunajäte, porkkanajäte, puutarhatuotannon sivuvirrat sekä avoin vastaus. Kysely jatkui kysymyksellä, jossa selvitettiin vastaajan ympäristönurmien määrä, jossa vastaus annettiin hehtaareina. Seuraavat kysymykset koskivat eläinten lukumäärää, laidunnusta ja lantajärjestelmää. Näiden tietojen pohjalta pystyimme laskemaan lantojen metaanintuottopotentiaalin. Jos kyselyyn vastanneella oli hevosia, avautuivat hevosiin liittyvät kysymykset laidunnuksesta, hevosenlannan käytöstä sekä kiinnostuksesta luovuttaa hevosenlantaa biokaasutuotantoon. Kyselyn viimeisessä osiossa selvitettiin maatilallisten kiinnostusta käyttää liikennepolttoainetta. Kysymyksen vaihtoehtoina olivat kiinnostus käyttää biokaasua liikennepolttoaineena henkilöautossa, osallistua biokaasun tankkausaseman rakentamiseen, tuottaa biokaasua liikennepolttoaineeksi sekä kiinnostus käyttää biokaasua polttoaineena traktoreissa tai muissa raskaan kaluston moottoreissa.

7.3 Kyselyn tulokset

Biokaasulaitoksen rakentamisesta omalle tilalle ei oltu kovin kiinnostuneita, sillä tilallisista kukaan ei ollut vastannut ”täysin samaa mieltä” (kuvio 5). Maatilallisista yli puolet ei ollut kiinnostunut rakentamaan biokaasulaitosta omalle tilalleen ja yhdeksän maatilallista ei ollut samaa eikä eri mieltä. Biokaasulaitoksen rakentamista omalle tilalle ei siis nähdä mahdollisuutena tai osassa tapauksista se voi olla tilanpuutteen tai pienen syötevolyymin takia mahdotonta.



KUVIO 5. Maatilojen kiinnostus rakentaa biokaasulaitos omalle tilalle

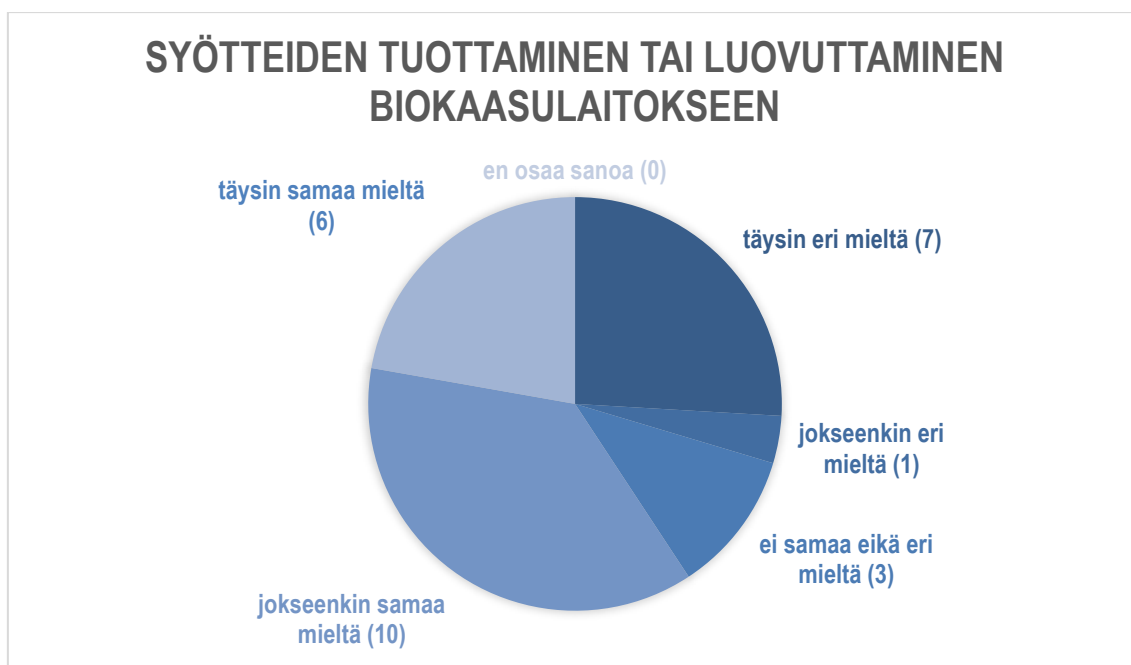
Biokaasutuotanto useamman toimijan yhteistyönä kiinnosti maatilallisia enemmän kuin laitoksen rakentaminen omalle tilalle. Maatilallisista yli puolet oli kiinnostunut biokaasutuotannosta useamman toimijan yhteistyönä, kun taas biokaasulaitoksen rakentaminen omalle tilalle kiinnosti kahta tilallista (kuvio 6). Kaikkien vastaajien tilalla ei välttämättä ole tarpeeksi syötteitä tai kapasiteettia oman biokaasulaitoksen pyörittämiseen.



KUVIO 6. Maatilojen kiinnostus biokaasutuotantoon useamman toimijan yhteistyönä

Maatilallisilta kysyttiin myös kiinnostusta tuottaa tai luovuttaa syötteitä biokaasulaitokseen. Maatilallisista 19 vastasi ”ei samaa eikä eri mieltä”, ”jokseenkin samaa mieltä” tai ”täysin samaa mieltä” tähän kysymykseen. (Kuvio 7.)

Vastausten yhdistämisellä tilan saatavilla oleviin syötteisiin voitiin määritellä biokaasutuotantoon käytettävissä oleva biomassa. Kun nämä syötetulokset mallinnettiin kartalle, voitiin havaita alueita, joissa oli potentiaalia biokaasutuotantolaitoksen rakentamiseen. Vastaajien ei tarvinnut olla kiinnostuneita biokaasulaitoksen rakentamisesta tai osallistumisesta rakentamiseen useamman toimijan yhteistyönä. Saatavilla olevien syötteiden määrää laskettaessa vastaajista rajattiin pois ne maatilat, jotka olivat vastanneet kysymykseen ”jokseenkin eri mieltä” tai ”täysin eri mieltä”.



