

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

BIOKAASUN TUOTANTOMAHDOLLISUUDET RASTINLAHDEN MAATILALLA

Oma vai yhteinen biokaasulaitos?

TEKIJÄ Aku Haatainen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Aku Haatainen	
Työn nimi Biokaasun tuotantomahdollisuudet Rastinlahden maatilalla. Oma vai yhteinen biokaasulaitos?	
Päiväys 23.5.2023	Sivumäärä/Liitteet 24/6
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Rastinlahden maatala	
Tiivistelmä <p>Vuonna 2022 Ukrainan sodan myötä alkanut energiakriisi sai maatilat pohtimaan omavaraisuutta myös energian osalta. Kohonneet sähkön ja polttoaineiden hinnat kuormittavat maatilojen taloutta merkittävästi. Lieventääkseen hintojen nousun vaikutusta talouteen maatilat ovat pyrkineet pienentämään sähkön ja polttoaineiden kulutusta, lisäksi ne ovat investoineet omaan energiantuotantoon hankkimalla aurinkopaneeleita ja rakentamalla biokaasulaitoksia. Energiainvestoinneilla on myös ympäristöystävällisiä vaikutuksia, kun uusiutumattomilla energianlähteillä tuotettua sähköä korvataan uusivuilla energianlähteillä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biokaasun tuotantomahdollisuudet case-tilalla ja vertailla kahden eri laitospöytäselityksen kannattavuutta. Case-tilana toimi Rastinlahden tila Lapinlahdelta. Vertailtavina laitospöytäselityksinä olivat case-tilalle tarkoitettu oma laitos ja yhteislaitos naapuritilan kanssa. Case-tilan naapurissa sijaitsee samankokoinen maitotila, mikä mahdollisti yhteislaitoksen yhtenä laitosvaihtoehtona. Työ toteutettiin laatimalla Excel-laskelmat molemmista laitospöytäselityksistä. Laskelmat tehtiin vertailun vuoksi myös Luken teetättämällä biokaasulaskurilla. Molempien tilojen syötteiden perusteella laskettiin kaasuntuottopotentiaali, ja niiden perusteella suunniteltiin laitoskokonaisuus. Kaasuntuottopotentiaalilla arvioitiin laitosten kannattavuutta, joita vertailtiin keskenään, jotta saatiin selville, kumpi laitos soveltuu paremmin case-tilalle.</p> <p>Tulosten perusteella kumpikaan laitos ei kannattanut hyvin. Molemmat laitokset tuottivat liian vähän suhteessa niiden investointikustannuksiin. Yhteislaitoksessa tuli tiettyjä suuremman kokoluokan etuja, jolloin laitos oli tehokkaampi ja kannatti paremmin, kuin oma laitos. Vaikka yhteislaitos oli kannattavampi, sen takaisinmaksuaika oli silti 15 vuotta. Laskelmia testaamalla selvisi, että laitosten investointihinnan täytyisi olla noin puolet halvempi nykyisistä hinnoista, jotta takaisinmaksuaika olisi alle 8 vuotta.</p> <p>Opinnäytetyön perusteella voi tehdä johtopäätöksen, että case-tilalla löytyy tarpeeksi syötteitä biokaasun tuotantoa varten ja biokaasua saataisiin tuotettua tilalla suuria määriä. Biokaasulaitos ei ole kuitenkaan kannattavaa liiketoimintaa tilalle, jos laitoksessa tuotettu kaasu käytetään pelkästään sähkön ja lämmön tuotantoon. Kaasun jalostamisella ja myynnillä laitoksen kannattavuus voisi olla parempi mutta siihen ei tässä opinnäytetyössä otettu kantaa.</p>	
Avainsanat biokaasu, biokaasulaitokset, CHP, kannattavuus, lypsykarjatilat	

