

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Karelia-amk
Teemu-Tapani Turunen

KARJATILAN EDELLYTYKSET TILAKOHTAISEN BIOKAASULAITOKSEN
PERUSTAMISEEN – TAPAUSTUTKIMUS

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2016
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
013 260 6900

Tekijä
Teemu-Tapani Turunen

Nimeke

**KARJATILAN EDELLYTYKSET TILAKOHTAISEN BIOKAASULAITOKSEN
PERUSTAMISEEN – TAPAUSTUTKIMUS**

Tiivistelmä

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää maatilakohtaisen biokaasulaitoksen perustamista ja kustannuksia maatilalla, joka on mahdollisesti laajentamassa tuotantoaan lähitulevaisuudessa. Tässä kehittämistyössä arvioitiin biokaasuinvestoinnin kannattavuutta.

Kehittämistyön menetelminä käytettiin maatalousyrittäjän haastattelua, internetissä vapaasti käytettävissä olevalla biokaasulaskurilla toteutettua laskentaa sekä tiedonkeruuta kohdetilalle aiemmin tehdystä biokaasuesiselvityksestä. Yhdistämällä eri tietolähteitä voitiin vertailla maatilalla käytettävissä olevien syötteiden vaikutusta energiantuottoon märkämädätys- ja kuivämädätysmenetelmillä sekä arvioida alustavasti eri käyttömuotojen kannattavuutta. Investoinnin kustannuksia arvioitiin biokaasulaskurin sekä aiemmassa kirjallisuudessa ja esiselvityksessä esitettyjen investointikulutietojen perusteella.

Maatilakohtainen biokaasulaitos on edelleen haastava investointi, sillä kustannukset ovat suuret ja saatavilla olevat tuet riittämättömät. Suurilla mautiloilla biokaasulaitoksen kannattavuus kuitenkin paranee, kun yksikön koon kasvaessa kustannukset tuotettua energiayksikköä kohden laskevat. Kohdemaatilan osalta kannattavuus paranisi, mikäli biokaasutuksella tuotettu ylijäämä-lämpö voitaisiin hyödyntää myymällä sitä eteenpäin. Tämän työn tulosten mukaan erot metaanintuotossa tai investointikustannuksissa eivät ole suuria laitostyyppin ollessa märkä- tai kuivämädätysmenetelmään perustuva. Tulokset ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia, ja tarkempia selvityksiä tarvitaan ennen varsinaista investointipäätöstä.

Kieli

suomi

Sivuja

31

Asiasanat

biokaasu, energiantuotanto, maatilakohtainen biokaasulaitos, kustannukset



THESIS
May 2016
Degree Programme in Environmental
Technology, UAS Master's Degree
Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
FINLAND
TEL. +358 13 260 6900

Author
Teemu-Tapani Turunen

Title
Farm-scale Biogas Plant – Case Study on Establishment and Costs

Abstract

The aim of this thesis was to determine the factors related to the establishment and investment costs of a farm-scale biogas plant. In addition, the profitability of the production of biogas was evaluated.

The data of this case study consisted of information received from a farmer and calculation tool that was used to estimate the energy potential of substrates and to plan biogas plant using a wet digestion process. The information was also gathered from a report that described the production of biogas with dry anaerobic digestion process. These information sources were also used to collect information on the costs of investment.

Investments in farm-scale biogas unit are not economically attractive due to the high fixed investment costs and small investment support provided by society. A larger plant can make the process of biogas production more cost-effective because the fixed costs per energy production unit will be decreased. The profitability of biogas production in the case farm would be higher if the generated heat could be sold. There were no major differences on the potential of methane production and investment costs between the plants using a wet or dry digestion processes. However, the results of this case study can be used as indicative only, and the profitability of biogas plant should be evaluated more accurate before starting the investment to the biogas plant.

Language

Finnish

Pages

31

Keywords

biogas, energy production, farm-scale biogas plant, costs

Sisältö

1 Johdanto	1
2 Biokaasun tuotanto maatilamittakaavan laitoksessa	2
2.1 Biokaasu ja sen hyödyt	2
2.2 Maatilan biokaasulaitoksen laitteisto	5
2.3 Maatilamittakaavan biokaasulaitoksen tarvittavat luvat ja saatavilla olevat tuet.....	8
2.4 Maatilakohtaiset biokaasulaitokset Suomessa.....	9
3 Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät.....	10
4 Kehittämistyön tausta ja tavoite	13
5 Aineisto ja menetelmät.....	14
6 Tulokset	17
6.1 Maatilan biokaasulaitos.....	17
6.2 Biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen	21
6.2.1 Märkäprosessiteknologiaan perustuva biokaasulaitos	21
6.2.2 Kuivaprosessiteknologiaan perustuva biokaasulaitos	22
6.3 Investoinnin kustannukset ja kannattavuus	23
7 Pohdinta.....	25
Lähteet.....	30

1 Johdanto

Kansainvälisen ilmastopöytäkirjan keskeisimpänä tavoitteena on ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuden vakauttaminen vaarattomalle tasolle. Tavoitteeseen pyritään vastaamaan lisäämällä bioenergian ja muiden uusiutuvien energianlähteiden osuutta energiantuotannossa. Esimerkiksi Euroopan Unionin kunnianhimoisena tavoitteena on, että 20 prosenttia kokonaisenergian tuotannosta muodostuu uusiutuvista energianlähteistä vuoteen 2020 mennessä (Directive 2009/28/EC).

Bioenergialla tarkoitetaan uusiutuvaa energiaa, jota tuottamalla voidaan hyödyntää alueellisia energiaraaka-ainepotentiaaleja, käsitellä jätteitä ja vähentää fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja tuottamisesta koituvia kasvihuonekaasujen päästöjä. (Seppälä 2013, 9.) Toistaiseksi bioenergian käyttö Suomessa käsittää neljänneksen energiankulutuksesta. Biotalous on kuitenkin yksi keskeisimmistä tulevaisuuden aloista, jonka tavoitteet on määritelty vuonna 2014 valmistuneessa Suomen ensimmäisessä biotalousstrategiassa. Bioenergian tuotanto on yksi keskeisimmistä päämääristä strategiassa, jossa korostetaan esimerkiksi biomassojen käytettävyyttä ja kestävyyttä (Suomen Biotalousstrategia 2014, 20). Vuoteen 2020 tähtäävässä strategiassa maatalouspohjaisen bioenergian tuotannon tulisi olla noin 4-5 TWh, josta biokaasun osuuden 0,32 TWh. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Suomeen tulisi rakentaa esimerkiksi 15–20 suuren kokoluokan (2 MW) biokaasulaitosta ja noin 50 pienen kokoluokan (0,1 MW) biokaasulaitosta. Euroopassa esimerkiksi Saksa ja Tanska ovat olleet edistyneimpiä biokaasun tuotannossa (Holm-Nielsen ym. 2009, 5480).

Suomen maaseudun resursseilla on kasvava rooli bioenergian tuotannossa. Bioenergiaa eli biopolttoaineita saadaan metsissä, soilla ja pelloilla kasvavista biomassoista sekä maatalouden energian tuotantoon soveltuvista orgaanisista kiinteistä, nestemäisistä ja kaasumaisista biojätteistä. (Tuomisto 2010, 56.) Esimerkiksi biokaasulaitos mahdollistaa kotieläinten lannan ja kasvibiomassojen hyödyntämisen uusiutuvana energiana ja kasvinravinteina. Maatalous on elänyt murrosta ja muun muassa maitoa tuottavien tilojen määrä on vähentynyt vuosittain alusta 63 prosenttia. Toisaalta maidon tuotanto on vähentynyt vain

kolme prosenttia, mikä kertoo siitä, että tilakoot ja eläinmäärät per tila ovat kasvaneet voimakkaasti. (Niemi & Ahlstedt 2015, 34.) Biokaasutuotanto on potentiaalinen bioenergiantuotantomuoto isoilla maatiloilla, joilla on käsiteltävänä suuri määrä karjanlantaa tai muuta biomassaa. Edelleen enemmistö Suomen maitoiloista on pienempiä, noin neljänkymmenen lehmän tuotantoyksikköjä (Niemi & Ahlstedt 2015, 34). Niillä biokaasulaitoksen kannattavuus voi olla haasteellista. Monilla maatiloilla painitaan kannattavuushaasteiden kanssa ja tuotantoa voidaan pyrkiä laajentamaan esimerkiksi yli sadan naudan robottinavetoiksi. Tällöin myös biokaasulaitoksen kannattavuus paranee, kun yksikön koon kasvaessa kustannukset tuotettua energiayksikköä laskevat. (Winqvist ym. 2015, 31.)

Biokaasulaitoksen avulla voidaan hyödyntää lantaa maatalan energiantuotannossa ja hyödyntää samalla tehokkaammin lannan sisältämää lannoitepotentiaalia sekä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä verrattaessa käsittelemättömään lantaan (Weiland 2010, 849). Energian hinnan noustessa myös maataloudessa tarkastellaan huolellisesti energiakustannuksia ja niiden osuutta kokonaiskustannuksista. Biokaasun hyväksikäyttö maatilalla mahdollistaa tehokkaamman energiantuotannon ja lisää maatilayritysten kilpailukykyä sekä luo uudenlaista liiketoimintaa. Nämä seikat huomioiden ovat monet maatilat kiinnostuneet maatilakohtaisten biokaasulaitosten perustamisesta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää laajentamista suunnittelevalle karjatilalle tilakohtaisen biokaasulaitoksen ratkaisuvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Opinnäytetyössä toteutettiin tapaustutkimus Itäsuomalaiselle karjatilalle. Opinnäytetyönä tehtiin maatilamittakaavaisen biokaasulaitoksen laitosvaihtoehtojen prosessin määrittäminen ja tekninen tarkastelu mukaan lukien kustannustarkastelu.

2 Biokaasun tuotanto maatilamittakaavan laitoksessa

2.1 Biokaasu ja sen hyödyt

Biokaasu on kaasuseos, joka syntyy eloperäisen aineksen eli biomassan hajotessa biokemiallisesti ja mikrobiologisesti hapettomissa olosuhteissa. Hapen

puuttuessa hajoaminen tapahtuu mädäntymällä anaerobisten bakteerien vaikutuksesta, ja siksi biokaasun tuotantoa voidaan nimittää anaerobiseksi käsittelyksi, mädättämiseksi tai biokaasutukseksi. (Weiland 2010, 850.)

Biokaasu on koostumukseltaan pääasiassa metaania (CH₄) ja hiilidioksidia (CO₂). Metaanin osuus vaihtelee 45 ja 75 prosentin välillä ja hiilidioksidin 25 ja 50 prosentin välillä. Lisäksi biokaasutusreaktoreissa tuotettu kaasu sisältää pieniä pitoisuuksia muita kaasuja kuten typpeä ja rikkivetyä. Biokaasun koostumus vaihtelee kaasun tuotannossa käytetyn teknologian, mädätysolosuhteiden ja syötteen koostumuksen mukaan. (Deuplein & Steinheuser 2012, 35.)