KUVIO 7. Maatilojen kiinnostus tuottaa tai luovuttaa syötteitä biokaasulaitokseen

Maatilallisten kiinnostus käyttää biokaasulaitoksesta saatavaa mädätysjäännöstä lannoitteena oli selvästi suurta. Tilallisista 20 vastasi ”täysin samaa mieltä” tai ”jokseenkin samaa mieltä”. Tilallisista vain kolme oli vastasi ”täysin” tai ”jokseenkin eri mieltä” kysymykseen mädätysjäännöksen käytöstä. (Kuvio 8.) Vastausten perusteella voidaan olettaa, että lumijokiset maatilat ovat kiinnostuneita käyttämään mahdollisesti rakennettavan biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä lannoitteena.

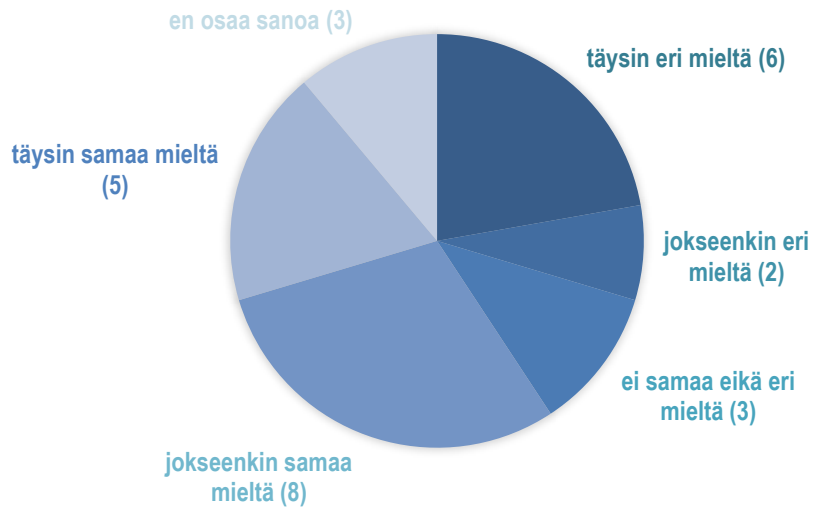
Mädätysjäännöksen käyttöön lannoitteena oli kiinnostusta erityisesti kasvitilallisilla, joilla ei ole mahdollisuutta saada karjanlantaa käyttöönsä. Luonnollisesti maatilalliset, jotka luovuttavat syötettä laitokseen, halusivat myös lannoitetta käyttöönsä. Myös luomukasvitilallisilla oli kiinnostusta mädätysjäännöksen käyttöön.



KUVIO 8. Maatilojen kiinnostus käyttää biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä lannoitteena

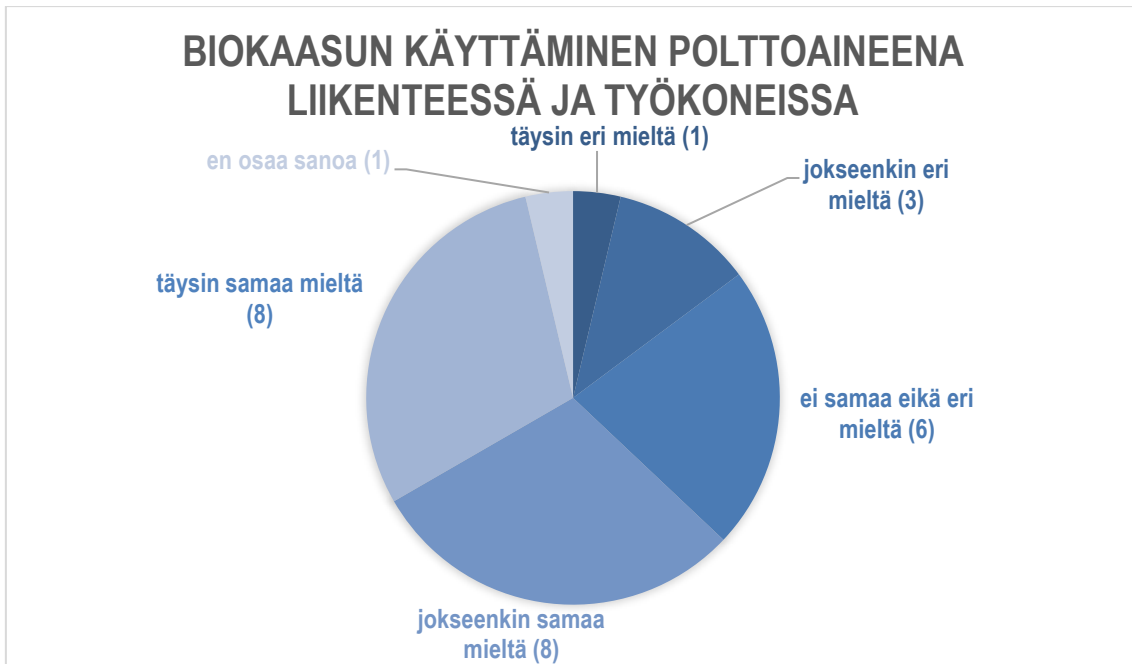
Maatilallisilta kysyttiin kiinnostusta myös biokaasun käyttämiseen sähkön- ja lämmöntuotannossa. Vastauksista voitiin nähdä, että suurin osa oli kiinnostuneita biokaasun käytöstä sähkön- ja lämmöntuotannossa. Noin puolet vastaajista oli "täysin samaa mieltä" tai "jokseenkin samaa mieltä". Kahdeksan vastaajaa oli "täysin eri mieltä" tai "jokseenkin eri mieltä". (Kuvio 9.)