Field of Study Natural Resources and the Environment	
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries	
Author(s) Aku Haatainen	
Title of Thesis Changes for biogas production at the Rastinlahti farm	
Date 23.5.2023	Pages/Appendices 24/6
Client Organisation /Partners Rastinlahti farm	
<p>Abstract</p> <p>In 2022, the energy crisis triggered by the war in Ukraine prompted farms to consider energy self-sufficiency. Increased electricity and fuel prices are putting a significant strain on farm finances. In order to mitigate the impact of rising prices on the economy, farms have tried to reduce their electricity and fuel consumption, and have invested in their own energy production by purchasing solar panels and building biogas plants. These energy investments also have an environmental impact by replacing electricity produced from non-renewable energy sources with renewable energy sources.</p> <p>The aim of the thesis was to investigate the potential for biogas production on a case farm and to compare the profitability of two different plant designs. The case farm was the Rastinlahti farm in Lapinlahti. The plant models compared were a dedicated plant for the case farm and a joint plant with a neighboring farm. A dairy farm of the same size was located next to the case farm, which allowed for a co-farm as one of the plant options. The work was carried out by preparing Excel calculations for both plant models. For comparison purposes, the calculations were also carried out using a biogas calculator commissioned by National Resources Institute Finland. The gas production potential was calculated on the basis of the inputs from both facilities, and the plant design was based on this. The gas extraction potential was used to assess the profitability of the plants, which were compared with each other to determine which plant was more suitable for the case farm.</p> <p>The results showed that neither of the plants was very profitable. Both plants produced too little in relation to their investment costs. The joint plant had certain advantages of a larger size, making it more efficient and more profitable than a stand-alone plant. Although the joint plant was more profitable, it still had a payback period of 15 years. Testing the calculations showed that the investment price of the plants would have to be about half the current price to have a payback period of less than 8 years.</p> <p>The conclusion from this thesis is that the case farm has sufficient inputs for biogas production and that biogas could be produced in large quantities on the farm. However, a biogas plant is not a profitable business for the farm if the gas produced by the plant is used only for the production of electricity and heat. The profitability of the plant could be improved by processing and selling the gas, but this was not considered in this thesis.</p>	
<p>Keywords biogas, biogas plants, CHP, profitability, dairy farms</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	BIOKAASUN SYNTYPROSESSI.....	7
3	ERILAISET BIOKAASUN TUOTANTOMENETELMÄT	8
3.1	Jatkuvatoiminen märkämädätys	8
3.2	Kuivamädätys	8
3.3	Kaasun jalostus ja käyttö.....	9
4	KANNATTAVUUSLASKENNAN PERUSTEET BIOKAASUN TUOTANNOSSA.....	10
4.1	Syötteet ja kaasuntuottopotentiali	10
4.2	Energian tuotanto ja käyttö	10
4.3	Laitoksen ominaisuudet	11
4.4	Muut huomioitavat hyödyt	11
4.5	Kaikki kulut.....	12
4.6	Tulos ja takaisinmaksuaika	12
5	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TOTEUTUS	13
6	OMA BIOKAASULAITOS.....	14
6.1	Laitoksen ominaisuudet ja sijainti.....	15
6.2	Tuotot.....	16
6.3	Kulut.....	17
6.4	Takaisinmaksuaika ja kannattavuus.....	17
7	YHTEINEN BIOKAASULAITOS	18
7.1	Laitoksen ominaisuudet ja sijainti.....	18
7.2	Tuotot.....	19
7.3	Kulut.....	19
7.4	Takaisinmaksuaika ja kannattavuus.....	20
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	21
9	POHDINTA.....	23
	LÄHTEET	24
	LIITE 1: OMAN LAITOKSEN LASKELMAT	25
	LIITE 2: OMAN LAITOKSEN LASKELMAT	26
	LIITE 3: YHTEISEN LAITOKSEN LASKELMAT	27

LIITE 4: YHTEISEN LAITOKSEN LASKELMAT	28
LIITE 5: BIOKAASULASKURIN TULOKSET OMASTA LAITOKSESTA	29
LIITE 6: BIOKAASULASKURIN TULOKSET YHTEISLAITOKSESTA	30