Maatilojen biokaasureaktoreissa biokaasua tuotetaan karjan- tai sianlannasta ja maatalouden kasvibiomassasta, kuten nurmirehusta tai erikseen tarkoitusta varten viljellyistä energiakasveista. Maatilojen biokaasulaitokset mahdollistavat tiloilla tuotetun kotieläinten lannan ja kasvibiomassojen hyödyntämisen uusiutuvana energiana ja kasvinravinteina. (Latvala 2009, 40.) Tuotettu biokaasu voidaan käyttää sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä jalostaa biometaaniksi joko liikenteen käyttöön tai syötettäväksi kaasuverkkoon. Kuutiometri metaania sisältää energiaa 10 kWh ja vastaa yhtä litraa kevyttä polttoöljyä. Biokaasuprosessissa syntyy myös ravinteikasta käsittelyjäännöstä, joka voidaan hyödyntää -lannoitteena kasvinviljelyssä. (Guide to biogas, From production to use 2010, 21-22.)

Maatilan biokaasulaitoksen edut:

Biokaasua hyötykäyttöön. Mädätyksen seurauksena syntyvä biokaasu on arvokas biopolttoaine ja energianlähde. Sitä voidaan hyödyntää lämmön- sekä yhdistetyn sähkön- ja lämmöntuotannossa ns. CHP-yksiköllä (Latvala 2009, 44). Maatalouden biomassojen hyödyntäminen uusiutuvana energiana lisää tilan energiaomavaraisuutta. Lisäksi siitä voidaan jalostaa ajoneuvojen polttoainetta tai syöttää puhdistettu kaasu maakaasuverkkoon. (Motiva 2013, 3.)

Biokaasulaitoksen tuottama sähkö ja lämpö voidaan hyödyntää tilan toiminnoissa. Sähköllä korvataan ostosähköä, jolloin vältetään sekä sähkönsiirron että sähkön hinta veroineen. Tarvittaessa ylijäämänsähkö voidaan myydä verkkoon. Lämpö hyödynnetään usein lämpimän veden tuotossa, tilojen lämmityksessä

ja/tai energianlähteenä esimerkiksi keittiössä. Kaasun kannattavimmat hyödyntämistavat huomioidaan suunnitelmassa laitosta. Tavoitteena on, että tuotettu energia pystyttäisiin hyödyntämään mahdollisimman hyvin. (Motiva 2013, 19.) Toki on huomioitava, että biokaasulaitoksen toiminta myös kuluttaa energiaa. Tekniset ratkaisut ja vuodenaika vaikuttavat energiankulutukseen. Reaktorilla lämmitetään oikean prosessilämpötilan ylläpitämiseksi. Suomen olosuhteissa biokaasulaitoksen lämmönkulutus on talvella suurempi kuin kesällä. Syötteiden lämmitys kuluttaa yleensä enemmän energiaa kuin mitä reaktorin lämpöhävikin tasaukseen kuluu. Sähköä kuluu syötteen sekoitukseen ja pumppujen toimintaan. Laitoksen sähkönkulutus on melko tasaista ympäri vuoden, mutta esimerkiksi lantasaaliön sekoitin ja pumppu vaativat kesällä jonkin verran vähemmän sähköä, mikäli lantaa on vähemmän käytettävissä. Sen sijaan biokaasureaktorin lietetilavuuteen ja sitä kautta sekoittimien sähkönkulutukseen pienempi lannan syöttö ei vaikuta, koska lietetilavuus reaktorissa pysyy aina samana. Ainoastaan viipymä pitenee laitoksen läpi virtaavan lietemäärän pienentyessä. Vuodenajasta johtuvaa pientä eroa voi aiheutua myös paineenkorotuksessa ennen kaasun energiakäyttöä, jos biokaasua syntyy kesällä vähemmän. (Winqvist ym. 2015, 10.)

Käsittelyjäännös hyödykkeenä. Mädätysprosessissa muodostuu käsittelyjäännöstä, joka on arvokasta lannoitetta. Käsittelyjäännöksen ravintosisältö riippuu syötteistä. Lisäksi prosessitekniikka ja viipymä voivat muokata esimerkiksi ravinteiden liukoisuutta. Käsittelyjäännös on lietelantaa parempi lannoite, koska biokaasutuksessa typpi muuttuu kasveille käyttökelpoisempaan muotoon. Näin ollen typen huuhtoutuminen viljelysmaalta vesistöön vähenee. Mädätyksen myötä haisevat orgaaniset yhdisteet hajoavat prosessissa ja hajuhaitat vähenevät, mikä lisää ympäristön viihtyisyyttä etenkin asutusalueiden läheisyydessä. Maatiloilla käsittelyjäännös voidaan sijoittaa pelloille sellaisenaan, jos syötteinä käytetään tilalla syntyviä kasvibiomassoja ja lantaa. Levitys pellolle kannattaa tehdä multaavilla menetelmillä, jotta minimoidaan typen haihtuminen ilmaan levityksen yhteydessä. Koska biokaasuprosessi on anaerobisen käymisen varmistamiseksi tiivis ja suljettu, vähentää se lannan käsittelystä muutoin muodostuvia haitallisia päästöjä. Edut saavutetaan kuitenkin vain, jos koko ketju

syötteen keruusta jäännöksen lannoituslevytykseen hoidetaan asianmukaisesti. (Holm-Nielsen ym. 2009, 549; Luostarinen 2011, 18-20.)

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Koko Eurooppa huomioiden maatalous tuottaa noin 10 prosenttia haitallisista kasvihuonekaasupäästöistä. Suomessa maatalouden osuus koko Suomen kasvihuonepäästöistä oli 11 prosenttia vuonna 2014 (Suomen virallinen tilasto 2015). Maatalouden keskeisimmät päästöt ovat metaani, hiilidioksidi ja dityppioksidi. Karjan ruuansulatus, lannan varastointi ja käsittely sekä keinolannoitteiden valmistus ja käyttö aiheuttavat merkittävimmät päästöt orgaanisen aineen hajoamisesta peräisin olevan metaanin ja dityppidioksidin haihtuessa hallitsemattomasti ilmakehään. (De Cara ym. 2005, 551-553). Maatilojen biokaasulaitokset vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä kolmella tavalla: 1) korvaamalla fossiilisilla energianlähteillä tuotettua energiaa uusiutuvalla energialla, 2) vähentämällä lannasta vapautuvia metaanipäästöjä sekä 3) vähentämällä typpilannoitteiden ostotarvetta ja sitä kautta niiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. Esimerkiksi lannan käsittelyn biokaasulaitoksessa arvioidaan vähentävän lannan varastointiin liittyviä kasvihuonepäästöjä jopa yli 88 % (Marttinen ym. 2013, 35.) Suljettu biokaasuprosessi nimittäin estää kasvihuonekaasujen päästöt prosessin aikana, jos sen viipymä on riittävän pitkä hajoamisen maksimoimiseksi ja käsittelyjäännös varastoidaan katetuissa säiliöissä. (Groth ym. 2015, 360.)

2.2 Maatilan biokaasulaitoksen laitteisto

Maatilan biokaasulaitoksen laitteisto määräytyy esimerkiksi sen mukaan, miten biokaasu on tarkoitus käyttää. Kaasun hyödyntämistapa vaikuttaa siihen, miten biokaasu on tarpeen jatkokäsitellä/jalostaa. Jos biokaasua hyödynnetään ainoastaan sähkön tai lämmöntuotantoon, voidaan kaasu käyttää lähes sellaisenaan. Liikennepolttoaineena tai maakaasuverkkoon syötettynä biokaasun laatuvaatimukset ovat selvästi korkeammat, mikä edellyttää suurempia investointeja teknologiaan. Liikennebiokaasun metaanipitoisuus on nostettava riittävän korkeaksi ja se on myös puhdistettava epäpuhtauksista. Biokaasun jalostamiseen

käytettävän teknologian lisäksi liikennepolttoainekäyttöä varten tarvitaan paineistus- ja tankkausyksikkö. (Börjesson ym. 2015, 6035.)

Biokaasua tuotetaan kuiva- tai märkäprosessissa. Prosessit eroavat syötteiden kuiva-ainepitoisuuden ja teknisten ratkaisujen suhteen. Suomessa maatilojen biokaasulaitokset on tyypillisesti toteutettu märkäprosessina. Märkäprosessissa kuiva-ainepitoisuus on pieni (alle 15 %). (Lehtomäki ym. 2007, 33-34.) Märkäprosessissa syöte on nestemäisessä muodossa kuten lietelanta, joka pumpataan esisäiliöstä reaktoriin. Ennen pumppaamista lietelanta on sekoitettava tasaiseksi esisäiliössä. Kuiva-aines kuten kasvibiomassa syötetään reaktoriin syöttöruuvien kautta esimerkiksi apevaunusta, jossa se on silputtu sopivaksi. Kasvibiomassan syöttöä varten reaktoriin tarvitaan syöttöruuvien lisäksi -suppilo. Toisaalta myös kuivaproessi on alkanut rantautua enenevässä määrin biokaasu-alalle. Tällöin järjestelmä voi pelkistetyimmillään olla tiivis, hapettomaksi saatava kontti, johon syöte kuormataan tavallisella etukuormaajalla. Isommissa biokaasulaitoksissa kuivamädätysmenetelmä on viime aikoina osoittautunut kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi, mutta pienempiä laitoksia ajatellen laitteistot ovat edelleen suhteellisen kalliita esimerkiksi verrattuna perinteisempään märkämädätyslaitteistoon. (Taavitsainen 2014, luento 2014.)

Reaktori on useimmiten betonista tai teräksestä rakennettu pystysäiliö, joka on kokonaan maan päällä tai osa siitä on maanpinnan alla. Biokaasun tuotanto edellyttää oikeanlaisia olosuhteita happipitoisuuden, pH:n, ravinteiden ja lämpötilan suhteen. Etenkin lämpötila vaikuttaa merkittävästi metaania muodostavien bakteerien toimintaan. Siksi reaktorit eristetään kauttaaltaan ja niitä lämmitetään esimerkiksi seinämiin asennettujen lämpöputkien avulla Suomen sääolosuhteissa. Maatilojen laitoksilla käytetään yleisesti täyssekoitteista reaktoria. Sekoitus pitää reaktoriin syötetyn massan tasalaatuisena ja -lämpöisenä. Se edistää mikrobien toimintaa ja muodostuvan biokaasun kulkeutumista kaasuväaraan. Hidas ja riittämätön sekoitus saattaa aiheuttaa etenkin tiheimpien partikkelien saostumisen reaktorin pohjalle (Ward ym. 2008, 7929). Mädätettävän materiaalin sopiva sekoittaminen auttaa syötteiden tasaisessa jakautumisessa mikrobimassalle, materiaaliin jääneiden kaasukuplien erottamisessa ja lämmön siirrossa. (Karim ym. 2005, 3598). Reaktorin biomassaa sekoitetaan esimerkiksi pumppaamalla jo muodostunutta kaasua reaktorin pohjalle jolloin nousevat

kaasukuplat sekoittavat massaa. Yleisimmin sekoitus tehdään kuitenkin moottorilla pyörivällä lapasekoittimella, joka on kiinnitetty sivu- tai pystysuunnassa reaktorin seinämään. (Luostarinen 2013, 12; Latvala 2009, 31.)