BIOKAASUN KÄYTTÄMINEN SÄHKÖN- JA LÄMMÖNTUOTANNOSSA



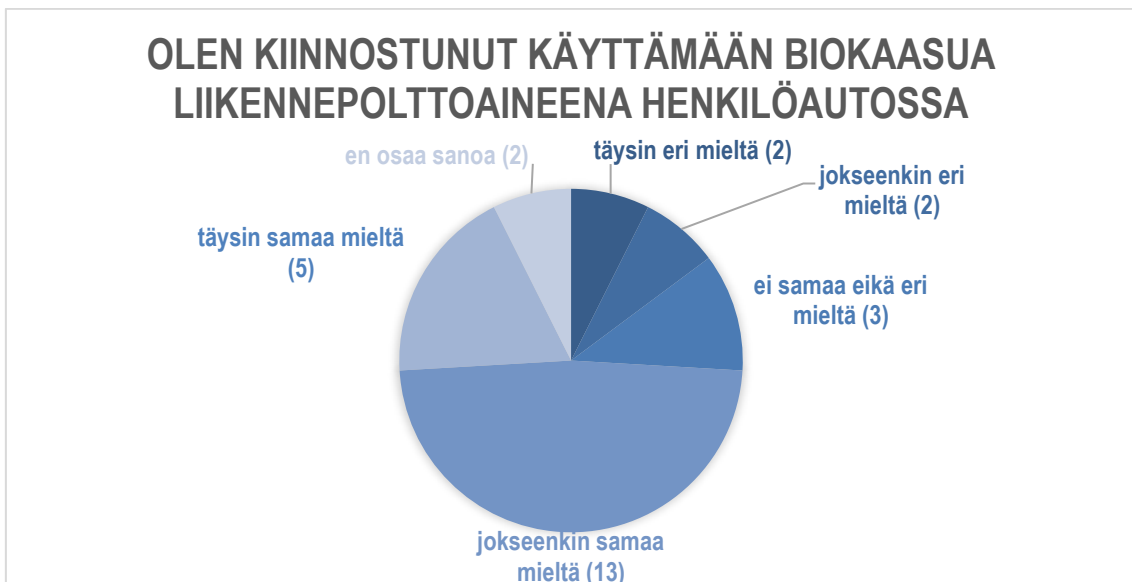
KUVIO 9. Maatilojen kiinnostus käyttää biokaasua sähkön- ja lämmöntuotannossa

Biokaasun käyttäminen polttoaineena liikenteessä ja työkoneissa kiinnosti suurinta osaa maatilallisista. Kahdeksan oli vastannut "täysin samaa mieltä" ja toiset kahdeksan "jokseenkin samaa mieltä" (kuvio 10). Vastaajia selkeästi kiinnostaa biokaasun käyttö sekä sähkön- ja lämmöntuotannossa että polttoaineena. Osa oli valmiita miettimään vaihtoehtoista polttoainetta esimerkiksi traktoreihinsa tulevaisuudessa, jos vain mahdollista.



KUVIO 10. Maatilojen kiinnostus käyttää biokaasua polttoaineena liikenteessä ja työkoneissa

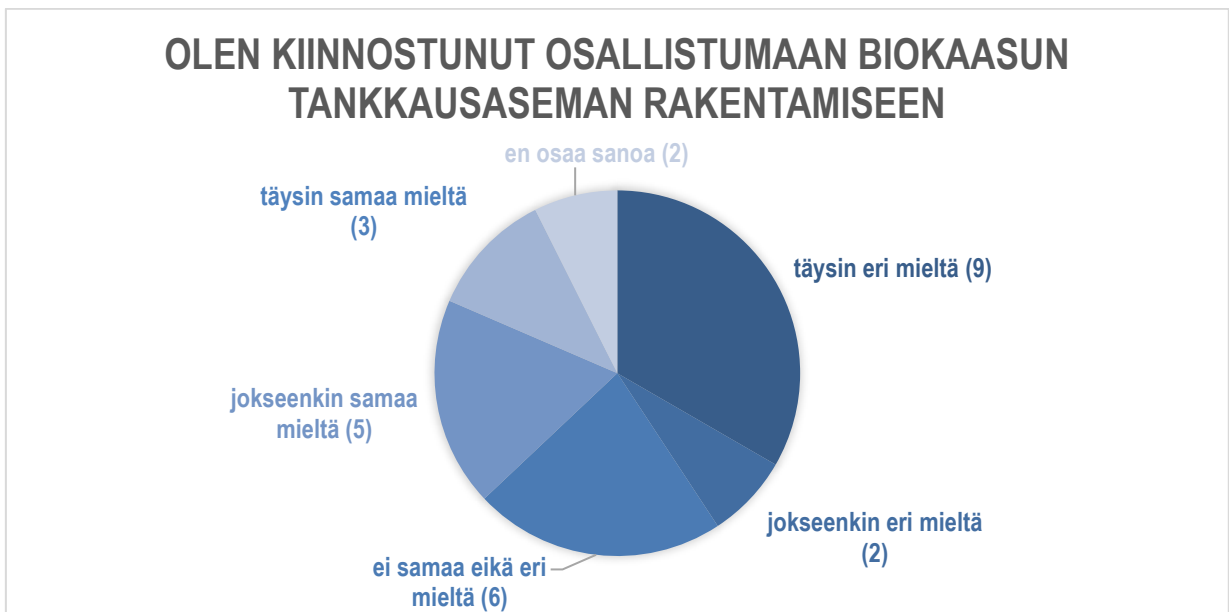
Vastaajista iso osa oli kiinnostunut käyttämään biokaasua liikennepolttoaineena henkilöautossa. Yhteensä 18 vastaajaa oli ”täysin samaa mieltä” tai ”jokseenkin samaa mieltä”. Vastaajista neljä oli ”täysin eri mieltä” tai ”jokseenkin eri mieltä” biokaasun käytöstä liikennepolttoaineena henkilöautossa. (Kuvio 11.)



KUVIO 11. Maatilojen kiinnostus käyttää biokaasua liikennepolttoaineena henkilöautossa

Kiinnostus osallistua biokaasun tankkausaseman rakentamiseen ei ollut suosittua. Yhdeksän oli "täysin eri mieltä" ja kaksi "jokseenkin eri mieltä". Kuusi oli "ei samaa eikä eri mieltä". Kiinnostuneita oli yhteensä kahdeksan. (Kuvio 12.)

