

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Liisa Kaskiluoto  
Katariina Tuunainen

AGROEKOLOGISTEN SYMBIOOSIEN MAHDOLLISUUDET  
POHJOIS-KARJALASSA

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2020**  
**Energia- ja ympäristötekniikan**  
**koulutus**  
Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

**Tekijät**  
Liisa Kaskiluoto, Katariina Tuunainen

**Nimeke**  
Agroekologisten symbioosien mahdollisuudet Pohjois-Karjalassa

**Toimeksiantaja**  
Karelia-AMK

**Tiivistelmä**

Energia- ja ravinneomavaraisuus luo maatilayrittäjille turvaa harjoittamaansa toimintaan. Hyvinkään Palopuron agroekologisessa symbioosissa läheltä kerätyt biokaasulaitoksen raaka-aineet tuottavat rikkaan mädätysjäännöksen lisäksi paikallista ja kotimaista energiaa symbioosin osakkaiden käyttöön. Raaka-aineiden ravinteet kiertävät suljetusti symbioosin sisällä vähentäen riippuvuutta ulkopuolisista tekijöistä. Symbioosi vaatii vahvaa sitoutumista kunkin osakkaan osalta.

Työssä tarkasteltiin Palopuron agroekologisen symbioosin mahdollisuuksia ja esteitä monistaa toimintamalli Pohjois-Karjalaan. Laadullinen tapaustutkimus toteutettiin kolmelle kuntatapauskalle teemahaastatteluna ja aineistoa analysoitiin teemoittelemalla. Teemoiksi muodostui materiaalivirrat, toimijaverkostot sekä intressit ja kiinnostavuus. Edellä mainittujen teemojen lisäksi oleellisiksi piirteiksi symbioosin mahdollistamiselle tunnistettiin symbioosin osakkaiden välimatka toisiinsa sekä varmistettu peruskuorma tuotetulle energialle.

Valmiit sidosryhmät sekä positiivinen ja kiinnostunut asenne biokaasun tuotantoa kohtaan tuovat varmuutta laitoksen suunnittelulle. Usean kuntatapauskalle symbioosin mahdollistamisen ongelmaksi muodostui puute tuotetun lämmön kulutuksesta. Lisäksi mautilojen välimatka lannan ja mädätysjäännöksen kuljettamiseksi tuottaa haittatekijöitä kalliiden kustannuksien vuoksi. Symbioosin toteuttaminen Pohjois-Karjalassa on mahdollista tietyin reunaehdoin.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 77  
Liitteet 2  
Liitesivumäärä 3

**Asiasanat**

Agroekologia, biokaasu, omavaraisuus, symbioosi



**THESIS**  
**May 2020**  
**Degree Programme in Energy and Environmental Technology**  
Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

**Authors**

Liisa Kaskiluoto, Katariina Tuunainen

**Title**

Possibilities of Agroecological symbioses in North Karelia

**Commissioned by**

Karelia UAS

**Abstract**

Energy and nutrient self-sufficiency creates safety for farm entrepreneurs. In the agroecological symbiosis of Palopuro, Hyvinkää, raw materials of the biogas plant collected from near proximity. It produces local and domestic energy for use of the symbiosis shareholders in addition to the rich digestate. The nutrients of the raw materials circulate in a closed manner within the symbiosis, reducing dependence on external factors. Symbiosis demands a strong commitment from each shareholder

In this thesis we examined the possibilities and obstacles of the agroecological symbiosis of Palopuro to duplicate the operating model in North Karelia. A qualitative case study was carried out for three municipal cases as a theme interview and the results were analyzed by thematically. Material flows, networks of actors as well as interests and interest were selected as themes. Using the themes selected above, the essential features for enabling symbiosis was the distance between the shareholders of the symbiosis and guaranteed base load for the produced energy.

Ready-made shareholders and positive and interested attitude towards biogas production bring more reliability to the plant's design. The problem of enabling the symbiosis of several municipal cases was the lack of consumption of the produced heat. In addition, the distance between the farms for transporting manure and digestate produces disadvantages due to the high cost. The implementation of symbiosis in North Karelia is possible under certain preconditions.

**Language**

Finnish

Pages 77

Appendices 2

Pages of Appendices 3

**Keywords**

Agroecology, biogas, self-sufficiency, symbiosis

# Sisältö

1	Johdanto .....	6
2	Pohjois-Karjalan maaseudun kehitystrendit ja rakenne .....	7
2.1	Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020 .....	8
2.2	Pohjois-Karjalan maaseudun tunnuslukuja .....	10
3	Biokaasu .....	12
3.1	Biokaasun tuotantoprosessit .....	15
3.1.1	Märkämädätys .....	15
3.1.2	Kuivämädätys .....	16
3.1.3	Kiintomädätys .....	17
3.2	Maatilakokoluokan biokaasulaitos .....	18
3.3	Liikennebiokaasu .....	21
3.4	Biokaasun tuet .....	24
4	Teollinen ekologia .....	27
4.1	Agroekologinen symbioosi .....	30
4.1.1	Ekologiset hyödyt .....	31
4.1.2	Taloudelliset hyödyt .....	33
4.1.3	Sosiaaliset hyödyt .....	34
4.2	Ravinne- ja energiaomavarainen Palopuro .....	35
4.3	Palopuron Biokaasu Oy .....	37
5	Työn tausta ja tavoitteet .....	39
6	Aineisto ja menetelmät .....	40
6.1	Teemahaastattelu .....	40
6.2	Aineiston käsittely ja analysointi .....	42
6.2.1	Teemoittelu .....	42
6.2.2	Vertailukehittäminen .....	43
6.2.3	SWOT-analyysi .....	44
6.3	Laskentaperusteet .....	44
7	Tulokset .....	47
7.1	Tapaus 1, Juuan tilojen nykytilanne ja laitosratkaisu .....	47
7.2	Tapaus 2, Kiteen tilan nykytilanne ja laitosratkaisu .....	51
7.3	Tapaus 3, Nurmeksen tilojen nykytilanne ja laitosratkaisu .....	56
7.4	SWOT-analyysien tulokset .....	61
7.5	Maatilakohtainen biokaasu .....	65
8	Pohdinta .....	68
8.1	Tulosten tarkastelu .....	68
8.2	Luotettavuus .....	71
8.3	Jatkotutkimus- ja kehittämismahdollisuudet .....	72
	Lähteet .....	73

## Liitteet

Liite 1	Teemahaastattelurunko.
Liite 2	Yleiset laskentaperusteet.

## Kuvat

Kuva 1	Anaerobinen hajoamisprosessi.
Kuva 2	Biokaasun tuotanto maatilalla.
Kuva 3	Biokaasun jalostus liikennekäyttöön.

- Kuva 4 Maakaasun ja biokaasun tankkausasemat Suomessa vuonna 2020.
- Kuva 5 Teollisen ekologian käsitteiden suhde toisiinsa.
- Kuva 6 Palopuron agroekologisen symbioosin kierto.

#### Kuviot

- Kuvio 1 Juuan maatilojen energiankulutus on yhteensä 226 000 kWh.
- Kuvio 2 Kiteen tilan sähkönkulutus ja lämmöntuotantoon kuluva pelletin määrä vuodessa.
- Kuvio 3 Nurmeksen tilojen yhteenlaskettu sähkönkulutus on vuodessa 150 000 kWh.

#### Taulukot

- Taulukko 1 Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärät tuotantosuunnittain Pohjois-Karjalassa vuonna 2019.
- Taulukko 2 Peltoenergiatuotantopotentiaalit seutukunnittain.
- Taulukko 3 Eri syötteiden ominaisuuksia.
- Taulukko 4 Bensiniilitraekvivalenttimäärä yhdestä tonnista syötettä.
- Taulukko 5 Ekosysteemien kehitystä voidaan kuvata kolmen eri metaforisen mallin mukaan.
- Taulukko 6 Haastateltavien maatilayrittäjien sijaintikunnat ja päätoimialat.
- Taulukko 7 Syötteiden ominaisuuksia.
- Taulukko 8 Syötteiden tilavuuspainokertoimet.
- Taulukko 9 Maatilojen lantojen kuiva-ainepitoisuudet (TS).
- Taulukko 10 Bensiniilitraekvivalentit biokaasuprosessissa yhdestä tonnista (märkäpaino) materiaalia.
- Taulukko 11 Juuan maatilojen lantojen tuorepainot ja metaanintuottopotentiaalit vuositasolla.
- Taulukko 12 Juuan syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.
- Taulukko 13 Lantojen tuorepainot sekä metaanintuotantopotentiaalit vuositasolla.
- Taulukko 14 Syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.
- Taulukko 15 Lantojen tuorepainot sekä metaanintuotantopotentiaalit vuositasolla.
- Taulukko 16 Syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.
- Taulukko 17 Juuka SWOT -analyysi.
- Taulukko 18 Kitee SWOT-analyysi.
- Taulukko 19 Nurmekes SWOT-analyysi.

## 1 Johdanto

Vesistöt rehevöityvät ja happamoituvat, koska ihminen on toiminnallaan sekoittanut luonnon ravinnekiertoa. Tärkeän kasvinravinteiden fosforin määrä on ehtymässä ja keinolannoitteiden valmistus kuluttaa energiaa. Ravinteet tulisi saada uudelleen kiertoon. Maatilakokoluokan biokaasuteknologiaa käyttämällä tilalla syntyvä lanta saadaan hyödynnettyä biokaasulaitoksessa. Laitoksen prosessit tuottavat ravinnerikasta mädätysjännöstä (= lannoitetta) pelloille ja uusiutuvaa energiaa, biokaasua, sähkön ja lämmöntuotantoon. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 7.)

Opinnäytetyö on osa Suomen metsäkeskuksen ja Karelia Ammattikorkeakoulu Oy:n UusiutuWat-hanketta. Hankkeen tavoitteena on luoda sidosryhmiä maaseutuyritysten kanssa ja näin kehittää uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä Pohjois-Karjalan toiminta-alueella. Vahvistamalla maaseudun elinkeinotoimintaa pystytään parantamaan myös yritysten energiaomavaraisuutta. (Karelia Ammattikorkeakoulu Oy 2018.)

Hyvinkään Palopurolla sijaitsee luonnonmukaisesti viljelevä Knehtilän tila, jonka ympärille sijoittuu monen eri toimijan välinen yhteistyöverkosto. Verkoston avulla on luotu toimintamalli, jota kutsutaan agroekologiseksi symbioosiksi. Symbioosissa mukana olevien yritysten yhteistyöllä pystytään kierrättämään ravinteet tehokkaasti, tuottamaan paikallista ruokaa ja energiaa, sekä parantamaan toiminnan taloudellista asemaa. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää Palopuron agroekologinen symbioosi -toimintamallin soveltuvuutta Pohjois-Karjalaan tarkastelemalla sen siirrettävyyteen liittyviä ympäristöllisiä, taloudellisia ja sosiaalisia etuja ja esteitä. Tapaustutkimus toteutettiin teemahaastatteluna, jossa haastateltiin Pohjois-Karjalan alueelta sopivia edustajia, joilta saadaan tietoa potentiaalisten kohteiden olemassaolosta ja käytettävissä olevista resursseista.

## 2 Pohjois-Karjalan maaseudun kehitystrendit ja rakenne

Pohjois-Karjalan maakunnan kehittämistä kohti hiilineutraaliutta pyritään edistämään lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä, sekä laatimalla erilaisia toimialakohtaisia tavoitteita. Pohjois-Karjalaan on laadittu viimeksi ilmasto- ja energiaohjelma vuonna 2011. Kappaleessa 2.1 on esitetty tiivistetysti Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020, jossa on vuosien 2011–2020 maataloutta koskevat tavoitteet ja toimenpiteet. Ilmasto- ja energiaohjelman täydennykseksi laadittiin ”Tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan 2040” -asiakirja. Parhaillaan ollaan laatimassa uutta ilmasto- ja energiaohjelmaa vuodelle 2030, jota varten maakuntaliitto on tehnyt selvitykset päästövähennyspotentiaalista sekä kuntaomisteisten kiinteistöjen energiankulutuksesta Pohjois-Karjalan osalta. Selvitykset ovat tukena laadittavalle ilmasto- ja energiaohjelmalle. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2019.)

Päämääränä on tehdä Pohjois-Karjalasta hiilineutraali maakunta, käyttäen energiantuotannossa vain uusiutuvaa energiaa. Tiekartassa esitetään lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin toimenpiteitä painopisteittäin, joilla saavutetaan maakunnan asettamat tavoitteet. Lyhyen aikavälin toimenpiteitä ovat esimerkiksi pitkäikäisten energiainvestointien kestävyys ja ympäristöllisten tekijöiden huomioiminen, sekä esimerkkikohteiden näkyvyyden lisääminen. Keskipitkän aikavälin tavoitteita puolestaan ovat esimerkiksi maakunnan laajuinen markkinaehtoinen biokaasun tuotanto- ja jakeluinfrastruktuuri sekä investointien lopettaminen fossiiliseen energiaan. Pitkän aikavälin toimenpiteitä ovat muun muassa kokonaisenergiankulutuksen pieneneminen älykkään energiantuotannon ja käytön seurauksena, sekä fossiilisesta varavoimasta luopuminen uusilla energiavaroilla. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto & Suomen ympäristökeskus SYKE 2018.)

Hiilineutraaliuteen ja uusiutuvan energian tuotantoon pyrkivä Pohjois-Karjala kuuluu myös monen kunnan osalta Hinku-verkoston. Hinku on ilmastonmuutoksen hillintään ja kuntien toiminnan avulla päästövähennyksiin pyrkivä vuonna 2008 perustettu verkosto. Hinku-kuntia Pohjois-Karjalassa ovat Joensuu, Lieksa, Nurmes, Ilomantsi, Kitee, Liperi, Tohmajärvi sekä Outokumpu. Tavoitteena on

päästä jopa 80 %:n päästövähennyksiin vuodesta 2007 vuoteen 2030 mennessä. Kunnat jakavat myös arvokasta tietoa parhaista tavoista hillitä ilmastonmuutosta ja auttavat kuluttajaa löytämään ilmastoystävälliset tuotteet ja palvelut. (Suomen ympäristökeskus 2014.)

## 2.1 Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020

Vuonna 2011 julkaistussa Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020-ohjelmassa esitetään alueellisia ratkaisuja Euroopan unionin ja kansallisten ilmastotavoitteiden toteuttamiseksi. Ohjelmassa esitettyjä yleistavoitteita ovat kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen yli EU:n asettaman 20 %:n Pohjois-Karjalan maakunnassa, sekä ilmastonmuutokseen sopeutumisen parantaminen. Ohjelmassa on linjattu toimialakohtaisia tavoitteita ja ratkaisuja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. (Lohilahti & Pitkänen 2011.)

Arvion mukaan ilmastonmuutoksella on sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia maatalouteen. Myönteistä on, että kasvukausi pidentyy ja kasvisatojen määrä lisääntyy nousseen hiilidioksidipitoisuuden johdosta. Negatiivisia vaikutuksia puolestaan ovat lisääntyneet kasvituholaiset, jotka aiheuttavat mittavia sadonalennuksia. Lämpenevillä talvilla, lyhyemmillä routakausilla sekä lisääntyvillä sademäärillä on omat vaikutuksensa maaperään. Lämpötilan nousu ja sademäärien lisääntyminen voivat aiheuttaa maaperän ravinnetalouden heikkenemistä ja rakenteellisia muutoksia. Lisäksi eroosion riski kasvaa. Lyhenevä routakausi voi aiheuttaa puolestaan savimaiden tiivistymistä ja tätä kautta heikentää veden imeytymistä maahan. (Lohilahti & Pitkänen 2011, 58.)

Maatalouden kasvihuonekaasuista merkittävimmät ovat metaani (CH<sub>4</sub>), typpioksiduuli (N<sub>2</sub>O) sekä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>). Näistä kasvihuonekaasuista hiilidioksidilla on keskeisin rooli kasvihuoneilmiön voimistumisessa. Määrällisesti hiilidioksidia vapautuu eniten ilmakehään kaikista kasvihuonekaasuista. Ilmastonlämmityspotentiaaliltaan kuitenkin metaani ja typpioksiduuli ohittavat hiilidioksidin. Metaanin ilmastonlämmityspotentiaali-luku on 25, kun hiilidioksidin vastaava luku on yksi



sadan vuoden vaikutusjaksolla. Metaani on siis 25 kertaa vahvempi ja vaarallisempi kasvihuonekaasu kuin hiilidioksidi. Typpioksiduulin vastaava luku on 298. (IPCC 2007, 31–33.) Metaania ja typpioksiduulia vapautuu karjanlannasta. Karjanlannan varastoinnin ja levittämisen yhteydessä ilmakehään vapautuu myös hiilidioksidia. Lannan lisäksi kasvihuonekaasupäästöjä syntyy muun muassa lannoitteiden käytöstä, maatalouskoneista, viljelystä ja maan muokkauksesta. (Lohilahti & Pitkänen 2011, 58.)

Maatalouden osalta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämismahdollisuuksia ovat muun muassa syntyvän metaanin jalostaminen biokaasuksi, lannan välitön multaaminen sekä turve- ja multamaiden käyttöä ohjaavat toimet. Biokaasua voidaan hyödyntää lämmön- ja sähköntuotannossa sekä liikennekäytössä. Biokaasua pystytään tuottamaan lannasta ja jäljelle jäävällä mädätysjäännöksellä voidaan korvata keinolannoitteita. Biokaasulaitosten esteenä ovat kuitenkin melko korkeat investointikustannukset. Tilojen omistama yhteinen biokaasulaitos kuitenkin leikkaa yhdelle tilalle kohdistuvia investointikustannuksia ja mahdollistaa energiantuotannon useammalle kuin yhdelle kohteelle. Turve- ja multamaiden käyttöä ohjaavia toimia ovat mahdollisimman vähäinen viljely eloperäisillä mailla, sekä oikeanlaisten kasvien viljely. Eloperäisille maille sopivia viljelykasveja ovat nurmikasvit, kuten nurmet/ruohot ja ruokohelpi. (Lohilahti & Pitkänen 2011, 58.)

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi visiona vuodelle 2020 on tehdä Pohjois-Karjalasta luomuviljelyn ja lähiruoantuotannon johtava maakunta. Lisäksi tavoitteina ovat jätteen määrän vähentäminen, fossiilisten polttoaineiden käytön vähentäminen sekä maatalouden neuvontapalveluiden lisääminen. Tavoitteisiin päästään muun muassa tehokkailla energiankäytön suunnitelmilla, lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä sekä kehittämällä luomuruoan tuotantoa ja kunnallista käyttöä. Vision toteuttamisessa keskeisiä toimijatahoja ovat ProAgria, maanmittauslaitos, ELY-keskus, kunnat, maatilat, sekä muut hanketoimijat. (Lohilahti & Pitkänen 2011, 60.)

## 2.2 Pohjois-Karjalan maaseudun tunnuslukuja

Luonnonvarakeskuksen tilastotietokannan mukaan vuotena 2019 Pohjois-Karjalassa on ollut 1932 maatalous- ja puutarhayritystä. Taulukossa 1 on esitetty Pohjois-Karjalan maatalous- ja puutarhayrityksien lukumäärät tuotantosuunnittain vuonna 2019. Suurin osa yrityksistä sijoittuu Kiteelle (284 kpl), Liperiin (252 kpl) sekä Joensuuhun (243 kpl). Tilastojen perusteella maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä laskee vuosittain useilla kymmenillä. Esimerkiksi vuonna 2018 Pohjois-Karjalassa maatalous- ja puutarhayrityksiä oli 1969 kpl. (Luken tilastotietokanta 2020.) Maatalouden työllistävä vaikutus on pienentynyt Pohjois-Karjalassa vuosien aikana pienempien tilojen lopettaessa toimintansa. Useilla maataloustuotannon aloilla tuotantomäärät ovat kuitenkin nousseet muun muassa tehostuneen tuotannon ja tilakoon kasvun myötä. (Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2016, 18.)

Taulukko 1. Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärät tuotantosuunnittain Pohjois-Karjalassa vuonna 2019 (Luken tilastotietokanta 2020).

Pohjois-Karjala 2019	Maatalous- ja puutarhayrityksiä, kpl
<b>Yhteensä (tuotantosuunta)</b>	<b>1932</b>
Muu kasvinviljely	885
Lypsykarjatalous	365
Naudanlihan tuotanto	199
Viljanviljely	143
Lammas- ja vuohitilat, hevosilat	128
Avomaantuotanto	108
Sekamuotoinen tuotanto	52
Muu nautakarjatalous	30
Kasvihuonetuotanto	14
Sikatalous	5
Siipikarjatalous	3

Vuonna 2019 Pohjois-Karjalan kokonaispeltopinta-alaksi oli määritetty noin 86 500 hehtaaria, josta luonnonmukaisesti viljeltyä peltopinta-alaa oli 24 404 hehtaaria. Pohjois-Karjalan luonnonmukaisessa viljelyssä olevasta pellostasta noin 73,5 % on käytössä nurmen viljelyssä. (Ruokavirasto 2019.) Nurmen viljely on Suomessa yleisin pellonkäyttömuoto. Noin 30 % koko Suomen peltopinta-alasta on käytetty nurmentuotantoon. (Luonnonvarakeskus 2016.) Kiinnostus luomutuotannosta on kasvanut tuottajien keskuudessa tasaisesti vuosien aikana. Vuonna 2018 luomun osuus koko Pohjois-Karjalan peltoalasta oli 28 %. Mukaan on laskettu jo luomutuotantoa harjoittavat tilat, sekä luomuun siirtymävaiheessa olevat tilat. (ProAgraria 2018.) Eläintuotannon osalta luomutiloja vuonna 2019 oli 102 kpl. (Ruokavirasto 2019).

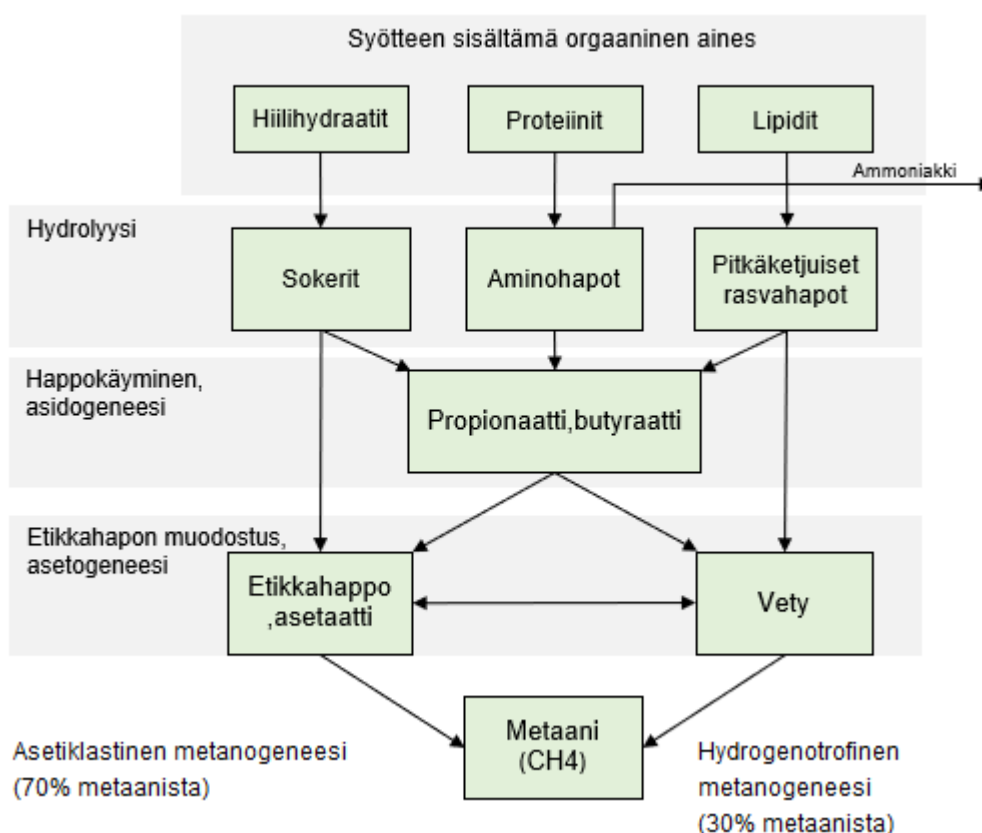
Pikes on selvittänyt vuonna 2018 Poveria biomassasta-hankkeen puitteissa Joensuun seudun sekä Keski-Karjalan peltoenergiapotentiaalit. Pielisen Karjalan osalta peltoenergiapotentiaali on selvitetty vuonna 2013. Potentiaalit kertovat kuinka paljon kunkin seutukunnan pelloista on saatavilla metaania kuutioina. Taulukossa 2 on esitetty peltoenergiapotentiaalit seutukunnittain. Peltoenergiapotentiaalilaskelmissa mukana olevia kasvityyppejä ovat esimerkiksi yksivuotiset sekä monivuotiset kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet. (Karelia ammattikorkeakoulu Oy 2014.)