Reaktorin katteena voi olla esimerkiksi kaksi pressukangasta tai jokin muu suojakupuratkaisu. Kaksoishuputuksen alempi pressu kerää tuotetun biokaasun ja ylempi toimii sääsuojana. Sääsuojaressu pidetään kuperana paineilmalla. Pressujen välissä oleva ilma toimii lämpöeristeenä. Mädätyssäiliön ja kaasuväestön välillä on eristävä välipohja, jonka läpi käsittelyjäännös pääsee nousemaan painovoimaisesti jälkikaasualtaaseen uusien syöttöjen yhteydessä. (Winqvist ym. 2015, 7.)

Reaktorista poistettava käsittelyjäännös sisältää vielä hajotettavaa orgaanista ainesta, josta voi muodostua edelleen biokaasua. Jälkikaasualtaasta kaasu voidaan kerätä hyödynnettäväksi yhdessä reaktorikaasun kanssa. Katetun jälkikaasualtaan avulla estetään kaasujen purkautuminen ilmaan. Maatilojen biokaasulaitosten kaasun tuotannosta jälkikaasun osuus voi olla 15–20 %. Määrät tosin voivat vaihdella runsaasti käytetystä tekniikasta, olosuhteista ja käyttäjästä riippuen. Jälkikaasuallas vastaa rakenteeltaan, katteeltaan ja tilavuudeltaan reaktorin, mutta sitä ei lämmitetä ja sekoituskin voi olla tehottomampaa. Jälkikaasualtaasta käsittelyjäännös siirtyy painovoimaisesti erilliseen lietesäiliöön, jos sellainen on käytössä. (Latvala 2009, 40.)

Maatiloilla biokaasu varastoidaan yleisimmin reaktorin ja jälkikaasualtaan kaasuohuissa. Biokaasun määrä ja metaanipitoisuus mitataan. Biokaasu sisältää vesihöyryä. Siksi kosteus poistetaan kaasun siirtoputkistossa isoissa biokaasulaitoksissa. Siirtoputkistossa kaasun sisältämä kosteus tiivistyy eli kondensoituu putkiston pintaan ja valuu sille rakennettuun kaivoon. Maatilalaitoksissa siirtomatkat ovat lyhyitä, eikä siirtoputkistoille ole juuri tarvetta. Maatilan biokaasu sisältää vaihtelevia määriä rikkivetyä (H_2S), joka aiheuttaa syövyttävien ominaisuuksiensa takia ongelmia kaasun hyödyntämislaitteistoissa. Maatilan biokaasulaitokseen kuuluu usein laitteisto, joka poistaa rikkivedynpoisto alle 1 000 ppm pitoisuuteen. Pitoisuutta ei kuitenkaan valvota mitenkään, joten ei ole välttämättä varmaa laskeeko pitoisuus alle tuon rajan. Toisaalta voi olla, että biokaasussa ei alun perinkään ole ollut niin paljon rikkivetyä. Puhdistuksen jäl-

keen biokaasu johdetaan paineenkorottimen kautta esimerkiksi tilan lämpökeskuksen CHP-yksikköön. Kaasupaine nostetaan CHP-laitteiston vaatimaan käyntipaineeseen (laitteesta riippuen 20-80 mbar). CHP-yksikkö muuttaa biokaasun sähköksi ja lämmöksi. (Lanz 2012, 503.)

Tilalla kannattaa olla myös varajärjestelmä kuten kaasupolttimellinen lämpökattila. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen investointiin sisältyy yleensä mahdollisen ylimääräisen biokaasun suoraan polttava soihut poltin. Maatilan lämpökeskuksen yhteyteen on mahdollista sijoittaa biokaasulaitoksen sähköistys ja automaatiikka. Tällöin ne on kuitenkin eristettävä omaan tilaansa räjähdysvaarallisille tiloille (ATEX) asetettujen vaatimusten mukaisesti. (Latvala 2009, 48.)

2.3 Maatilamittakaavan biokaasulaitoksen tarvittavat luvat ja saatavilla olevat tuet

Maatilakohtaisella biokaasulaitoksella syötteen määrä ei tavallisesti yllä lähellekään 20 000 tonnia vuodessa, jota suuremmissa hankkeissa edellytetään ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) toteuttaman ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) avulla pyritään vähentämään tai kokonaan estämään hankkeen haitallisia ympäristövaikutuksia. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen perustaminen edellyttää kuitenkin useimmiten ympäristöluvan saamista. Ympäristölupa määräytyy ympäristönsuojelulain (86/2000) ja sen pohjalta laaditun ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) mukaan. Biokaasulaitoksen toiminnan laajuus ja käytettävät syötteet vaikuttavat ympäristölupaan. Siinä voidaan antaa määräyksiä esim. päästöistä ja niiden vähentämisestä, ilmoituskäytännöstä, kirjanpidosta, sekä raportoinnista. Ympäristöluvassa edellytetään, että biokaasulaitos ei saa aiheuttaa terveyshaittaa eikä merkittävää ympäristön pilaantumista tai vaaraa. (Pelkonen 2013, 29-34)

Suurin osa nykyisistä maatilojen biokaasulaitosten ympäristöluvista on haettu olemassa olevan eläinsuojan yhteyteen rakennettavalle laitokselle. Eläinsuojan ja biokaasulaitoksen teknisen ja toiminnallisen yhteyden vuoksi niiden ympäristövaikutuksia ja jätehuoltoa voidaan tarkastella saman lupaviranomaisen toimesta ja lupamääräykset sisältävät tavallisesti määräyksiä molemmille toimin-

noille. Siksi maatilakohtaisen biokaasulaitoksen ympäristölupa voidaan mahdollisesti liittää eläinsuojan luvan yhteyteen. (Pelkonen 2013, 29-33.)

Biokaasulaitosta suunnittelevan luvanhakijan on biokaasulaitoksen perustamisessa ja käyttöönotossa otettava huomioon muitakin viranomaishyväksyntää edellyttäviä seikkoja kuten maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukainen rakennuslupa sekä kemikaalilain mukainen ilmoitus pelastusviranomaiselle ja ATEX-räjähdyssuojausasiakirja. Mikäli laitoksessa varastoidaan biokaasua yli 5 tonnia / 2850 m³, pyydetään lupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta (Tukes). Tämä koskettaa harvoin maatilakohtaisia laitoksia, joissa varastoitava määrä biokaasua on yleensä korkeintaan 1 tonni / 570 m³. Tällöin riittää ilmoitus pelastusviranomaiselle.

Suunnitelluista syöttömateriaaleista ja erityisesti käsittelyjäännöksen hyödyntämisestä riippuen saatetaan tarvita myös laitoslupa elintarviketurvallisuusvirastolta. Laitoksesta on ilmoitettava Elintarviketurvallisuusvirastolle (Evira), mutta maatilakohtaisella laitoksella, jossa käsitellään omia syötteitä ja käsittelyjäännös levitetään omille pelloille, ei tarvita laitoshyväksyntää. Mikäli käsittelyjäännös jalostetaan orgaaniseksi lannoitevalmistekseksi, vaaditaan laitoshyväksyntä Eviralta ja tyyppinimi, jolla pyritään kuvaamaan valmisteen ominaisuuksia, kuten koostumusta, käyttötarkoitusta tai valmistusmenetelmää. (Pelkonen 2013, 33.)

2.4 Maatilakohtaiset biokaasulaitokset Suomessa

Suomessa on vuoden 2014 tiedon mukaan toiminnassa 13 maatilakohtaista biokaasulaitosta. Nämä tuottivat noin 1,019 miljoona kuutiometriä biokaasua, joka on 0,7 prosenttia kaikesta Suomessa tuotetusta biokaasusta (155,5 milj. m³) vuonna 2014. (Huttunen & Kuittinen 2015, 3, 19, 27.) Maatilakohtaisia biokaasulaitoksia on toistaiseksi rakennettu pohjoismaissa vain vähän. Ruotsissakin maatilakohtaiset biokaasulaitokset tuottavat vain noin prosentin biokaasun kokonaistuotannosta, vaikka niiden biokaasun tuottopotentiaalini arvioidaan olevan jopa kymmenkertainen nykyiseen verrattuna. (Lantz 2012, 502.) Jonkinlaisia vilkastumista biokaasulaitosten rakentamisessa maatiloilla on viime vuosina ollut havaittavissa. Kiinnostusta lisäävät parantunut energiaomavaraisuus,

mahdollisuus kaasun ajoneuvokäyttöön sekä lisääntynyt ympäristötietoisuus. Suurin haaste maatilalaitosten yleistymiselle on kannattavuus (Marttinen ym. 2013, 33). Laitosinvestointi on kallis eivätkä etenkin pienemmät tilat saa välttämättä riittävästi hyötyä tuotetusta energiasta ja tehostuneesta ravinteiden kierrosta kulujen kattamiseksi.

Yksittäisten maatilakohtaisten biokaasulaitosten lisäksi Suomessa toimii tutkimuskäyttöön perustettuja maatilabiokaasulaitoksia. Yksi uusimmista on Luonnonvarakeskuksen (Luke) Sotkamoon perustama tutkimusasema, jossa tutkitaan koko biokaasuntuotantoketjun hallintaa pellolta kerätystä nurmesta ajoneuvojen polttoaineeksi. Tutkimusasemalle on rakennettu moderni, kuivämädätykseen perustuva biokaasulaitos, jonka tuottamalla biokaasulla lämmitetään tällä hetkellä tutkimusaseman kiinteistöt ja jatkossa tarkoitus on jalostaa kaasua myös liikennekäyttöön. Tutkimusasemilla tehdään tärkeää biokaasulaitteistojen testausta, johon yksittäisillä maatioilla ei ole mahdollisuutta. Samalla tutkitaan kustannusvaikuttavuutta ja mahdollisia riskejä, jotta opittu tieto-taito leviää ja biokaasutuotannon aloittaminen maatioilla olisi mahdollisimman helppoa. (Luonnonvarakeskus 2015.)

3 Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

Biokaasulaitoksen perustaminen on tilakohtainen projekti, joka on suunniteltava huolellisesti. On tärkeää selvittää kullekin tilalle käyttökelpoisin ja kannattavin vaihtoehto. Nykypäivän maatioilla on usein monia investointitarpeita ja biokaasulaitos kilpailee investointikohteena näiden kanssa. Pelkästään taloudellisia tekijöitä tarkasteltaessa biokaasulaitos ei välttämättä ole kiinnostavin investointikohde. Taloudellisen kannattavuuden sijaan maatilakohtaisen biokaasulaitoksen voi pikemminkin nähdä ympäristöinvestointina, jolla voidaan saavuttaa ympäristöhyötyjä, mutta myös edullisia vaikutuksia esimerkiksi tilan energiatuotantoon ja lannoitekäytäntöihin. Ympäristövaikutusten arvottaminen on haasteellista. Siksi biokaasulaitoksen kannattavuustarkastelut kohdistuvat

kaikkiin niihin taloudellisiin vaikutuksiin, jotka on otettava huomioon laitosinvestointia suunniteltaessa.

Biokaasulaitoksen kannattavuus riippuu monesta tekijästä. Laitoksessa tuotetulla energialla voidaan korvata ostettua energiaa kuten ostosähköä, puuta tai polttoöljyä. Lisäksi käsittelyjäännöksellä voidaan korvata mineraalilannoitteita. Näin ollen biokaasulaitos on kustannuksia alentava investointi. Myyntituloja voidaan saavuttaa myymällä tuotettua energiaa. Lämpöä tai sähköä myydessä laskutus perustuu myytyyn kilowattituntimäärään. Maatilan pienen kokoluokan biokaasulaitteistolla sähkön- ja lämmön kokonaishyötysuhde on pienempi kuin suurissa laitoksissa, joissa voidaan saavuttaa jopa 90 prosentin kokonaishyötysuhde (Deuplein & Steinheuser 2108, 55-58.)