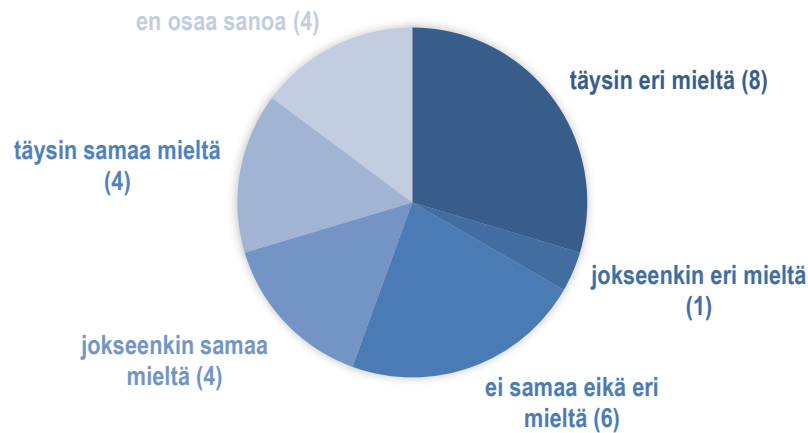
Tankkausaseman rakentamista ei välttämättä nähty mahdollisena omalle tilalle, mutta osallistuminen rakentamiseen johonkin muualle kiinnosti osaa tilallisista. Puhelinhaastatteluissa tuli myös ilmi, että vastaajat eivät täysin ymmärtäneet, mitä kysymyksellä tarkoitetaan. Epäselvyys saattoi myös vaikuttaa vastauksiin.



KUVIO 12. Maatilojen kiinnostus osallistua biokaasun tankkausaseman rakentamiseen

Maatilallisilta kysyttiin myös kiinnostusta tuottaa biokaasua liikennepolttoaineeksi. Tilallisista kahdeksan vastasi "täysin eri mieltä" ja kahdeksan "jokseenkin samaa mieltä" tai "täysin samaa mieltä" (kuvio 13). Kiinnostus on tasaista, mutta puhelinhaastatteluista tuli ilmi, että kaikki eivät tienneet, mitä kysymys tarkalleen ottaen tarkoittaa.

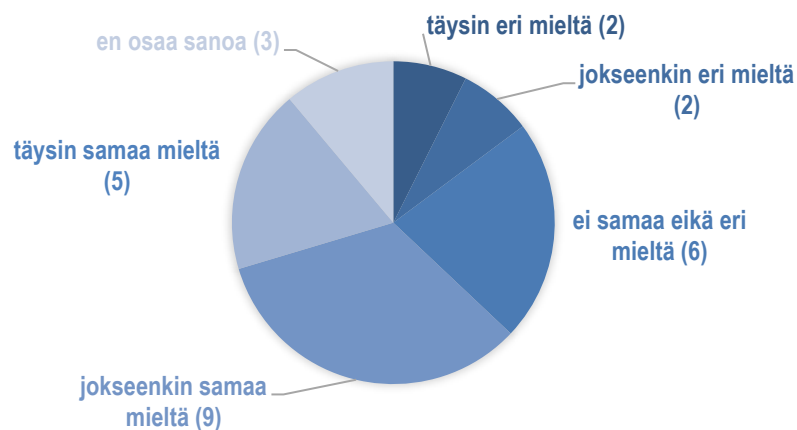
OLEN KIINNOSTUNUT TUOTTAMAAN BIOKAASUA LIIKKENEPOLTTOAINEEKSI



KUVIO 13. Maatilojen kiinnostus tuottaa biokaasua liikennepolttoaineeksi

Kiinnostus käyttää biokaasua traktoreissa tai muissa raskaan kaluston moottoreissa oli suurta, kuten kiinnostus käyttää biokaasua liikennepolttoaineena (kuvio 13). Viisi tilallista oli ”täysin samaa mieltä” ja yhdeksän ”jokseenkin samaa mieltä”. Neljä tilallista oli ”täysin eri mieltä” tai ”jokseenkin eri mieltä” (kuvio 14).

OLEN KIINNOSTUNUT KÄYTTÄMÄÄN BIOKAASUA TRAKTOREISSA TAI MUISSA RASKAAN KALUSTON MOOTTOREISSA



KUVIO 14. Maatilojen kiinnostus käyttää biokaasua traktoreissa tai muissa raskaan kaluston moottoreissa

8 TULOSTEN TARKASTELU

Biokaasutuotantolaitoksen rakentamisen suunnittelussa tulee ottaa huomioon monia osa-alueita. Jotta laitos on kannattavaa rakentaa yksin tai yhdessä muiden yrittäjien kanssa, tulee olla saatavilla riittävästi syötteitä laitokseen. Lopputuotteelle, kuten biokaasulle ja mädätysjäännökselle, tulee olla käyttäjiä. Tässä opinnäytetyössä tarkastelemme biokaasutuotannon mahdollisuuksia Lumijoen alueella laitoksen rakentajien, saatavien syötteiden sekä lopputuotteiden käyttäjien näkökulmasta.

8.1 Biokaasulaitoksen rakentaminen

Biokaasulaitoksen rakentamisessa voidaan toteuttaa monenlaisia yhteistyömalleja. Lumijoen alueella maatilalliset eivät juurikaan olleet kiinnostuneet laitoksen rakentamisesta omalle tilalle (kuvio 5). Sen sijaan laitoksen rakentaminen useamman toimijan yhteistyönä kiinnosti enemmän. Halukkuuteen rakentaa biokaasulaitos yksin tai yhdessä muiden toimijoiden kanssa voivat vaikuttaa monet asiat: Tiloilla ei välttämättä ole riittävästi biokaasutuotantoon sopivia syötteitä, joten toiminnasta on vaikeaa saada kannattavaa. Biokaasutuotannon kannattavuuteen liittyy myös epävarmuutta, jolloin yhdessä rakentaminen vähentää yksittäisen yrittäjän riskejä. Maatiloilla voi myös olla biokaasulaitokseen sopivia syötteitä, mutta yrittäjät eivät ole itse kiinnostuneita laitoksen rakentamisesta. Tällöin syötteiden tuottaminen biokaasulaitokseen voi olla heille riittävä mahdollisuus osallistua biokaasutuotantoon. Yhteistyö mahdollistaa myös monenlaista yrittäjätoimintaa: yksi tai useampi toimija voi toimittaa syötteet biokaasulaitokseen, laitoksesta saatava biokaasu jalostetaan ja myydään liikennepolttoaineena ja sivutuotteena syntyvä mädätysjäännös hyödynnetään sekä biokaasulaitoksen omistajien että muiden maatilallisten pellolla lannoitteena.