Taulukko 2. Peltoenergiatuotantopotentiaalit seutukunnittain (Karelia ammattikorkeakoulu 2014) & (Pikes 2018).

Seutukunta	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
Joensuun seutu	8 604 326
Keski-Karjala	4 305 41
Pielisen Karjala	5 211 014

### 3 Biokaasu

Biokaasu on lähinnä metaanista ja hiilidioksidista anaerobisessa tilassa syntynyt kaasuseos, joka syntyy biomassaa mädättämällä. (Motiva 2017.) Anaerobinen hajoamisprosessi on esitetty vaiheittain kuvassa 1. Lämpötilan mukaan jaoteltuna biokaasuprosessi voidaan jakaa psykrofiiliseen, mesofiiliseen ja termofiiliseen prosessiin. Psykrofiilisessa prosessissa lämpötila on enintään noin 25 °C astetta. Biokaasun tuotanto ei ole tehokasta kyseisellä prosessilla, sillä matalan lämpötilan takia biokaasureaktorin viipymäaika on pitkä. Mesofiilisessa prosessissa lämpötila on noin 32–42 °C astetta ja termofiilisissä prosesseissa noin 50–55°C. (Motiva 2013, 5–6.)



Kuva 1. Anaerobinen hajoamisprosessi (Latvala 2009, 30).

Biokaasureaktoriin syötettävät biomassat sisältävät muun muassa hiilihydraatteja, proteiineja ja lipidejä. Nämä yhdisteet pilkkoutuvat hydrolyysivaiheen aikana

sokereiksi, aminohapoiksi sekä pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Aminohapoista irtoava ammoniakki menee mädätysjäännökseen. Kun hydrolyyttiset bakteerit ovat tehneet osuutensa hydrolyysin aikana, etenee prosessi happokäymisvaiheeseen, eli asidogeneesiin. Asidogeneesissä sokereista, aminohapoista ja pitkäketjuisista rasvahapoista muodostuu propionaattia sekä butyraattia. Yhdisteet hajoavat seuraavan vaiheen, eli asetogeneesin aikana etikkahapoksi ja vedyksi. Metaania muodostavat bakteerit, eli metanogeeniset bakteerit muodostavat etikkahaposta ja vedystä metaania. (Latvala 2009, 29.)

Mahdollisia biokaasun raaka-aineita ovat esimerkiksi peltobiomassat, liete, lanta ja biojätteet. Biokaasua voidaan käyttää joko pelkässä lämmön tuotannossa, yhdistetyssä lämmön- ja sähkötuotannossa (CHP) tai jalostettuna ajoneuvojen polttoaineena. (Motiva 2020.) Biokaasulaitokset voidaan jakaa päätyyppeihin. Esimerkkejä päätyypeistä ovat maatilojen tilakohtaiset sekä yhteiset biokaasulaitokset, jätevedenpuhdistamoiden sekä kaatopaikkojen biokaasulaitokset. Syötteiden anaerobista käsittelyä pidetään kestävästä kehityksestä edistävänä sekä ekologisena jätteenkäsittelytapana. (Motiva 2008, 6.)

Biokaasun eri syötteille on määritetty metaanintuotantopotentiaalit. Ne kertovat kustakin syötteestä saatavan metaanikaasun määrän painoyksikköä kohden. Taulukossa 3 on esitetty tiettyjen syötteiden ominaisuuksia. TS-sarakkeessa on syötteiden kuiva-ainepitoisuudet prosentteina. VS/TS-sarake puolestaan kertoo orgaanisen aineen osuuden kuiva-aineesta prosentteina. Kaksi viimeistä saraketta esittävät syötteen orgaanisen aineen metaanintuottopotentiaalin sekä tuotannon metaanintuottopotentiaalin. Syntyvän metaanikaasun määrään vaikuttavat muun muassa reaktorin viipymäaika sekä orgaanisen aineen kuormitus. (Ukipolis OY & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2014, 7.) Taulukossa 4 on puolestaan esitetty energiansaanto yhdestä tonnista syötettä biokaasuprosessissa.

Taulukko 3. Eri syötteiden ominaisuuksia (Ukipolis OY & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2014, 8).

<b>Syöte</b>	<b>TS</b>	<b>VS/TS</b>	<b>CH4-pot.</b>	<b>CH4-pot.</b>
	(%)	(%)	(m <sup>3</sup> /tVS)	(m <sup>3</sup> /t)
Naudan lietelanta	5–14	75–85	120–300	5–36
Naudan kuivikelanta	17–25	68–85	100–250	12–53
Sian lietelanta	4–10	75–86	180–490	5–42
Sian kuivikelanta	20–34	75–81	162–270	24–74
Siipikarjan kuivikelanta	32–65	63–80	150–300	30–156
Hevosen kuivikelanta	33	78	200	51
Yhdyskuntien biojäte	27	90	400	97
Säilörehu	20–40	90	213–360	38–130
Ruokohelpi, tuoreena korjattu	20–40	90	253–351	55–76
Olki	85	90	230	176

Taulukko 4. Bensiinilitraekvivalenttimäärä yhdestä tonnista syötettä (Metener Oy 2016, 6).

<b>Syöte</b>	<b>Bensiinilitraekvivalentteja</b>
Naudan lietelanta	10–20
Naudan kuivalanta	24–55
Sian lietelanta	12–24
Siipikarjan kuivikelanta	42–156
Hevosen kuivikelanta	30–40
Säilörehu/energianurmet	72–104
Olki	199–260

### 3.1 Biokaasun tuotantoprosessit

Biokaasulaitokset voidaan jakaa prosessityypeittäin syötteiden kuiva-ainepitoisuuksien perusteella. Kyseiset prosessityypit ovat märkämädätys, kuivamädätys sekä kiintomädätys. Märkämädätyksessä syötteen kuiva-ainepitoisuus on noin 5–15 % ja kuivamädätyksessä 20–50 %. Toisin kuin märkämädätyksessä kuivamädätyksessä syöte on liian kuivaa pumpattavaksi reaktoritilaan, joten se täytyy siirtää ja sekoittaa toisella tavalla. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 82–83.) Kiintomädätys puolestaan mahdollistaa sekä märkien että kuivien jakeiden käytön laitoksessa (Demeca).

Kuiva-ainepitoisuuksien lisäksi mädätysprosessit voidaan jakaa toimintansa mukaan jatkuvatoimiseen prosessiin ja panostyyppiseen prosessiin sekä vielä yksivaiheiseen prosessiin. Yksivaiheisessa prosessissa hydrolyysi ja asidogeneesi tapahtuvat samassa reaktorissa. Kaksivaiheisessa prosessissa puolestaan kyseiset anaerobisen hajoamisprosessin vaiheet tapahtuvat eri reaktoreissa. Kaksivaiheisella prosessilla pyritään hajottamaan syöte perusteellisemmin ja näin lisäämään metaanintuotantoa. Toistaiseksi kaksivaiheinen prosessi ei ole vielä yleistynyt, koska se on kustannuksiltaan suurempi ja vaikeammin hallittavissa kuin yksivaiheinen prosessi. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 88–89.)

#### 3.1.1 Märkämädätys

Märkämädätyksessä syötettävien raaka-aineiden sekaan lisätään tarvittaessa vettä, jotta niistä koostuva syöte saadaan pumpattavaksi. Märkämädätyksen syötteen alhainen kuiva-ainepitoisuus mahdollistaa syötteen pumpattavuuden biokaasureaktorin sisään ja sieltä ulos. Lisäksi alhainen kuiva-ainepitoisuus mahdollistaa syötteen tehokkaan sekoittamisen. Sekoittamalla syötettä varmistetaan lämmön tasainen jakaantuminen sekä tasainen kontakti syötteen ja bakteerien kesken. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 83–84.)

Märkämädätys suoritetaan lähes aina jatkuvatoimisena prosessina. Jatkuvatoimisessa märkäprosessissa biokaasureaktori on yleensä muodoltaan sylinterimäinen. Syötettä sekoitetaan esimerkiksi lapasekoittimella. Lisäksi kaasusekoitus on mahdollista jatkuvatoimisessa märkäprosessissa. Tuotettu biokaasu puhalletaan biokaasureaktorin pohjassa sijaitsevien venttiilien kautta reaktoriin. Puhallettu biokaasu sekoittaa reaktorissa olevan syötteen. Sekoituksella biokaasu saadaan vapautumaan reaktorin yläosan kaasutilaan. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 83–84.)

Jatkuvatoimisessa prosessissa syötettä syötetään tasaisesti reaktoriin ja vastavasti jäljelle jäävää mädätysjäännöstä poistetaan samaa tahtia. Jatkuvatoimisessa märkäprosessissa orgaaninen kuormitus sekä biokaasureaktorin viipymäaika riippuvat pitkälti syötteen hajoamisnopeudesta. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 84.) Suomessa ainoastaan lantaa käyttävillä biokaasulaitoksilla orgaaninen kuormitus on noin 2–3 kgVS (m<sup>3</sup>vrk)<sup>-1</sup>. Yleensä kuormitusarvo syötteestä riippuen asettuu kuitenkin märkäprosessissa 4–5 kgVS (m<sup>3</sup>vrk)<sup>-1</sup>, kun käsittelyssä on mukana biojätteitä ja lietteitä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 73.)

Prosessista jäljelle jäävä mädätysjäännös on lietemäistä. Lietemäinen mädätysjäännös voidaan hyödyntää sellaisenaan, esimerkiksi pelloille levitettävänä lannoitteena. Jatkuvatoimisten prosessien etuina ovat tasainen kaasuntuotanto ja syötön automatisoitavuus. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 83–84.)

### **3.1.2 Kuivamädätys**

Kuivamädätyksessä syöte ei ole pumpattavissa korkean kuiva-ainepitoisuuden takia. Syötteen ja mädätysjäännöksen käsittelyyn tarvitaan esimerkiksi ruuvikuljetin tai kuormaaja. Kuivamädätyksessä reaktorin koko on pienempi kuin märkämädätyksessä, koska syötettä ei tarvitse laimentaa vedellä. Kuivamädätyksessä tyypillinen viipymäaika on noin 2–3 viikkoa. Kuivamädätyksen tyypillisiä syötteitä ovat esimerkiksi kuivalanta, energiakasvit ja kiinteä biojäte. (Latvala 2009, 32–33.)



Kuivamädätys voidaan suorittaa joko jatkuvatoimisena prosessina tai panostoisena prosessina. Jatkuvatoiminen kuivaprosessi toimii tulppavirtausperiaatteella. Tulppavirtausperiaatteessa reaktori on vaakatasoon asennettu putki, jonka toisesta päästä syöte viedään reaktoriin ja toisesta päästä mädätysjäännös puretaan ulos. Loppupäästä reaktoria rejektivettä kierrätetään takaisin reaktorin alkupäähän. Rejektiveden mukana kulkeutuu takaisin mädätysreaktion kannalta välttämättömiä hajottavia bakteereita. Rejektiveden avulla säädetään myös syötteen kuiva-ainepitoisuutta. (Latvala 2009, 32.) Jäljelle jäävä mädätysjäännös on käyttökeltotonta ilman jälkikäsittelyä. Käsittelemätön mädätysjäännös ei sovellu nestemäisyyden takia nykyisillä markkinoilla oleviin levityslaitteisiin. Jatkuvatoimisen kuivamädätyksen mädätysjäännöksen hyödyntäminen on merkittävä kehityskohde. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 86.)

Panostoimisessa kuivaprosessissa syötettä viedään kauhakuormaajalla reaktoritilaan. Syötteen annetaan olla reaktoritilassa haluttu aika, jonka jälkeen käsittelystä massasta noin 30–70 % otetaan jälkikäsittelyyn. Jäljelle jäävä massa sekoitetaan uuden syötteen sekaan tuomaan syötteeseen lisää orgaanista ainesta hajottavia bakteereja. Prosessissa voidaan myös kierrättää rejektivettä takaisin reaktoriin uuden syötteen sekaan. Prosessista syntyvä mädätysjäännös on usein epätasalaatuista heikon hajonnan takia. Suositeltavaa onkin, että mädätysjäännös jälkikompostoidaan tasaisemman laadun saavuttamiseksi. Mädätysjäännöstä voidaan kuitenkin käyttää myös sellaisenaan lannoitteena. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 87–88.)

### **3.1.3 Kiintomädätys**

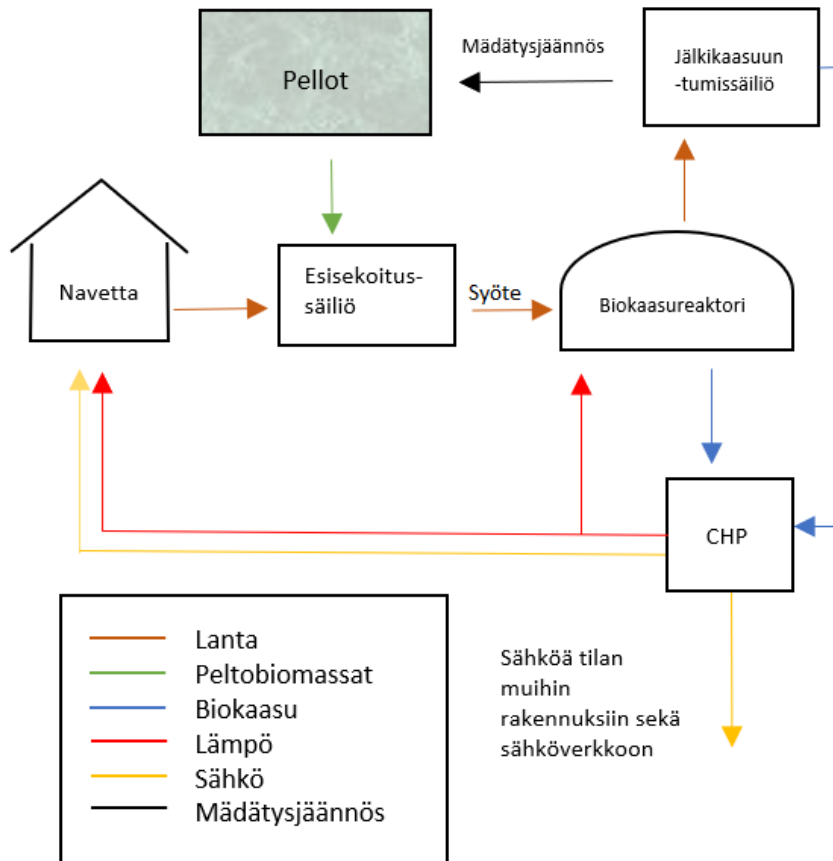
Demeca Oy:n patentoima Kiintomädätys-teknologia on märkämädätys- ja kuivamädätysteknologioiden välimuoto. Kiintomädätys-teknologialla pystytään hyödyntämään sekä märät että kuivatkin syötteet. Syötteen enimmäiskuiva-ainepitoisuus voi olla jopa 20 %, jolloin syöte on vielä pumpattavissa. Toisin kuin märkämädätyksessä, kiintomädätyksessä syötteeksi kelpaavat esimerkiksi kivilanta ja nurmi. Ensimmäinen kiintomädätyslaitos on rakennettu vuonna 2014. (Demeca.) Kiintomädätystekniikkaa hyödyntämällä voidaan mädättää sama

määrä lietettä pienemmällä reaktorikoolla, joka vähentää laitoksen perustamiskustannuksia. Tällöin myös laitoksen energiatehokkuus paranee. (Jokilaaksojen koulutusyhtymä 2012.)

### **3.2 Maatilakokoluokan biokaasulaitos**

Maatilakokoluokan biokaasulaitoksella on mahdollista muun muassa lisätä maatalan omavaraisuutta, parantaa lannan hyötykäyttöä sekä edistää kiertotaloutta. Suomessa muodostuu noin 17,3 miljoonaa tonnia lantaa sekä 1,5 miljoonaa tonnia ylijäämänurmea, jotka olisi mahdollista hyödyntää biokaasun tuotannossa laitosten määrän lisääntyessä. Maatalouden biomassojen kaasuntuotantopotentiaali on noin 4 TWh. Vuoden 2018 joulukuuhun mennessä Suomessa oli noin 20 maatilakokoluokan biokaasulaitosta. Meneillään on useita maatilakokoluokan laitoshankkeita. (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry.)

Maatilakokoluokan biokaasulaitoksissa yleisimmin käytettävät syötteenä ovat lanta sekä nurmi. Mikäli biokaasulaitoksen syötteenä käytetään useammalta kuin yhdeltä tilalta tullutta lantaa, kasvibiomassaa tai jäteperäistä materiaalia (esimerkiksi peruna tai muut juurekset), täytyy laitokselle hakea laitoshyväksyntä ruokavirastolta. Laitoshyväksyntää täytyy hakea myös silloin, jos mädätysjäännöistä saatetaan markkinoille. (Motiva 2013, 9.)



Kuva 2. Biokaasun tuotanto maatilalla (Kuva: Katariina Tuunainen).

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertaisesti biokaasun tuotanto maatilalla CHP-ratkaisulla. Syötteen varastoidaan asiaankuuluvasti ennen esisekoitussäiliöön syöttämistä. Syötteen kuiva-ainepitoisuudesta riippuen, syöte joko pumpataan tai viedään esimerkiksi traktorilla esisekoitussäiliöön. Esisekoitussäiliössä syöte on tarkoitus saada mahdollisimman tasalaatuiseksi. Sekoituksen jälkeen syöte siirretään itse biokaasureaktoriin, jossa syötteen mätänemisen myötä kaasunmuodostuminen alkaa. Muodostuva raakabiokaasu nousee reaktorin yläosaan ja raskaammat materiaalit painuvat reaktorin pohjalle. Jos biokaasun raaka-aineena käytetään esimerkiksi energiakasveja, jotka tarvitsevat pitkän viipymäajan hajotukseen, voidaan reaktorin lisäksi tarvita jälkikaasuuntumissäiliö. Jälkikaasuuntumissäiliöllä tuotetaan jopa 20 % kaasusta. (Motiva 2013, 25.)

Lannan ja kasvibiomassan lisäksi laitoksissa usein käsiteltyjä syötteitä ovat elintarviketeollisuuden jätteet sekä biojätteet. Näitä syötteitä käsitellessä tarvitaan syötteen hygienisointi 70 °C lämpötilassa tunnin ajan bakteerien tappamiseksi.

Hygienisointisäiliö sijoittuu esisekoitussäiliön ja biokaasureaktorin väliin. Hygienisoidun raaka-aineen palakoon täytyy olla alle 12 mm. Teurastamon sivutuotteita tai itsestään kuolleita eläimiä käsiteltäessä syötteenä, täytyy hygienisoinnin tapahtua 133 °C lämpötilassa 20 minuutin ajan. Paineen tulee olla 3 baaria ja palakoon alle 50 mm. (Motiva 2013, 9.)

Tuotettu biokaasu käytetään tarpeen mukaan joko lämmöntuotannossa, yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa (CHP) tai jalostettuna liikennepolttoaineena. Jalostettu biokaasu voidaan myös syöttää maakaasuverkkoon, jos maakaasuputkisto kulkee tilan lähellä. Osa biokaasulla tuotetusta lämmöstä tarvitaan prosessilämmöksi biokaasureaktorin syötteiden lämmittämiseen sekä lämpöhävikkien kattamiseen. Yleensä tiloilla ei kuitenkaan ole tarvetta kaikelle tuotetulle lämmölle, jolloin yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto on yksi vaihtoehto. Tuotettua sähköä on myös mahdollista myydä sähköverkkoon. (Motiva 2013, 18–20.)

Prosessista jäljelle jäävä mädätysjäännös on arvokasta ravinnepitoista lannoitus- ja maanparannusainetta. Mädätysjäännös tulee varastoida asianmukaisesti sallittujen levitysaikojen ulkopuolella. (Luonnonvarakeskus 2015, 5.) Ennen kuin mädätysjäännös käytetään lannoitteina pelloille, se yleensä joko separoidaan tai kompostoidaan. Lietelannan separoinnilla mädätysjäännöksestä erotetaan toisistaan kuiva- sekä nestejäte. Kuiva- ja nestejäte eroavat ravinnepitoisuuksiltaan. Nestejäte sisältää enemmän typpeä ja kuivajäte puolestaan fosforia. Nestejäte levitetään lähipelloille, joilla fosforitarve on yleensä vähäisempi korkeamman fosforiluvun takia. Lisäksi kuivajätettä voidaan käyttää myös kuivikkeena eläimille. (Savonia 2019, 4–5.) Kompostoimalla mädätysjäännös saadaan siitä hajotettua hitaasti hajoava orgaaninen aines. Lisäksi kompostoitumisen aikana mädätysjäännöksestä hajoavat muun muassa rikkakasvien siemenet sekä taudinaiheuttajat. Kompostoitunutta mädätysjäännöstä eli kompostia voidaan käyttää esimerkiksi viherrakentamisessa tai maa- ja metsätaloudessa. (Latvala 2009, 54.)

Esimerkki maatilakokoluokan biokaasulaitoksesta on Valtimolla sijaitseva Kähkösen lypsykarjatilalle rakennettu biokaasulaitos. Biokaasulaitos on itse rakennettu hyödyntäen tilalla olevia rakenteita. Biokaasua laitoksella muodostuu vuodessa 96 000 m<sup>3</sup>, jonka energiasisältö on 576 000 kWh. Biokaasulla tuotetaan tilalle

sähköä ja lämpöä nautaan lietalannasta. Laitos on lisäksi suunniteltu siten, että sillä voidaan hyödyntää myös mahdollinen ylijäämäsilörehu. (Energiaraitti 2017.) Valmiita biokaasulaitosratkaisuja Suomessa tarjoavat esimerkiksi Demeca, Doranova ja Metener. Demecan tarjoamat biokaasulaitokset maksavat 450 000 €-895 000 €, riippuen biokaasuprosessin tyypistä, nimellistehosta sekä biokaasureaktorin prosessitilavuudesta. Hintoihin ei ole sisällytetty syötteen tai mädätysjäännöksen mahdollista separointia. (Demeca.)

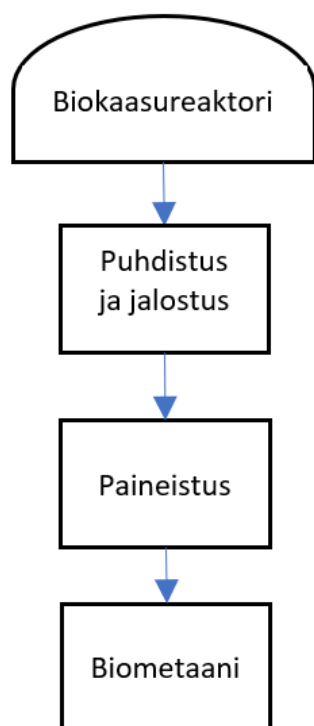
Viljan kuivauksessa polttoaine on merkittävin muuttuva kustannus. Yleisimmin kuivuriuunien lämmitysenergia tuotetaan polttamalla öljyä (Vornanen 2016, 19). Kuitenkin yhä enemmän kotimaisuutta kannattavat haluavat siirtyä polttoöljyn käytöstä puupolttoaineisiin tai biokaasuun. Kotimaisten polttoaineiden käyttö muuttuu koko ajan kannattavammaksi (Lötjönen & Kässi 2018, 1). Paineistetun biokaasun vaihtaminen öljykäyttöiseen kuivuriuuniin onnistuu vaihtamalla poltin kaasupolttimeksi tai niiden yhdistelmäksi (kaasu ja öljy). Kaikilla kattiloilla vaihto ei kuitenkaan onnistu, sillä vaihdossa tulee ottaa huomioon kaasun pidempi liekki verrattuna öljy liekkiin. Jos biokaasusta saatava lämpö tuotettaisiin keskitetysti muualla, kuivausenergia on mahdollista ottaa myös aluelämpöverkosta radiaattorin avulla. (Aimasmäki 2020.)

### 3.3 Liikennebiokaasu

Biokaasun yksi käyttömuoto on jalostaa se liikennebiokaasuksi. Jalostamattoman raakabiokaasun tyypillinen metaanipitoisuus on noin 60–70 %. Jalostamisella pyritään saamaan biokaasu vastaamaan ominaisuuksiltaan puhdasta maakaasua. Suomessa myytävän maakaasun metaanipitoisuus on noin 98 %. (Suomen Biokaasuyhdistys 2013.)

Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaisesti biokaasun jalostus liikennekelpoiseksi. Biokaasureaktorista saatava raakakaasu on ensimmäisenä puhdistettava. Tämä tarkoittaa, että biokaasusta puhdistetaan rikkivety ja hiukkaset. Seuraavaksi biokaasusta erotetaan hiilidioksidi, jolla on biokaasun lämpöarvoa alentava vaikutus. Tyypillisin tapa puhdistaa biokaasu on liuottaa hiilidioksidi ja muut epäpuhtaudet

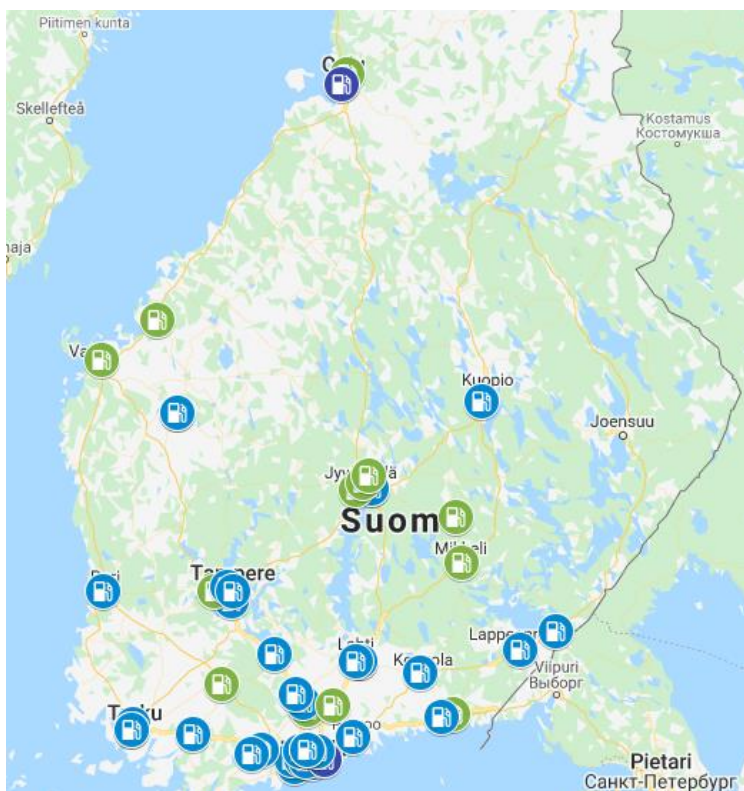
veteen vesipesurilla. Kun biokaasu on puhdistettu, se paineistetaan 200 baarin paineeseen. Jalostettu liikennebiokaasu on lähes hajutonta, joten turvallisuussyistä siihen lisätään tetrahydrotiofeeniä tuomaan hajua. (Motiva 2013, 21–22.)



Kuva 3. Biokaasun jalostus liikennekäyttöön (Kuva: Katariina Tuunainen).

Paineistettu biokaasu soveltuu parhaiten paikallisjakeluun, kuten esimerkiksi henkilöajoneuvoille ja maatalouskoneille. Paineistetun biokaasun lisäksi tuotetaan nestemäisessä muodossa olevaa biokaasua eli LBG:tä. LBG on jalostettu raskaissa ajoneuvoissa käytettäväksi polttoaineeksi nesteytetyn maakaasun eli LNG:n lisäksi. LBG valmistaminen aloitetaan puhdistamalla biokaasusta epäpuhtaudet. Puhdistamisen jälkeen biokaasun korkeapainetta lasketaan nopeasti, jolloin sen lämpötila putoaa noin  $-160\text{ °C}$  ja se muuttuu nesteeksi. LNG palaa kaasumaisena lämmitessään. (Gasum 2019.)

Suomessa kaasuntankkausasemia on tällä hetkellä 53, joista 13 asemalla on mahdollista tankata puhdasta biokaasua. Suurimpana liikennekaasun jakelijana Suomessa toimii Gasum. Gasumin lisäksi kaasunjakelijoita Suomessa ovat esimerkiksi Haukivuorella sijaitseva Biohauki Oy, Jepualla sijaitseva Jeppo Biogas Ab sekä Hyvinkäällä sijaitseva Palopuron Biokaasu Oy. (Kaasuautoilijat ry.) Kuvassa 4 on esitetty Suomen tämänhetkiset kaasuntankkausasemat.



Kuva 4. Maakaasun ja biokaasun tankkausasemat Suomessa vuonna 2020 (Kaasuautoilijat ry).

Biohauki Oy tuottaa biometaania, sekä myy sitä tankkausasemallaan. Yhtiö on perustettu vuonna 2013 ja sen omistaa Etelä-Savon Energia Oy sekä 13 paikallista maatalouden toimijaa. Maatalouden toimijoista muodostuva osuuskunta toimittaa biokaasun raaka-aineeksi kuivalantaa sekä separoitua lietelantaa. (ProAgria 2017, 1.) Jeppo Biogas Ab:n toiminta on käynnistynyt vuonna 2013. Biokaasun raaka-aineena käytetään suurimmilta osin elintarviketeollisuuden sekä maatalousteollisuuden sivuvirtoja. Biokaasun kokonaistuotanto on vuodessa 30 GWh. Biokaasun tankkausasema toimii biokaasulaitoksen yhteydessä (Jeppo Biogas Ab.) Palopuron Biokaasu Oy on perustettu vuonna 2017. Yhtiön osakkaita ovat Nivos Energia Oy, Knehtilän tila, Metener Oy ja Lehtokummun tila. Biokaasua tuotetaan luomutiloilta saatavasta kananlannasta sekä nurmibiomasasta. (Nivos.)

Kaasukäyttöiset autot sekä maatalouskoneet ovat polttoainejärjestelmältään joko monofuel, bi-fuel tai dual-fuel-käyttöisiä. Monofuel tarkoittaa, että käytössä on vain yksi polttoaine. Suurin osa Suomen autoista on monofuel-autoja, jotka käyttävät polttoaineenaan bensiiniä tai dieseliä. Kaasukäyttöiset monofuel- autot ovat

useimmiten raskaampia ajoneuvoja, kuten busseja. Bi-fuel-ajoneuvoissa on puolestaan käytössä kaksi eri polttoainejärjestelmää kaasulle ja bensiinille. Moottorin käynnistys tapahtuu bensiinillä. Kun auto on lämmennyt, vaihtuu kaasu automaattisesti käyttöön. Dual-fuel-ajoneuvoissa kaasun lisäksi toisena polttoaineena toimii diesel. Polttoaineen syttymisessä käytetään kaasua ja dieseliä samanaikaisesti. (Liikennebiokaasu 2020.) Esimerkiksi maatalouskoneita valmistava Valtra on kehittänyt biokaasulla ja dieselillä toimivan dual-fuel-moottorin, joka on saatavilla Valtra-N-sarjan eri traktorimalleihin (Valtra). Mono-fuel-autot, jotka käyttävät polttoaineenaan dieseliä, voidaan muuttaa dual-fuel-autoiksi. (Gasum 2020.)

Tankattavan biokaasun yksikkönä toimii joko kilogramma (kg) tai normaalikuutiometri (Nm<sup>3</sup>). Normaalikuutiometri tarkoittaa yhtä kuutiota biokaasua normaalipaineessa ja 0 °C lämpötilassa. Suomessa yksikkönä käytetään yleisesti kilogrammaa. (Micropolis 2018, 11.) Yksi kilogramma biokaasua vastaa energiasisällöltään noin 1,56 litraa bensiiniä ja 1,39 litraa dieseliä. Bio- ja maa-kaasun energiasisältö on 50 MJ/kg. Gasumilla biokaasun hinta on tällä hetkellä 1,47 €/kg. (Gasum 2020.) Vertailemalla tämän hetken bensiinin ja dieselin hintaa biokaasun hintaan, voidaan todeta, että kaasukäyttöisellä ajoneuvolla saavutetaan säästöä polttoainekustannuksissa. Micropoliksen (2018, 13) laatiman hankeraportin mukaan keskikulutukseltaan 4,3 kg/100 km olevan kaasuauton polttoainekustannuksen säästö on vuodessa 1 013 € verrattuna bensiiniautoon, jonka keskikulutus on 6,7 l/100 km. Dieselautoon, jonka keskikulutus on 6,0 l/100 km, vastaava säästö polttoainekustannuksissa on 504 €. Polttoaineen kulutukset ovat saatu vertailukelpoisiksi siten, että kunkin eri käyttövoiman osalta energiasisältö on 60,3 kWh/100 km.

### **3.4 Biokaasun tuet**

Työ- ja elinkeinoministeriön 2020/3 julkaisemassa biokaasuohjelmaa valmistele- van työryhmän loppuraportissa on esitetty biokaasun tuet sekä eri tukia hallinnoi- vat tahot. Loppuraportissa on käsitelty kuluvan EU-ohjelmakauden tukia.



Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämä energiatuki on harkinnanvarainen tuki, jota voidaan myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille. Yleisesti energiatukea ei myönnetä maatilojen yhteydessä toteutettaville hankkeille. Poikkeuksena tuen myöntämiselle on kuitenkin edellytys, että maatilalla tuotettavasta energiamäärästä 80 % käytetään tilan ulkopuolella. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 32.)

Energiatukea voidaan myöntää sellaisille investointi- ja selvityshankkeille, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä, energiankäytön tehostamista ja energiantuotannossa muodostuvan hiilen vähentämistä. Tuettavia investointeja, jotka liittyvät uusiutuvan energian tuotannon ja käytön edistämiseen, ovat esimerkiksi pienet sähkön- ja lämmöntuotantohankkeet sekä liikennebiokaasun tuotantohankkeet. Energiankäytön tehostamiseen liittyviä tuettavia hankkeita ovat muun muassa tavanomaisen tai uuden teknologian hankkeet. Lisäksi energiakatselmukset ja -analyysit ovat selvityshankkeita, joille voidaan myöntää energiatukea. (Työ- ja elinkeinoministeriö.)

Myönnettävän tuen suuruus riippuu tuettavasta hankkeesta. Tavanomaisen teknologian hankkeille enimmäistukiprosentti on 30 % ja uuden teknologian hankkeille 40 %. Viime vuosina biokaasuhankkeille keskimääräinen tukiprosentti on ollut 27 %. Tavanomaisen eli vakiintuneen teknologian keskimääräinen tukiprosentti on ollut 20–25 ja uuden teknologian 30 %. Tukiprosentteihin vaikuttavat muun muassa hankittavan teknologian uutuusarvo sekä hankkeen kannattavuus. Valtaosa hankkeista, joille on myönnetty energiatukea, on liittynyt liikennebiokaasun tuotantoon ja jalostamiseen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 32.)

Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelma 2014–2020 on keskeinen väline Suomen maaseudun kehittämisessä. Maaseutuyrityksille suunnatut tuet on jaettu maaseudun yritysrahoitukseen ja maatalouden rakennetukiin. Nämä tuet on tarkoitettu muun muassa tukemaan investointeja, jotka koskevat uusiutuvaa energiaa tuottavia laitoksia. Yritysrahoitus kattaa sellaisten laitosten tukemisen, joilla energiaa tuotetaan myyntiin. Rakennetuilla tuetaan tilan omaan käyttöön tarvittavaa energiantuotantoa sekä ympäristön tilan parantamista. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 34.)

Maaseudun yritysrahoitus on mikroyrityksille sekä pienille yrityksille suunnattu avustus. Maatilojen lisäksi tukea hakevat yritykset voivat toimia maatilojen yhteydessä tai itsenäisesti. Yritysrahoituksella voidaan tukea yrityksen perustamista, investointien kannattavuuden selvittämistä sekä investointeja. Investointeihin mukaan luetaan uusiutuvan energian tuotanto. Yritysrahoitusta ei myönnetä pelkästään tilan omaan käyttöön tuotetulle energialle, vaan tuotettu energia tulee myydä tilan ulkopuolelle. Tila voi kuitenkin käyttää itse pienen osan tuotetusta energiasta. Tuettavan yrityksen tulee sijaita ELY-keskuksen tukikelpoiseksi määrittelemällä maaseutualueella. Biokaasulaitoksille suunnattuihin yritysrahoituksen tuen määriin vaikuttavat muun muassa yrityksen koko ja tuettava yritystoiminta. Uusille laitoksille tai merkittäviä laajennusinvestointeja tekeväälle yritykselle liikennebiokaasun tuotantoon myönnettävä tuki on enintään 30 % hyväksyttävistä kokonaiskustannuksista. Muissa tapauksissa tukitaso on 20 %. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 34–35.)

Maatalouden rakennetukia ovat investointituki ja tuki traktorien biokaasulaitteistojen hankintaan. Maatilojen biokaasulaitoksia sekä muita maatilojen energialaitoksia koskevia investointeja voidaan tukea myöntämällä avausmuotoista maatalouden investointitukea. Investointituen määrä on 40 % investoinnin hyväksyttävistä kokonaiskustannuksista. Investointitukea myönnetään sille osalle energialaitosta, joka tuottaa energiaa tilan tuotantotoimintaan. Energiantarve tilalla vaihtelee vuoden sääolosuhteiden mukaan, joten ajoittain tuotettu ylimääräinen energia voidaan luovuttaa tai myydä tilan ulkopuoliseen käyttöön. Maatalouden investointituen saaneen tilan tulee käyttää tuottamansa liikennebiokaasu vain omassa tuotantokäytössä. Liikennebiokaasun myyminen tilan ulkopuolelle on kiellettyä. Traktorien biokaasulaitteistojen hankintaa pidetään ympäristön tilaa parantavana toimena, jolloin sitä voidaan tukea ympäristöinvestointina. Tuen määrä on 35 % tukikelpoisista kustannuksista. Kustannukset sisältävät kulut biokaasulaitteiston hankinnasta ja asennuksesta. Näiden tukien lisäksi valtiolta voidaan myöntää valtioneuvoston maatalouden uusiutuvan energian investoinneille. Valtioneuvoston tukia haetaan paikalliselta ELY-keskukselta. Valtioneuvoston tukia hakevaa hanketta koskee samat edellytykset kuin maatalouden investointitukia. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 35–36.)

Pääministeri Marinin hallitusohjelma pitää sisällään joitain biomassan käsittelyyn ja kierrätykseen tähtääviä kansallisia toimia. Toimet liittyvät biomassojen kaasutukseen sekä lannan ja ravinteiden kierrätyksen ja niiden jatkokäytön edistämiseen. Edistämistoimia ovat esimerkiksi erinäiset kokeilu- ja pilottihankkeet sekä neuvonta. Hallitusohjelmaan on kirjattu uusia tukimuotoja, joilla pyritään edistämään biokaasun tuotantoa sekä ravinteiden kierrätystä. Uusia tukimuotoja ovat investointituki biokaasulle, sekä kehittyneille lannankäsittelytekniikoille ja biokaasun ravinnekiertokorvaus. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 36–37.)

Sähköisen liikenteen ja biokaasun liikennekäytön infrastruktuurituki, eli niin sanottu jakeluinfratuki on tarjouskilpailun perusteella myönnettävä tuki. Tarjouskilpailun järjestämisestä vastaa energiavirasto. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020, 37.) Tukea myönnetään sähköautojen latausverkkoihin ja kaasuntankkausverkkoihin liittyviin investointeihin. Tuen voivat saada yritykset, kunnat ja muut yhteisöt. Biokaasun liikennekäytön osalta tuki on tarkoitettu vain tankkausasemille, jotka eivät ole yhteydessä kaasuverkostoon. Tarjouskilpailussa mukana olevat hankkeet ryhmitellään neljään eri ryhmään, riippuen mihin tukea haetaan. Jakeluinfratuen lisäksi energiavirasto vastaa sähkön tuotannosta maksetusta tuesta, eli syöttötariffista. Syöttötariffilla tuetaan tuulivoimalla, metsähakkeella, biokaasulla sekä eri puupolttoaineilla tapahtuvaa sähkön tuotantoa. Syöttötariffia maksetaan 12 vuoden ajan syöttötariffioikeuden alkamisesta. Uusien biokaasu- ja puupolttovoimaloiden osalta syöttötariffijärjestelmä on sulkeutunut 1.1.2019. (Energiavirasto.)

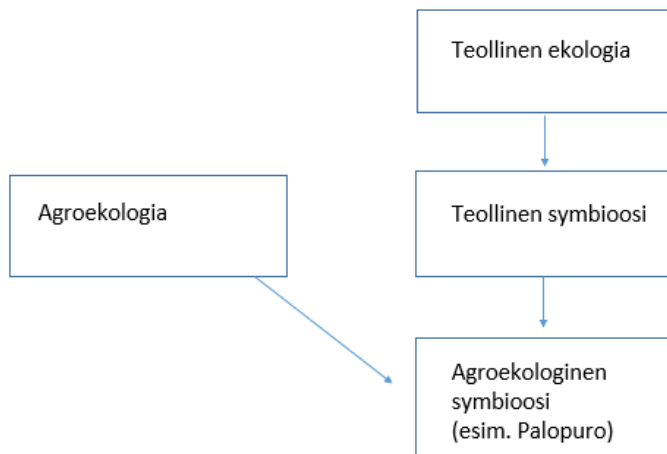
## **4 Teollinen ekologia**

Teollinen ekologia viittaa sanansa mukaisesti ”ekologiaan”, joka tieteenalana tutkii eliöiden ja ympäristön välisiä vuorovaikutussuhteita (Graedel & Allenby 2010, 389). Näiden vuorovaikutussuhteiden toiminnallista kokonaisuutta kutsutaan ekosysteemiksi. Resurssien siirtämistä, hankkimista, hävittämistä tai jakamista koskevat tavat ja reitit synnyttävät osallistujien välille ekosysteemin. Teollinen ekosysteemi pyrkii mukailemaan luonnon omia ekosysteemejä muodostaen eri

yri­tysten välille verkostoja (Korhonen 2000). Graedel'n ja Allenbyn (2010) mukaan tällaista ei voida intuitiivisesti odottaa, vaan luonnollisten ja ihmisten ekosysteemejä verrataan toisiinsa, jotta teolliset ekosysteemit voisivat ”oppia” luonnollisesta ekosysteemistä.

Teollisen ekologian alalajina kutsutusta teollisesta symbioosista voidaan puhua, kun teollisen ekosysteemin toiminta hyödyttää kaikkia symbioosiin kuuluvia. Symbioosi on yhtä tai useampaa lajia hyödyttävä yhteiselämä. Vaikka symbioosilla tarkoitetaan alun perin eri lajien yhteiseloä, se voidaan yhtä lailla soveltaa teollisuuteen. Yritykselle ylimääräiseksi tai sivutuotteeksi jäänyt materiaali voidaan kierrättää antamalla se toiselle sellaiselle yritykselle, joka voi käyttää sitä oman tuotteen valmistuksessa raaka-aineena. (Graedel & Allenby 2010, 232.) Fyysisesti lähellä sijaitsevien yritysten välisellä yhteistyöllä mahdollistetaan alueen kehittäminen, sekä ympäristölle ja toimintatavan toimijoille saadaan suurin mahdollinen hyöty (Ks. Chertow 2000, Heleniuksen, Koppelmäen & Virkkusen 2017, 16 mukaan). Paikallinen läheisyys tuo symbioosiin myös tehokkuutta, ja se on ekotehokasta, eli kannattavaa (Helenius 2017). Teollisella symbioosilla teollisesta ekosysteemistä voidaan kehittää entistä ympäristöystävällisempi (Graedel & Allenby 2010, 232).

Korhonen (2000) kuvaa teollista ekologiaa teollisuusyritysten materiaalivirranhallintakonseptiksi. Se syventyy yrityksen käyttämiin yhteistyökumppaneiltaan ja luonnonympäristöstään saataviin energiavirtoihin ja aineellisiin materiaaleihin. Virtoihin, joita yrityksellä jää luontoon päätyviksi jätteiksi. Teollisessa ekologiassa ajatellaan, että yhteiskunta on muun luonnonympäristön kanssa yhtä, eikä erillään siitä. Se luo verkoston, johon kuuluu erilaisia prosesseja ja virtoja, kuten materiaalivirtoja. (Graedel & Allenby 2010, 41.) Teollisen ekologian ympäristölliset ja sosiaaliset vaikutukset näkyvät jokaisessa teollisessa toiminnassa, sillä jokainen toiminta on yhteydessä tuhansiin muihin liiketoimiin ja toimintoihin (Graedel & Allenby 2010, 30).



Kuva 5. Teollisen ekologian käsitteiden suhde toisiinsa (Kuva: Liisa Kaskiluoto).

Graedelin & Allenbyn (2010) mukaan teollisen ekologian päätarkoitus on tutkia millaisia kestäviä teollisia järjestelmiä voidaan luoda ottamalla mallia luonnon omista systeemeistä ja kierroista. Luonnollisille ekosysteemeille ominaista on niiden syklisyys, ja niitä voidaan pitääkin kierrättävinä koneistoina (Setälä 2006). Teolliset ekosysteemit pyrkivät saavuttamaan toiminnallaan nämä ominaisuudet.

Graedel ja Allenby (2010) ovat tehneet tutkimusta aiheeseen liittyen, jonka tuloksena ekosysteemien kehitys jaettiin kolmeen eri metaforiseen tyyppiin (taulukko 5). Usein luonnolliselle ekosysteemille ominaisin tyyppi 3 on ihannetilanne, jossa pyrkimyksenä on saada virrat syklisiksi. Vastakohtana sykliselle kierrolle on materiaalin lineaarinen käyttö. Resurssien lineaarinen käyttö (tyyppi 1) tarkoittaa sellaista tilannetta, jossa resurssi päättyy suoraan jätteeksi. Tavoitteena on muuttaa lineaarinen, avoin järjestelmä suljetun kierron järjestelmäksi. Kyseisessä järjestelmässä jokainen laji hyödyntää toisen lajin jätteeksi päätyvää ”materiaalia”. (Ks. Ayres & Ayres 1996, Korhosen ym. 2000, 19 mukaan). Tavoitteena on luoda tilanne, jossa ainoa ulkoisesti saatava syöte on aurinkoenergia. Näin saadaan muodostettua suljettu kierto, tai ainakin rajoitettua jätteiden määrää. (Niutanen 200, 4.)

Taulukko 5. Ekosysteemien kehitystä voidaan kuvata kolmen eri metaforisen mallin mukaan (Graedel & Allenby 2010, 44–47).

Tyyppi	Kuvaus	Vaikutus
<b>Tyyppi 1</b>	Tilanne, jossa lajeja on vain muutamia ja resurssit ovat runsaita. Yhteistyötä, monimuotoisuutta ja keskinäisriippuvuutta on vähän ja materiaalivirrat ovat lineaarisia.	Materiaali virtaa ympäristöstä läpi talouden, palaten sieltä takaisin ympäristöön jätteenä. Energiaa käytetään tehottomasti ja teollisen energian tuotanto perustuu fossiilisiin polttoaineisiin.
<b>Tyyppi 2</b>	Tilanne, jossa elämän ja lajien määrä lisääntyy aiemmasta tyyppistä. Lajit alkavat kehittää materiaalikiertoja, energiakaskadeja ja diversiteetti kasvaa. Resursseja ei ole yhtä runsaasti kuin ennen.	Ekosysteemit ovat edelleen lineaarisia ja kestäättömiä. Suurin osa jätteistä päätyy kaatopaikalle tai suoraan luontoon.
<b>Tyyppi 3</b>	Tilanne, joka on taloudellisesti kestävä systeemi. Resurssit ovat rajalliset, koska elämä maapallolla kasvaa. Tilanteessa on melkein valmiita syklisiä ainevirtoja, keskinäistä riippuvuutta, energiakaskadeja ja diversiteetti on huipussaan.	Kaskadityyppinen energiankäyttö minimoi eksergian <sup>1</sup> vähentymisen. Resurssien määrä kasvaa, mutta sitä voidaan hyödyntää teollisuudessa lisäten resurssille käyttöaikaa. Fossiiliset polttoaineet korvataan suoraan aurinkoenergiaa käyttämällä.

#### 4.1 Agroekologinen symbioosi

Agroekologinen symbioosi eli AES on kehittynyt teollisesta symbioosista ja nimensä mukaisesti agroekologiasta. Agroekologia on yliopistollinen tieteenala,

<sup>1</sup> Eksergia kuvaa energian laatua. Se kertoo osuuden, jolla energia voi tehdä työtä. (Graedel & Allenby 2010, 5.)

joka käsittelee maatalouden ja ruokajärjestelmän kestävyyttä ekologisesta näkökulmasta (Luomun opiskelu ja tutkimus 2012). Sen tarkoitus on menetellä luonnollisten ekologisten prosessien tapaan, ja sisällyttää ruoka- ja viljelyjärjestelmät agroekologian viitekehykseen (Rajala 2011).

AES on toimintatapa, jossa maatilat (=alkutuotanto), elintarvikkeiden jalostajat ja energian tuottajat toimivat paikallisesti yhdessä tuottaen kuluttajille kestävästi tuotettuja elintarvikkeita ja maataloustuotteita. Kyseisellä toimintatavalla pyritään vähentämään ympäristöön kohdistuvia rasitteita, parantamaan energiaomavaraisuutta ja vähentämään syntyneen jätteen määrää. Maaseudun elinvoima kasvaa ja syntyy alueellisia ruokakulttuureita. Palopuron toimintamallissa ruokaa saadaan enemmän, kuitenkin lisäämättä resursseja sen tuotantoon. (Eerola 2019.) Agroekologisessa symbioosissa kaikki symbioosin osakkaat pääsevät hyötymään ravinteiden tehokkaasta kierrätyksestä sekä käyttämään tuotettua bioenergiaa omalle toiminnalleen sopivassa muodossa (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 17).