Maatilan biokaasulaitoksessa kannattavuuden edellytys on riittävä kate energiantuotannon sekä osin käsittelyjäännöksen hyödyntämisestä. Katteen merkitys korostuu, koska biokaasulaitoksen perustaminen vaatii huomattavan suurta investointikustannusta. Maa- ja metsätalousministeriö myöntää maatilan biokaasulaitoksille investointitukea, mutta tuen saa vain jos energia käytetään omassa maataloustuotannossa, eikä energiaa saa tällöin myydä tilan ulkopuolelle. Maa-seutuvirasto (Maa- ja metsätalousministeriö) myöntää enintään 35 %:n investointituen maatilan lämpökeskukselle ja biokaasulaitokselle (MAVI 2016, 5). Tuki on nimeltään maaseudun pienyritystuki. Biokaasulaitoksen toiminnasta syntyvät kustannukset muodostuvat karkeasti ottaen raaka-aineen hankintakuluista, laitteiston huollosta, varaosista ja uushankinnoista sekä vakuutuksista ja käyttö- ja konetyötunneista. Toisaalta maatilan yhteydessä biokaasulaitos on osa kokonaisuutta. Sen kuluja voi olla vaikea erottaa tarkasti tilan muista kuluista, minkä takia sen kannattavuuden arviointi on haasteellista. (Marttinen ym. 2013, 41-42.)

Nykyisessä taloustilanteessa erilaisten tukien kuten investointituen ja ympäristökorvauksen merkitys voi olla edellytys sille, että maatilalle pystytään perustamaan biokaasulaitos. Investoinnin hinta riippuu laitokseen haluttavista laitteistoista ja mahdollisuuksista hyödyntää tilan olemassa olevia rakenteita sekä omaa työtä. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuden kannalta ratkaisevinta on se, että pystytäänkö biokaasua hyödyntämään tehokkaasti läm-

mön ja/tai sähkön tuotannossa tai jopa liikennepolttoaineena. (Winqvist ym. 2015, 31.) Maatilakohtainen biokaasulaitos hyödyntää toiminnassaan maatalan sivuvirtoja, kuten lantaa- ja ylijäämä/hävikkirehua sekä kesantopeltojen nurmi-biomassaa. Nämä ovat resursseja, joiden energiasisältö tulee hyödynnetyksi biokaasutuksessa. Biokaasulaitoksen syötteiden kuljettaminen ei ole taloudellisesti eikä ekologisesti järkevää lietelannan osalta kauempaa kuin 5 km ja energiakasvien osalta 15 km matkalta (Al Seadi ym. 2013, 26). Edellä mainitut kilometrirajat eivät kuitenkaan yksiselitteiset, vaan joissakin tapauksissa syötteiden kuljettaminen kauempaakin voi olla kannattavaa. Kustannustehokkuuslaskelmia tehtäessä huomioidaan myös se, että biokaasulaitoksen työvoiman tarve täyttyy tilan omalla työvoimalla. Näin ulkopuolisten ostopanosten tarve on pieni, mikä vakauttaa laitoksen taloudellisuutta.

4 Kehittämistyön tausta ja tavoite

Biokaasu on herättänyt viime vuosina kasvavaa kiinnostusta maatalousyrittäjien keskuudessa. Näin tapahtui myös eräällä maatilalla Itä-Suomessa. Tila on tällä hetkellä pienen kokoluokan maatila, mutta sillä on suunnitelmia laajentaa tuotantoa 140 lehmän robottinavetaksi. Laajennussuunnitelmaan liittyvä kiinnostuneisuus biokaasulaitosta kohtaan johti siihen, että maatalousyrittäjä osallistui ProAgria Pohjois-Karjala ry:n Liikennebiokaasua energiatiloilta -hankkeessa järjestettyyn Biokaasupäivään Joensuussa ja pyysi hankkeen puitteissa alustavaa selvitystä maatilansa biokaasulaitoksen tuotantoedellytyksistä ja kannattavuudesta.

ProAgria tarjoaa palveluja ja osaamista maatalouden ja maaseudun yritystoiminnan kilpailukyvyyn kehittämiseen. Maatalouden ja maaseudun energianeuvonta on yksi neuvonnan osa-alue. ProAgria Pohjois-Karjala ry toteutti kolmi-vuotisen (2012-2015) Liikennebiokaasua energiatiloilta hankkeen. Se kohdistui maatalousyrittäjiin ja kuntiin, jotka ovat kiinnostuneita uusiutuvan energian tuottamisesta maataloilla, uusien teknologisten ratkaisujen tuottajiin ja maataloilla tuotetun uusiutuvan energian käyttäjiin. Hankkeen tavoitteena oli luoda edellytykset energiatilalle, joka tuottaa ja käyttää monipuolisesti uusiutuvaa energiaa, erityisesti liikennebiokaasua, ja maatalojen/kuntien yhteiselle biokaasulaitokselle, joka tuottaa keskitetysti liikennebiokaasua. Lisäksi hankkeessa pyrittiin luomaan uutta pysyvää osaamista maataloille, kuntiin, seudullisiin kehittämissyhtiöihin ja ProAgria Pohjois-Karjalaan, jotta energiamaatilamalli voisi yleistyä Pohjois-Karjalassa ja maatilat voisivat tulla osaksi kehitteillä olevaa Pohjois-Karjalan liikennebiokaasuverkostoa. (ProAgria Pohjois-Karjala ry 2015, 3.) Hankkeen aikana useille maataloille tehtiin biokaasulaitoksen perustamisen pohjaselvityksiä ja suunnitelmia. Maataloille tehtyjä alustavia selvityksiä biokaasun tuotantoedellytyksistä ja kannattavuudesta toteutti Toni Taavitsainen Envitecopolis Oy:stä (ProAgria Pohjois-Karjala ry 2015, 12).

Tämä opinnäytetyö toteutettiin maatalousyrittäjälle, jonka maatalon laajennukselle oli ProAgrian hankkeen puitteissa tehty alustavaa selvitystä kuivamädätys-

menetelmällä toteuttavasta biokaasulaitoksesta. Maatilalla kaivattiin lisää tietoa biokaasulaitoksen perustamisesta sekä kannattavuuden arvioinnin tueksi alustavaa selvitystä märkämädätysmenetelmään perustuvan laitoksen tuotantoedellytyksistä ja kannattavuudesta. Näin ollen työn lähtökohtana on tutkimuksellinen kehitystyö, joka sai alkunsa maatilalla kehittämistarpeesta ja halusta saada aikaan ja tuottaa uudenlaisia ratkaisujen tilan omaan energiantuotantoon. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä pyritään uudistamaan käytäntöjä sekä luomaan tietoa, etsimään erilaisia vaihtoehtoja olemassa oleville ratkaisuille. Kehittämistyön tueksi kerätään ajantasaista tietoa sekä käytännöstä että teoriasta ja kehittämisessä käytetään monipuolisesti erilaisia menetelmiä. (Ojasalo ym. 2009, 18-19.)

Tämän työn tarkoituksena on selvittää biokaasulaitoksen perustamisen edellytyksiä maatilalla, jolla on suunnitelmana laajentaa tuotantoa lähitulevaisuudessa suuren kokoluokan maatilaksi. Kohteena oleva lypsykarjatila sijaitsee itäisessä Suomessa haja-asutusalueella. Tässä työssä ensinnäkin määritetään millaiset edellytykset biokaasutukselle kyseisellä tilalla ovat ja toiseksi arvioidaan biokaasutuotannon kustannuksia sekä hyötyjä ympäristönäkökohdat huomioiden.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millainen on biokaasun tuotannon potentiaali ja millainen laitos tarvitaan biokaasun tuotantoon?
2. Mitkä ovat biokaasulaitoksen kustannukset?
3. Millaisia hyötyjä biokaasulaitos voi maatilalle tuottaa?

Lisäksi pyritään arvioimaan biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuutta.

5 Aineisto ja menetelmät

Kehittämistyö toteutettiin prosessina, joka alkoi kehittämistehtävän määrittämisellä yhteistyössä maatalousyrittäjän kanssa. Tätä seurasi tietoperustan luomi-

nen, jossa hyödynnettiin olemassa olevaa kirjallisuutta sekä opintoja. Kehittämistehtävänä oli tuottaa maatilalle kehittämisehdotuksia, joten lähestymistapa oli tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa kohteita on vähän, usein vain yksi kuten tässä tapauksessa yritys, jolle pyrittiin tuottamaan yksityiskohtaista tietoa ja kehittämisehdotuksia biokaasulaitoksen perustamisesta. Tapaustutkimukselle tyypilliseen tapaan tapauksen tutkimiseen käytettiin erilaisia menetelmiä (Ojasalo ym. 2009, 53): maatalousyrittäjän haastattelua, tietoperustan pohjalta toteutettua laskentaa biokaasulaitoksesta sekä olemassa olevan biokaasusuunnitelman vertailua tehtyihin laskelmiin.

Haastattelu. Haastattelu sopii hyvin moniin kehittämistehtäviin ja tutkimustyöhön, koska sillä saadaan nopeasti kerättyä syvällistäkin tietoa kohteesta (Ojasalo ym. 2009, 95). Tässä työssä korostui maatalousyritys yksittäisenä kohteena, josta tarvittiin laskelmia varten mahdollisimman tarkkaa tietoa. Maatalousyrittäjän haastattelun tarkoituksena oli siis asioiden selventäminen. Siksi haastattelu toteutui osittain strukturoituna. Maatalousyrittäjältä kysyttiin haastatteleamalla perustietoja lypsykarjan määrästä, peltopinta-alasta, biokaasutukseen käytettävistä olevista syötteistä ja niiden määristä sekä tilan mahdollisuuksista hyödyntää biokaasutuksessa tuotettavaa lämpöä ja sähköä. Toisaalta haastattelu toteutui osittain avoimena, kun haastattelija ja haastateltava keskustelivat yleisesti biokaasuun liittyvistä asioista.

Biokaasulaskuri. Kehittämistyössä käytettiin biokaasulaskuria arvioimaan käytettävistä syötteistä saatavissa olevaa metaanimäärää, vertailemaan eri energiantuotanto- ja hyödyntämismuotojen kannattavuutta sekä arvioimaan alustavasti investoinnin suuruutta ja kannattavuutta.

Biokaasulaskuri on internetissä avoimesti käytettävissä oleva verkkosovellus biokaasulaitoksen alustavan kannattavuuden arviointiin. Sen kehitettiin usean eri tahon yhteistyönä Maaseuturahaston rahoittamassa Biokaasulaitosinvestoinnin laskentatyökalu -hankkeessa vuosina 2012 - 2014. Biokaasulaskurin kehittämiseen on käytetty MTT:n tutkimuksia, itävaltalaisien asiantuntijoiden ja heidän käytännön kokemukseensa perustuvaa tietoa sekä kansainvälisten tutkimuslaitosten kirjallisuustietoja. (Ukipolis Oy 2016.)