8.2 Syötteet

Jotta biokaasulaitoksen rakentaminen on kannattavaa, täytyy laitokseen saada riittävästi biokaasutuotantoon sopivia syötteitä. Saatavilla olevien syötteiden osalta täytyy selvittää, riittääkö maatilalla itsellään syötteet kannattavaan liiketoimintaan ja ovatko lähialueiden maatilat kiinnostuneita luovuttamaan syötteitä biokaasutuotantoon. Syötteiden luovuttamisessa biokaasulaitokseen voidaan hyödyntää monia yhteistyömalleja. Syötteiden luovuttajat voivat

maksaa porttimaksua biokaasulaitokselle, jotta pääsevät eroon biomassoista. Maatilalliset voivat myös saada mädätysjäännöstä käyttöön lannoitteeksi. Maatilakokoluokan biokaasulaitoksessa porttimaksua voi olla hankalaa toteuttaa, koska tilalliset voivat hyödyntää esimerkiksi eläinten lannan omalla tilalla lannoituksessa ilman kiertoa biokaasulaitoksessa.

Biokaasutuotantopotentiaalilaskelmista poiketen tässä kyselyssä selvitettiin myös maatilojen kiinnostus tuottaa tai luovuttaa syötteitä biokaasulaitokseen. Näiden vastausten perusteella pystyttiin arvioimaan, kuinka paljon rakennettavaan laitokseen olisi syötteitä saatavilla. Vastauksista rajattiin pois ne vastaajat, jotka olivat vastanneet syötteisiin liittyvään kysymykseen ”täysin eri mieltä” tai ”jokseenkin eri mieltä” (kuvio 7).

TAULUKKO 2. Lumijoen alueella saatavilla olevat syötteet, niiden määrä ja metaanintuottopotentiaali

Syöte	Määrä (tn)	Metaanintuottopotentiaali (m³ CH₄)
Olki	1438	252928
Viljan lajittelujäte	29	5223
Ylijäämärehu	3	243
Ympäristönurmien nurmimassa	1864 (tn ka)	475260
Hevoselanta	73	3762
Lampaan lanta	80	2156
Heinä (säilörehu)	125	10125

Suurin osa vastaajien syötteistä oli erilaista kasvibiomassaa. Syötteiden tyyppi vaikuttaa laitostyyppin valintaan: tällä alueella kaikkien syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus on 88%:n luokkaa, joka tarkoittaa sitä, että käytettäväksi laitostyypiksi sopisi kuivamädätys.

Maatilalliset olivat ilmoittaneet kasvibiomassojen määrät hehtaareina, joten alussa muutimme hehtaarit tonneiksi. Kun määrä on ilmoitettu tonneina, siitä saa laskettua myös syötteen metaanintuottopotentiaalin. Ympäristönurmien pinta-alojen vastauksista osa oli annettu esimerkiksi 50–100 ha. Tällöin laskennassa on käytetty suurinta annettua arvoa. Keskimääräinen viljasato oli

vuonna 2020 Pohjois-Pohjanmaalla kauralla 3 330 kg/ha ja ohralla 3 770 kg/ha. (Luonnonvarakeskus 2020.) Olkimäärä on verrattavissa viljan satotasoihin, joten laskimme oljen keskimääräiseksi sadoksi noin 3 000 kg/ha. Laskimme tällä luvulla oljen määrän vastaajien ilmoittamalta hehtaarialalta. (Laurila & Saarinen 2014, 2.)

Otimme kyselyssä huomioon myös erilaisten ympäristönurmien nurmimassat, jotka voitaisiin hyödyntää biokaasulaitoksessa. Vastausvaihtoehtoina olivat suojavyyhykenurmet, luonnonhoitopeltonurmet, monivuotiset ympäristönurmet, viherlannoitusnurmet ja kesannot. Vastaajat olivat kertoneet myös nurmipinta-alan hehtaareina. Sadot vaihtelevat hoitamattomilta luonnonhoitopelloilta paljon – jopa 2 000–10 000 – kg/ha mutta käytimme laskennassa Hoidettu Viljelemätön Pelto Biokaasuksi -hankkeessa saatua keskiarvoa noin 4 990 kg/ka/ha. (Niemeläinen ym. 2014, 9) Lukua käytettiin hoitamattoman nurmibiomassan määrän laskemiseen. Laskennassa ei ole otettu huomioon sitä, että kaikkia ympäristönurmia ei saada kerättyä biokaasulaitokseen ja olkea ei tule saman verran joka vuosi. Osa heinästä ja ympäristönurmien vihermassoista menee toiselle tilalle käyttöön tai viherlannoitukseen.

Saatavilla olevista syötteistä yhteenlaskettu metaanintuottopotentialiaali on noin 750 000 (749 697) m³ CH₄. Yksi kuutiometri metaania vastaa noin 10 kWh energiaa. Kyseisistä syötteistä tulisi siis noin 7 500 MWh energiaa, mikä tarkoittaa noin 400 keskikokoisen omakotitalon energiankulutusta vuodessa.

8.3 Laitos ja tankkausasema

Syötteiden luovuttamisesta kiinnostuneiden vastaukset mallinnettiin kartalle QGIS-nimisellä paikkatieto-ohjelmalla. Mallinnuksen avulla haluttiin havainnollistaa paremmin syötteiden määrää, sijaintia ja metaanintuottopotentialiaa. Mallinnuksen perusteella syötteet sijoittuvat pitkälti Lumijoen taajaman läheisyyteen ja kauimmaisoin tila sijaitsi alle kymmenen kilometrin säteellä keskustasta. Tästä voidaan päätellä, että mahdollisten biokaasulaitoksien sijainti voisi olla Lumijoen keskustan läheisyydessä, jolloin syötteiden kuljettamisen kustannukset olisivat mahdollisimman pienet.

Kyselyssä selvitettiin myös lumijokisten maatilojen kiinnostusta rakentaa biokaasun tankkausasema (kuvio 12). Jos laitoksesta tuleva biokaasu jalostetaan liikennepolttoaineeksi, se myös usein myydään omalta tankkausasemalta. Kiinnostus tankkausaseman rakentamiseen oli

vähäisempää verrattuna muihin vastauksiin. Osittain tämä saattoi johtua siitä, että vastaajat eivät tienneet, mitä kysymyksellä tarkoitetaan. Tankkausaseman rakentaminen ei ole kuitenkaan välttämätöntä liikennebiokaasun tuottamiseksi. Liikennebiokaasua voidaan tuottaa myös pullopattereihin, jotka voitaisiin kuljettaa lähimmille biokaasun tankkausasemille joko Ouluun tai Ala-Temmeksen SEO:lle.