KUVALUETTELO

KUVA 1. Biokaasuprosessin vaiheet (Latvala 2009, 30)	7
KUVA 2. Biokaasulaitoksen prosessikuvaus	13
KUVA 3. Omalle biokaasulaitokselle suunniteltu paikka (mukaillen Karttapaikka)	15
KUVA 4. Yhteislaitokselle suunniteltu paikka (mukaillen Karttapaikka).....	18
KUVA 5. Kuvakaappaus Excel-laskelmasta.....	21

1 JOHDANTO

Biokaasun tuotanto maataloilla on herättänyt paljon keskustelua ilmastonmuutoksen ja energiakriisin takia. Biokaasun tuotannolla halutaan vähentää maataloudesta syntyviä päästöjä korvaamalla fossiilisia polttoaineita biokaasulla ja tuottamalla sähköä ja lämpöä biokaasulla. Alkuun biokaasun tuottamisella edistettiin pelkästään ympäristöystävällisiä asioita eteenpäin mutta nykyään energiakriisi on saanut maatilayritykset pohtimaan myös energiaomavaraisuutta. Maataloilla on suuret määrät syötteitä mistä biokaasua muodostuu, joten biokaasun tuotannolle löytyy potentiaalia (Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2020.) Biokaasu voidaan hyödyntää maataloilla sähkön ja lämmön tuotantoon CHP-laitoksen avulla. Jalostettuna biokaasu myydään tilalta eteenpäin liikennepolttoaineeksi ja/tai teollisuuden käyttöön.

Ajatus omasta biokaasulaitoksesta syntyi jo syksyllä 2019, kun opinnäytetyön tekijä aloitti työt Rastinlahdessa, mutta asiaan ei silloin sen kummemmin perehdytty. Syksyllä 2021 idea nousi uudelleen esille. Silloin biokaasun tuottamisesta puhuttiin maataloudessa jo paljon enemmän. Keväällä 2022 alkanut energiakriisi, Ukrainan sota ja valtiolta saatava korkea investointituki lisäsivät entisestään kiinnostusta omaa biokaasulaitosta kohtaan. Muun muassa Valio ja ST1 ilmoittivat perustaneensa yhteistyössä biokaasun jalostukseen keskittyvän yrityksen. Kyseisen yrityksen tavoitteena on rakentaa 8–10 biokaasun tuotanto- ja jalostuslaitoskokonaisuutta vuoteen 2030 mennessä. (Nykänen 2022.)

Vielä muutama vuosi sitten biokaasulaitosten kannattavuus oli melko heikkoa, koska sähköntuotanto ei kannattanut halvan sähkön hinnan takia eikä jalostetulle biokaasulle ollut tarpeeksi suuria markkinoita. Tällä hetkellä sähkön hinta on energiakriisin myötä moninkertaistunut ja jalostetulle biokaasulle on löytynyt markkinoita. Tämä on parantanut laitosten kannattavuutta merkittävästi, mikä on lisännyt maatilayritysten, yritysten ja jopa kuntien kiinnostusta aihetta kohtaan. Esimerkiksi Vieremän kunta on päättänyt investoida biokaasun nesteytyslaitokseen, ja Vieremän kunta on edelläkävijänä luomassa markkinoita jalostetulle biokaasulle. (Remes 2022.)