Laskurissa laskenta toteutettiin hyödyntämällä laskurin oletusarvoja, jotka ovat kirjallisuuteen ja kokemukseen perustuvia keskimääräisiä arvoja. Syötetyt tiedot olivat kasvuyöhyke jossa tila sijaitsee, syötteiden lajit ja niiden määrät, maatilan sähkö- ja lämpöenergian kulutus. Laskurissa valittiin myös laitoksen tuotantosuunta sekä se että laitoksessa on mukana jälkikaasuuntumisallas. Oletuksena laskurissa on yleisesti käytetty biokaasulaitostyyppi, jossa on jatkuvatoiminen, täyssekoitteinen pystyreaktori ja joka toimii mesofiilisenä märkeäprosessina (Ukipolis Oy 2016).

Biokaasulaskurin yhteenvetoraportti kertoi reaktorin ja jälkikaasuuntumisaltaan koot, reaktorin orgaanisen kuorman, laitoksen energiankulutuksen ja syntyvän biokaasun määrän sekä biokaasusta valmistettavan energian määrän energialajikohtaisesti. Yhteenvetoraportti ilmoitti myös alustavan arvion investoinnin suuruudelle. Kannattavuuden tunnuslukuina laskuri käyttää nykyarvoa, takaisinmaksuaikaa, annuiteettia sekä sisäistä korkokantaa. (Ukipolis Oy 2016.) Biokaasulaskurista saatuja investoinnin suuruuden arvoja verrattiin äskettäin ilmentyneen Luonnonvarakeskuksen maatilan biokaasulaitoksen kannattavuutta käsitelleen raportin (Winquist ym. 2015) lukuihin, koska kohteena ollut maatila oli saman kokoluokan tila kuin kyseisessä raportissa.

Aikaisempi esiselvitys. Maatilalle tehty aikaisempi esiselvitys sisälsi arvion kuivämädätysmenetelmään perustuvan biokaasulaitoksen perustamisesta. Tässä alustavassa selvitysvaiheessa oli laskettu tilan tuottaman energiaraaka-aineen määrä (lanta ja nurmi), biokaasutuotannon energiankulutus ja investointi- ja ylläpitokustannukset sekä pyydetyt tarjoukset muutamalta eri laitetoimittajalta.

Biokaasulaskurilla ja aikaisemmasta esiselvityksestä saadut tulokset metaanintuotosta ja siihen liittyen energiantuotosta sekä investoinnin hinnasta on esitetty tulososiossa.

6 Tulokset

6.1 Maatilan biokaasulaitos

Biokaasulaitos suunniteltiin suurehkolle maatilalle, jossa on 140 lypsylehmää, sekä yhteensä noin 200 päätä nuorta karjaa. Tilan päärakennus, navetta ja muut rakennukset kuten konehallit muodostavat tiiviin kokonaisuuden. Biokaasulaitos on tarkoituksenmukaista sijoittaa niin, että syötteen käsittely karjasuojasta laitokseen sekä käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoittamiseen voidaan suorittaa vaivattomasti. Laitoksen sijaintia suunniteltaessa tulee huomioida myös rakennettava lämmön- ja sähkönsiirtoverkko.

Tilan energiankulutus. Tässä työssä käytetyt energiankulutusluvut (taulukko 1) perustuvat tiedossa olevaan tämänhetkiseen energiankulutukseen sekä navetan laajennussuunnitelman arvioihin. Asuinrakennuksessa sähkönkulutus muodostuu valaistuksesta ja erilaisista sähkölaiteista. Lämmönkulutus muodostuu rakennuksien ja käyttöveden lämmittämisestä. Lämmön kulutus tilalla on arvon mukaan 200 000 kWh, kun huomioidaan asuinrakennuksen sekä navetan yhteiskulutus. Sähkönkulutus tulee olemaan 300 000 kWh. Sähköä kuluttaa navetan valaistus, lypsykoneet (laajennuksessa robotti), maitotankin viilennyslaitteisto, sekä muut epäsäännöllisesti käytettävät sähkölaitteet.

Taulukko 1. Maatilan vuosittainen energiankulutus ja biokaasulaitoksen energiantuotanto.

	Maatila (kWh)	Laitos (kWh)	Yhteensä (kWh)	Laitoksen tuotanto (kWh)	Ylikapasiteetti/Myynti (kWh)
Sähkö	300000	96613	396613	455459	58846
Lämpö	200000	234631	434631	717694	283063

Syötteen ja tuotteet. Vuosittain tilalla syntyy lietelantaa n. 7000 tonnia vuodessa. Lisäksi kuivikelantaa muodostuu 160 tonnia. Syötteenä tullaan käyttämään myös nurmea ylimääränä karjan ruokintaan varatusta rehusta sekä hävikkire-

hun (esim. rehu säilynyt huonosti ja on ruokintaan kelpaamatonta) muodossa. Biokaasun tuotantoon nurmea on käytettävissä noin 500 tonnia per vuosi. Prosessiin tullaan syöttämään myös tilalla ruoasta jäävä biojäte, mutta sen merkitys prosessissa on hyvin vähäinen. Taulukossa 2 on esitetty käytettävät syötteen ja niiden vuotuiset määrät, jotka syötettiin laskuriin. Syötteen koostuivat lähes yksinomaan naudun liete- ja kuivikelannasta sekä säilörehusta. Syötteen kuiva-ainepitoisuus on 9,12 prosenttia.

Laitoksessa tapahtuvan prosessin aikana syöttestä muodostuu biokaasua sekä käsittelyjäännöstä. Energiantuotannossa käytetään biokaasun sisältämää metaania. Biokaasu sisältää 55 – 70 % metaania. Syötteen metaanintuottopotentiaali määräytyy syötteen eri osien sisältämän orgaanisen aineksen perusteella. Maatilalaitoksen metaanintuottoa voidaan nostaa lisäämällä syötteeeseen nurmea. Lietelanta sisältää orgaanista ainetta 7,8 prosenttia kun taas nurmessa orgaanisen aineen osuus on 23 prosenttia. Näin ollen hävikki- ja ylijäämänurmella on iso merkitys biokaasuntuottoon. Biokaasutuksessa muodostuva käsittelyjäännös aiotaan hyödyntää lannoitteena tilan pelloilla kasvintuotannossa. Maatilan biokaasuratkaisu on esitetty kuviossa 1.

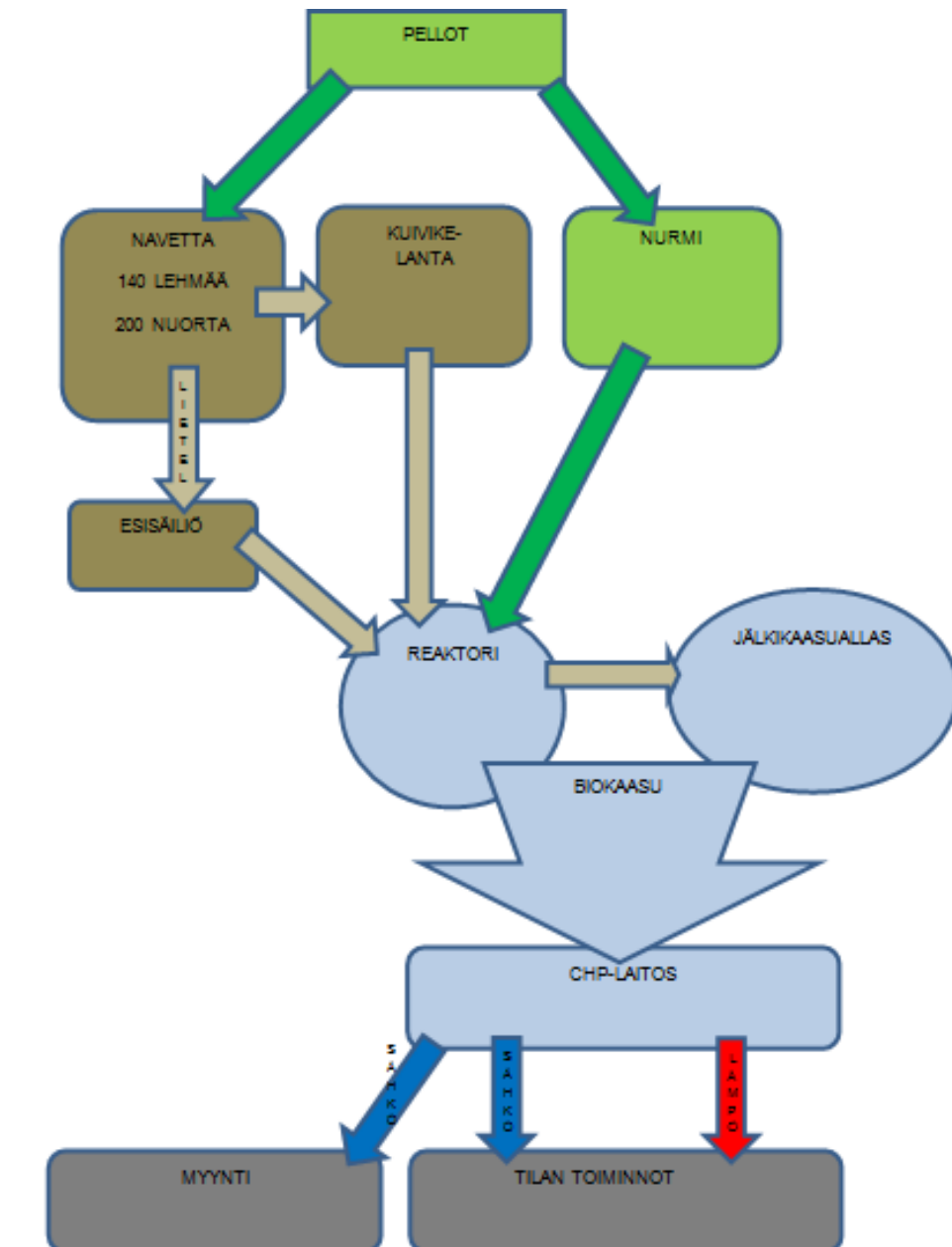
Taulukko 2. Syötteen määrät.

Syötelaaji	Syöte t/a	Syötteen osuus %	Metaanin tuotto m³	Osuus energias- ta %
Lietelanta	7000	91,4	78670	57
Kuivikelanta	160	2,1	4141	3
Nurmi	500	6,5	55207	40

Laitteisto. Lietelanta kerätään erilliseen säiliöön, jossa se sekoitetaan tasalaa- taiseksi ja josta se pumpataan biokaasureaktoriin. Nurmi syötetään reaktoriin suoraan apevaunusta ruuvikuljettimen avulla.

Reaktorina on 507 m³:n betoninen eristetty säiliö. Reaktoria lämmitetään sei- nämiin sijoitetuilla lämmitysputkilla ja syötettä sekoitetaan upposekoittimella.

Reaktorissa on kaksoishuppu. Hupuista ulompi toimii sääsuojana ja sisempi kerää biokaasun. Reaktorin käsittelyjäännös siirtyy painovoimaisesti jälkikaasualtaaseen uusien syöttöjen yhteydessä.



KUVIO 1. Karjatilan biokaasulaitosratkaisu.