Tässä tutkimuksessa agroekologisella symbioosilla tarkoitetaan Palopuron Knehtilän tilalle toteutettua toimintamallia. Siinä eri toimijoiden välinen teollinen yhteistyö johtaa kaikkien osapuolten hyötymiseen, eli ns. symbioosiin. (Eerola 2019, 1.) Toimijoilla on tasa-arvoinen suhde toisiinsa (Helenius 2017, 9). Chertowin (2000) mukaan (Heleniuksen ym. 2017 mukaan) symbioosin osakkaiden paikallisuus eli ns. fyysinen läheisyys on tärkeässä roolissa, sillä jotta symbioosin kaikkia osapuolia voidaan hyödyttää, tulee toimintojen sijaita melko lähellä toisiaan. Agroekologinen symbioosi muodostuu aina paikallisten, vaihtelevien resurssien ympäröimäksi (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 56–57). Palopurolla oli tarvittavat voimavarat symbioosin muodostamiselle.

#### **4.1.1 Ekologiset hyödyt**

Agroekologisessa symbioosissa ruoantuotannossa ja sen jalostuksessa syntyvistä sivuvirroista voidaan tuottaa energiaa biokaasulaitoksessa. Yleisesti bio-

kaasulaitoksessa syntyvä mädätysjäännös palautetaan viljelykasvien lannoitekäyttöön lähipelloille. Mädätysjäännöksen ravinteet pitäisi pystyä hyödyntämään kasvinviljelyssä, tai muutoin se edellyttää sen siirtämistä taloudellisesti kannattavasti muualle jatkokäyttöön. Biokaasulaitoksen koko tulee suhteuttaa huolellisesti kasvinviljelyn laajuuteen ravinneylijäämien minimoimiseksi. (Eerola 2019, 5.)

Luomuviljelyssä viherlannoitusnurmet ovat tärkeässä roolissa viljelykiertoa, kun typpi- ja fosforiravinteita sisältäviä keinolannoitteita ei voida käyttää. Maanviljelyssä puhutaan viljelykierrosta, kun maanviljelijä viljelee samalla peltolohkolla eri kasvia peräkkäisinä vuosina (Ruokatieto yhdistys ry 2020). Palopuron Knehtilän tilan viljelyssä on käytössä viiden vuoden viljelykierto. Ensimmäiset kaksi vuotta viljellään nurmikasveja, jotka sitovat typpeä maaperään. Kolmantena vuonna kylvetään vilja, jonka jälkeen neljäntenä vuonna palkokasvi, kuten herne tai härkäpapu. Viimeisenä vuonna kierrossa kylvetään vilja. Viljan kylvön yhteydessä perustetaan nurmi jälleen kierron uudelleen aloittamiseksi. (Knehtilän tila.)

Lainsäädännön osalta määrityksiä viljelykierron vähimmäisvaatimuksista ei ole, mutta Evira on tehnyt ohjeen yhtenäisen käytännön luomiseksi. Eviran luonnonmukaisen tuotannon ohjeessa palkokasveja on oltava vähintään 30 % viljelykierrosta kullakin viljelylohkolla, joka vastaa viiden vuoden viljelykierrossa kahden vuoden palkokasviviljelyä. (Evira 2018, 33.) Viljelykierron tavoitteena on vähentää haitat, joita ilmeni saman kasvilajin viljelystä samalla paikalla. Viljat ja öljykasvit eivät vaikuta peltomaahan melkein lainkaan. Ne ottavat maasta paljon ravinteita, jättämättä maahan kuitenkaan mitään seuraavalle viljeltäville kasveille. Palkokasvit, kuten herne sitoo maahan typpeä, kun taas juurikasvit ja peruna kulluttavat maata. Nurmikasvit parantavat selvästi maan rakennetta, ja tekevät maasta hyvän pohjan seuraavalle viljelykasville. (Ruokatieto yhdistys ry 2020.) Viljelykierron monipuolistaminen ehkäisee myös maan tiivistymistä, josta puhutaan, kun maan kuormitus ylittää sen kuormituskestävyyden. Nurmen, syysviljan tai kasvin lisääminen viljelykiertoon vähentää kevättöitä, jolloin pelto saadaan kylvettyä pienemmillä koneilla riittävässä ajassa. (Mattila & Rajala 2019.) Pellon tiivistymishaitta saattaa heikentää vuosisatoa jopa muutamalla prosentilla (Piirala & Taavitsainen 2019, 26).



Agroekologisen symbioosin toimintamallilla viherlannoitusnurmien ravinteet voidaan kierrättää tehokkaammin, kun ne mädätetään biokaasulaitoksessa. Lisäksi massan lannoitusarvo paranee ja biokaasuprosessin myötä rikkakasvinsiemenet kuolevat. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 25). Viljelykierrossa viherlannoitusnurmet sitovat ilmasta biologisesti tyypeä maaperään. Usein tällaisten lohkojen nurmisato jää hyödyntämättä. Nurmi soveltuu biokaasuntuotantoon raaka-aineeksi, sillä reaktorissa nurmen sisältämä typpi säilyy kasveille käyttökelpoisessa muodossa, ja on tällöin ravinnerikasta lannoitetta pelloille. Ravinnerikkaan lannoitteen ansioista ravinnehuuhtoutumien riski pienenee ja viherlannoitusnurmiin kuuluva murskaustyö pienenee. (Koppelmäki 2017b.)

Heleniuksen, Koppelmäen & Virkkusen (2017, 46) laatimassa raportissa todetaan Palopuron symbioosissa orgaanista lannoitetta hyödyntämällä luomupelto- maiden hiilivarastojen säilyvän. Vaikka epäselvää onkin miten mädätys vaikuttaa maan hiilivaraston dynamiikassa, se ei tutkimusten mukaan ainakaan lisää hiilen määrää orgaanisessa aineessa. Viljelymaissa hiili häviää hiilidioksidiksi ilmakehään orgaanisen aineen maatuessa, joten hiilivaraston säilyessä päästövähennys on laskennallisesti 0,8 t CO<sub>2</sub>/ha vuodessa. Palopuron 400 hehtaarin peltosalalla laskettuna tavanomaiseen peltoviljelyyn verrattuna (oletuksena että toiminta ei lisää eikä vähennä hiilen määrää) päästövähennys on siis 300 t CO<sub>2</sub> vuodessa.

#### **4.1.2 Taloudelliset hyödyt**

Suomen maatalouspolitiikka kehottaa viljelijöitä kasvattamaan tilakokoa ja erikoistumaan (Eerola 2019, 3). Tilakokojen laajentaminen lisää myös eläinmäärää, ja sitä kautta lannan määrä kasvaa. Taloudellinen tilanne maaseudulla ei ole siitä huolimatta parantunut, vaan maatilat ovat kuihtumassa maastamme. Agroekologisen symbioosin pilotoitava toimintatapa vastaa ekologisten ja sosiaalisten haasteiden lisäksi myös taloudellisiin ongelmiin. (Eerola 2019, 5.) Palopuron symbioosin kaltaisessa karjattomassa luomukasviviljelyssä viljelijän taloudellisen mielenkiinnon herättää biokaasulaitoksessa sen tuottamat runsaammat, jopa 40 %:a suuremmat sadot (Koppelmäki & Helenius 2019).

Biokaasutuotanto luo uusia työpaikkoja ja tuo maaseudulle uusia elinkeinomahdollisuuksia. Mäntsälän agroekologisten symbioosien verkoston tietoisuudessa numero 4 (2020) todetaan työllisyyden parantuvan niin elintarvikealalla, kuin myös tuotannon alussa, marketeissa sekä palvelualoilla. Mädätysjäännöksen hyödyntäminen pellolla vähentää keinolannoitteiden käyttöä ja säästää näin ollen lannoitteisiin liittyvissä kustannuksissa (Eerola 2019, 6).

Piiralan & Taavitsaisen (2019, 26) tekemässä tutkimuksessa erään seudun viljelijät olivat sitä mieltä, että biokaasulaitoksesta saatava mädätysjäännös ei riitä tuloksi, vaan peltobiomassalla täytyisi olla hinta. Kunkin symbioosin osakkaan hyötyminen on agroekologisen symbioosin pääajatuksena ja ilman sitä homma ei toimi. Keinolannoitteiden ollessa luomuviljelijöiltä poissuljettuja, saattaisi tuotettavasta nurmesta vastineeksi saatu rikas mädätysjäännös olla lannoitteena riittävä korvaus luomuviljelijöille. Biokaasulaitoksessa mädätetyn viherlannoitusnurmen hyöty lannoitteena näkyy satotasojen kasvussa.

Usein maatilojen oma energiantuotanto on vähäistä, joten biokaasulaitoksesta saatava energia voidaan hyödyntää symbioosin muilla osakkailla, kuten kasvihuoneissa tai paikassa, jossa sähköä tai lämpöä tarvitaan enemmän. Kun biokaasulaitoksesta jalostetaan liikennebiokaasua, lämpöä/ ja sähköä pystytään tuottamaan vähemmän. (AES-verkoston tietoisuus 3 2020.) Kun ruoan tuotannolle rakennetaan paikallisten ruokajärjestelmien verkosto, ekologinen ja taloudellinen tehokkuus paranee paikallisuuden avulla, ravinteet saadaan kiertoon, ja riskejä, kuten ruokaepidemioita pystytään hallitsemaan paremmin (Helenius 2017, 16).

#### **4.1.3 Sosiaaliset hyödyt**

Satojen hehtaarien peltoviljely saattaa pitää viljelijän työhön liittyvät sosiaaliset kontaktit vähäisinä. Toimintamalliin kuulumalla viljelijän rooli raaka-aineen tuottajasta siirtymällä myös energiantuottajaksi lisää sen sosiaalisia suhteita muiden ruokajärjestelmien osien kanssa. Paikalliset symbioosit luovat siteitä maatalou-

den ja sitä ympäröivän maaseudun välille. (Eerola 2019, 6.) Yhteisöllisyys kartuttaa sosiaalista ilmapiiriä, ja uusien ideoiden jalostuminen liiketoiminnaksi parantaa yritysten taloutta (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 55).

Ruokaketju saadaan toimivammaksi, kun kuluttaja tuodaan tuottajan lähelle. Tuottajan saadessa rahaa, kuluttajalle luvataan tuoreutta ja reiluuutta. Osapuolten kohtaaminen helpottuu. (Eerola 2016.) Kylällä järjestettävät lähiruokatapahtumat tuovat paikalliset ihmiset paikallisen ruuan tuotannon äärelle. Kiinnostus ruuan alkuperään kasvaa, ja täten myös arvostus ruokaa ja ruuan tuottamista kohtaan lisääntyy. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 23.)

## **4.2 Ravinne- ja energiaomavarainen Palopuro**

Toimintamallissa Knehtilän tila toimii symbioosin ankkurutilana. Jopa ylienergiaomavaraiseksi kutsutulla tilalla kasvatetaan luomuviljelynä noin 380 hehtaarin alalta viherlannoitusnurmea, joka toimii osana biokaasulaitoksen syötettä. Kuivämädätystekniikkaa käyttävän biokaasulaitoksen tuottama kaasu hyödynnetään tilan rakennusten lämmityksessä ja noin 70 % siitä jalostetaan liikennepolttoaineeksi myyntiin. Biokaasun tankkausasema toimii Knehtilän tilan yhteydessä. Viherlannoitusnurmesta, kananlannasta ja pienestä määrästä hevosenlantaa jalostetaan biokaasua myös tilan maatalouskoneisiin ja viljan kuivaukseen. Tällä hetkellä tilalla on yksi Valtra-merkinen biokaasukäyttöinen traktori. (Eerola 2019, 7.) Mädätysjäännös säilytetään varastointisiiloissa tilan yhteydessä (Koppelmäki 2017b, 6).

Tulevaisuudessa Luomuleipomo Samsaran on tarkoitus tulla osaksi symbioosia. Leipomon uunit tarvitsevat energian nimenomaan kaasuna, joka tässä tapauksessa olisi paikallisesti tuotettua biokaasua. (Samsara.) Leipomon käyttämä lähipelloilta tuleva vilja kuivattaisiin Knehtilän tilan kuivurissa ja jauhettaisiin tilan myllyssä jauhoksi ja leiväksi asti (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 21). Leivän elinkaaresta alkutuotantoon kuluu huomattavasti eniten energiaa. Leivän paistoon kuluva energiankulutus on tuotantotavasta riippumatta 3,1 MWh/1000

kg leipää. Koko leivän elinkaarta laskiessa kuljetukset mukaan lukien tavanomainen ruisleipä tarvitsee 4,2 MWh ja luonnonmukaisesti tuotettu ruisleipä 3,7 MWh/1000 kg leipää. Luomuleivän tuotannossa alkutuotannon osuus koko energiapainoksesta on 12 %. Sama luku tavanomaiselle leivälle on jopa puolet suurempi, 23 % leivän elinkaarisesta energiankulutuksesta. (Ks. Grönroos 2006, Heleniuksen ym. 2017, 37 mukaan).

Leipomon liityttyä osaksi symbioosia, koko symbioosin sähköntarve siis lisääntyy. Nykyisellä leipomon tuotantomäärällä laskettuna noin 68 000 kg leipää tarvitsee 25 000 litraa polttoöljyä vuodessa, eli noin 250 MWh. Leipomon sähköntarve on arvioitu olevan 75 MWh/a eli noin puolet Knehtilän tilan kulutuksesta. Polttoöljy korvattaisiin symbioosissa suoraan biokaasulla. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 37.)

Mäntymäen Luomutila sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Knehtilän tilasta. Tilalla on tuotettu luomukananmunia jo noin neljän vuoden ajan. Ympäri vuotisesti ulos pääseviä luomukanoja on 5 500. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 24.) Kanat ruokitaan omilta luomupelloilta saatavalla rehuviljalla. Tilalla on hakekeskus, jossa tuotetaan lämmitysenergiaa osin oman metsän hakkeesta. Tilan oma auto kulkee Knehtilän tilalla tuotetulla biokaasulla ja sähkönkäytön osalta on mietitty aurinkopaneeleihin siirtymistä. Tilalla tuotetaan kananmunien lisäksi jo munintansa lopettaneista kanoista luomukanalientä ainoana tilana Suomessa. (Mäntymäen luomutila.)

Luomuvihanneksia ja hunajaa myyvä Lehtokummun tila sijaitsee aivan Knehtilän tilan naapurissa. Luomuvihannekset lannoitetaan biokaasulaitoksesta saatavalla ravinnerikkaalla mädätysjäännöksellä. Luomuvihannekset, hunaja sekä kananmunat myydään pääkaupunkiseudun kauppoihin sekä suoraan kuluttajille REKO-ruokarinkien kautta. Lisäksi Knehtilän tilalla järjestetään paikallisten toimijoiden kanssa markkinoita, joista on tullut suosittuja luomu- ja lähiruokatapahtumia tilan yhteyteen. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 24.)

### 4.3 Palopuron Biokaasu Oy

Vuonna 2015 paikalliset toimijat kokoontuivat pohtimaan, kuinka suunnitelmaa ravinne- ja energiaomavaraisesta tuotantomallista saataisiin kehitettyä. Ajatus kyseisestä tuotantomallista ei syntynyt hetkessä, vaan se muotoutui vuosien varrella. Rahoitusta haettiin ympäristöministeriön RAKI-ohjelmasta, joka on ravinteiden kierrätys- ja toimenpideohjelma. Hankkeen rahoitusta haettiin keväällä, ja hanke käynnistyi loppukesällä 2015. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 20–21.)

Ravinne- ja energiaomavaraisen lähiruoan tuotanto – Palopuron agroekologinen symbioosi-hanke on toteutettu yhteistyössä Knehtilän tilan, leipomo Sam-sara Oy:n, Helsingin yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen kesken. Hankkeen ensisijaisena rahoittajana toimi ympäristöministeriön RAKI-ohjelma. Viidesosan hankkeen rahoituksesta hoitivat hankkeen toteuttajat. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 9.) Palopuron agroekologinen symbioosi-hankkeen tavoitteena oli luoda kokonaisuudessaan ”ravinne- ja energiaomavaraisen ruoan tuotantomalli, joka on valtakunnallisesti monistettavissa” (Koppelmäki 2017, 3). Kuvassa 5 on esitetty, kuinka toimintamalli pitää sisällään ravinteiden kierrätyksen, maati-  
lojen sivuvirtojen hyödyntämisen energiaksi ja paikallisesti tuotetun ruoan.



Kuva 6. Palopuron agroekologisen symbioosin kierto (Koppelmäki 2017a, 6).

Palopuron Biokaasu Oy on neljän luomuyrittäjän yhteisö, joka on perustettu Palopuron biokaasulaitoksen investointia varten. Suomen mittakaavassa Metenerin kehittämä, toimittama ja markkinoima biokaasulaitos on harvinainen, sillä kyseisellä toimintakonseptilla ja teknologialla ei ole Suomessa aiemmin toteutettu kaupallisia laiteinvestointeja. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 26.) Metener Oy:n lisäksi yrityksessä on mukana Nivos Energia, Knehtilän tila ja Lehtokummun tila. Laitokseen syötetään vuodessa noin 2400 tonnia luonnonmukaisesti tuotettua nurmibiomassaa sekä 80 tonnia kanojen ja 1000 tonnia hevosten luomulannoitteeksi hyväksyttyä lantaa. Lopputuotteena saadaan kaiken kaikkiaan 2500 MWh:a vuodessa, ja noin 3000 tonnia mädätysjäännöstä lannoite- ja maanparannusaineeksi. Biokaasusta noin 70 % jalostetaan liikennepolttoaineeksi. (Nivos.)

Nivos Oy on yritykseen eniten investoinut ja näin ollen sen suurin omistaja. Paikallisen energiayhtiön tavoitteena on kyseisen mallin biokaasuntuotannon monistaminen omalle toiminta-alueelleen. Palopuron pilotin suunnittelun yhteydessä ymmärrettiin, että biokaasuntuotantoa koskevien investointien vastuu on hyvä jakaa muidenkin kuin viljelijöiden kesken. Viljelijöiden tuottaessa biomassaa, maatalouden ulkopuolisen toimijan tehtävänä on hoitaa energiantuotantoa. Tällöin toimintamallin monistettavuus on toteutuskelpoisempi. (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 56.)

Nivos oli innokas investoimaan siitä huolimatta, vaikka se ei saanut Maaseudun yritystuen (MMM) investointitukea, koska Nivosta ei lasketa maaseutuyritykseksi (Helenius, Koppelmäki & Virkkunen 2017, 54). Kun symbioosin osakkaana on mukana energiayhtiö, se rajaa maaseudun kehittämisohjelman tarjoamat tuet pois. Työ- ja elinkeinoministeriönkään myöntämä investointituki ei ole tarkoitettu niille yrityksille, jotka on luotu maatalojen yhteyteen (Koppelmäki 2017, 12).

## 5 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö on osa UusiutuWat-hanketta, jonka tarkoituksena on edistää Pohjois-Karjalan maatilojen elinkeinotoimintaa, energiaomavaraisuutta ja uusiutuvan energian määrää. Parempaan taloudelliseen kannattavuuteen, huoltovarmuuteen ja uusien liiketoimintojen syntyyn tavoitellaan energiaomavaraisuuden toivossa. Hankkeen ympärille pyritään saada kietoutumaan joukko Pohjois-Karjalan maaseutuyrityksiä, johon kuuluvat niin maatilat, energialaitokset, kuin yleisesti uusiutuvasta energiasta ja hiilineutraaliudesta kiinnostuneet maaseudun teollisen tuotannon ja palveluiden yritykset ja paikallisyhteisöt. (Karelia Ammattikorkeakoulu Oy 2018, 3.)

Palopuron kaltaista toimintamallia ei ole muualla Suomessa, joten Palopuroon on tutustuttu ainutlaatuisena ja yksityiskohtaisesti. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua Palopuron symbioosin toimintamalliin perusteellisesti ja tutkia mallin soveltuvuutta Pohjois-Karjalan muutamaaan potentiaaliseen kohteeseen. Mallin siirrettävyyteen vaikuttavat niin ympäristölliset, taloudelliset kuin sosiaalisetkin tekijät. Toimintamallista koostuvista teemoista rakennettiin haastattelurunko Pohjois-Karjalan alueelta valituille sopiville edustajille. Teemahaastattelun tuloksista muodostettiin johtopäätökset mallin siirrettävyyden mahdollisuuksista Juukaan, Kiteelle ja Nurmekseen.

### **Opinnäytetyön tutkimuskysymykset ovat:**

- Millaiset mahdollisuudet Pohjois-Karjalassa on agroekologiselle symbioosille?
- Millaisia Palopuron agroekologisen symbioosin kaltaisia piirteitä on huomattavissa tapauskohtaisesti?

Aihe on rajattu Palopuron toimintamallin symbioosin monistamisen mahdollisuuksiin ja esteisiin. Pohjois-Karjalan kolmen tapauksen viitekehyksessä Palopuron symbioosista on rajattu paikallisen lähiruoan tuotanto muiden kuin Kiteen tilan osalta. Työssä tarkastellaan Palopurosta löydettyjen teemojen lisäksi tapauskohtaisia mahdollisia biokaasuteknologioita.

## 6 Aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyö aloitettiin joulukuussa 2019 vierailamalla Hyvinkäällä sijaitsevalla Knehtilän maatilalla, joka toimii osana Palopuron agroekologista symbioosia. Tilalla tutustuttiin agroekologisen symbioosin toimintamallin niihin osiin, jotka sijaitsevat Knehtilän tilalla. Itse aineistonkeruu aloitettiin tammikuussa 2020, jolloin laadittiin kysymykset haastattelua varten, sekä aloitettiin mahdollisten haastateltavien kartoittaminen. Sopivien haastateltavien löydyttyä heihin otettiin yhteyttä puhelimitse ja sovittiin haastattelun ajankohta. Haastattelut toteutettiin vuoden 2020 tammi-huhtikuun aikana.

Kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen päätarkoitus on pyrkiä ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä. Tyypillisesti laadullista tutkimusta tarkastellaan tapaustutkimuksena, sillä siinä käsitellään tiettyä tapausta. Yhden tai useamman tapauksen tapaustutkimuksessa on luonteenomaista tutkia prosesseja. Prosessit muodostavat kokonaisuuden, joka voi sisältää useita eri tiedonkeruu ja analyysitapoja. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksen päämääränä on selvittää tapauksen määrittelyn ja analysoinnin avulla ratkaisu tutkimuskysymykseen tai -kysymyksiin. Sen käsittelemiseen voidaan käyttää niin kvalitatiivisia kuin kvantitatiivisiakin menetelmiä. Menetelmiä valittaessa tutkimuksen arviointiin liittyvät asiat ovat tärkeässä asemassa. Arvioitaessa tutkimusta luotettavuuden ja sen eettisten kysymysten osalta, omaksutaan oikeat tutkimusmenetelmät. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

### 6.1 Teemahaastattelu

Haastattelu on tieteellinen metodi, joka on sidottu tilanteeseen ja kontekstiin. Se on usein kahden ihmisen välinen kielellinen vuorovaikutus, joka koetaan miellyttäväksi tutkimusmetodiksi. Haastattelun avulla saadaan syvällistä tietoa aiheesta,



ja sillä saadaan ehkäistyä kyselylomakkeista mahdollisesti aiheutuvat väärin ymmärretyt kysymykset. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 11–12.)

Teemahaastattelussa on päätetty etukäteen tietyt aihealueet, jotka perustuvat opinnäytetyön viitekehukseen ja joiden mukaan haastattelu etenee. Haastattelussa kysymykset ovat kaikille samat, mutta valmiita vastausvaihtoehtoja ei ole. Toisin kuin strukturoidussa haastattelussa, puolistrukturoidussa haastattelussa haastateltavilla on enemmän vapautta kertoa vastauksena. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 47–48.) Puhelimessa käydyillä haastatteluilla saadaan säästettyä aikaa, eikä haastattelijoiden tarvitse matkustaa fyysisesti paikan päälle haastattelemaan (Valli 2018, 100). Negatiivisena puolena puhelinhaastatteluissa on, että kysymykset täytyvät usein olla lyhyempiä, ja ne tulee esittää hitaasti ja selkeästi (Hirsjärvi & Hurme 2008).

Opinnäytetyössä käytettiin tutkimusmenetelmänä teemahaastattelua, joka on puolistrukturoitu haastattelumenetelmä. Tarvittaessa haastateltaville esitettiin tarkentavia kysymyksiä. Haastateltavat vastasivat kysymyksiin omin sanoin, ilman valmiita vastausvaihtoehtoja. Teemahaastattelun runko on esitetty liitteessä 1.

Teemat muodostettiin Palopuron agroekologinen symbioosi -toimintamallin avulla, ja ne ovat *materiaalivirrat*, *toimijaverkostot*, sekä *intressit ja kiinnostavuus*. Teemahaastattelu toteutettiin pääasiallisesti puhelinhaastatteluina yhtä lukuun ottamatta. Pohjois-Karjalan kunnista Juuasta, Nurmeksesta ja Kiteeltä löydettiin potentiaalisia klustereita Palopuron kaltaisen symbioosin muodostamiselle. Lisäksi Kontiolahdelta ja Nurmeksesta haastateltiin yksittäisiä maatilayrittäjiä. Haastateltavaksi valittiin henkilö, jolla on parhaiten tietoa potentiaalisten kohteiden olemassaolosta ja käytettävissä olevista resursseista. Haastateltavien sijaintikunnat ja päätoimialat on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Haastateltavien maatilayrittäjien sijaintikunnat ja päätoimialat.