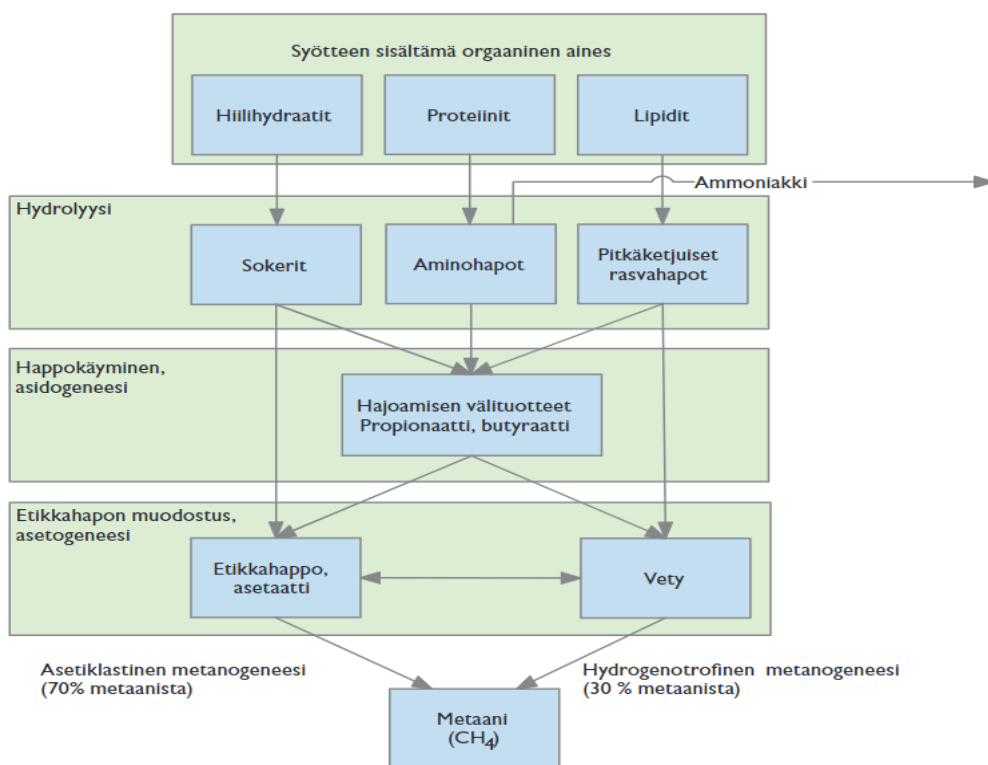
Tässä opinnäytetyössä käsitellään biokaasun tuotantomahdollisuuksia case-tilalla. Tarkoituksena on selvittää, millä tavoin biokaasutuotannon hyödyntäminen olisi taloudellisesti kannattavinta tilan näkökulmasta. Tavoitteena on, että opinnäytetyön tuloksia voitaisiin käyttää apuna päätöksen teossa tilan tulevaisuutta suunniteltaessa. Case-tilana ja opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Rastinlahden maatila Lapinlahdelta. Opinnäytetyöntekijä on työskennellyt tilalla lokakuusta 2019 lähtien.

2 BIOKAASUN SYNTYPROSESSI

Biokaasu on kaasuseos, joka koostuu pääasiassa 50–70 % metaanista ja 30–45 % hiilidioksidista. Metaanin ja hiilidioksidin lisäksi kaasussa on pieniä määriä muita kaasuyhdisteitä, kuten esimerkiksi rikkivetyä, typpeä, vetyä ja hiilimonoksidia. Biokaasua syntyy orgaanisen aineen hajoamisprosessissa. Hajoamisprosessi vaatii lämpöä ja hapettoman tilan. Eri lämpötiloissa kaasun määrä, hajoamisprosessin nopeus ja kaasun laatu vaihtelevat. (Motiva 2013.)

Hajoamisprosessiin kuuluu neljä eri vaihetta (kuva 1). Jokaisessa vaiheessa on omat pieneliöryhmänsä, jotka hajottavat orgaanista ainesta pienemmiksi palasiksi. Vaiheet tapahtuvat seuraavassa järjestyksessä: liukoistuminen (hydrolyysi), happokäyminen (asidogeneesi), etikkahappokäyminen (asetogeneesi) ja metaanikäyminen (metanogeneesi). (Latvala 2009, 29–30.)

Liukoistuminen eli hydrolyysi on prosessin ensimmäinen vaihe, jossa pieneliöt hajottavat orgaanisen aineen helposti liukenevat hiilihydraatit, rasvat ja valkuaisaineet pienemmiksi palasiksi, eli sokereiksi sekä rasva- ja aminohapoiksi. Liukoistumisen jälkeen yksinkertaiset orgaaniset yhdisteet hajoavat happokäymisen seurauksena edelleen pienimmiksi yhdisteiksi, propioni-, voi- ja etikkahapoksi. Etikkahappokäymisessä näistä hapoista syntyy puolestaan etikkahappoa, hiilidioksidia ja kaasumaista vetyä. Lopuksi bakteerit muodostavat vedystä, etikkahaposta ja hiilidioksidista metaania. Metaania muodostavat bakteerit eivät siedä happea, joten siksi on ehdottoman tärkeää, että prosessi tapahtuu hapettomassa tilassa. (Latvala 2009, 29–30.)