Jälkikaasualtaan rakenne vastaa reaktoria. Lämmitystä ei jälkikäsitteilyaltaassa kuitenkaan tarvita. Tuotettu jälkikaasu kerätään ja hyödynnetään yhdessä reaktorikaasun kanssa. Jälkikaasualtaasta käsitteilyjäännös siirtyy tilalla olevaan kaattuun lietesäiliöön. Viipymä reaktorissa ja jälkikäsitteilyaltaassa on sama.

Biokaasu varastoidaan kaasuhupuissa, joiden kapasiteetti vastaa noin kahden vuorokauden biokaasutuottoa. Sieltä kaasu johdetaan kondenssikaivon ja paineenkorottimen kautta tilan lämpökeskuksessa sijaitsevaan CHP-yksikköön. Samasta keskuksesta ATEX-vaatimusten mukaisesti eristettynä löytyy laitoksen sähköistys ja automatiikka.

Laitoksen lietetilavuus reaktorissa ja jälkikaasualtaassa laskettiin syötteiden perusteella. Taulukossa 3 kuvataan laitoksen perustiedot. Tilan syötemäärällä reaktorin koko on 507 m³ viipymän ollessa tällöin 21 päivää. Myös jälkikaasuuntumisaltaan tilavuus on 507 m³ ja viipymä 21 päivää. Varastointitilan tarpeeksi tulee noin 6450 kuutiometriä. Tavanomainen maatilakokoluokan viipymä märkäprosessiin perustuvassa biokaasulaitoksessa on noin 30 vuorokautta, mutta eri laitoksittain vaihtelu on suurta (Luostarinen 2013b). Reaktorin orgaaninen kuormitus voidaan laskea syötteiden orgaanisen aineksen määrän sekä reaktorin lietetilavuuden ja päivittäisen syöttömäärän perusteella. Reaktorin orgaaninen kuormitus on laskurin perusteella on 3,59 kg/m³ vuorokaudessa. Maatiloille tyypillinen orgaanisen kuormituksen määrä on 2 - 3 kg orgaanista ainesta/m³ vuorokaudessa (Winqvist ym. 2015, 8). Mikäli orgaanista kuormitusta halutaan laskelmassa pienentää, tällöin reaktorin viipymää täytyy kasvattaa, jolloin myös reaktorin koko kasvaa.

Taulukko 3. Tilakohtaisen laitoksen perustiedot

	Reaktori	Jälkikaasuuntumisallas
Tilavuus (m ³)	507	507
Viipymä (d)	21	21
Orgaaninen kuormitus (kg VS / m ³ d)	3,59	-
Syötteen kuiva-ainepitoisuus	9,12	-

6.2 Biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen

6.2.1 Märkäprosessiteknologiaan perustuva biokaasulaitos

Maatilan biokaasulaitos toteutettuna perinteisesti märkäprosessiin perustuvalla laitteistolla tuottaa metaania 138 000 m³ vuodessa. Naudan lietelannasta muodostuu 57 prosenttia tuotetusta metaanista, säilörehun osuus on 40 prosenttia ja kuivikelannan 3 prosenttia tuotetusta metaanista (taulukko 2).

Laskettu laitoksen kokonaisenergiantuotto on 1 380 180 kWh, josta lämmön osuus olisi 717 700 kWh/a ja sähkön osuus 455 459 kWh/a. Maatilan tämänhetkinen lämmönkulutus on 200 000 kWh/a ja sähkön kulutus 300 000 kWh/a. Laitoksen oman lämmönkulutuksen ollessa 234 600 kWh/a, laitoksen potentiaali tuottaa lämpöenergiaa on merkittävästi suurempi kuin maatalo ja laitos yhteensä kuluttavat. Ylijäämäenergiaa jää 433 000 kWh/a. Myös sähköntuoton osalta tilanne on laskelman mukaan se, että laitos kykenee tuottamaan sähköä yli kulutuksen. Laitoksen oma sähkönkulutus on 96 600 kWh/a ja kun siihen lisätään tilan sähkönkulutus, jää käyttämätöntä kapasiteettia noin 59 000 kWh/a. Biokaasulaitos käyttää osan tuottamastaan sähkö- ja lämpöenergiasta.

Maatilan kokonaisenergiantuottoa vastaava biokaasulaitoksen kaasuteho on 158 kW. Lasketulla syötemäärällä saatu laitostuotto tulee itse käyttämään lämpöä 234 631 kWh vuodessa. Lämmöntuotannon hyötysuhde on 52 prosenttia ja vastaava sähkölle on 33 prosenttia, jolloin laitoksen hyötysuhteeksi saadaan 85 prosenttia.

Taulukko 4. Laitoksen energian tuotto.

	Lietelanta CH ₄ (m ³)	Kuivikelanta CH ₄ (m ³)	Säilörehu CH ₄ (m ³)	Energia (kWh)	Sähkö (kWh)	Lämpö (kWh)
Tuotto vuodessa	78 670	55 207	4 141	1380180	455 459	717 694

6.2.2 Kuivaprosessiteknologiaan perustuva biokaasulaitos

Vastaaville syötemäärille suunnitellun kuivamenetelmäbiokaasulaitoksen laitteisto koostuu kolmesta osasta: kuivamädätyskontti, CHP-kontti sekä reaktorisäiliö. Mädätyskontti ja CHP-kontti rakennetaan merikontteihin ja ovat siten myöhemmin siirrettävissä. Reaktori rakennetaan paikanpäällä maanvaraisesti. Sen tilavuus on 230 m³. Kuivamädätyskontti sisältää syötteen separoinnin, murskaimen, homogenisoinnin sekä tarvittavan automaation. CHP-kontin varustukseen kuuluu 50 kW sähkögeneraattori, 70 kW kattila polttimella ja lauhduttimella, sähkökeskus sekä laitteiston tarvitsema automaatio. Reaktoriin tulee la-pasekoitin.

Kuivamädätyksessä lietelanta separoidaan ja kiintojake ohjataan biokaasun tuotantoon. Myös nestejake ohjataan osin biokaasuprosessiin, jotta voidaan säätää tuotantoprosessille optimaalinen kuiva-ainepitoisuusprosentti. Märkämpainotonta kohti saatava metaanintuotanto näille jakeille riippuu mm. siitä, kuinka hyvin lietelannan kiintoaine erottuu eri jakeiden välille. Esimerkiksi Luostarisen (2013) mukaan separoinnissa kuivajakeeseen erottuu noin 50 prosenttia lietelannan kuiva-aineesta. Nestejakeeseen jää toinen puoli metaanintuotantopotentiaalista. Tutkimusten mukaan separoidun kiintojakeen metaanintuottopotentiaali voi olla noin 57 Nm³/t syötettä. Tilalle aiemmin toteutetussa biokaasulaitoksen ensisuunnitelmassa on käytetty tätä arvoa laskennan oletusarvona.

Kuivamädätyslaitoksella laitoksen energiatuotantokapasiteetti olisi 1 357 MWh, josta lämmön osuus 679 MWh 50 prosentin hyötysuhteella ja sähköntuotannon osuus 407 MWh 35 prosentin hyötysuhteella. Kuivamädätysteknologiaan perustuvan biokaasulaitoksen tarvitsemaksi sähköenergiämääräksi on arvioitu 122 000 kWh ja lämpöenergiaksi 300 000 kWh.

6.3 Investoinnin kustannukset ja kannattavuus

Laitoksen perustamiskustannukset koostuvat syötteen varastoista, syöttölaitteistosta, biokaasureaktorista, jälkikaasualtaasta, käsittelyjäännöksen varastosta sekä biokaasun keruulaitteistosta. Lisäksi kustannuksia tulee pihatöistä, konsultointipalveluista ja ympäristöluvasta.

Taulukossa 5 esitetty biokaasulaitoksen kustannusarvio perustuu Luonnonvarakeskuksen Maaningan laitoksen investointikustannuksiin (Winqvist ym. 2015, liite 1). Kyseinen märkäprosessiin biokaasun tuotannossa perustuva laitos vastaa kapasiteetiltaan suunniteltua maatilan biokaasulaitosta. Biokaasulaskurilla tehty laskelma osoitti märkämädätyslaitoksen investointikustannukseksi 458 652 euroa. Ero kustannuksissa voi selittyä osin sillä, että Maaningan laitoksen kustannusmallissa on käytetty olemassa olevia rakenteita biokaasulaitoksessa, eikä pohjatöitä ole kustannuksiin huomioitu (Winqvist ym. 2015, liite1).

Taulukko 5. Märkäprosessiin perustuvan biokaasulaitoksen perustamiskustannukset (Winqvist ym. 2015)

	Syöttö- laitteet	Biokaasu- reaktori	Jälkikaasu- allas	Jäännöksen varasto	Biokaasun keruulaitteisto	Muut työt	Yhteensä
Kustannus (euroa)	21 000	67 000	54 000	63 000	97 000	36 000	338 000

Märkäprosessiin perustuvan laitoksen investointikustannuksia haluttiin verrata kuivaprosessiin perustuvan laitoksen perustamiskustannuksiin. Maatilalle aiemmin tehty biokaasulaitoksen ensisuunnitelman kustannusarvio oli tehty kuivaprosessiin perustuvalla laitoksella. Jatkuvatoimisen kuivamädätyslaitoksen laitteiston kustannusarvio kyseiselle maatilalle on 469 000 euroa. Laitoksen toimitushintaan ei sisälly maanrakennustöitä, eikä vaadittavia konttien ja reaktorin perustuksia. Perustusten kustannukseksi arvioidaan 10 prosenttia laitoksen hinnasta. Tällöin kuivamädätysprosessiin perustuvan laitoksen kokonaiskustannus olisi 515 900 euroa. Vaikka tila saisi biokaasulaitoksen rakentamiseen investointitukea 35 prosenttia, laitoksen takaisinmaksuaika on pitkä, 10 - 15 vuotta lopullisista kustannuksista riippuen.

Biokaasulaitokseen liittyy muuttuvia kustannuksia, jotka muodostuvat syötteistä ja käsittelyjäännöksestä, ylläpitotyöstä ja tuotetusta energiasta. Biokaasulaitos käyttää syötteenä tilalla syntyvää lietelantaa ja sontaa sekä nurmea. Jos biokaasulaitosta varten viljellään erikseen nurmea, syntyy siitä kustannuksia. Tämä vaikuttaa laitoksen kannattavuuteen. Jos pystytään käyttämään pelkästään hävikkirehua, ei nurmen korjuun ja viljelyn kustannuksia tarvitse huomioida biokaasulaitoksen kustannuslaskelmissa. Käsittelyjäännös aiotaan levittää tilan tai naapuritilojen pelloille. Levityskustannukset eivät todennäköisesti muutu, koska jäännöksen määrä on vain vähän suurempi kuin lannalla. Käsittelyjäännös on hajuttomampaa ja ravinteet ovat siinä käyttökelpoisemmassa muodossa verrattuna lietelantaan, joten sen kautta voidaan saavuttaa säästöjä esimerkiksi kun voidaan jättää typpilannoitteita ostamatta. Ylläpitoon liittyvät kustannukset muodostuvat biokaasulaitoksen vaatimasta työmäärästä ja huolloista. Lisäksi niihin lisätään sähköntuotannon kustannukset (arviolta n. 2500 e/vuosi). Yhteensä ylläpitoon liittyvät kustannukset ovat kuivaprosessitekniikan osalta arviolta lähemmäs 10 000 euroa vuodessa ja märkäprosessitekniikan osalta jonkin verran vähemmän.