	<b>Sijaintikunta</b>	<b>Päätoimiala</b>
Maatilayrittäjä 1	Juuka	Naudanlihantuotanto
Maatilayrittäjä 2	Juuka	Maidontuotanto
Maatilayrittäjä 3	Juuka	Naudanlihatuotanto
Maatilayrittäjä 4	Kitee	Maidontuotanto ja Naudanlihantuotanto
Maatilayrittäjä 5	Nurmes	Sianlihantuotanto
Maatilayrittäjä 6	Nurmes	Maidontuotanto
Maatilayrittäjä A	Kontiolahi	Maidontuotanto
Maatilayrittäjä B	Nurmes	Maidontuotanto

## 6.2 Aineiston käsittely ja analysointi

Tapaustutkimuksen analysointiin haastetta tuo sen liittäminen kontekstiin sekä itse kontekstin ymmärtäminen (Valli 2018, 197). Tutkimuksen kohteena oleva tapaus käsitetään osana tiettyä ympäristöä (Eriksson & Koistinen 2014, 7). Kontekstisidonnaisuus on huomattavassa roolissa etenkin, kun opinnäytetyön tutkimusaihe on symbioosin siirrettävyys Pohjois-Karjalaan.

### 6.2.1 Teemoittelu

Aineisto voidaan purkaa litteroimalla, jossa teksti kirjoitetaan auki tai haastattelusta voidaan tehdä päätelmiä suoraan teemojen avulla (Hirsjärvi & Hurme 2008). Teemoittelussa aineisto puretaan teema-alueittain ja haastattelijat käyvät yhdessä läpi aineiston ja miettivät vastauksissa esiintyviä yhdistyviä teemoja tai aihepiirejä (Sarajärvi & Tuomi 2018, 106). Hirsjärven ja Hurmeen (2008, 142) mukaan vastauksista tulee saada selville olennainen tieto. Haasteltavat harvoin sanovat asioita täysin samoin sanoin, mutta jos ne tarkoittavat samaa, ne voidaan luokitella saman teeman alle. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 173).

Vastausten käsittely aloitettiin litteroinnilla, jossa haastattelu kirjoitettiin puhtaaksi haastateltavan sanoman osalta. Haastattelusta saatu aineisto purettiin teema-alueittain ja vastaukset analysoitiin tematisoinnin avulla.

## 6.2.2 Vertailukehittäminen

Parhaan mahdollisen käytännön tarkastelua oman toiminnan kehittämiseksi ja parantamiseksi kutsutaan nimellä benchmarking eli vertailukehittäminen. Siinä organisaatiot tutkivat toisten organisaatioiden toimintaa ja prosesseja, joista voisi ottaa oppia omaan toimintaan. Yritykset voivat tarkastella muun muassa kuinka tarvittavat materiaalit ostetaan, kuinka palkanmaksu tai koulutukset toteutetaan, tai kuinka nopeasti yritys saa uusia tuotteita markkinoille. Vertailukehittäminen auttaa tunnistamaan heikkouksia ja tämän avulla parantaa omaa suorituskykyään ja muodostamaan uusia ideoita. Jokaisessa organisaatiossa on jotakin parannettavaa, joten miksi emme hyödyntäisi sitä ottamalla mallia muista. (Koch 2020.)

Vertailuanalyysiksiin kutsuttua tapaa voi toisen organisaation tutkimisen sijasta toteuttaa myös oman yrityksen sisällä. Eri organisaation osat voivat vertailla toimintaansa keskenään, ja jakaa toisilleen hyväksi huomattuja tapoja. (Koch 2020.) Tämän avulla päästään tekemään asioita yhdessä. Vertailukehittämisen avulla voidaan päästä kerran tehdyn prosessin sijaan toistuvaan oppimiseen, kehitykseen ja kekseliäisyyteen. On turvallisempaa nähdä tuloksia muiden toiminnassa, ja sitä kautta siirtää ne omaan toimintaan. (Korkeakoulujen arviointineuvosto 2005.)

Palopuron agroekologinen symbioosi on ainut laatuaan Suomessa, joten opinnäytetyön vertaaminen Palopuroon on perusteltua. Opinnäytetyössä vertailukehittäminen pyrittiin tuomaan esille jokaisen haastateltavan maatilayrittäjän vastauksien käsittelyssä. Vastauksien käsittelyn yhteydessä pohdittiin millaisia ominaispiirteitä tilalta löytyy, joita voidaan löytää myös Palopuron toimintamallista.

### 6.2.3 SWOT-analyysi

Nelikenttäanalyysia eli SWOT-analyysia käytetään yleisesti yritystoiminnassa selvittämään yrityksen vahvuudet (=Strengths) ja heikkoudet (=Weaknesses), mahdollisuudet (=Opportunities) ja uhat (=Threats) (Suomen riskienhallintayhdistys 2012–2020). Tarkastelemalla kenttää ulkoisten ja sisäisten asioiden osalta, pystyy ulkopuolinen, tai yritys itse arvioimaan omaa toimintaansa näillä osa-alueilla. Mahdollisuuksilla ja uhilla viitataan yrityksen tulevaisuuteen. Millaisia uhkia ja mahdollisuuksia yrityksellä on tulevaisuudessa, ja miten niihin voisi vaikuttaa. Kartoittamalla yrityksen nykytila ja tulevaisuus, voidaan niiden tunnistamisella edesauttaa ja helpottaa yrityksen menestymistä. Kaikentyypiset yritykset voivat käyttää hyödykseen nelikenttäanalyysia koskevan niin koko yritystä, kuin vain osaa yritystoiminnasta. (Suomen riskienhallintayhdistys 2012–2020.)

Jokaisesta kuntakohtaisesta tapauksesta muodostettiin SWOT-analyysi, johon koottiin tapauskohtaisia vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. SWOT-analyysit tehtiin haastattelujen pohjalta kartoittamaan toimintamahdollisuuksia agroekologiseen symbioosiin pyrkiessä.

### 6.3 Laskentaperusteet

Laskettaessa biokaasulaitoksesta saatavaa metaanintuottopotentiaalia tarvitaan syötteen määrän lisäksi tarkentavaa tietoa syötteen eri ominaisuuksista. Näitä ominaisuuksia ovat syötteen, tässä tapauksessa lannan kuiva-ainepitoisuus (TS), orgaanisen aineen pitoisuus (VS) sekä eri syötteille annettu metaanintuottopotentiaalinen arvo. Tutkimuksessa hypoteettisesti rakennettuihin biokaasulaitoksiin käytetään syöteinä ainoastaan tilalta saatavia eläinten lantoja, joiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 7.

Eri lantatyyppeiden metaanintuottopotentiaali on esitetty tuoretonnia kohden, mikä tarkoittaa lantaa, josta ei ole poistettu mitään. Taulukossa on esitetty lukujen vaihteluvälit. Tilalta saadut lannan kuiva-ainepitoisuudet on esitetty taulukossa 9. Ar-

vot on suhteutettu taulukon 7 antamiin kuiva-ainepitoisuuksiin, joiden avulla saadaan jokaiselle tilalle tarkat arvot orgaanisen aineen suhde kuiva-ainepitoisuuteen sekä metaanintuottopotentiaali.

Muutamalta maatilalta saadut lannan kuiva-ainepitoisuudet ja niillä lasketut CH<sub>4</sub>-potentiaalit eivät lukeudu taulukon vaihteluvälille annettujen arvojen väliin. Kyseisissä tapauksissa on käytetty taulukon antaman vaihteluvälin lähintä minimi- tai maksimiarvoa. Laskujen helpottamiseksi luotiin Excel-taulukko, jossa toisiinsa suhteutettuna oleville arvoille on luotu lineaarinen yhtälö antamaan oikeat tulokset. Laskentakaavat on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 7. Syötteiden ominaisuuksia (Ukipolis Oy & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2014).

<b>Syöte</b>	<b>TS (%)</b>	<b>VS/TS (%)</b>	<b>CH<sub>4</sub>-pot. m<sup>3</sup>/tVS</b>
Naudan lietelanta	5–14	75–85	120–300
Naudan kuivikelanta	17–25	68–85	100–250
Sian lietelanta	4–10	75–86	180–490

Lantamäärät on muutettu haastatteluista saaduista kuutioista kilogrammoiksi ja sitä kautta tonneiksi käyttämällä tilavuuspainokerrointa ja jakamalla luku vielä muutoskerroimella 1 000. Tilavuuspainokertoimet on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Syötteiden tilavuuspainokertoimet (Eurofins).

<b>Syöte</b>	<b>Tilavuuspaino kg/m<sup>3</sup></b>
Naudan lietelanta	999,1
Naudan kuivikelanta	737,5
Sian lietelanta	993,5

Taulukko 9. Maatilojen lantojen kuiva-ainepitoisuudet (TS).

	<b>TS % lietelanta (nauta)</b>	<b>TS % kuivalanta (nauta)</b>	<b>TS % lietelanta (sika)</b>

Maatilayrittäjä 1	9 %	32 %	-
Maatilayrittäjä 2	5 %	23 %	-
Maatilayrittäjä 3	-	25 %	-
Maatilayrittäjä 4	8 %	28 %	-
Maatilayrittäjä 5	9 %	21 %	-
Maatilayrittäjä 6	-	-	1 %

Biokaasuprosessista noin 55–70 % on metaania ja loput 30–45 % on hiilidioksidia (Ukipolis Oy & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2014, 7). Prosesissa syntynyt biokaasu sisältää 6 kWh energiaa yhdessä kuutiossa syötettä. Laskelmissa ei ole otettu huomioon 60 % metaanintuotto-osuutta biokaasusta, koska laskelmat on tehty suoraan metaanintuottoon kohdistettuina. Metaanin vastaava energiamäärä yhdessä kuutiossa syötettä on 10 kWh. (Motiva 2013, 25.) Koska kuutiometri metaania sisältää 10 kWh, voidaan maatilalta laskettu metaanintuottopotentiali kertoa 10 kWh, saaden tulokseksi tuotetun energian metaanisisällön kilowattitunteina.

Maatiloilta lasketut energian metaanisisällöt on kerrottu oletetuilla CHP-laitoksen hyötysuhteilla. CHP-laitoksen kokonaishyötysuhde voi olla jopa 85 %, jolloin laitoksen tekniikasta riippuen metaaniksi muutetusta energiasta sähköksi saadaan kaasugeneraattorilla muunnettua noin 30 %, ja loput 55 % metaanin energiasisällöstä muuttuu lämmöksi. Loput 15 % lasketaan pakokaasu- ja säteilyhävikkeinä. (Motiva 2013, 24.) Kun energiansaannosta vähennetään vielä laitoksen oma kulutus, niin saadaan käyttöön hyödynnettävän energian määrä. Laitoksen sähkönkulutuksena on käytetty arvoa 7 %, ja lämmölle 17 %. Kun laitoksen käyttöaika oletetaan olevan 8000 h/a, saadaan esimerkkilaitoksille keskimääräiset sähkö- ja lämpötehot. Laitoksen tauotta käymisen käyttötuntien (8760 h) sijaan käyttötuntien määrittämisessä on otettu huomioon mahdolliset korjaus- ja huoltokatkot. (Ukipolis Oy & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus 2014, 20.) Kun laitoksen lämpö- ja sähköenergia lasketaan yhteen ja jaetaan vuoden käyttötunneilla, saadaan tuloksena laitoksen vaatima teho, joka pyöristetään lähimpään kymmeneen kilowattiin saadakseen laitokselle mahdollisuus hyödyntää kaikki tuotettu biokaasu.

Jos kaikki biokaasulaitoksesta saatava energia hyödynnettäisiin liikennebiokaasun tuotannossa, voidaan litraekvivalentit laskea hyödyntäen taulukossa 10 esitettyjä arvoja. Sulkeiden sisäpuolella esitetyt luvut ovat vaihteluvälin keskiarvoja, joita laskuissa on käytetty. Bensiinilitraekvivalenteilla tarkoitetaan bensiinilitraa vastaava energiamäärä kaasulla (Pyykkönen 2015). Liikennebiokaasun jalostuslaitoksen hyötysuhteena on käytetty 95 % (Luonnonvarakeskus 2015, 35).

Taulukko 10. Bensiinilitraekvivalentit biokaasuprosessissa yhdestä tonnista (märkäpaino) materiaalia (Metener Oy 2016).

Syöte	Bensiinilitraekvivalenteja (liikennekäyttö)
Naudan lietelanta	10–20 (15)
Naudan kuivalanta	24–55 (39,5)
Sian lietelanta	12–24 (18)

## 7 Tulokset

### 7.1 Tapaus 1, Juuan tilojen nykytilanne ja laitosratkaisu

Haastatteluun valittiin kolme maatilayrittäjää Juuan kunnan alueelta, joista jokainen osoitti yleistä kiinnostusta ja myönteistä asennetta biokaasun tuotantoa kohtaan. Juuassa on aiemmin vuonna 2018 toteutettu biokaasuselvitys, jossa on ollut mukana muutamia kymmeniä aiheesta kiinnostuneita, mukaan lukien yksi haastateltavista maatilayrittäjistä. Joensuun seudun maaseutupalveluiden ja Juuan yhdessä käynnistetyssä selvityksessä tarkasteltiin maatilojen mahdollisuuksia biokaasun tuotantoon kartoittaen kiinnostuneiden maatilojen resursseja ja materiaalivirtoja. (Maakaista 2019.)

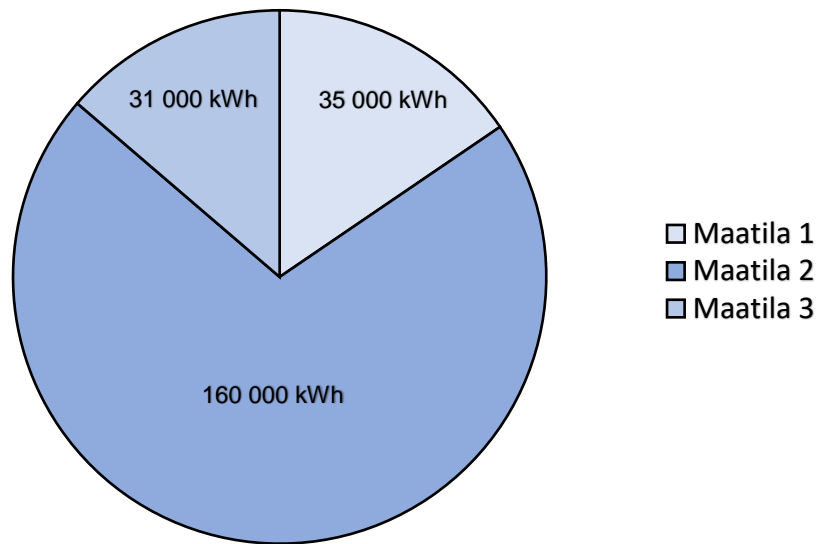
Maatiloilla syntyvissä sivuvirroissa ja kasvintuotannossa on olemassa valtava potentiaali syötteenä biokaasureaktoriin (Maakaista 2019). Juuan kolmella karjatilalla 142 nautaa, 100 lypsylehmää, 120 emolehmää ja 290 nuorkarjaa tuottavat

yhteensä noin 5700 m<sup>3</sup> lietelantaa ja 3600 m<sup>3</sup> kuivalantaa. Kuivalanta muodostuu pääosin emolehmistä ja lihanaudoista tiloilla 1 ja 3.

Peltoalaa tiloilla on yhteensä melkein 500 ha. Luomukarjatilalla 1 yli 200 hehtaarin viljelmillä kasvatetaan yksivuotista ja monivuotista nurmea, sekä viljaa. Maidontuotantotilalla 2 on peltoalaa noin 147 ha, jolla kasvatetaan säilö- ja laidunrehun lisäksi rehuviljaa, pääasiassa kauraa ja ohraa. Tavanomaisilla tiloilla, kuten tilat 2 ja 3 parempaan satoon ja kasvuun käytetään keinolannoitteita. Tiloilla 2 ja 3 käytetään yhteensä noin 70 tonnia keinolannoitteita vuodessa. Luomutiloilla, kuten tilalla 1 keinolannoitteiden käyttö on kiellettyä. Yli 30 vuotta sitten rakennetussa navetassa 142 naudalle kasvatetaan tilalla 3 noin 100 hehtaarin alalta pääasiassa nurmea, mutta myös rehuviljasekoitteita, kuten kauravehneä tai ohra-kauraa.

Juuan maatilojen energiankulutus on yhteensä 226 000 kWh/a, josta suurin osa on tuotettu suorasähköllä. Navetoissa sähköä kuluu mm. vastuksiin, jotka pitävät talvisin karjan vesikipot sulana, sekä navetan valaistukseen. Yrittäjän 1 mukaan biokaasua voisi hyödyntää vesikipojen- ja korjaamohallin lämmityksessä, sekä jalostamalla sitä maatalouskoneiden polttoaineeksi. Maidontuotantotilan maatalousyrittäjällä 2 on käytössä oma kuivuri, joka kuluttaa noin 3000 litraa polttoöljyä. Kevyen polttoöljyn energiasisältö on 10 kWh/l, joten kuivurin vuotuinen energiankulutus voidaan laskea olevan 30 000 kWh. Maitotilan käyttöveden, robottihuoneiston, rehuvaraston ja osa asuinrakennuksen lämmityksestä tuotetaan suorasähköllä, käyttäen asuinrakennuksen lisälämmityksenä puuta. Kuviossa 1 on kuvattu Juuan maatilayrittäjien energiankulutus maatilakohtaisesti.





Kuvio 1. Juuan maatilojen energiankulutus on yhteensä 226 000 kWh.

Pienen paikkakunnan etuina voidaan nähdä yhteisöllisyys ja sitä kautta syntyvä luottamus muihin kunnan toimijoihin. Haastateltavat maatilayrittäjät toteuttavat aktiivista yhteistyötä mm. koneyhteistyön ja sadonkorjuun muodossa, jota kautta luottamus on syntynyt. Yleisesti yhteistoiminta koetaan helpoksi töiden jakautumisen vuoksi. Mahdollisiin uusiin sidosryhmiin ollaan kiinnostuneita tietyin edellytyksin. Maatilayrittäjä 2 toivoo uusien sidosryhmien hyödyttävän molempia, tähän asti yhteistyö muiden tilojen kanssa on sujunut hyvin. Argumentti on helppo perustella agroekologisen symbioosin kannalta, sillä symbioosin muodostamisen edellytyksenä ja yhtenä pääpilareista on kaikkien osapuolten saama tasapuolinen hyöty.

Juukalaisten maatilayrittäjien yhteiseksi vaikuttavaksi tekijäksi biokaasun tuotannossa osoittautui taloudellisuus ja sitä kautta tuotannon kannattavuus. Maatilayrittäjä 3 mainitsee haluavansa olevan täysin varma investoinnista. Tämä onkin perusteltua, sillä ilman investointitukea biokaasulaitoksen toiminnasta on miltei mahdotonta saada kannattavaa. Lannan hyötykäytön lisäksi liikennebiokaasussa kiinnostaa omavaraisuus. Liikennebiokaasun tuotannosta ollaan kiinnostuneita, mutta osa yrittäjistä kokee jakeluaseman käyttöönoton vielä kaukaiseksi näkömäksi. Kaasun käyttäjiä tarvittaisiin enemmän, ja maatilan sijainti olisi jakeluasemalle haasteellinen.

Biokaasulaitokseen harvoin lähdetään investoimaan, jollei se ole taloudellisesti kannattavaa, paranna ympäristön tilaa ja lisää ravinteiden kierrätystä (Maakaista 2019). Tällaisia laitoksia kuitenkin on, jotka eivät täytä kyseisiä vaatimuksia. Syy siihen saattaa löytyä laitostekniikassa ja yrittäjillä olevista virheellisistä tiedoista. (Doranova 2019.) Eräs yrittäjästä kokee Suomen byrokratian uhkana investoinnille, mutta toinen taas ei koe uhkia, ellei tilanne mene entisestään huonommaksi. Maatilalla 3 lihaa on yritetty myydä pienimuotoisesti sen kysynnän takia, mutta raskas elintarvike- ja hygienialainsäädäntö tuottaa ongelmia. Edullisenkin lihan hinta voi nousta nopeasti jopa 20:een €/kg.

Eri raaka-aineilla on erilaiset ominaisuudet, joten ne vaikuttavat merkittävästi kaasun koostumukseen. Ottaen huomioon lannan metaanintuottopotentiaalain keskiarvon kertoimen ja tilavuuspainon tonneina, saadaan Juuan maatilojen nau-tojen lietelannan metaanintuotantopotentiaaliksi 22 480 CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/vuosi. Naudan kuivalannan osalta lukema on 166 462 CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/vuosi. Kokonaisuudessaan Juuan maatilojen yhteislaskettu metaanintuottopotentiaali on 188 942 CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>. Metaanin energiasisällön ollessa 10 kWh/m<sup>3</sup> on tuotetun metaanin energiasisältö teoreettisesti 1 889 MWh, joka on esitetty taulukossa 11. Alla olevassa taulukossa on esitetty metaanin energiantuotannon lisäksi lantojen tuorepainot, orgaanisen materiaalin määrä lannassa sekä teoreettiset metaanintuotantopotentiaalit.

Jos kaikesta saadusta energiasta tuotetaan yhdistetysti (CHP) sähköä ja lämpöä, voidaan syötteen avulla laskea tuotettava energiamäärä. Juuassa biokaasuprosessiin kuluu sähköä 132 MWh ja lämpöä 321 MWh laitoksen kokonaisenergian-tuotannosta. Vaihtoehtoisesti jos biokaasusta tuotettaisiin ainoastaan liikenne-biokaasua, saataisiin bensiinilitraekvivalenteja 170 822.

Taulukko 11. Juuan maatilojen lantojen tuorepainot ja metaanintuottopotentiaalit vuositasolla.

Syöte	Tuorepaino, tn/ vuosi	Orgaanisen materiaalin määrä lannassa, tn	Metaanintuot-topotentiaali CH <sub>4</sub> m <sup>3</sup> / vuosi	Tuotetun metaanin energiasisältö, MWh
Naudan lietelanta	4996	187	22 480	224

Naudan kivi- vikelanta	2655	670	166 462	1665
Yhteensä	7651	857	188 942	1889

Taulukko 12. Juuan syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.

Energiantuotantomuoto	Hyödynnettävän energian määrä
Sähkö (CHP)	434 MWh
Lämpö (CHP)	717 MWh
Bensiinilitraekvivalenteja	170 822

Laitoksesta syntyvän seoksen kuiva-ainepitoisuuden ollessa 13,6 %, mutta kuitenkin reilulla lietemäärällä, on tilalle perusteltua valita kiintomädätyslaitos. Biokaasulaskurin käyttöohjeen (2014, 11) mukaan kuiva-ainepitoisuuden ylittäessä 12 %, laskuri laskee automaattisesti mukaan tarvittavan laimennusveden. Kiintomädätystekniikka ei kuitenkaan tarvitse laimennusvettä, vaan on suunniteltu toimimaan kuivan- ja märkämädätyksen välimuodoksi. Kiintomädätysprosessi ei ole yhtä herkkä kuivalle syötteelle kuin märkäprosessi, ja lietteen määrän vuoksi tilalle ei kannata valita kuivamädätysprosessia. Lisäksi sen avulla voidaan mädättää enemmän lietettä pienemmällä reaktorikoolla, joka vähentää perustamiskustannuksia. Reaktorikooksi saatiin 1100 m<sup>3</sup>, jolloin orgaanisen aineen kuormitukseksi tulee 2,1 kg/m<sup>3</sup>/vrk. Viipymääjäksi on kannattavaa asettaa 30 vuorokautta, jotta seos ehtii kunnolla hajoamaan ja tuottamaan kaasua. Oletuksena on, että laitos on toiminnassa 365 vuorokautta vuodessa.

## 7.2 Tapaus 2, Kiteen tilan nykytilanne ja laitosratkaisu

Kitee on Keski-Karjalassa sijaitseva kaupunki. Kiteellä on ollut selvää kiinnostusta biokaasua kohtaan ja onkin jo sen tuotantoa suuremmassa kokoluokassa. Kiteellä toimiva Biokymppi Oy tuottaa biokaasua muun muassa kotitalouksista kerätystä biojätteestä sekä jäteveden puhdistamon lietteistä. Tuotettu biokaasu menee CHP-laitokselle, jossa siitä tuotetaan sähköä ja lämpöä. Sähköä menee

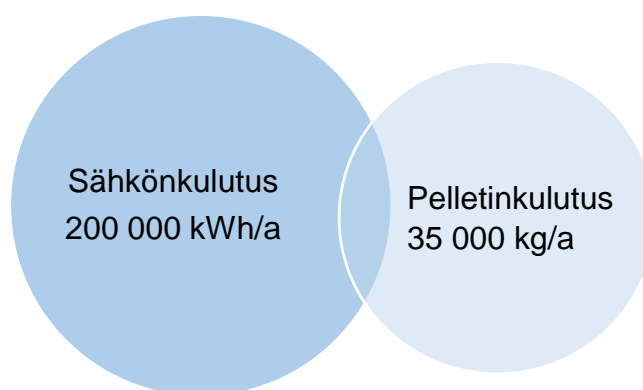
omaan käyttöön sekä myytäväksi sähköverkkoon. Osa tuotetusta lämmöstä syötetään kaupungin kaukolämpöverkkoon. (BioKymppi Oy.) Lisäksi kaupunki on ollut mukana esiselvityshankkeissa liittyen biokaasun tuotannon lisäämiseen ja käyttöön.