KUVA 1. Biokaasuprosessin vaiheet (Latvala 2009, 30)

3 ERILAISET BIOKAASUN TUOTANTOMENETELMÄT

Biokaasun tuotantomenetelmiä on monia erilaisia. Menetelmät voidaan karkeasti jakaa märkämädätykseen, kuivämädätykseen ja näiden kahden välimuotoon. Märällä ja kuivalla viitataan laitoksessa käytettävään syötteeseen. Märkä- ja kuivämädätyslaitokset eroavat rakenteellisilta ja teknisiltä ominaisuuksiltaan paljon, mutta periaate on kaikissa sama: orgaaninen aines hajoaa suljetussa tilassa ja hajoamisesta syntyy biokaasua. Se, mikä tuotantomenetelmä sopii maatilalle tai muulle yritykselle parhaiten, riippuu täysin syötteistä, joita laitoksessa käytetään. (MTT 2013, 15–17.)

3.1 Jatkuvatoiminen märkämädätys

Märkämädätyksessä kaikki orgaaninen aines on nestemäisessä muodossa. Kuiva-ainepitoisuus voi maksimissaan olla 15 %. Pitoisuutta rajoittaa se, että syötteitä täytyy pystyä pumppaamaan ja sekoittamaan. Tällaisia syötteitä ovat esimerkiksi lietteen ja jätevedet. Syötteet pumpataan reaktoriin, jossa ne lämmitetään noin 40-asteiseksi. Syötteen lämmitysratkaisuja on monia erilaisia. Eräs ratkaisu on kierrättää lämmintä vettä putkistossa reaktorin seinällä. Lähes kaikki märkämädätyslaitokset ovat jatkuvatoimisia. Jatkuvatoimisuudella tarkoitetaan sitä, että prosessia ei pysäytetä missään vaiheessa vaan kaasua syntyy jatkuvasti. Uutta syötettä pumpataan reaktorin pintaan ja prosessin jo läpi käyntyä rejektiä pumpataan pois reaktorin pohjalta. Reaktori on ympyrälieriön muotoinen katettu allas. Suomen olosuhteissa reaktorin täytyy olla eristetty. Reaktori voi olla osittain tai kokonaan maan päällä. (MTT 2013, 15–17.)

Useimmissa reaktoreissa on sisässä yksi tai useampi sekoitin, riippuen syötteen laadusta ja reaktorin koosta. Esimerkiksi sian liete saostuu helposti reaktorin pohjalle, joten sitä täytyy sekoittaa paljon pohjia myöten (Doranova julkaisuaika tuntematon). Sekoittamisella pyritään varmistamaan biomassan homogeenisyys, tasoittamaan lämpötilavaihteluita ja siten tehostamaan kaasuntuottoa. Biomassa homogenisoidaan jo ennen reaktoriin pumppausta. Syötteitä sekoitetaan ja murskataan, jotta bakteereilla olisi enemmän tarttumapintaa ja hajoamisprosessi olisi nopea. (MTT 2013, 15–17.)

Märkämädätysbiokaasulaitoksissa voidaan käyttää myös rajoitetusti kuivia syötteitä kaasun tuotannon tehostamiseksi. Kuivat syötteet murskataan ja sekoitetaan joko märän syötteen kanssa tai prosessin jo läpi käyneen rejektin kanssa, jotta kuivat syötteet saadaan pumpattua reaktoriin. Kuivien syötteiden lisäämiseen on käytössä monia eri ratkaisuja. Kuivat syötteet parantavat laitoksen kaasuntuottoa merkittävästi mutta niiden hyödyntäminen vaatii kalliit laitteistot, joista kertyy paljon ylläpitokuluja. Kyseinen laitos, joka voi hyödyntää märkiä sekä kuivia syötteitä, soveltuu yleensä parhaiten eläintiloille ja onkin yleisin laitostyyppi mautiloilla. (MTT 2013, 15–17.)