Biokaasu tullaan hyödyntämään tilalla sähkön- ja lämmön tuotannossa. Tilan oman energiantarpeen korvaamisella biokaasulla tuotetulla energialla on iso merkitys kannattavuuteen. Sähkö on tällä hetkellä ostosähköä ja tilan omakotitalon lämmitys tapahtuu puukattilalla, johon on liitetty lämminvesivaraaja. Lämminvesivaraajassa on myös sähkövastukset niihin tilanteisiin, joissa puulämmitystä ei käytetä. Biolaitoksen tuottama lämpö tullaan käyttämään omakotitalon, sekä navetan ja maitohuoneen sekä muiden tarvittavien tilojen (esim. konehallit) ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Ylijäämälämpöä ei tehokkaasti pystytä hyödyntämään esimerkiksi myymällä, koska lähistöllä ei ole lämpöenergiaa runsaasti tarvitsevia kohteita.

Tilan tarvitsema sähkö ostetaan sähkön toimittajalta. Sähkönkulutuksen hintalaskelmassa käytettiin sähkön ostohintana 12 senttiä/kWh (www.sahkonhintafi.fi). Ostosähköä käyttäen sähköön menevä vuosikustannus olisi noin 31 000 euroa. Biokaasulaitoksen tuottama ylimääräsähkö (laitoksen oman ja maatilankulutuksen ylittävä sähkö), voitaisiin myydä sähköyhtiölle sähköverkkoon. Sähköyhtiöt maksavat tyypillisesti pientuottajille pörssisähkön hinnan. Jos oletetaan pörssi-

sisähkön keskihinnaksi 4 senttiä kilowattitunnille, olisi mahdollista saada korvausta myydystä sähköenergiasta 2 353 euroa vuodessa.

Tilan lämpöenergian käytölle on haasteellisempaa tehdä kustannusvertailua, koska tilaa lämmitetään omasta metsästä kerättävällä puulla. Biokaasulaitoksen myötä tämä puumäärä voitaisiin esimerkiksi myydä polttopuuna. Kokonaisuudessaan tilalla on arvioitu vuosittain käytetyn lämpöenergian hinnaksi 8 000 euroa.

Biokaasulaitosinvestointi on melko kallis suhteessa vuosittaiseen säästöön energianhankinnassa, mutta biokaasulaitoksen avulla voidaan saavuttaa muitakin kuin taloudellisia hyötyjä. Biokaasulaitos parantaa tilan ravinneomavaraisuutta, koska ostetun mineraalityypen tarve vähenee. Rahallinen säästö ei kuitenkaan liene kannattavuuden kannalta suuri. Ympäristönäkökohdat huomioiden typen kierron tehostuminen on kuitenkin tärkeää. Ympäristön kannalta merkittävää on se, että biokaasulaitoksen myötä kasvihuonekaasupäästöt laskevat. Suurimmat päästövähennykset voidaan saavuttaa vähentämällä metaanipäästöjä lantaa varastoimalla sekä uusiutuvalla sähkön ja lämmön tuotannolla ja käytöllä.

7 Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin maatilakohtaisen biokaasulaitoksen toteutusta ja kustannuksia. Tilalla tehtiin haastattelu ja biokaasuntuotantoa arvioitiin biokaasulaskurin ja tilalle aiemmin tehdyn biokaasulaitoksen ensisuunnitelman avulla. Työssä arvioitiin biokaasulaitoksen perustamista ja kustannuksia kahdella erilaisella laitteistolla, joissa kaasutus toteutuu joko märkä- tai kuivaprosessina.

Suunnitellun biokaasulaitoksen tuottama biokaasu käytetään täysin CHP yksikössä sähkön ja lämmön tuotantoon. Tämän selvityksen mukaan maatilalla biokaasulaitoksen energiantuotanto riittää hyvin tilan omiin tarpeisiin kokonaisuudessaan. Biokaasulaitoksen kannattavuutta parantaisi mikäli, tuotettua lämpöä

voitaisiin käyttää hyödyksi tilan omissa toiminnoissa kuten polttopuun kuivaamisessa tai myymällä kaukolämmöksi esimerkiksi naapurituloille, kasvihuoneyritykselle tai useamman omakotitalon alueelle. Tällaisia ei kuitenkaan ole saavutettavissa, sillä maaseudun rakennemuutoksen myötä lähistöltä on lopetettu maatiloja ja lisäksi etäisyydet tiheämmän asutuksen alueille ovat pitkät. Jos biokaasulaitos toteutetaan suunnitellulle karjatilan laajenukselle, sillä on jatkossa mahdollisuudet aloittaa myös liikennebiokaasun tuotanto. Ajoneuvokaasun tuotanto ratkaisisi kesäaikaan sijoittuvan ylijäämälämmön tuotanto-ongelman, ja toisaalta siitä voisi saada paljon enemmän taloudellista tuottoa kuin sähkön ja lämmön tuotannosta. Ensin pitäisi kuitenkin tehdä selvitys siitä, onko alueella ylipäättään liikennebiokaasun ostajia ja siten markkinoita ajoneuvokaasulle. Ajoneuvokaasun tuotanto edellyttää lisäinvestointeja laitteistoihin, mutta biokaasulaitoksen suunnitelmaan kannattaisi jo tässä vaiheessa lisätä valmiuksia liikennekaasun jalostamiseen. Biokaasuinvestoinnin kannattavuutta voisi mahdollisesti lisätä liittämällä mukaan myös muita uusiutuvan energian tuotantomuotoja kuten aurinko-, vesivoima- tai puuenergiaa.

Biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat käytettävissä olevat syötemateriaalit, biokaasun tuottamiseen tarvittavien laitteistojen investointi, tuotetun biokaasun hyödyntämistapa energiantuotannossa ja tilan olemassa olevien rakenteiden käyttäminen osana biokaasulaitosta (Winqvist ym. 2015, 31). Pelkkä lietelanta ei yleensä yksin takaa riittävän tehokasta metaanin tuottoa, vaan lisäksi tarvitaan jotain energiasisällöltään rikkaampaa syötettä. Maatilalla sellainen on esimerkiksi nurmi ja siitä tehty säilörehu. Kohteena olleella maatilalla nurmi tuotti peräti 40 prosenttia kaikesta biokaasutuksen energiasta. Nurmen biokaasun tuottopotentiaali on erittäin hyvä, ja erityisesti ilmaisen hävikki- ja ylijäämärehun merkitys laitoksen kannattavuudessa on suuri. Mikäli tilalla on mahdollista valikoida biokaasutustarpeeseen tulevan nurmen kasvilajikkeita, voidaan metaanintuottoon vaikuttaa positiivisesti. Suomalaisessa tutkimuksessa on todettu, että esimerkiksi ahdekaunokki tuottaa runsaasti metaania hehtaaria kohden (Seppälä 2013). Ahdekaunokki on monivuotinen luonnonkasvi, joka tuottaa korkeat kuiva-ainesadot alhaisella lannoituksella myös pohjoisissa olosuhteissa toisin kuin toinen erinomaisen potentiaalinen omaava kasvi eli maissi, jonka viljely Itä-Suomessa on haasteellista. Tutkimuksen mukaan biokaasuprosessi toimi

tasaisesti ja metaanisaannot olivat korkeat ahdekaunokin ja lehmän lietelannan yhteiskäsittelyssä laboratoriomittakaavan biokaasureaktorissa. (Seppälä 2013.) Työn kohteena olevalla maatilalla nurmisyötteenä käytettävien peltojen satotaso pystytään nostamaan myöhäistetyllä korjuulla varsinaisen karjan ravintorehun korjuun jälkeen sekä hyödyntämällä nurmibiomassana karjan ravinnoksi kelpaamaton hävikkirehu. Tässä täytyy tosin huomioida se, että pilaantuneen rehun kaasuntuottopotentiaali on selvästi huonontunut.

Biokaasulaitos parantaa tilan ravinneomavaraisuutta, koska biokaasulaitoksessa käsitellystä lannasta ja nurmesta syntyy runsaasti nestemäistä ja kuivaa biolannoitetta. Molemmat levitetään tilan omille ja mahdollisesti alueen muiden tilojen pelloille ravinteikkaaksi lannoitteeksi. Nestemäinen lanta kannattaa mulata typen maksimaalisen hyötykäytön varmistamiseksi. Perinteinen lietteen levittäminen pelloille aiheuttaa usein hajuhaittoja. Käsittelemällä liete biokaasulaitoksella, hajuhaitat saadaan pieneneväksi ja levityskapasiteettia näin laajennettua. Käsitteilyjäännöksen raakalantaa korkeampi ammoniumtypen määrä vähentää ostetun mineraalityypen tarvetta. Erittäin tärkeää on, että typen kierto tehostuu, millä on myönteisiä vaikutuksia ympäristön kannalta. Tärkeisiin ympäristövaikutuksiin kuuluu lisäksi se, että tilan kasvihuonekaasupäästöt laskevat runsaasti verrattuna tilanteeseen ilman laitosta. Esimerkiksi Winquist ja kumppanit (2015, 31) ovat kuvitteelliselle karjatilalle laskelmia tehdessään todenneet kasvihuonekaasujen laskevan jopa viidenneksellä alkuperaisistä päästöistä. Edellytyksenä tälle on koko käsittelyketjun optimointi ja erityisesti jälkikaasun keruu. Suurimmat päästövähennykset voidaan saavuttaa lannan varastoinnilla sekä tilan energian käytössä ja tuotannossa uusiutuvalla sähköllä ja lämmöllä. Näin ollen biokaasulaitosten yleistyminen maataloilla voisi edistää Suomen maatalouden kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteen saavuttamista.

Kohteena oleva maatila voisi tuottaa tarvitsemansa sähkön ja lämmön biokaasullaan. Nykyisillä energian hinnoilla laskettuna tämä tuottaisi tilalle etua noin 39 000 euroa vuodessa. Pelkät investointikustannukset huomioiden biokaasulaitoksen perustaminen märkäprosessitekniikalla Luonnonvarakeskuksen esimerkin mukaisin kuluin maksaisi itsensä takaisin lainan kymmenen vuoden takaisinmaksu aikana. Tällöin oletuksena on, että biokaasulaitoksen perustamisessa

voitaisiin hyödyntää olemassa olevia rakenteita kuten lantasaaliötä ja tehdä omatoimisesti rakennustöitä. Tämän kehittämistyön laskelmissa investointikustannukset sekä märkä- että kuivaprosessoivaan biokaasulaitokseen ovat tällä hetkellä reilusti suuremmat. Erityisesti kuivamädätyslaitteet näyttävät olevan vielä liian kalliita maatilamittakaavan laitoksille. Investointituki biokaasulaitoksen perustamiseen on edelleen pieni. Paras hyöty vuositasolla saataisiin tilanteessa, jossa investointituki saadaan, ylijäämälämpö pystytään myymään ja mahdollisesti biokaasua pystyttäisiin hyödyntämään myös liikennekäyttöön. Edellytyksillä, joita Suomessa tällä hetkellä on maatilojen biokaasulaitoksiin, eivät mahdollisuudet biokaasun kannattavalle tuotannolle ole kovinkaan hyvät. Tästä syystä maatilojen biokaasulaitokset eivät ole yleistyneet täällä kuten esimerkiksi Saksassa (Motiva 2013, 27). On kuitenkin muistettava, että biokaasuprojekti on aina tilakohtainen ja edellytykset kannattavalle toiminnalle vaihtelevat monien eri tekijöiden mukaan. Siksi kannattavuuslaskelmat ja muu ennakointi kannattaa tehdä jokaisella biokaasulaitosta suunnittelevalla tilalla erikseen ja huolella ennen investointipäätöstä. Tämän kehittämistyön tuloksia ei siis voi yleistää edes toisiin saman kokoluokan maataloihin.