Opinnäytetyöhön haastateltavana oli eräs kiteeläinen maatilayrittäjä. Tila on suuntautunut pääsääntöisesti luomumaidontuotantoon ja pienemmissä määrin lihakarjan tuotantoon. Lypsykarjaa tilalla on 120 kpl, nuorkarjaa 150 kpl ja lihakarjaa 70 kpl. Osa tuotetusta maidosta on A2-maitoa, joka menee jatkojalostettavaksi läheiselle pienmeijerille. Maidon sisältämä beetakaseliini jaetaan kahteen ryhmään: A1 ja A2. Tieteellistä näyttöä ei ole sille, että A2-maito olisi terveydelle parempi vaihtoehto. Virallisten tuloksien puuttumattomuudesta riippumatta A2-maito on käynyt ihmisten kertoman mukaan muun muassa maitoallergikoille sekä vatsavaivoista kärsiville. (Farmit 2017.) Maito lypsetään VMS V300 lypsyrobotilla.

Tilalla muodostuu vuosittain noin 1000 m<sup>3</sup> kuivalantaa sekä noin 6000 m<sup>3</sup> liete-lantaa. Muodostunut lanta separoidaan ennen peltojen lannoitusta FAN-merkkisellä ruuvipuristinseparaattorilla. Separoitavasta lannasta noin 5 % saadaan erotettua kuivajakeeksi. Lannan separoinnilla saavutetaan parempi ravinnehyöty, sillä kuiva-aineen ja nesteen ravinnepitoisuudet ovat eri tasoa. Eri tasoisten ravinnepitoisuuksien myötä, lannoitustarve voidaan kohdentaa pelloille tehokkaammin. (Reiskone Oy 2013.) Peltoalaa on yhteensä 400 ha, josta osa suurin osa on omaa ja osa vuokrattua. Pääasiassa pelloilla kasvatetaan nurmea karjalle ruuaksi. Lisäksi kasvatetaan eri viljakasveja, kuten kauraa ja ohraa. Tilalla on käytössä viljankuivuri, jolla myyntiin menevä vilja kuivataan. Kuivuri kuluttaa vuodessa 10 000 litraa öljyä. Vuotuiseksi energiankulutukseksi kuivurille voidaan laskea 100 000 kWh. Lannan lisäksi pelloilla käytetään BioKymppi Oy:n valmistamaa luomulannoitetta.

Lämmöntuotanto tilalla hoidetaan puulämpölaitoksella, jonka polttoaineena toimii pelletti. Pelletti on kuitenkin tarkoitus vaihtaa hakkeeseen kevään aikana. Hake tuotetaan omista metsistä kaadetuista puista. Kuviossa 2 on kuvattu Kiteen tilan lämmöntuotantoon kuluva pelletin määrä ja sähkönkulutus vuositasona. Tilalla lämmitykseen kuluu vuodessa 35 000 kg pellettiä. Pelletin energiasisällön ollessa

4,75 kWh/kg saadaan tilan kuluttaman pelletin energiasisällöksi 166 250 kWh/a. Tilan toimintoihin kuuluvat navetta, kievari sekä toimistotilat. Lämmityksen piiriin kuuluvat tilan omien toimintojen lisäksi välittömässä läheisyydessä olevat hevos-talli, koulurakennus, asuntolat sekä lähistöllä sijaitsevat rivitalot. Lisäksi maidon tuottama lämpö otetaan talteen ja käyttöön. Maatalouskoneisiin kuuluu vuosittain polttoainetta noin 140 000 litraa. Yhteenlasketuksi energiankulutukseksi saadaan 1 400 000 kWh.



Kuvio 2. Kiteen tilan sähkönkulutus ja lämmöntuotantoon kuluvan pelletin määrä vuodessa.

Tällä hetkellä yhteistyötä on pienmeijerin lisäksi läheisen leipomo-kahvilan, erinäisten maataloustoimijoiden sekä oppilaitoksen kanssa. Kesäisin tilalla on järjestetty markkinoita muiden tuottajien ja toimijoiden kesken. Maataloustoimijoiden kanssa tehdään muun muassa peltoviljely-yhteistyötä. Oppilaitoksen maatalousalan opiskelijat suorittavat tilalla käytännön opiskelun. Yhteistyön toimimisen takaamiseksi jokaisella osapuolella pitää olla täysi luottamus toisiaan kohtaan. Onnistunut yhteistyö vaatii myös vankan sitoutumisen, sekä yhdessä sovitut asiat, joista pidetään kiinni. Ajatuksena on tulevaisuudessa monipuolistaa tilan toimintoja, sekä luoda uusia sidosryhmiä. Erityisesti A2-maidon tuotantoa, sekä maidon jalostusta on tarkoitus lisätä. Tilalle onkin pohdittu myymälää, jossa myytäisiin läheisen pienmeijerin tuotteiden lisäksi muita paikkakunnalla tuotettuja tuotteita. Uudet yhteistyökumppanit ovat tervetulleita, sillä rajoituksella, että yhteistyö liittyy tilan ydintoimintaan eli maidontuotantoon. Tulevaisuudessa on myös luvassa mittavia investointeja, kuten koulutuskuntayhtymän tilojen osto, sekä omavaraisen energiantuotannon lisääminen.

Tilalla on kiinnostusta panostaa tulevaisuudessa yhä omavaraisempaan toimintaan. Omavaraisuutta lisää tällä hetkellä esimerkiksi tilalla sijaitsevalla puusepän pajalla omaan käyttöön tehtävät kalusteet, sekä siirtyminen hakkeen käyttöön lämmityksessä. Suunnitteilla on investoida aurinkosähkön tuotantoon sekä myöhemmin biokaasun tuotantoon. Suunnitelmana on aluksi keskittyä biokaasun tuotannossa pelkästään lämmön tuotantoon ja mahdollisesti myöhemmin sähkön tuotantoon sekä liikennepolttoaineen jalostukseen. Vaikuttavin tekijä biokaasun tuotannon kiinnostavuudessa on taloudellinen näkökulma. Biokaasun myötä energiaomavaraisuus sekä lannoitekäyttö paranevat. Lisäksi sosiaalinen hyväksyttävyy<sup>2</sup> lisääntyy.

Maatalouspolitiikkaa haastateltava ei pidä uhkana agroekologiseen symbioosiin investoitaessa. Epävakaana tilanne vain kannustaa investoimaan omavaraisuuteen, jolla taataan toiminnan jatkuvuutta tulevaisuudessa. Uhkana koetaan ennemminkin perustuotannon pettäminen, jos maidon ja maitotuotteiden kysyntä laskee huomattavasti. Lisäksi nykyinen ammattitaito huolestuttaa, koska kouluksissa opetusta karsitaan ja opiskelua toteutetaan enemmän itsenäisesti. Lähiruualle on ollut tasaista kysyntää Kiteellä.

Alla olevassa taulukoissa 13 on esitetty lantojen tuorepainot, orgaanisen materiaalin määrä lannassa sekä teoreettiset metaanintuotantopotentiaalit. Lietelannan kuiva-ainepitoisuus on 8 % ja kuivikelannan 28 %. Koska taulukossa suurin ilmoitettu kuiva-ainepitoisuus on 25 %, käytettiin laskennassa lähimpiä mahdollisia orgaanisen aineen määrän ja metaanintuotantopotentiaalin arvoja. VS/TS prosentina lietalannalle käytettiin 78 % ja kuivikelannalle 85 %. Metaanintuotantopotentiaalin m<sup>3</sup>/tVS-lukuina lietalannalle käytettiin 180 ja kuivikelannalle 250.

---

<sup>2</sup> Sosiaalisella hyväksyttävyydellä tarkoitetaan keskenään vuorovaikutteisia osia, jotka hyväksytään toiminnan ollessa reilua, oikeudenmukaista ja tarpeellista toisen asian saavuttamiseksi (Luonnonvarakeskus Luke 2016).

Taulukko 13. Lantojen tuorepainot sekä metaanintuotantopotentiaalit vuositasolla.

<b>Syöte</b>	<b>Tuorepaino, tn/vuosi</b>	<b>Orgaanisen materiaalin määrä lannassa, tn</b>	<b>Metaanintuotantopotentiaali CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/vuosi</b>	<b>Tuotetun metaanin energiasäilytys, MWh</b>
Naudan lietelanta	5946	371	66 785	667
Naudan kuivikelanta	737,5	175	43 881	438
<b>Yhteensä</b>	<b>6 683,5</b>	<b>546</b>	<b>110 666</b>	<b>1 106</b>

Reaktoriin syötetään vuodessa 6 683,5 tonnia syötettä. Tästä määrästä syötettä saadaan teoreettisesti 110 666 m<sup>3</sup> metaania vuodessa, jonka energiasäilytys on 1 106 MWh. Syöteseoksen kuiva-ainepitoisuudeksi saatiin 10,2 %. Taulukossa 14 on esitetty puolestaan hyödynnettäväksi jäävän energian määrä, kun CHP-laitoksen hyötysuhteeksi on arvioitu sähkön osalta 30 % ja lämmön osalta 55 % (Motiva 2013, 24). Tilalle on myös laskettu pelkän lämmöntuotannon määrä, sillä tilalla on alussa tarkoitus tuottaa pelkästään lämpöä.

Pelkän lämmöntuotannon hyötysuhteena on käytetty 90 % (Latvala 2009, 45). Määrissä on myös huomioitu biokaasuprosessiin kuluva oletettu energian määrä. Biokaasuprosessiin kuluu sähköä 77 MWh ja lämpöä 188 MWh laitoksen kokonaisenergiantuotannosta. Vaihtoehtoisesti kaiken tuotetun energian muuttamiseksi bensiinilitraekvivalenteiksi saadaan kaasumäärästä 112 405 litraa.

Taulukko 14. Syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.

<b>Energiantuotantomuoto</b>	<b>Hyödynnettävän energian määrä</b>
Sähkö (CHP)	252 MWh

Lämpö (CHP)	462 MWh
Pelkkä lämmöntuotanto	807 MWh
Bensiinilitraekvivalentteja	112 405

Biokaasureaktorin syöteseoksen kuiva-ainepitoisuuden (10,2 %) perusteella prosessityypiksi valikoituu jatkuvatoimintoinen märkämädätys. Kuivikelanta pystytetään syöttämään esisekoitussäiliöön tai suoraan biokaasureaktoriin joko kuormaajalla tai ruuvikuljettimella. Biokaasulaskurissa viipymääjaksi biokaasureaktorille sekä jälkikaasuuntumisaltaalle asetettiin 25 vuorokautta, jolloin biokaasureaktorin sekä jälkikaasuuntumisaltaan kooksi saatiin 527 m<sup>3</sup>. Organisen aineen kuormitukseksi biokaasureaktorille saatiin laskettua 2,8 kg/m<sup>3</sup>/vrk. Syntyvä mädätysjännös separoidaan tilalla olevalla separaattorilla ja muodostuva kuivajae käytetään eläinten kuivikkeeksi. Tilalla on aluksi tarkoitus tuottaa biokaasulla pelkästään lämpöä. Biokaasulla, sekä tilalla jo olevalla puulämpölaitoksella voitaisiin vastata yhdessä tilan nykyisten toimintojen sekä muihin lämmityksen piiriin liittyvien rakennusten lämmön tarpeeseen.

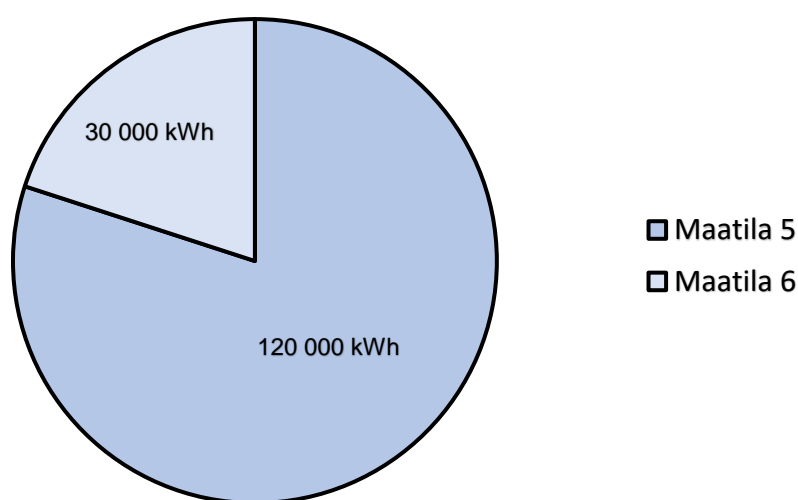
### 7.3 Tapaus 3, Nurmeksen tilojen nykytilanne ja laitosratkaisu

Nurmes on Pielisen Karjalassa sijaitseva kaupunki, joka on ollut osana erilaisia hankkeita liittyen uusiutuvan energian käytön lisäämiseen. Esimerkiksi vuosina 2013–2014 suoritettiin Grow Green Nurmes-hanke, jonka aikana laadittiin vihreän teollisuusalueen mallisuunnitelma. Tällä hetkellä vihreän teollisuuden alueella toimii muun muassa metsätalouteen ja raskaaseen kalustoon erikoistuneita yrityksiä. (Nurmes.) Nurmeksen kaupunki tekee vuoden 2020 aikana selvitystä biokaasun tuotannon, jalostuksen ja jakelun mahdollisuuksista. Määrärahasi tälle selvitykselle on asetettu 40 000 euroa. (Nurmeksen kaupunki.)

Haastateltaviksi valikoitui Nurmeksesta kaksi maatilayrittäjää, jotka ovat jo aiemmin osoittaneet olevansa kiinnostuneita biokaasun tuotannosta. Maatilayrittäjä 5:en päätoimiala on sianlihantuotanto. Tällä hetkellä sikoja on reilut 800 kpl. Maatilayrittäjä 6:en päätoimiala on maidontuotanto. Maitoa tuottaa tällä hetkellä 180



lypsylehmää. Lisäksi nuorkarjaa on 120 kpl. Tiloilla muodostuu vuosittain yhteensä noin 12 000 m<sup>3</sup> lietelantaa sekä 3000 m<sup>3</sup> kuivalantaa. Lietelannan määrästä lehmät tuottavat 9000 m<sup>3</sup> ja siat 3000 m<sup>3</sup>. Peltopinta-alaa yhteensä on 470 ha, jolla suurimalla osalla kasvatetaan nurmea. Pienemmissä määrin kasvatetaan yksivuotisia viljakasveja. Tilalla 6 pelloille levitetään vuodessa noin 60–65 tonnia keinolannoitteita. Molemmilla tiloilla on käytössään viljankuivuri. Tilalla 5 kuivurin polttoaineena toimii öljyn lisäksi hake. Tilalla 6 kuivuri kuluttaa vuodessa noin 500 litraa öljyä. Kuivurin vuotuiseksi energiankulutukseksi saadaan 5000 kWh.



Kuvio 3. Nurmeksen tilojen yhteenlaskettu energiankulutus on vuodessa 150 000 kWh.

Maatilalla 5 tarvittavaa lämpöä tuotetaan polttamalla haketta puulämpölaitoksessa. Haketta kuluu vuosittain noin 600–800 m<sup>3</sup>, riippuen kuinka kylmä talvi on. Maatilalla 6 tarvittava lämpö tuotetaan suorasähköllä. Kuviossa 3 on esitetty tilojen energiankulutus vuositasolla. Sikaloissa huomattava määrä energiasta kuluu tilojen lämmitykseen. Välitysporsaiden saapuessa suositeltu lämpötila sikalassa on noin 22 °C astetta. Sikojen kasvaessa lämpötilaa lasketaan asteittain. (Farmit.)

Kyseiset tilat tekevät keskenään vaihdannaistaloutta konetöissä. Tähän mennessä yhteistyö on koettu vaivattomana. Lisäksi uudet yhteistyökumppanit ovat tervetulleita, kunhan jokainen osapuoli hyötyy yhteistyöstä tasaisesti. Molempien

yrittäjien mielestä yhteistyön helppous on riippuvainen henkilökemioiden kohtaamisesta. Rajoittavana tekijänä yhteistyölle kuitenkin on, ettei lähistöllä ole paljoa muuta toimintaa.

Maatilayrittäjä 6 kertoi, että Nurmeksessa sijaitsevien mautilojen kesken on aiemmin tehty suunnitelmaa biokaasun syötteiden tuottamisesta biokaasulaitokselle. Suunnitelma ei kuitenkaan edennyt pidemmälle alhaisen maksettavan syötteiden hinnan takia. Lisäksi nämä kaksi tilaa ovat keskenään tehneet suunnitelman yhteisestä biokaasulaitoksesta noin 10 vuotta sitten. Silloin rajoittavaksi tekijäksi todettiin muun muassa sähkön alhainen syöttötariffi sekä hukkaan menevän lämmön määrä. Tuotetulle lämmölle täytyisi olla enemmän käyttöä ja tuotetun sähkön määrä pitäisi olla suurempi.

Vaikka aiemmin suunnitelmat biokaasulaitoksesta eivät ole edenneet toistaiseksi suunnittelua ja laskelmia pidemmälle, on kiinnostus biokaasun tuotantoa kohtaan säilynyt molemmilla tiloilla. Suurimmaksi vaikuttavaksi tekijäksi biokaasun tuotannossa nousi taloudellisuus. Myös ympäristöystävällisyys ja sosiaalinen näkökulma ovat tärkeitä vaikuttavia tekijöitä. Biokaasun tuotannon myötä omavaraisuus lisääntyy, lannan hyötykäyttö paranee sekä sillä edistetään kiertotaloutta. Lisäksi saadaan luotua maataloudesta positiivisempi kuva kuluttajille. Yrittäjiltä löytyy myös kiinnostusta liikennebiokaasun tuotantoon. Tilat eivät kuitenkaan olisi sijainniltaan parhaita vaihtoehtoja biokaasun tankkausasemalle. Tankkausaseman tulisi sijoittua esimerkiksi Nurmeksien teollisuusalueelle, jonne tuotettu kaasu kuljetettaisiin konteilla. Lisäksi liikennebiokaasulle tulisi olla useampia tuottajia sekä käyttäjäverkosto.

Uusia investointeja ajatellen maatalouspolitiikka koetaan joissain määrin uhaksi. Muuttuvat poliittiset linjaukset ja tukikaudet luovat epävarmuutta. Lainsäädäntöä ei niinkään koeta uhkana, vaikka siinä olisikin joltain osin parantamisen varaa. Valtiolla on kuitenkin tavoitteessa hiilineutraaliuden edistäminen, jolloin on oletettavissa, ettei biokaasun tuotantoa ainakaan vaikeutettaisi lainsäädännön osalta.

Alla olevassa taulukossa 15 on esitetty lantojen tuorepainot, orgaanisen materiaalin määrä lannassa sekä teoreettiset metaanintuotantopotentiaalit. Naudan liete- lannan kuiva-ainepitoisuus on 9 % ja kuivikelannan 21 %. Sian liete- lannan kuiva-ainepitoisuus on noin 1 %. Koska taulukossa pienin ilmoitettu kuiva-ainepi- toisuus sian liete- lannalle on 4 %, käytettiin laskennassa lähimpiä mahdollisia or- gaanisen aineen määrän ja metaanintuotantopotentiaalin arvoja. Laskelmissa käytettiin sian liete- lannan osalta VS/TS prosenttina 75 %, sekä metaanintuotan- topotentiaalina 180 m<sup>3</sup>/tVS.

Taulukko 15. Lantojen tuorepainot sekä metaanintuotantopotentiaalit vuosita- salla.

<b>Syöte</b>	<b>Tuore- paino, tn/vuosi</b>	<b>Orgaanisen materiaalin määrä lan- nassa, tn</b>	<b>Metaanintuo- tantopotentii- aali CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/ vuosi</b>	<b>Tuotetun metaanin energiasi- säلتö, MWh</b>
Naudan liete- lanta	8 991	647	129 483	1 294
Naudan kuivi- kelanta	221	35	6 260	62
Sian liete- lanta	2 980	22	4 023	40
Yhteensä	12 193	705	139 768	1 397

Biokaasureaktoriin syötteen kokonaispaino vuositasolla on 12 193 tonnia. Tästä määrästä saadaan teoreettisesti 139 768 m<sup>3</sup> metaania vuodessa. Energiaa tämä metaanimäärä pitää sisällään 1 397 MWh. Syöteseoksen kuiva-ainepitoisuudeksi saatiin 7,26 %. Taulukossa 16 on esitetty puolestaan hyödynnettäväksi jäävän energian määrä, kun CHP-laitoksen hyötysuhteeksi on arvioitu sähkön osalta 30 % ja lämmön osalta 55 %. Määrissä on myös huomioitu biokaasuprosessiin ku- luvu oletettu energian määrä. Biokaasuprosessiin kuluu sähköä 98 MWh ja läm- pöä 238 MWh laitoksen kokonaisenergiantuotannosta. Vaihtoehtoisesti, jos

kaikki tuotettu energiamäärä jalostettaisiin liikennebiokaasuksi, saataisiin Nurmeksessa 187 373 litraa.

Taulukko 16. Syöteseoksesta saatava hyödynnettävän energian määrä.

Energiantuotantomuoto	Hyödynnettävän energian määrä
Sähkö (CHP)	321 MWh
Lämpö (CHP)	531 MWh
Bensiinilitraekvivalentteja	187 373

Biokaasureaktorin syöteseoksen kuiva-ainepitoisuuden (7,26 %) perusteella prosessityypiksi valikoituu jatkuvatoiminen märkämädätys. Biokaasulaskuriin viipymääajaksi biokaasureaktorille sekä jälkikaasuuntumisaltaalle asetettiin 20 vuorokautta, jolloin biokaasureaktorin sekä jälkikaasuuntumisaltaan kooksi saatiin 770 m<sup>3</sup>. Orgaanisen aineen kuormitukseksi biokaasureaktorille saatiin laskettua 2,5 kg/m<sup>3</sup>/vrk. Nurmeksen osalta viipymääajaksi ei asetettu samaa viipymääikää (25 vrk) kuin Juualla tai Kiteellä, koska silloin reaktorin orgaaninen kuormitus jäi varsin pieneksi, vain noin 1,9 kg/m<sup>3</sup>/vrk. Orgaaninen kuormitus kertoo vuorokaudessa reaktorin toimintatilavuutta kohden syötettävän orgaanisen aineen määrän. Korkealla kuormitusluvulla laitoksen syötemäärä voidaan kasvattaa ja laitoksen reaktoritilavuus voidaan hyödyntää parhaiten, mutta liian korkeana kuormituksena myös inhibiittorien<sup>3</sup> määrä kasvaa. (Kymäläinen & Pakarinen 2014, 72–73.)

---

<sup>3</sup> Inhibiittorit ovat aineita, jotka hidastavat toiminnan kemiallista reaktiota (Tieteen termipankki 2020).

## 7.4 SWOT-analyysien tulokset

Taulukko 17. Juuka SWOT -analyysi.

<u>Vahvuudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yhteistyö ja valmiit sidosryhmät</li> <li>• Kunnan biokaasuselvitykset</li> <li>• Syötteiden määrä</li> </ul>	<u>Heikkoudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Välimatka (6 km)</li> <li>• Lämmön hyötykäyttö</li> </ul>
<u>Mahdollisuudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnan kehitys</li> <li>• Laajennusmahdollisuudet</li> <li>• Jakeluverkon laajentaminen</li> </ul>	<u>Uhat</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sijainti</li> <li>• Maatalouspolitiikka</li> </ul>

Juuan kolmen maatilain välinen yhteistyö on rakentanut tilojen välille jo valmiita sidosryhmiä muun muassa koneurakoinnin muodossa. Tilat muodostavat yhdessä runsaan määrän syötettä, joka tässä tapauksessa on naudat liete- ja kuivalantaa. Nämä vahvuudet antavat hyvän pohjan suunnitella millainen biokaasulaitos kyseisillä syötteillä ja prosesseilla tiloilla olisi mahdollista toteuttaa. Juuan kunnan käynnistämän biokaasuselvityksen myötä kunta antaa varmasti kaiken mahdollisen tuen tiloille investoinnin ja muun tiedon kartoittamiseen. Biokaasulaitoksen mahdollisuudet antavat myös kunnalle mahdollisuuden kehittyä. Vaikka erään maatilayrittäjän mukaan liikennepolttoaineen jalostaminen tuntuu kaukaiselta ajatukselta maatilojen sijaintiin perustuen, toisi se maatilojen lisäksi kunnalle näkyvyyttä ja mahdollisuuden osallistua uusiutuvan energian tuotannon eri mahdollisuuksiin.