Lumijoen maatilalliset ovat kiinnostuneita biokaasun käytöstä sähkön- ja lämmöntuotannossa (kuvio 9), polttoaineena liikenteessä ja työkoneissa (kuvio 10) sekä traktoreissa ja muissa raskaan kaluston moottoreissa (kuvio 14). Maatilalliset ovat myös kiinnostuneita käyttämään biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä lannoitteena (kuvio 8). Biokaasulaitoksen lopputuotteille on käyttäjiä, mikä on hyvä asia rakentamissuunnitelmien kannalta.

Saatavissa olevien syötteiden pohjalta voidaan sanoa, että Lumijoelle rakennettavat laitokset tulisivat olemaan kuivamädätyslaitoksia, joissa suurin osa syötteistä olisi olkea ja ympäristönurmien vihermassoja. Tällöin mädätysjäännös tulisi olemaan kiinteässä muodossa, ja sen levittäminen pellolle vaatii kuivalannan levitykseen sopivan kaluston. Tämä voi tarkoittaa erityisesti kasvitiloille lisäinvestointia. Oljesta ja nurmimassoista syntyneen mädätysjäännöksen lannoitusvaikutus voi myös olla erilainen kuin lannalla tai väkilannoitteella. Mädätysjäännöksen lannoitekäyttöön liittyvien haasteiden ratkaisemiseksi voidaan ehdottaa esimerkiksi eläintilan pyytämistä mukaan, jolloin saadaan lantaa biokaasuprosessiin. Lietelannan käytöllä voitaisiin saada kuiva-ainepitoisuutta pienemmäksi, jolloin mädätysjäännöksen voisi levittää liotelannan tavoin. Eläintiloilla saattaisi myös mahdollisesti olla kuivalannan levitykseen sopivaa kalustoa, mikä helpottaisi kuivamädätyslaitoksen jäännöksen levittämistä.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lumijoen kunnan alueella on potentiaalia biokaasutuotantoon ja siellä ollaan kiinnostuneita biokaasulaitoksen rakentamisesta sekä lopputuotteiden käyttämisestä. Karttamallinnuksista voitiin havaita alueita, joissa on paljon syötepotentiaalia sekä biokaasutuotannosta kiinnostuneita yrittäjiä. Kyselyn pohjalta tehtiin johtopäätöksiin liittyy kuitenkin useita epävarmuustekijöitä, joiden takia tarkemmat selvitykset biokaasutuotannon käynnistämiseksi Lumijoella ovat tarpeen.

Laitosten rakentamiseen sekä syötteisiin liittyvien kysymysten kohdalla voidaan päätellä, että Lumijoella on enemmän potentiaalia yhteislaitoksen rakentamiseen kuin laitoksen rakentamiseen omalle tilalle. Saatavilla olevia syötteitä voi olla liian vähän yhtä tilaa kohden, tai tilalliset eivät itse ole kiinnostuneita laitoksen rakentamisesta omalle tilalle. Kun laitos rakennetaan yhdessä muiden yrittäjien kanssa, yksittäisen yrittäjän riskit pienenevät. Toisaalta yhteistyön onnistuminen vaatii yhteistyöhön sitoutuneita ja toistensa kanssa toimeen tulevia yrittäjiä. Kaikki eivät lähde rakentamaan yhteistyötä muiden yrittäjien kanssa. Tarkemmassa selvityksessä voidaan myös löytää useita mahdollisia yhteistyöyhteyksiä.

Saatavilla olevien syötteiden perusteella voidaan sanoa, että laitoksien tulisi olla panostoimisia kuivämädätyslaitoksia. Syötteenä olisi saatavilla pääosin vihermassoja sekä olkea ja pieniä määriä lantaa. Syötteiden sijainnin perusteella voidaan sanoa, että laitokset sijoittuisivat lähelle Lumijoen keskustaa. Laitosrakentamiseen liittyvien haasteiden helpottamiseksi mukaan voisi kysyä lähialueilta, kuten Siikajoelta karjatiloja, jolloin laitokseen saataisiin syötteenä lantaa. Tällöin voitaisiin mahdollisesti rakentaa kiintomädätys- tai märkämädätyslaitos.

Lumijoella on selkeästi havaittavissa kiinnostusta käyttää biokaasua sähkön- ja lämmöntuotannossa tai liikennepolttoaineena sekä mädätysjäännöstä lannoitteena. Mädätysjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena voi aiheuttaa haasteita: mädätysjäännös pitää levittää pellolle kuivalannan tavoin, mikä tarkoittaisi investointia kuivalannanlevityskalustoon. Typen haihtumisen estämiseksi mädätysjäännös kannattaa mullata tai sijoittaa peltoon, mikä tarkoittaisi kyseisessä tilanteessa mädätysjäännöksen kyntämistä peltoon. Erityisesti kasvinviljelytiloilla tämä tarkoittaisi kevät- tai syyskyntöä, mikä voisi aiheuttaa haasteita mädätysjäännöksen varastointiin. Oljesta ja vihermassoista saatavan mädätysjäännöksen käyttö

lannoitteena ei myöskään ole kovin yleistä, joten käytön onnistuminen vaatisi perehtymistä oljen ja vihermassojen lannoituskäyttöön.