Tämän kehittämistyön luotettavuutta arvioitaessa täytyy muistaa, että laskelmat perustuvat karkeisiin arvioihin maatilan laajenuksen myötä syntyvistä syötteiden määristä sekä energiankulutuksesta. Ne vaativat todelliseen tilanearvioon perustuvaa tarkentamista. Biokaasulaskurin ja aiemmin maatilalle tehty kuivamenetelmään perustuva esiselvityksen tulokset ovat teoreettisia ja vain suunta-antavia, ja sopivat alustavan biokaasulaitoksen suunnittelun tueksi. Ennen varsinaisia investointipäätöksiä on tarpeen tarkentaa laskelmia esimerkiksi metaanintuottopotentialista ja sen hyödyntämismahdollisuuksista sekä varmistaa investoinnin suuruus pyytämällä tarjoukset laitevalmistajilta (Ukipolis ry 2016).

Kannattavuuden arviointi jäi tässä työssä puutteelliseksi. Perusteellinen kannattavuuden arviointi olisi edellyttänyt siihen tarkoitettujen laskentamenetelmien käyttämistä. Investointilaskelman olisi voinut tehdä hyödyntämällä esimerkiksi annuiteetti- ja nettonykyarvomenetelmää sekä sisäisen korkokannan ja korollisen takaisinmaksuajan menetelmiä. (Viljamaa 2010, 217.) Biokaasulaskurissa saa näihin menetelmiin perustuvan kannattavuuslaskelman, mutta sitä ei tässä

työssä raportoitu tarkalleen. Arvio investoinnin takaisinmaksuajasta perustuu kuitenkin laskurilla saatuihin tietoihin.

Kehittämistyön puutteet heijastavat haasteellista opinnäytetyöprosessia. Alun perin ajatuksena oli tehdä biokaasuun liittyvä opinnäytetyö eräälle teknologiateollisuuden piiriin kuuluvalla yritykselle, mutta suunnitelma ei toteutunut. Aiheen löytymisen haasteet vaikuttivat siihen, että en pystynyt aloittamaan opinnäytetyöprosessia kehittämistoiminnan osaaminen -kurssin aikana, jolloin minulla olisi ollut paremmat mahdollisuudet panostaa opintoihin ja työn tekemiseen. Sittemmin opiskelua ja opinnäytetyön tekemistä häiritsivät omassa päivätyössäni tapahtuneet muutokset sekä pitkä välimatka opintopaikkakunnalle. Siksi työn tekeminen eteni hitaasti ja opinnäytetyön prosessimainen vaihe vaiheelta työstäminen jäi rajalliseksi. Tein opinnäytetyötä omatoimisesti kiireellisellä aikataululla, mikä näkyy lopputuloksessa puutteellisuuksina ja hioutumattomuutena. Opinnäytetyöprosessin oikeaoppinen läpikäyminen ohjauksineen olisi todennäköisesti tuottanut paremman lopputuloksen kuin tämä raportti.

Biokaasuteema oli minulle entuudestaan suurelta osin tuntematon, mutta kiinnostuin siitä opintojen aikana. Asia oli siis enimmäkseen täysin uutta ja esimerkiksi kansainväliseen kirjallisuuteen perehtyminen aikaa vievää. Koen kuitenkin, että opin biokaasuasioista paljon, koska työstin tietoperustaa alun perin toisen yrityksen opinnäytetyöaiheen näkökulmasta laaja-alaisemmin ja sitten rajasin käsittelyä maatilakohtaisiin biokaasuratkaisuihin. Myös laskuriin tutustuminen ja sen käyttö olivat opettavaisia kokemuksia, sillä vasta käytännössä kokeilemalla monet teoreettiset asiat konkretisoituivat.

Keskustelut kohdetilan maatalousyrittäjän kanssa olivat antoisia vuorovaikutustilanteita. Hänen suostumuksellaan tässä työssä oli mahdollista käsitellä myös aikaisemmin tilalle tehdyn alustavan biokaasuselvityksen tuloksia. Maatalousyrittäjä oli tyytyväinen, kun sai tämän kehittämistyön myötä laajennettua omaa tietämystään biokaasulaitoksen perustamisesta ja sai biokaasulaskurin avulla märkämädätysmenetelmään perustuvan alustavan arvion biokaasulaitoksen perustamiseen liittyvistä tekijöistä.

Lähteet

Al Seadi, T., Rutz, D., Janssen, R. & Drogs, B. 2013. Biomass resources for biogas production. Teoksessa Wellinger, A., Murphy, J. & Baxter, D. The Biogas Handbook. Science, production and applications. Oxford: Woodhead Publishing Ltd, 19-47.

Börjesson, P., Prade, T., Lantz, M. & Björnsson, L. 2015. Energy Crop-Based Biogas as Vehicle Fuel—The Impact of Crop Selection on Energy Efficiency and Greenhouse Gas Performance. *Energies* 8, 6033-6058.

De Cara, S., Houzé, M. & Jayet, PA. Methane and nitrous oxide emissions from agriculture in the EU: a spatial assessment of sources and abatement costs. *Environ Resource Econ* 2005;32:551–83.

Deuplein, D. & Steinheuser, A. 2010. Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction. 2nd, Revised and Expanded Edition. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. OJ L 140, 5.6.2009, p. 16–62 (BG, ES, CS, DA, DE, ET, EL, EN, FR, IT, LV, LT, HU, MT, NL, PL, PT, RO, SK, SL, FI, SV). saatavilla <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>. viitattu 9.10.2015.

Groth, A., Maurer, C., Reiser, M. & Granert, M. 2015. Determination of methane emission rates on a biogas plant using data from laser absorption spectrometry. *Bioresource Technology* 178: 359-361.

Guide to Biogas 2010 - From production to use. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). saatavilla: https://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/g/u/guide_biogas_enq1_2012.pdf. viitattu 13.11.2015.

Holm-Nielsen, JB., Al Seadi, T. & Oleskowicz-Popiel, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology* 100 (2009) 5478–5484.

Huttunen, M & Kuittinen, V. 2014 Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 17. Joensuu: Grano Oy., saatavilla <http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri2013.pdf> Viitattu 28.11.2015

Karim K., Hoffmann R., Thomas Klasson K. & Al-Dahhan MH. 2005. Anaerobic digestion of animal waste: Effect of mode of mixing. *Water Research* 2005; 39(15): 3597–3606.

Lantz, M. 2012. The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden – A comparison of different CHP technologies. *Applied Energy* 98, 502–511.

Latvala, M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. *Suomen ympäristö 24/2009*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lehtomäki, A., Rintala, J., Luostarinen, S. & Paavola, T. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. *Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja* 85.

Luostarinen, J. 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. Motiva Oy. saatavilla [http://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun tuotanto maatilalla.pdf](http://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf). viitattu 14.11.2015.

Luonnonvarakeskus 2015. VuoGas-biokaasulaitos Luonnonvarakeskuksen Sotkamon tutkimusasemalla. saatavilla: <http://www.vuogas.fi/> viitattu 20.2.2016.

Marttinen, S., Lehtonen, H., Luostarinen, S. & Rasi, S. 2013. Biokaasuyrittäjän toimintaympäristö Suomessa. – Kokemuksia MMM:n investointiavustusjärjestelmästä 2008 – 2010. MTT Raportti 103, Jokioinen 2013. saatavilla <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti103.pdf>. viitattu 15.11.2015.

MAVI. 2016. Maatalouden investointituen kohteet vuonna 2016. saatavilla [http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden investointituet /Documents/tuen-maara-tukikohteittain-investointituet.pdf](http://www.mavi.fi/fi/tuet-ja-palvelut/viljelijä/maatalouden_investointituet/Documents/tuen-maara-tukikohteittain-investointituet.pdf). viitattu 30.3.2016.

Niemi, J. & Ahlstedt, J. 2015. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2015 2. korjattu painos. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 25/2015 Helsinki: Luonnonvarakeskus. saatavilla https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/486005/luke-luobio25_2015.pdf?sequence=1. viitattu 15.11.2015.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyön menetelmät. Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: WSOYpro Oy.

Pelkonen, R. 2013. Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa – Opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2013. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

ProAgria Pohjois-Karjala ry. 2015. Loppuraportti. Liikennebiokaasua energiatiiloilta. Hankkeen toteuttaja ProAgria Pohjois-Karjala ry. Hankenumero 12519. Joensuu: ProAgria Pohjois-Karjala ry.

Seppälä, M. 2013. Biogas Production from High-Yielding Energy Crops in Boreal Conditions. Jyväskylän yliopisto. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science*. Väitöskirja.

Suomen biotalousstrategia. Kestävää kasvua biotaloudesta. 2014. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. saatavilla [https://www.tem.fi/files/39784/Suomen_biotalousstrategia .pdf](https://www.tem.fi/files/39784/Suomen_biotalousstrategia.pdf). viitattu 29.9.2015.

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2015. Kasvihuonekaasut [verkkójulkaisu]. ISSN=1797-6049. 2014. Helsinki: Tilastokeskus. saatavilla: http://www.stat.fi/til/khki/2014/khki_2014_2016-04-15_tie_001_fi.html. viitattu 25.2.2016.

Taavitsainen, T. 15.4.2014. E-farm. Biokaasupäivä. Joensuu: Pro Agrian koulutustilaisuus. Luentomateriaalit.

Tuomisto, J. Pelto-, lanta-, ja jäteperäisen energian alueelliset potentiaalit Suomessa. Teoksessa Simola, A. & Kola, J. (toim.) 2010. Bioenergian tuotannon aluetaloudelliset vaikutukset Suomessa. BioReg-hankkeen loppuraportti. Helsinki: Yliopistopaino, 41- 60.

Ukipolis Oy. 2016. Biokaasulaskuri. Kannattaisiko rakentaa biokaasulaitos? saatavilla <http://www.ukipolis.fi/58>. Viitattu 14.4.2016.

Vilkkumaa, M. 2010. Yrityksen menestyksen mittarit – Tunnusluvut, yrityksen hinnan määrittäminen & tilinpäätösanalyysi. Helsinki: Yrityskirjat Oy.

Ward AJ., Hobbs PJ., Holliman PJ. & Jones DL. 2008. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology* 99(17):7928-7940.

Weiland, P. 2010. Biogas production: current state and perspectives. *Appl Microbiol Biotechnol* 85:849–860.

Winqvist, E., Luostarinen, S., Kässi, P., Pyykkönen, V. & Regina, K. 2015. Maatilojen biokaasulaitosten kannattavuus ja kasvihuonekaasujen päästövähennykset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 36/2015. Helsinki: Luonnonvarakeskus.