3.2 Kuivämädätys

Kuivämädätyksessä syötteen kuiva-aineprosentti on 20–40. Tällaisia syötteitä ovat esimerkiksi säilörehu, kuivalanta, olkipaalit ja biojätteet. Mädätettävä aines kasataan panokseksi laakasiilon tyyppiin reaktoriin ja peitellään ilmatiiviiksi. Biomassaa ei pysty lisäämään tai sekoittamaan samaan tapaan kuin märkämädätysreaktorissa. Biomassan annetaan käydä reaktorissa 3–4 kuukautta, minkä jälkeen reaktori tyhjenetään ja täytetään uudelleen. Prosessin läpi käynyt biomassa kompostoidaan tai käytetään saman tien lannoitteena. (Latvala 2009, 32–33)

Kuivämädätyslaitokset ovat yleensä panostoimisia. Panostoimisuuden huono puoli on kaasuntuotannon ja laadun epätasaisuus. Kaasuntuotanto kiihtyy alussa huippuunsa ja vähenee loppua kohti. Kytkemällä useamman reaktorin rinnakkain saadaan kaasuntuotannosta entistä tasaisempaa ja varmempaa. Kaasuntuotanto ei katkea, kun toista reaktoria tyhjennetään. (MTT 2013, 15–17.)

Kuivämädätyslaitoksia on myös jatkuvatoimisia. Prosessi perustuu tulppavirtaukseen, jossa mädätettävä aine hajoaa syöttöjärjestyksessä. Biomassa kulkee vaakatasossa sylinterimäisessä reaktorissa ruuvilla toisesta päästä sisään ja toisesta ulos. Kaasu kerätään talteen reaktorin yläosasta. Osa prosessin läpi käyneestä massasta kierrätetään uudelleen reaktoriin, jotta bakteeritoiminta pysyy tasaisena. Yleensä reaktorin loppupäästä tuleva massa joudutaan separoimaan erikseen nestejakeeseen ja kuivajakeeseen. (Latvala 2009, 32–33)

3.3 Kaasun jalostus ja käyttö

Reaktorista talteen kerätty raakakaasu täytyy jäähdyttää ja puhdistaa ennen käyttöä. Jäähdyttämällä kaasusta saadaan erotettua vesihöyry pois, eli kaasua niin sanotusti kuivataan. Kaasun jäähtyessä vesihöyry kondensoituu ja vesi kerätään kaasusta erilleen. Kuivatuksen jälkeen yleinen esipuhdistus tapa on kierrättää kaasu aktiivihiihluodattimen läpi. Haitallisimpia raakakaasussa ovat rikkivety, ammoniakki, hiilimonoksidi ja muutama muu kemiallinen yhdiste. Rikkivety aiheuttaa voimakasta syöpmistä laitteistoissa. Kuivatuksen ja esipuhdistuksen jälkeen kaasua voidaan jo käyttää lämmön tuotantoon kaasukattilassa tai sähkön tuotantoon CHP-laitoksessa. (Lampinen & Rautio 2015, luku 7.)

Metaanipitoisuus riippuu käytössä olevista syötteistä. Maatilojen syötteitä käytettäessä metaanipitoisuus on yleensä noin 60 %. Liikennepolttoaineeksi tai teollisuuden käyttöön jalostettaessa kaasu täytyy puhdistaa yli 95-prosenttiseksi metaaniksi. Puhdistuksella kaasusta saadaan energiapitoisempaa. Yksi yleisesti käytössä oleva puhdistustekniikka on membraanipuhdistus. Membraanipuhdistuksessa kaasua puhalletaan suodattimen läpi, jonka sisällä on puoliläpäiseviä kalvoja. Kalvoilla metaani ja muut kaasun osat erottuvat toisistaan, jolloin metaani saadaan erilleen muista kaasun osista. Kaasua ajetaan useamman suodattimen läpi, jotta kaasusta saadaan tarpeeksi metaanipitoista. Puhdas biokaasu paineistetaan noin 200–250 baarin paineeseen varastointia varten. Paineistamalla kaasusta saadaan entistä energiapitoisempaa per kuutio. Kaasun jalostus ja paineistus vievät runsaasti energiaa ja vaativat kallista teknologiaa. (Lampinen & Rautio 2015, luku 7.)