Biokaasutuotantolaitoksen rakentaminen Lumijoelle vaatii vielä tarkempia selvityksiä. Tässä opinnäytetyössä emme keskittyneet laitoksen kannattavuuteen, koska vastausten perusteella ei vielä voi arvioida, millainen laitos Lumijoelle rakennettaisiin ja millaisia syötteitä siihen tulisi. Tarkemmissa selvityksissä tuotantoa tulee myös tarkastella erityisesti kannattavuuden näkökulmasta: riittävätkö saatavilla olevat syötteet kannattavaan biokaasutuotantoon ja onko lopputuotteille käyttäjiä. Tankkausaseman rakentaminen ei ole pakollista Lumijoelle, sillä se sijaitsee hieman syrjässä lähellä olevasta vilkkaasta Haarasillasta, jossa yhdistyy monta valtatieä. On mahdollista myös rakentaa tankkausasema, josta tankkaamisen lisäksi olisi mahdollista kuljettaa kaasua lähialueen tankkausasemille.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biokaasutuotannon mahdollisuuksia Lumijoella. Kartoitusta toteutettiin Webropol-kyselyllä, jossa kysyttiin lumijokisten mautilojen kiinnostusta biokaasutuotantoon, syötteiden luovuttamiseen, biokaasulaitoksen rakentamiseen ja liikennepolttoaineen käyttämiseen. Kyselyn vastauksista selviää, että Lumijoella on halukkuutta biokaasutuotantoon, niin maatilallisten kuin loppukäyttäjienkin näkökulmasta. Biokaasulaitoksen syötteiden sijainnin perusteella laitos voisi sijoittua melko lähelle Lumijoen taajama-aluetta. Syötteiden perusteella biokaasulaitos on panostoiminen kuivamädätyslaitos, sillä suurin osa syötteestä on kuivaa nurmimassaa.

Vaikka biokaasutuotanto ei ole Suomessa vielä yleistynyt, niin siinä on paljon potentiaalia ravinnekierron ja fossiilittoman liikennepolttoaineen näkökulmasta. Biokaasulaitosten ja tankkausasemien rakentaminen pohjoisemmaksi olisi tärkeää, jotta tankkausverkostoa saataisiin kasvatettua laajemmaksi ympäri Suomea. Mautilojen saaminen osaksi biokaasutuotantoa edellyttäisi tukipolitiikan muuttamista ja biokaasun mahdollisuuksien edistämiseen tarvittaisiin valtion tukea.

Kyselyn vastauksia läpikäydessä huomasimme kyselyssä tiettyjä epäkohtia. Likertin asteikon sijaan vastausvaihtoehtoina olisi voitu käyttää myös muita asteikkoja, sillä se teki kyselyn analysoimisen vaikeammaksi. Osa kyselystä toteutettiin puhelinhaastatteluna, joten myös kysymyksien asettelun haasteet tulivat esiin, sillä osa vastaajista ei tiennyt, mitä kysymyksillä tarkoitettiin. Tämän olisi voinut estää tekemällä huolellisemman taustatyön kyselyn suunnittelussa ja kyselyn testiversiossa. Osittain tästä syystä emme aluksi saaneet riittävästi vastauksia, jonka takia toteutimme kyselyn puhelinhaastatteluna. Toisaalta puhelinhaastattelu lisäsi vastaajien määrää, mikä taas toi lisää aineistoa.

Biokaasutuotannon aloittaminen Lumijoella vaatii vielä tarkempia selvityksiä. Laitosrakentamisesta kiinnostuneita tiloja voisi kerätä yhteen, jolloin voitaisiin löytää yhteistyöhön osallistuvia yrittäjiä. Näiden tietojen pohjalta voidaan tarkentaa muun muassa laitokseen tulevat syötteet, biokaasun hyödyntäminen ja käyttökohteet sekä mädätysjäätännöksen hyödyntäminen lannoitteena. Tarkemmissa selvityksissä avaintekijänä on tuotannon kannattavuuden selvittäminen, jotta

biokaasulaitoksen rakentaminen on järkevää. Tarkempia selvityksiä tehdessä voidaan myös pyytää mukaan eläintiloja, jolloin voidaan ratkaista laitosrakentamiseen sekä mädätysjäännöksen hyödyntämiseen liittyviä haasteita.

LÄHTEET

Agroekologisten symbioosien verkostot -hanke 2020a. Kuivämädätyslaitos hyödyntää maatilalla lannat ja peltobiomassat. Tietoisku. Hakupäivä 7.4.2021. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2020/04/AES-verkostot-tietoisku-nro-5-Kuivämädätyslaitos-hyödyntää-maatilalla-lannat-ja-peltobiomassat.pdf>

Agroekologisten symbioosien verkostot -hanke 2020b. Kuvakaappaus. Kuivämädätyslaitos hyödyntää maatilalla lannat ja peltobiomassat. Tietoisku. Hakupäivä 7.4.2021. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2020/04/AES-verkostot-tietoisku-nro-5-Kuivämädätyslaitos-hyödyntää-maatilalla-lannat-ja-peltobiomassat.pdf>

Al Seadi, Teodorita, Rutz, Dominik, Prassl, Heinz, Köttner, Michael, Finsterwalder, Tobias, Volk, Silke & Janssen, Rainer 2008. Biogas handbook. Hakupäivä 7.10.2020 <https://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf>

Biomassa-atlas 2020. Pelto. Hakupäivä 4.11.2020. <https://www.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/pelto/>

Demeca 2021. Tietoa kiintomädätyslaitoksesta. Hakupäivä 26.3.2021. <https://demeca.fi/biokaasu/>

Gasum 2020. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen määrä lähes tuplaantui Suomessa vuonna 2019. 31.01.2020. Hakupäivä 23.3.2021. <https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/medialle/uutiset/2020/kaasukayttoisten-ajoneuvojen-maara-lahes-tuplaantui-suomessa-vuonna-2019/>

Grönroos Juha, Hellstedt Maarit, Nousiainen Jouni, Munther Joonas & Luostarinen Sari 2017. Suomen normilanta – laskentajärjestelmän kuvaus ja ensimmäiset tulokset. Luonnonvara- ja bionalouden tutkimus 47/2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus (Luke).

Häkkinen, Pekka & Kari, Maarit. Maatalouden biomassat biokaasulaitoksessa. ProAgrian hankejulkaisut 6. Hakupäivä 4.11.2020.

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas_s.pdf

Impola, Ritva & Sankari, Toni 2011. Pohjois-Pohjanmaan biokaasupotentiaalin arviointitutkimus. BioG-Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla -hanke. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 10.2.2021.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/227884/Biokaasupotentiaalin_arviointitutkimus.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Impola, Ritva, Annunen, Ville, Käyhkö, Virpi & Peltola, Matti 2020. Biokaasua! Käsikirja kaasukäyttöisten ajoneuvojen hankinnan ja käytön tueksi. Oulun ammattikorkeakoulu.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-597-196-8>

Kauppi, Ari 2020. Maaseutuasiamies. Sähköpostiviesti 28.11.2020.