Juuan tiloilla tarvitaan yhteensä 62 500 litraa polttoöljyä tilan koneisiin ja kuivurien käyttöön. Jos biokaasulaitoksen kaikki tuotettu energia jalostettaisiin liikennebiokaasuksi, saataisiin kaasusta bensiinilitroiksi vastaavaksi määräksi 170 822 litraa, josta myyntiin jäisi 108 322 litraa, joka vastaa kaasulla tuotettua määrää bensiinilitroina. Myytäväksi jäävä osuus olisi kuitenkin todennäköisesti suurempi, koska on epätodennäköistä, että tilojen jokainen työkone muutettaisiin biokaasulla käyväksi. Nurmeksessa on suunniteltu liikennebiokaasuntuotantoa, joten Juuan mahdollisella biokaasulaitoksella saataisiin laajennettua jakeluverkkoa

valtaväylille, tässä tilanteessa Valtatie 6 varrelle. Toisaalta taas ilman Nurmeksen liikennebiokaasuntuotantoa maatilojen sijainti on haasteellinen, sillä useammilla tilalla välimatka Valtatie 6:lle on noin 10 km. Liikennebiokaasun tankkausasemaa tulisi suunnitella maatilojen läheisyyteen, tai vaihtoehtoisesti tutkia mahdollisuutta siirtää tuotettu biokaasu konteilla tilan biokaasulaitokselta käyttäjille helpommin ja lähemmin tankattavissa olevalle tankkausasemalle Valtatien varrelle. Biokaasulaitos taas olisi kannattavinta sijoittaa kahden toisiaan lähellä sijaitsevan tilan läheisyyteen. Maatilalla 1 syntyvän lietelannan määrä on niin pieni (700 m<sup>3</sup>) ettei sitä ole kannattavaa kuljettaa laitokselle, sillä metaanintuotto ei parane oleellisesti verrattaessa lietelannan kuljetuksesta aiheutuviin kustannuksiin. Tällöin ainoastaan maatilalla 1 tarvitsee kuljettaa kuivalanta biokaasulaitokselle.

Energiantuotannon osalta Juuan tapaukselle lämmöntarve lehmä- ja naudantuotantotiloilla on vähäistä. Lämpöä tarvitaan lähinnä vasikkalan, vesikuppien ja halien lämmitykseen, joten huolta herättää biokaasulaitoksesta saatavan lämmön riittävä hyötykäyttö. Laitoksen käyttöönotto vaatisi varman lämmönkäyttäjän, joka voisi olla muun muassa kasvihuoneyrittäjä, tai tilat voisivat pohtia oman tilansa monipuolistamista lämpöä vaativiin toimintoihin. Koska suurin osa tiloista käyttää suorasähköä, voitaisiin biokaasulaitoksesta saatava sähkö hyödyntää asuinrakennusten lämmitykseen ja valaistukseen. Biokaasulaitoksen CHP-laitos tuottaa hyödynnettäväksi 434 MWh, joten tilojen yhteinen energiankulutus 226 MWh (josta suurin osa on tuotettu sähköllä) saataisiin katettua. Lisäksi laitoksen itse käyttämän sähkön- ja lämmönkulutus voi todellisuudessa olla suurempi, mitä laskelmissa (17 % lämpö ja 7 % sähkö) on käytetty, joten pidetään todennäköisenä, että kaikki tuotettu sähkö pystytään hyödyntämään tilan toiminnoissa, eikä sitä tarvitse myydä kannattamattomasti tämänhetkisen sähkön alhaisen hinnan takia verkkoon.

Tarkastelussa täytyy ottaa myös huomioon tilan 1 sijainti muihin tiloihin nähden. Välimatkan kahteen muuhun tilaan ollessa noin 6 km, tulee energian siirrosta tilalle hankalaa. Yksi vaihtoehto olisi, että tilalta 1 tuotaisiin lantaa syötteenä biokaasulaitokseen ja tila saisi ravinnerikasta mädätysjäännöstä käyttöönsä. Tuotettu energia käytettäisiin tiloilla 2 ja 3, sekä osa biokaasusta jalostettaisiin liikennebiokaasuksi.

Taulukko 18. Kitee SWOT-analyysi.

<u>Vahvuudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symbioosin piirteet</li> <li>• Sijainti</li> <li>• Halu kehittää toimintaa</li> </ul>	<u>Heikkoudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ostolannoite</li> </ul>
<u>Mahdollisuudet</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiinnostus liikennebiokaasusta</li> <li>• Biokympin mahdollinen yhteistyö</li> <li>• Perehtyminen biokaasuntuotantoon</li> <li>• Aurinkosähkö</li> </ul>	<u>Uhat</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieni kaupunki</li> <li>• Tankkausverkoston puuttuminen</li> <li>• Maidonkorvikkeet</li> </ul>

Tilalla on huomattavia yhtäläisyyksiä Palopuron agroekologisen symbioosin kanssa, kuten luomutuotanto, yhteistyö lähiruuan tuottajan kanssa sekä pyrkiminen omavaraiseen toimintaan. Kaikki nämä yhtäläisyydet luetaan tilan vahvuudeksi SWOT-analyysissä. Tulevaisuudessa tilalla pyritään kattamaan suurin osa energiantarpeesta hakkeella, aurinkosähköllä sekä biokaasulla.

Pienmeijeri käyttää tilalla tuotettua maitoa erinäisten maitotuotteiden jalostamiseen. Pienmeijerin siirtyessä tilan yhteyteen saataisiin maitotuotteet tuotettua pääosin uusiutuvalla energialla. Lisäksi tilalla sijaitsevalta ratsastustallilta saadaan syötteenä pieni määrä hevosenlantaa ja puolestaan tallin tiloille saadaan lämpöä biokaasusta. Myös itse rakennetut huonekalut lisäävät omavaraisuutta. Tilalle on lisäksi suunnitteilla myymälä, jossa myytäisiin pienmeijerin sekä muiden paikallisten toimijoiden tuotteita. Tila sijaitsee aivan Valtatie 6:n varrella sekä kohtuullisen matkan päässä Kiteen keskustasta ja taajama-alueesta. Sijaintinsa puolesta tila olisi otollinen paikka myymälälle sekä esimerkiksi mahdolliselle kaasuntankkausasemalle.

Heikkoudeksi ravinneomavaraisuuden näkökulmasta voidaan todeta Biokympiltä ostettava lannoite. Lannoitteen ostaminen on kuitenkin välttämätöntä, sillä tilan tuottama lantamäärä ei riitä kattamaan koko lannoitustarvetta. Positiivisena puoleena kuitenkin on, että käytettävä lannoite soveltuu luomuviljelyyn.

Mahdollisuuksia ovat aurinkosähköön investoiminen tulevaisuudessa, kiinnostus liikennebiokaasun tuottamista kohtaan ja sitä kautta mahdollinen yhteistyö esimerkiksi biokympin kanssa. Aurinkopaneeleilla tuotetulla sähköllä saadaan lisättyä symbioosin omavaraisuutta. Biokympillä on ollut visiona liikennebiokaasun tuotanto sekä tankkausverkoston kehittäminen Pohjois-Karjalaan. (Juvonen 2019). Liikennebiokaasun tuottamisen kannalta uhkana ovat pieni kaupunki, liikennebiokaasun käyttäjien riittämättömyys Kiteellä ja kasvipohjaisten tuotteiden suosion nousu. Liikennebiokaasun tuotanto edellyttää varmuutta riittävästä käyttäjämäärästä, sekä tankkausverkoston luomisen Pohjois-Karjalaan. Kasvipohjaisten tuotteiden suosion lisääntyminen voi olla uhka maitotaloudelle ja koko symbioosille. Tilan perustuotannon, eli maidontuotannon tulee pysyä kannattavana, sillä se on koko symbioosin peruspilari. Maidon kysynnän väheneminen on uhka tilan lisäksi pienmeijerin toiminnalle.

Taulukko 19. Nurmes SWOT-analyysi.

<p><u>Vahvuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehdyt selvitykset</li> <li>• Luomutila (5)</li> </ul>	<p><u>Heikkoudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilojen sijainti</li> <li>• Keinolannoitteet</li> </ul>
<p><u>Mahdollisuudet</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meneillään oleva biokaasuselvyty</li> <li>• Liikennebiokaasun tuotanto</li> </ul>	<p><u>Uhat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieni kaupunki</li> <li>• Lämmölle ei tarpeeksi käyttöä</li> <li>• Kysynnän riittävyys liikennebiokaasulle</li> </ul>

Tiloilla on havaittavissa Palopuron agroekologisen symbioosin kaltaisia piirteitä, kuten luomutuotanto tilalla 5, sekä pyrkimys energiaomavaraisuuteen. Biokaasulaskurin ohjekirjan arvojen mukaan laskettuna teoreettiset lämmön ja sähkön saannot riittäisivät kattamaan tilojen energiantarpeen. Tilat ovat aiemminkin tehneet keskenään selvitystä yhteisestä biokaasulaitoksesta. Idea jäi kuitenkin toteuttamatta laitoksen hyötysuhteiden takia. Lämmölle tiloilla ei ole liiemmin käyttöä, sillä tilalla 5 tarvittavaa lämpöä tuotetaan hakkeella. Navetassa puolestaan lämmitykselle ei ole suurta tarvetta, koska lehmät tuottavat pääasiassa itse tar-



vitsemansa lämmön. Kannattavan toiminnan takaamiseksi tuotetulle lämmölle pitäisi olla enemmän käyttökohteita tai puolestaan biokaasun jalostaminen liikennekäyttöön täytyisi olla mahdollista. Tiloilla jo aiemmin tehdyt selvitykset sekä kiinnostus biokaasun tuotantoa kohtaan osoittavat, ettei biokaasun tuotanto ole kokonaan pois suljettu vaihtoehto uhista huolimatta.

Nurmeksen tilojen mahdollisuutena nähdään Nurmeksen kaupungin kiinnostus biokaasun tuotantoa ja jalostamista kohtaan liikennebiokaasuksi. Kaupunki tekee parasta aikaa selvitystä biokaasun raaka-ainepotentiaaleista, sekä kartoittaa käyttäjäehdokkaita liikennebiokaasulle. Kaupungilla on siis intressi tukea biokaasun tuotantoa. Uhkana liikennebiokaasun tuotannolle on kaupungin pieni koko sekä sitä kautta riittämätön käyttäjämäärä liikennebiokaasulle. Kaupungin biokaasuselvityksen lopputulos kertoo pitkälti mahdollisen symbioosin kannattavuuden. Liikennebiokaasun tuotannossa täytyy ottaa huomioon lisäksi tilojen sijainti. Koska mahdollista tankkausasemaa on kaavailtu Nurmeksen teollisuusalueelle, tulisi tiloilta muodostuva kaasu kuljettaa sinne konteilla. Tästä taas koituu lisäkustannuksia sekä -työtä.

Keinolannoitteiden käyttö on heikkous agroekologisessa symbioosissa ravinneomavaraisuuden tavoittelun takia. Viljeltävän peltopinta-alan takia tilan 6 ulkopuolelta hankitun lannoitteen käyttö on kuitenkin välttämätöntä, sillä biokaasuprosessissa muodostuva mädätysjäännös ei riitä yksinään kattamaan peltojen lannoitustarvetta. Symbioosissa pitäisi olla osakkaana esimerkiksi kasvinviljelytila, jolta saataisiin syötteenä kasvibiomassaa. Tällöin mädätysjäännöksen määrä kasvaisi ja ravinneomavaraisuus voisi olla mahdollista. Lisäksi muodostuvalle lämmölle olisi enemmän käyttöä tai mahdollisen liikennebiokaasun tuotantopotentiaali lisääntyisi.

## **7.5 Maatilakohtainen biokaasu**

Haastatteluita tehtiin kolmen kunnan symbioosin kaltaisten klustereiden lisäksi kahdelle erilliselle maatilalle, josta pyrittiin löytämään agroekologisen symbioosin piirteitä. Samoilla teemoilla kartoitettavia tiloja haastateltiin Kontionlahdelta

ja Nurmeksesta, jotka kuitenkin pidettiin irrallaan symbioosista. Tiloilta tutkittiin millaisia yksittäisiä piirteitä maataloilta löytyy, jota symbioosin kaltaisista tapauksista ei mahdollisesti ole löydettävissä.

### **Kontiolahden maatila**

Kontiolahdella sijaitsevalla lypsykarjatilalla on 85 lypsylehmää, josta noin 55 on lypsäviä ja loput kasvavaa karjaa. Vuonna 2016 viljanviljelystä lypsykarjaan siirtyneellä maatilalla syntyy pääasiallisesti lietelantaa sekä pienissä määrin vasikkalasta kuivalantaa. Lantaa muodostuu noin 3 000 tonnia, ja se levitetään lannoitteeksi pellolle. Muodostuva lanta ei kuitenkaan riitä, joten keinolannoitteita hankitaan vuodessa noin 80 tonnia avuksi viljan kasvuun ja runsaaseen satoon. Vasikkalan 12 °C:n lämpötilatavoitteeseen ja rehustamon lämmitykseen tähdätään hyödyntämällä maalämpöä. Tilalla käytettävän suorasähkön kulutus on vuodessa 145 000 kWh, joka kattaa navetan, kuivurin, varastotilat ja kotitalouden. Polttoaineen kulutuksesta (10 000 l) noin puolet kuluu tilan kahteen kuivuriin. Öljyn energiankulutus on vuodessa 100 000 kWh.

Suurin osa pelloista on vuokrattua, mutta yhteensä noin 280 hehtaarin peltoalalla mahtuu viljelemään montaa eri lajia. Kosteaa, fermentoitua säilörehua viljellään 84 ha ja kuivaheinää noin 10 ha. Rypsiä riittää 60 hehtaarille ja ohraa ja kauraa yhteensä 80 hehtaarille. Lisäksi yrittäjä viljelee kuminaa myyntiin. Olkea kerätään vasikkalaan kuivikkeeksi ja pieni määrä muutaman hehtaarin alalta myydään eteenpäin. Rehutähteet jätetään lannoitteeksi pelloille, ja hyödyntämättä jäävät paali- ja aumamuovit kerätään vietäväksi murskauskeskukselle.

Naapuritilojen kanssa toteutetaan hankintayhteistyötä torjunta-aineostosten ja muiden koneiden oston muodossa. Välimatkojen ollessa liian pitkiä naapuritiloihin ei yhteisnavettaa ole lähdetty edistämään ajatusta pidemmälle. Yrittäjä kokee yhteistyön helppouden riippuvan henkilökemioista.

Tulevaisuudessa navetan laajentamisen yhteydessä maatilayrittäjä olisi kiinnostunut mahdollisesta biokaasulaitoksesta. Kiinnostusta on myös muihin uusiutuvan energian tuotantomuotoihin, kuten aurinkopaneeleihin ja pientuulivoimaan.

Yrittäjän mukaan sähkön siirtohinnat ovat tällä hetkellä niin korkeat, että investointia ajatellessa siirtohinnat tulee ottaa huomioon. Kuten varmasti monia muitakin maatalousyrittäjiä, myös Kontionlahdella energiaomavaraisuus houkuttelee.

Tilalla on yritetty myllytoimintaa, sekä lähiruuan myyntiä, mutta tilaa monipuolistavat toiminnot eivät lähteneet liikkeelle toivotulla tavalla. Lypsylehmien määrän nostaminen lypsyrobottien myötä kiinnostaa, mutta investoinnit ovat melko mittavia. Maatalouspolitiikan epävarmuus sekä epätietoisuus investoinnin varmuudesta huolettaa yrittäjää.

### **Nurmeksen maatila**

Nurmeksessa sijaitsevalla maitotilalla on 85 lypsylehmää ja 120 nuorkarjaa. Lietelantaa muodostuu 4000 m<sup>3</sup> sekä hieman kuivalantaa vasikkalasta. Separointia tilalla ei vielä suoriteta, mutta uuden navetan rakentamisen yhteydessä se otetaan käyttöön. Lehmille rehuksi viljellyllä 150 hehtaarin omalla ja 90 hehtaarin vuokratulla pellolla kasvatetaan pääasiassa nurmea, mutta myös seosviljakasvustoa. Pellot lannoitetaan lannalla ja vuodessa noin 40–50 tonnia ostettavilla keinolannoitteilla.

Kymmenen vuotta sitten käyttöön otettu hakevoimala kuluttaa noin 400–700 m<sup>3</sup> haketta vuodessa, riippuen puun laadusta ja talven lämpötiloista. Tilalla kuluu suorasähköä 78 000 kWh/a. Traktoreihin, ja muihin tilalla tarvittaviin maatalouskoneisiin kuluu 27 000 litraa polttoöljyä vuodessa, joka vastaa energiasisällöltään 270 000 kWh.

Ensi kesänä tilalla saadaan nähdä uusi navetta, joten yrittäjän mukaan tulevaisuudessa panostetaan enemmän lypsykarjaan muiden toimintojen monipuolistamisen sijaan. Muiden tilojen kanssa toteutetaan viljely-yhteistyötä ja kiinnostusta yhteistyöhön nurmen ja rehuviljan kasvattamisen ja koneurakoinnin osalta olisi. Mahdollisesta biokaasulaitoksesta puhuttaessa yrittäjä vie ajatuksen tulevaisuuteen, ja kertoo olevansa kiinnostunut biokaasun lisäksi muistakin uusiutuvista

energiantuotantomuodoista, kuten aurinkosähköstä. Uuden energiamuodon tuotannossa kiinnostaa energiaomavaraisuus, ja vaikuttavana tekijänä esiintyy toiminnan taloudellinen puoli.

Vaikka yrittäjä kokee investoinnin olevan riskialtista, ja lainsäädännön ja maatalouspolitiikan tuovan omat haasteensa, tulevaisuudessa myös liikennebiokaasuntuotanto on kiinnostuksen osalta mahdollista. Maatalouspolitiikan suhteen yrittäjä kommentoi tilannetta seuraavasti: ”Tähän asti kuitenkin on aina pärjätty.” Lähiruuan tuotannollekin löytyy potentiaalia.

## **8 Pohdinta**

### **8.1 Tulosten tarkastelu**

Palopuron agroekologista symbioosia tutkimalla pyrittiin löytämään eri ominaisuuksia, jotka mahdollistavat symbioosin. Symbioosi on kehittynyt vuosien saatossa sellaiseksi kuin nyt on. Opinnäytetyöhön valikoituneilla tutkimuskohteilla on mahdollisuuksia kehittää omaa toimintaansa toimintamallin periaatteiden kaltaiseksi. Ennen haastatteluita muodostettujen teemojen lisäksi Palopuron kaltaisen symbioosin rakentamiseksi tarvitaan muun muassa kohtuulliset välimatkat maatilojen välillä sekä riittävä peruskuorma energia- ja varsinkin liikennebiokaasun kuluttajia. Kaikissa tapauksissa on havaittavissa symbioottisia piirteitä eri tasolla. Jokaisella tilalla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Lisäksi biokaasulaitoksen hyödyistä ollaan tietoisia, ja moni tila onkin ollut mukana erilaisissa selvityksissä biokaasulaitoksen merkeissä. Jokaisella tilalla oltiin kiinnostuneita biokaasusta saatavasta taloudellisesta hyödystä, lannoitteen käytön paranemisesta ja sitä kautta pyrkimyksestä omavaraisuuteen. Palopurolla sivuvirrat ja ravinteet kiertävät tehokkaasti suljetussa kierrossa, jolloin jätteen määrä saadaan minimoitua.

Ravinneomavaraisuuden puolesta agroekologisen symbioosin toteuttaminen tuottaa hankaluuksia tarkastelun kohteena olevissa tapauksissa, sillä lisälannoitteen tarve on niin suuri. Esimerkiksi Juuassa tarvittava keinolannoitteiden määrä

on jo noin 70 tonnia, joten vastaavan syötemäärän saavuttaminen on vaikeaa. Agroekologisen symbioosin periaatteena on pyrkiä saavuttamaan mahdollisimman energia- ja ravinneomavarainen toiminta. Symbioosi on siis toteutettavissa Pohjois-Karjalassa, vaikka kokonaisuudeltaan täydelliseen ravinneomavaraisuuteen.

Perustuotannon pettäminen on uhkana jokaisella tilalle, jos omien tuotteiden kysyntä laskee huomattavasti korvaavien, kuten kasvipohjaisten tuotteiden takia. Oman toiminnan turvaaminen on ensisijaisen tärkeää ennen uuteen toimintaan investoimista. Toisaalta taas symbioosin osakkaita ollessa vähemmän kuin Palopurolla, myös symbioosiin liittyvät riskit vähenevät. Symbioosissa hyötynä on kustannusten tasainen jakautuminen, joka tarkoittaa myös riskien jakaantumista osakkaiden kesken.

Tilojen oma lämmöntarve alittaa biokaasulla tuotetun lämmön määrän. Symbiooseihin tulisi saada lisää osakkaita lämmön käyttäjiksi tai ylijäämäkaasu tulisi jalostaa liikennekäyttöön. Erityisesti Juuan ja Nurmeksen kohdalla tuotetulle lämmölle tulisi saada enemmän käyttöä tai vaihtoehtoisesti liikennebiokaasun jalostamisen täytyisi olla mahdollista. Etenkin kesäaikaan lämmön tarve on entistä pienempi ja ylijäämälämmön määrä suurempi. Lämmönkuluttajana voi toimia esimerkiksi paikallinen yrittäjä, joka voisi tarttua tilaisuuteen hyödyntämällä laitoksesta syntyvää lämpöä. Yrityksellä olisi näin mahdollisuus hyödyntää biokaasun markkinarakoa myymällä tuotteitaan CO<sub>2</sub>-neutraaleina. Palopuron agroekologisessa symbioosissa symbioosiin kuuluvat tilat sijaitsevat hyvin lähellä toisiaan, joka edesauttaa energian ja mädätysjäätännöksen tehokasta kuljettamista ja siirtoa. Erityisesti sähkön- ja lämmönjakelun osalta tilojen välimatkojen on oltava kohtuulliset, jotta taloudelliset ja ympäristölliset hyödyt pysytään saavuttamaan ilman rakennuskustannusten kasvamista. Tällöin kuljetus- ja siirtokustannukset sekä päästöt pysyvät pieninä lähelle kuljetuksesta.

Pohjois-Karjalassa ei vielä toistaiseksi ole liikennebiokaasun tankkausasemia, vaan lähin tankkausasema sijaitsee Kuopiossa. Tankkausverkoston luominen olisi hyvä aloittaa kartoittamalla tankkausasemalle säännöllisiä kaasunkäyttäjiä, joita voisi olla esimerkiksi kaupungin omistamat ajoneuvot. Näin kaasun käytölle

saataisiin sen tuottajille käyttäjävarmuus. Välimatkat maakunnassa ovat suhteellisen pitkiä, joten enemmän kuin yhden tankkausaseman rakentaminen toisi varmuutta kaasun saannista käyttäjille. Ensimmäisen laitoksen perustamisen myötä seuraavan perustajan on helpompi aloittaa toimintansa pystyessään takaamaan asiakkailleen varman kaasun saannin toiselta asemalta oman kaasuntuotantonsa tullessa ongelmia, ja toisinpäin. Liikennebiokaasun tankkausasemia on Palopuron lähellä monia muitakin, joten asiakkaille on pystytty takaamaan varmuus kaasun saannista. Itä-Suomessa tankkausasemia on heikosti ja verkoston luominen Pohjois-Karjalaan ja koko Itä-Suomeen edistää lannan tai hyödyntämättä jääneiden viherlannoitusnurmien käytön lisäksi puhtaan ja kotimaisen liikennepolttoaineen käyttöä.

Mädätysjäännöksellä saadaan vähennettyä hajuhaittoja sekä rikkakasvien siementen ja taudinaiheuttajien määrää, mutta mädätysjäännöksen määrä ei tule riittämään tiloilla, joten ostolannoitteiden käyttöä ei voida lopettaa kokonaan. Ympäristölliseltä kannalta parempi vaihtoehto keinolannoitteille olisi markkinoilla myydyt luomulannoitteet. Tällöin kuitenkin ulkopuolisesti ostetut lannoitteet eivät tue symbioosin tavoittelemaa ravinneomavaraisuutta. Luomutuotanto ei ole ehdoton symbioosin kannalta, mutta se tekee mädätysjäännöksestä arvokkaamman.