Kinnunen, Viljami & Rintala, Jukka 2015. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Teoksessa M. Kymäläinen & O. Pakarinen (toim.) Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 9–20.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf

Kymäläinen Maritta 2015. Anaerobinen hajoaminen ja sen hallinta biokaasureaktorissa. Teoksessa Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. 59–81. Hakupäivä 7.4.2021.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kymäläinen, Maritta & Luostarinen, Sari 2015. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Teoksessa M. Kymäläinen & O. Pakarinen (toim.) Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 21–47.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf

Laakso, Johanna, Luostarinen, Sari & Seppänen, Ari-Matti 2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Sivuvirroista väkilannoitteen korvaajaksi. Mädätysjäätännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2018. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Hakupäivä 3.11.2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-590-5>

Lampinen, Ari & Rautio, Erkki 2015. Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. 124-172. Hakupäivä 10.4.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Latvala, Markus 2009a. Kuvakaappaus. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 30. Hakupäivä 17.3.2021 <http://hdl.handle.net/10138/37998>

Latvala, Markus 2009b. Kuvakaappaus. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, 42. Hakupäivä 17.3.2021 <http://hdl.handle.net/10138/37998>

Latvala, Markus 2009c. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Hakupäivä 17.3.2021 <http://hdl.handle.net/10138/37998>

Laurila, Jaana & Saarinen, Jukka 2014. Peltobiomassojen korjuu ja sen ympäristövaikutukset – kohdealueena Varsinais-Suomi ja Satakunta. Hakupäivä 24.4.2021 http://www.sbe.fi/SBE/Sopimukset_files/Peltobiomassojen_hyodyntaminen.pdf

Lehtomäki, Annamari, Luostarinen, Sari, Paavola, Teija & Rintala, Jukka 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Hakupäivä 28.9.2020. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/538766>

Liimatainen, Juha 2021. Kaasuasemat kartalla. Google Maps -kartta. Päivitetty 14.3.2021.
Hakupäivä 23.3.2021

https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1pbnHU_8pwXMh1LWkglmwAyepBYs&shorturl=1&ll=69.6844744616971%2C32.81820193912999&z=4

Liimatainen, Juha 2021. Kuvakaappaus. Biokaasun tankkausasemat Suomessa. Hakupäivä 23.3.2021.

https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1pbnHU_8pwXMh1LWkglmwAyepBYs&shorturl=1&ll=69.6844744616971%2C32.81820193912999&z=4

Lumijoen kunta 2020. Hakupäivä 28.9.2020. <https://www.lumijoki.fi/>

Luonnonvarakeskus 2020. Tilastotietokanta. Viljelykasvien sato muuttujina.
<http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>

Luostarinen, Sari & Pyykkönen, Ville. 2013. Biokaasuteknologian perusteet. Teoksessa Biokaasuteknologiaa maataloilla 1 – Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi – käytännön kokemuksia MTT:n maatalakohtaiselta laitokselta (toim. Sari Luostarinen). MTT raportti 113. MTT Jokioinen. Hakupäivä 26.3.2021. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti113.pdf>

Luostarinen, Sari 2015a. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Teoksessa Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. 21–47. Hakupäivä 7.4.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Luostarinen, Sari 2015b. Biokaasuprosessit ja laitostaseet. Teoksessa Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. 82–93. Hakupäivä 7.4.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mahal, Katja, Marttinen, Sanna, Nurmio, Juha, Riihimäki, Markku & Suoniemi, Jani 2014. Biokaasulaskuri.fi -Biokaasulaskurin käyttöohje. Uusikaupunki: Ukipolis Oy, Jokioinen: MTT maaja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Hakupäivä 7.4.2021. https://asiakas.kotisivukone.com/files/ukipolis.palvelee.fi/Biol/biokaasulaskuri_ohjekirja.pdf

Marttinen, Sanna, Paavola, Teija, Ervasti, Satu, Salo, Tapio, Kapuinen, Petri, Rintala, Jukka, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Torniainen, Merja, Maunuksela, Liisa, Suominen, Kimmo, Sahlström, Leena, & Herranen, Mirkka 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT raportti 82. MTT Jokioinen. Hakupäivä 27.10.2020 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-432-8>

Motiva Oy. Luostarinen, Juha. 2/2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. Hakupäivä 10.3.2021, https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Niemeläinen, Oiva, Hyvönen, Terho, Jauhiainen, Lauri, Lötjönen, Timo, Virkkunen, Elina & Uusi-Kämpä, Jaana 2014. Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi – biomassan sopivuus syötteen ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamiseen. Loppuraportti. Dnro 2619/312/2009. Jokioinen: MTT Kasvintuotannon tutkimus. Hakupäivä 7.4.2021. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2014030415897>

Paavola, Teija 2015a. Määdetejäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa Biokaasuteknologia- raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 24.3.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Paavola, Teija 2015b. Lainsäädäntö ja toiminnan vaatimat luvat. Teoksessa Biokaasuteknologia- raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Maritta Kymäläinen & Outi pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 25.3.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pulkka, Eeva-Kaisa 2018. Kiintomädätys yhdistää kuiva- ja märkämädätyksen edut. Maatilan Pellervo. Hakupäivä 26.3.2021. <https://maatilanpellervo.fi/2018/03/07/kiintomadatys-yhdistaa-kuiva-ja-markamadatyksen-edut/>

Roinila, Jukka 2020a. Kaasuautotiedon perusteet. Kaasuautoilijat ry. 21.5.2020. Hakupäivä 23.3.2021. <https://kaasuautoilijat.fi/2019/07/22/kaasuautotietoa/>

Roinila, Jukka 2020b. Kaasun tankkaaminen. Kaasuautoilijat ry. 15.3.2021. Hakupäivä 23.3.2021 <https://kaasuautoilijat.fi/2019/07/24/tankkausverkosto/>

Sitra 2019. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat. 20.6.2019. Artikkelit. Hakupäivä 7.4.2021. <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>

Suomen biokierto & biokaasu ry 2020. Julkilausuma. Hakupäivä 30.3.2021. https://biokaasu2030.fi/wp-content/uploads/2020/08/Julkilausema_2020.pdf

Traficom 2021. Hae kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintatukea. Hakupäivä 23.3.2021. <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-kaasukayttoisen-kuorma-auton-hankintatukea>

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014. Hakupäivä 25.3.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>