Palopuron hyödyntämä, ja suurimman syötemääräosuuden muodostava nurmi biokaasun syötteenä nostaa syötteen kuiva-ainepitoisuutta, tuoden kuitenkin positiivisia vaikutuksia nurmipeltojen satoon ja typen kiertoon liittyen. Opinnäytetyön haastatteluihin pyydettiin mukaan myös muutamia kasvintuotantotiloja, mutta tilat eivät olleet kiinnostuneita. Kuitenkin nurmen saaminen lisäsyötteenä kasviviljelytilalta ei paranna ravinneomavaraisuutta, sillä kyseinen nurmenviljely vaatii biokaasulaitoksesta saatavan lannoitteen nurmilohkoilleen. Lisäsyötettä voisi karvoittaa tilojen omilta pelloilta saatavana kasvibiomassana, tai vaihtoehtoisesti saamalla biojätettä joltain muilta yrityksiltä, joka tarvitsisi ainoastaan laitoksesta saatavaa energiaa, eikä lannoitetta.

Biokaasun tuotannon osalta täytyy ottaa huomioon, että laskuissa ei ole käytetty tilakohtaisia arvoja, pois lukien tilallisten ilmoittamat kuiva-ainepitoisuudet. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia ja esimerkiksi syötteen ja reaktorin orgaanisen kuormituksen perusteella voidaan arvioida biokaasureaktorin tarvittavaa kokoa. Lisäksi tiloilla voi olla potentiaalia viljellä enemmän kasveja tai nurmea, jota ei ole otettu huomioon laitoksien mitoituksissa. Lisäksi biokaasuprosessiin kuluvan lämmön ja sähkön määrinä on käytetty Luken ja Ukipolixen julkaiseman biokaasulaskurin oletusarvoja. Todellisuudessa lämmön ja sähkön kulutukset tulisivat todennäköisesti olemaan suurempia. Tarkemmissa laskelmissa tulee myös ottaa huomioon eläinten kuivikkeeksi jäävä lannan osuus, ellei mädätysjäännöstä aiota separoida.

Kontiolahden ja Nurmeksen yksittäisten maatilojen haastatteluista oli havaittavissa kiinnostusta biokaasun tuotantoon. Kyseisille tiloilla ei löydetty läheltä muita toimijoita, joiden kanssa olisi lähdetty rakentamaan symbioosia, mutta jokaisessa tapauksessa on havaittavissa erinäisissä määrin agroekologisen symbioosin peruspiirteitä, kuten intressejä tuottaa uusiutuvaa energiaa.

## **8.2 Luotettavuus**

Opinnäytetyötä tehtäessä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Tietoperusta, sekä valikoidut tutkimusmenetelmät ovat yleisesti hyväksytyjä ja oikeiksi todistettuja. Tutkimuksessa otettiin tarkasteluun vain muutama kohde, joten ei voida yleistää. Haastatteluissa tutkijat varmistavat, että haastateltava ymmärtää tietojen käsittelyn luotettavuuden (Ks. Kvale 1996, Hirsjärven ym. 2008, 20 mukaan). Haastateltaville esitettiin tarkentavia kysymyksiä, mikäli epäiltiin, ymmärsikö haastateltava kysymyksen oikein. Tulosten esittelyssä ja tarkastelussa haastattelijoiden yksityisyyttä kunnioitetaan, sillä haastateltavat voivat olla tunnistettavissa. Vastausten litterointi suoritettiin siten, että ne vastaavat täysin haastateltavan puhuttua sanomaa. Luottamus vastausten käsittelyyn varmistettiin ja esitettiin ainoastaan sellaista tietoa, joka on niin todennettua, kuin se on mahdollista. (Ks. Kvale 1996, Hirsjärven ym. 2008, 20 mukaan.)

Tulosten luotettavuutta lisää jokaiselta tilalta erikseen saadut lannan kuiva-ainepitoisuudet. Tarkkojen kuiva-ainepitoisuuksien avulla saadaan luotettavampaa tietoa metaanintuotantopotentiaalien, reaktorin koon ja prosessin suhteen.

### **8.3 Jatkotutkimus- ja kehittämismahdollisuudet**

Opinnäytetyön jatkokehitysmahdollisuudet ovat runsaat. Yksityiskohtaisemmalla symbioosin, ja sitä kautta biokaasulaitoksen suunnittelulla ja kustannuslaskelmilla päästäisiin konkreettisimpiin tuloksiin. Tarkkojen biokaasusta saatavan energian määrien ja mahdollisen energiaomavaraisuuden selvittämiseksi, tulisi kunkin tilan lannoille tehdä laboratoriokokeet. Laboratoriokokeilla saadaan selvitettyä lantojen tarkat metaanintuotantopotentiaalit.

Tarkastelun kohteena voisi olla myös keinolannoitteiden korvaamismahdollisuudet, mahdollisen lämpöä tarvitsevan yrityksen energiankulutukset ja niiden vaikutus symbioosiin, sekä kuljetuskustannusten vaikutus. Millaiselta etäisyydeltä ja paljonko raaka-ainetta voidaan ottaa vastaan, jotta kuljetuskustannukset pysyvät kohtuullisina ja toiminta taloudellisesti kannattavana. Laitoksen rahoitus ja mahdolliset investointituet ovat merkittävässä osassa biokaasulaitokseen investoidessa, joten myös näiden kartoittaminen on tärkeä prosessi. Jatkotutkimustasekä kehittämistä voisi myös tehdä opinnäytetyötä varten haastatelluille tiloille, joille ei löytynyt potentiaalisia yhteistyökumppaneita symbioosin muodostumisen kannalta. Ostoenergian korvaamiseksi tiloille voitaisiin kartoittaa kannattavat energiantuotantovaihtoehdot.

Työn loppupuolella tuli ilmi Liperissä eri toimialojen välinen symbioositarkastelu. Uutta tapausta ei kuitenkaan otettu tähän opinnäytetyöhän mukaan ajanpuutteen vuoksi. Tarkastelun toteuttaminen lisäisi tietoutta agroekologisesta symbioosista ja sen mahdollisuuksista Pohjois-Karjalassa. Uusien agroekologisten symbioosien suunnitteluun olisi hyvä saada mukaan erilaisia tiloja, niin kuin Palopurollakin on. Tällöin voitaisiin mahdollistaa symbioosin energia- ja ravinneomavaraisuus.



## Lähteet

- AES-verkoston tietoisku 3. 2020. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2020/03/AES-Verkostot-tietoisku-nro-3-Ymparistovaikutukset.pdf>.
- AES-verkoston tietoisku 4. 2020. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2020/03/AES-verkostot-tietoisku-nro-4-Aluetalousvaikutukset2.pdf>.
- Aimasmäki, P. 2020. Öljykäyttöisen kuivurin muuntaminen biokaasukäyttöiseksi. [petri.aimasmaki@edu.karelia.fi](mailto:petri.aimasmaki@edu.karelia.fi). 3.4.2020.
- BioKymppi Oy. <https://bio10.fi/>. 21.4.2020.
- Demeca. Biokaasu- Demeca maatilalan biokaasulaitos. <https://demeca.fi/biokaasu/>. 4.5.2020.
- Doranova. 2019. Kannattava biokaasulaitos? <https://www.doranova.fi/kannattava-biokaasulaitos/>. 28.4.2020.
- Eerola, M. 2016. Knehtilän tila - muutakin kuin alkutuotantoa. 22.4.2020.
- Eerola, M. 2019. Muuttuva maataloustyö ja toimeentulo: esimerkkinä Palopuron agroekologinen symbioosi. Eduskunta, Tulevaisuusvaliokunta. <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2019-AK-242738.pdf>.
- Energiaraitti. 2019. Maatilalan biokaasulaitos Pohjois-Karjalassa. [https://www.pikes.fi/documents/89838/353163/Maatilan+biokaasu\\_julkaisu+new.pdf/47764c5f-9918-b985-7fd0-a4e596a4380f](https://www.pikes.fi/documents/89838/353163/Maatilan+biokaasu_julkaisu+new.pdf/47764c5f-9918-b985-7fd0-a4e596a4380f).
- Energiavirasto. Tuotantotuki. <https://energiavirasto.fi/tuotantotuki>. 23.3.2020.
- Eriksson, P. & Koistinen, K. 2014. Monenlainen tapaustutkimus. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153032/Tutkimuksia%20ja%20selvityksiä\\_11\\_2014\\_%20Monenlainen%20tapaustutkimus\\_Eriksson\\_Koistinen.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/153032/Tutkimuksia%20ja%20selvityksiä_11_2014_%20Monenlainen%20tapaustutkimus_Eriksson_Koistinen.pdf?sequence=1).
- Eurofins. Vuosien 2011–2015 lantojen tilavuuspainojen keskiarvot. <https://cdn-media.eurofins.com/european-east/media/2233424/lantojen-tilavuuspainot.pdf>.
- Evira. 2018. Luonnonmukainen tuotanto. [https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran\\_ohje\\_18219\\_7\\_fi\\_050718.pdf](https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/luomun-lomakkeet/luomutuotannon-ohjeet/eviran_ohje_18219_7_fi_050718.pdf).
- Farmit. 2017. A2-maidostako mahdollisuus maataloille? <https://www.farmit.net/lypsylehma/2017/04/12/a2-maidostako-mahdollisuus-maitotiloille>. 28.4.2020.
- Farmit. Lihaskalan tuotanto-olosuhteet. <https://www.farmit.net/kotielain/lihasika/lihasikalan-tuotanto-olosuhteet>. 6.5.2020.
- Gasum. 2019. Yhä useampi tankkaa biokaasua. <https://www.gasum.com/ajassa/puhdas-liikenne/2019/yha-useampi-tankkaa-biokaasua/>. 7.5.2020.
- Gasum. 2020. <https://www.gasum.com/yksityisille/valitse-kaasuauto/kaasuautomallit/>. 7.5.2020.
- Graedel, T.E. & Allenby, B.R. 2010. Industrial Ecology and Sustainable Engineering. Pearson.
- Helenius, J., Koppelmäki K. & Virkkunen, E. 2017. Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisessa ruoantuotannossa.

- Helenius, J. 2017. Agroekologinen symbioosi-mikä, miksi? Hyvinkää. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2016/03/AES-Helenius.pdf>.
- Suomen ympäristökeskus. 2014. Hinku -verkosto. <https://hiilineutraali-suomi.fi/hinku>. 6.5.2020.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.
- IPCC, 2007. Climate change- The physical science basis. USA. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4\\_wg1\\_full\\_report-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf).
- Jeppo Biogas Ab. Yrityksestä. <https://jeppobiogas.fi/yritys/tietoa-yrityksesta/>. 24.4.2020.
- Jokilaaksojen koulutusyhtymä. 2012. Biokaasusta lannoitetta ja energiaa (A32641) loppuraportti. <http://bioenergiastudio.fi/wp-content/uploads/2015/05/Biokaasusta-energiaa-ja-lannoitetta-loppuraportti-08.pdf>.
- Juvonen, M. 2019. Liikennebiokaasua omista biojätteistä-Täyden Kymppin Kiertotaloutta. BioKymppi. [https://www.businessjoensuu.fi/files/juvonenmika\\_biokymppi-hiilineutraali-jns-4-2-2019.pdf](https://www.businessjoensuu.fi/files/juvonenmika_biokymppi-hiilineutraali-jns-4-2-2019.pdf). 6.5.2020.
- Kaasuautoilijat ry. Kaasun tankkaaminen. <https://kaasuautoilijat.fi/2019/07/24/tankkausverkosto/>.
- Karelia Ammattikorkeakoulu Oy. 2014. Bioenergialla työtä ja toimeentuloa Pielisen Karjalaan. 6.5.2020.
- Karelia Ammattikorkeakoulu Oy. 2018. UusiutuWat -hankesuunnitelma. PDF-tiedosto. Saatu sähköpostin liitteenä opinnäytetyön ohjaajalta L. Okkoselta 11.12.2018.
- Knehtilän tila. <https://knehtilantila.fi/viljely/>. 29.4.2020.
- Koch, J. C. 2020. Benchmarking. <https://www.referenceforbusiness.com/management/A-Bud/Benchmarking.html>. 29.4.2020.
- Koppelmäki, K. 2017a. Palopuron agroekologinen symbioosi -hanke. Loppuraportti. <https://docplayer.fi/49595547-Loppuraportti-palopuron-agroekologinen-symbioosi-hanke.html>. 20.1.2020.
- Koppelmäki, K. 2017b. Hajautettu biokaasuntuotantomalli. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2016/03/Koppelmäki.pdf>.
- Koppelmäki, K. & Helenius, J. 2019. Biokaasun tuotanto Palopuron agroekologiassa symbioosisissa ja osana ruokajärjestelmää. [https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2019/01/KK-esitys\\_biokaasu\\_avajaiset.pdf](https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2019/01/KK-esitys_biokaasu_avajaiset.pdf).
- Korhonen, J. 2000. Industrial Ecosystem - Using the material and energy flow model of an ecosystem in an industrial system. Väitöskirja. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Korkeakoulujen arviointineuvosto. 2005. Benchmarking tutkintorakennetyön työkaluna. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. Hämeenlinna: Forssa Print Oy.
- Latvala, M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Edita.
- Liikennebiokaasu. 2020. <http://liikennebiokaasu.com/>. 6.5.2020.
- Lohilahti, H. & Pitkänen, P. 2011. Pohjois-Karjalan ilmasto- ja energiaohjelma 2020.

- Luken tilastotietokanta. 2020. Maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärä tuotantosuunnittain ELY-keskuksittain. 21.3.2020.
- Luomun opiskelu ja tutkimus. 2012. <https://luomu.fi/tietopankki/luomun-opiskelu-ja-tutkimus/>. 3.1.2020.
- Luonnonvarakeskus. 2015. Biokaasulaitokset -syötteistä lopputuotteisiin. Helsinki.
- Luonnonvarakeskus Luke. 2016. Sosiaalinen hyväksyttävyyys. <https://www.opal.fi/hanke/tyopakettit/sosiaalinen-hyvaksyttavyys-ja-taloudellinen-kestavyys/sosiaalinen-hyvaksyttavyys/>. 6.5.2020.
- Luonnonvarakeskus. 2016. Nurmentuotanto. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/maatalous-ja-maaseutu/nurmentuotanto/>. 8.5.2020.
- Lötjönen, T & Kössi, P. 2018. Energiankustannusten säästö viljankuivauksessa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote Nro 26.
- Maakaista. 2019. <https://maakaista.fi/uutiset/maatalous/item/1619-biokaasun-mahdollisuuksia-maailoilla-selvitetaan>. 14.4.2020.
- Mattila, T.J. & Rajala, J. 2019. Tiivistymisen välttäminen: ajoitus, viljelykierto ja koneketjut. ProAgria. Tietokortti. <https://luomu.fi/wp-content/uploads/sites/4/2019/11/tiivistymisen-valttaminen-2019.pdf>.
- Metener Oy. 2016. Esiselvitys Säämäsen tilan biokaasulaitoksesta. [https://www.pikes.fi/documents/89847/4595395/Säämäsen\\_bio-kaasu310516.pdf/ba72b03d-b59e-438b-b208-e7a8f991e43e](https://www.pikes.fi/documents/89847/4595395/Säämäsen_bio-kaasu310516.pdf/ba72b03d-b59e-438b-b208-e7a8f991e43e).
- Micropolis. 2018. Biokaasun liikennekäyttö ja kaasuajoneuvojen kannattavuus. [https://www.greenpolis.fi/wp-content/uploads/Biokaasun-käyttö-liikenne-polttoaineena\\_FINAL.pdf](https://www.greenpolis.fi/wp-content/uploads/Biokaasun-käyttö-liikenne-polttoaineena_FINAL.pdf).
- Motiva. 2008. Biokaasulaitosten Energiatase maatilojen biomassoja hyödyntävissä laitoksissa. 4.5.2020.
- Motiva. 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. [https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun\\_tuotanto\\_maatilalla.pdf](https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf). 28.4.2020.
- Motiva. 2020. Biokaasu. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bio-energia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bio-energia/biokaasu). 21.1.2020.
- Mäntymäen luomutila. <http://www.mantymaen.fi/>. 29.4.2020.
- Niutanen, V. 2005. Industrial ecosystem case studies. The potential of material and energy flow roundput in regional waste management. Joensuu: Joensuun yliopistopaino.
- Nurmes. Grow Green Nurmes. <https://www.nurmes.fi/growgreen>. 28.4.2020.
- Nurmeksen kaupungin päätös 7/2020 Biokaasu-työryhmän asettamisesta Nurmeksen kaupunkikonserniin.
- Nivos. <https://www.nivos.fi/palopuron-biokaasu-pahkinankuoressa>. 20.4.2020.
- Piirala, J. & Taavitsainen, T. 2019. Agroekologisten symbioosien verkostot: ravinne- ja energiaomavarainen alueellinen ruokajärjestelmä. <https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2019/09/AES-verkotot-TP1.pdf>.
- Pikes. 2018. Poveria biomassasta. <https://www.pikes.fi/documents/89838/353163/Poveria+biomassasta+%281%29.pdf/2bba8537-ffe5-cc7d-ed2f-967efd027c14>.
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. 2016. Pohjois-Karjalan ennakoidun rakennemuutoksen suunnitelma. <https://www.pohjois-karjala.fi/documents/33565/34454/181+Pohjois-Karjalan+ennakoidun+rakennemuutoksen+suunnitelma.pdf/e6badf96-8691-414f-ada2-9ab162072106>.

- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto & Suomen ympäristökeskus SYKE. 2018. Tiekartta öljyvapaaseen ja vähähiiliseen Pohjois-Karjalaan 2040. [https://www.pohjois-karjala.fi/documents/78304/176388/Tiekartta+öljyvapaaseen+ja+vähähiiliseen+Pohjois-Karjalaan+2040\\_03012018.pdf/debadbf2-42fb-e511-9f7c-8ab1ae92c1ca](https://www.pohjois-karjala.fi/documents/78304/176388/Tiekartta+öljyvapaaseen+ja+vähähiiliseen+Pohjois-Karjalaan+2040_03012018.pdf/debadbf2-42fb-e511-9f7c-8ab1ae92c1ca).
- Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. 2019. <https://www.pohjois-karjala.fi/-/pohjois-karjalaan-laaditaan-ilmasto-ja-energiaohjelma-2030>. 6.5.2020.
- ProAgria. 2017. BioHauki jauhaa lannasta liikennepolttoainetta. [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/biohauki\\_jauhaa\\_lannan\\_polttoaineeksi\\_artikkeli\\_0.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/biohauki_jauhaa_lannan_polttoaineeksi_artikkeli_0.pdf).
- ProAgria 2018. Vuosikertomus. <https://www.proagria.fi/vuosikertomus/pohjois-karjala/luomutiloille>. 4.5.2020.
- Pyykkönen, V. 2015. Yleistä biokaasusta, Luke Maaninnan biokaasulaitos. [https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Renki\\_tuparit\\_Luke\\_biokaasu.pdf](https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Renki_tuparit_Luke_biokaasu.pdf).
- Rajala, J. 2011. Luomutietopankki. YK-raportti: Luomumenetelmät voisivat tuplata satotason köyhissä maissa. <https://luomu.fi/tietopankki/yk-raportti-luomumaatalous-voi-tuplata-satotason-koyhissa-maissa/>. 20.4.2020.
- Reiskone Oy. 2013. Lannan sepaerointi. <https://separointi.fi/tietoa-separoinnista/lietelannan-separointi/>. 28.5.2020.
- Ruokatieto yhdistys ry. 2020. Viljelykierto. <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/maatilalla-kasvatetaan-ruokaa/viljelytoimet/viljelykierto>. 29.4.2020.
- Ruokavirasto. 2019. Tilastot. Luomutilat (ha) ja luomutuotantoala (ha) 2019. <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/luomutilat/tilastot/luomu-2019ep.pdf>.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniikka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>. 8.1.2020.
- Samsara. <https://www.samsara.fi/> 29.4.2020.
- Savonia. 2019. Lanta liikkeelle ja ravinteet kierto. [https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu\\_final.pdf](https://ravinnerenki.savonia.fi/images/Tulosjulkaisu_final.pdf). Painomäki Oy. 7.5.2020.
- Setälä, H. 2006. Kaupunki: tekosysteemi vai ekosysteemi. 18.4.2020.
- Suomen Biokaasuyhdistys. 2013. Biokaasun tuotanto maataloilla. [https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/7.\\_salokorpi.pdf](https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/7._salokorpi.pdf).
- Suomen Biokierto & Biokaasu ry. Biokaasu ja maatilat. <https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu-ja-maatilat/>. 6.5.2020.
- Suomen Riskienhallintayhdistys. 2012–2020. <https://pk-rh.fi/tools/swot.html>. 21.4.2020.
- Tieteen termipankki. 2020. <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/inhibiittori>. 6.5.2020.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2020. Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti. Helsinki. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/e3f8f2f1-73c4-417e-b2c1-1dfda06eb81f/804b6af3-374c-4fc5-8245-dca8d6fee88f/RAPORTTI\\_20200128135406.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/e3f8f2f1-73c4-417e-b2c1-1dfda06eb81f/804b6af3-374c-4fc5-8245-dca8d6fee88f/RAPORTTI_20200128135406.pdf).
- Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatuki. <https://tem.fi/energiatuki>. 7.5.2020.

- Ukipolis Oy & MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 2014. Biokaasulaskurin käyttöohje. [https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri\\_ohjekirja.pdf](https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohjekirja.pdf).
- Valli, R. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Valtra. Valtra Dual Fuel tractors-The natural choice. <http://africa.valtra.com/en/dual-fuel>. 7.5.2020.
- Vornanen, P. 2016. Viljakuivurien energiatarjonta. LUT School of Energy Systems. Kandidaatintyö.

## Teemahaastattelurunko

### Materiaalivirrat

- Mikä on yrityksesi päätoimiala?
- Muodostuuko tilalla kuiva- vai lietelantaa?
- Mitä viljellään?
- Mitä eläimiä tilallanne on ja paljonko niitä on?
- Mikä on omistamanne ja/ vuokraamanne peltopinta-ala?
- Onko teillä oma kuivuri/yhteisomistajuus siihen? Minkä kokoinen kuivuri on?
- Käytetäänkö yrityksessänne keinolannoitteita? Jos käytetään, niin kuinka paljon vuodessa?
- Mitä sivuvirtoja teillä on ja mitä niille tehdään?
- Syntykö sellaisia sivutuotteita, joita joku toinen voisi hyödyntää omassa yrityksessään esim. raaka-aineena?
- Onko teillä mahdollisuus ottaa vastaan hyödynnettäviä sivuvirtoja joltain toiselta?
- Mitkä ovat yrityksenne sähkön- ja lämmön kulutukset? Millä energia tuotetaan?
- Jääkö teillä jotain sivuvirtoja hyödyntämättä?

### Toimijaverkostot

- Mitä sidosryhmiä yrityksellä on tällä hetkellä?
- Olisitko valmis yhteistyöhön uusien sidosryhmien kanssa?
- Millaisia tiloja tilan ympärillä on?
- Millaisia toimintoja tilallanne on nyt ja millaisia toimintoja mahdollisesti haluaisitte tilallenne?

### Intressit ja kiinnostavuus

- Oletko kiinnostunut uudesta energiantuotantomuodosta?
- Mikä on suurin vaikuttava tekijä kiinnostavuudessa? Ympäristöllinen, sosiaalinen vai taloudellinen?
- Koetteko uhkana investoida tällaiseen symbioosiin ottaen huomioon nykyisen maatalouspolitiikan?

- Onko teillä ollut ajatusta perustaa biokaasulaitosta?
- Onko paikallisesti tuotetulle lähiruualle ollut kysyntää tai kiinnostusta?
- Onko teillä kiinnostusta liikennebiokaasun tuottamiselle

## **Yleiset laskentaperusteet**

### **Tuorepaino tonneina:**

Lannan määrä(m<sup>3</sup>) \* tilavuuspaino kg/m<sup>3</sup> \* 1000

### **Orgaanisen materiaalin määrä lannasta tonneina:**

Tuorepaino \* TS (%) \* VS/TS (%)

### **Metaanintuottopotentiaali CH<sub>4</sub> m<sup>3</sup> / vuosi:**

Orgaanisen materiaalin määrä \* CH<sub>4</sub>-pot. m<sup>3</sup>/tVS

### **Tuotetun metaanin energiasisältö, MWh:**

Metaanintuottopotentiaali \* 10 kWh / 1000

### **Laitoksen energiankulutus:**

Sähkö: Laitoksen tuottama kokonaisenergia\* Biokaasulaitoksen kulutus (%)  
sähkön osalta

Lämpö: Laitoksen tuottama kokonaisenergia\* Biokaasulaitoksen kulutus (%)  
lämmön osalta

### **Käyttöön saatava energia:**

Sähkö: Laitoksen tuottama kokonaisenergia \* sähköhyötysuhde - laitoksen  
energiankulutus

Lämpö: Laitoksen tuottama kokonaisenergia \* lämpöhyötysuhde - laitoksen  
energiankulutus

### **Laitoksen orgaanisen materiaalin kuormitus vuorokaudessa:**

Syötteen orgaanisen aineen määrä (kg) / 365 / reaktorin tilavuus

### **Bensiinilitraekvivalenttien määrä:**

Bensiinilitraekvivalenttikerroin \* tilojen yhteenlaskettu lantamäärä tuoreton-  
neina \* liikennebiokaasun jalostuslaitoksen hyötysuhde