4 KANNATTAVUUSLASKENNAN PERUSTEET BIOKAASUN TUOTANNOSSA

Jotta biokaasulaitokseen saadaan rahoitusta ja lainvoimaiset luvat, laitoksesta täytyy tehdä tarkat kannattavuuslaskennat. Kannattavuuslaskennan avulla voidaan ymmärtää laitoksen tuomat edut ja mahdolliset riskit. Laskelmien tulosten perusteella yrittäjät voivat tehdä päätöksiä yrityksensä tulevaisuudesta.

4.1 Syötteen ja kaasuntuottopotentiali

Kun tilalla ryhdytään selvittämään biokaasutuotannon kannattavuutta, ensimmäisenä ja tärkeimpänä asiana täytyy selvittää tilalta saatavien syötteiden määrä ja laatu vuosisatasolla. Lähiseudulta mahdollisesti saatavat syötteen kannattaa selvittää myös. Syötteiden määriä arvioitaessa täytyy olla huolellinen, mitä mittayksiköitä käyttää, onko kyseessä tonneja, kuutioita, kuiva-aine kiloja jne. Syötteiden laadulla on iso merkitys kaasuntuottoon, joten syötteistä täytyy tietää, mitä ne sisältävät. Tarvittaessa syötteistä voidaan laboratoriossa tehdä kaasutuskoe, jolloin saadaan tarkka metaaninsaantoarvo $\text{CH}_4\text{Nm}^3/\text{kgVS}$.

Yleensä metaaninsaannosta käytetään ohjearvoja laskennassa. Esimerkiksi naudanlietteestä normaali lanta-analyysi riittää kaasuntuottolaskelmaan. Tärkeimmät kaasuntuottolaskelmaan tarvittavat tiedot lanta-analyyseista ovat kuiva-aineprosentti, paino kuutioina ja orgaanisen aineksen määrä kuiva-ainekiloissa. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, luku 2.)

Kun saatavilla olevien syötteiden määrä ja laatu on selvitetty, niiden avulla voidaan laskea kaasuntuottopotentiali. Kaasuntuottopotentialilla tarkoitetaan tuotetun kaasun määrää vuodessa. Esimerkkinä $5\,000\text{ m}^3$:sta naudanlietelantaa, jonka tiheys on $1\,000\text{ kg/m}^3$, kuiva-aineprosentti on 7 %, orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta 81 % ja metaaninsaanto $0,217\text{ Nm}^3/\text{kgVS}$ saadaan $61\,520$ kuutiota metaania. Laskukaava on yksinkertainen: aluksi lasketaan lietteen kuiva-aine kilot, tässä tapauksessa $5\,000 * 1\,000 * 0,07 = 350\,000\text{ kg}$. Sitten lasketaan orgaanisen aineen osuus, eli $350\,000 * 0,81 = 283\,500\text{ kg}$. Lopuksi metaaninsaanto on kokonaisuudessaan $283\,500 * 0,217 = 61\,520$ kuutiota. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, luku 2.)

4.2 Energian tuotanto ja käyttö

Kun syötteistä vuodessa saatavan kaasun määrä on laskettu, voidaan laskea, kuinka paljon kaasulla pystytään tuottamaan sähköä, lämpöä ja/tai jalostettua biometaania. Sähkön ja lämmön tuotantoon vaikuttaa merkittävästi CHP-laitoksen hyötysuhde ja lämmön talteenotto. CHP-laitosten polttomootoreiden hyötysuhteet ovat noin 25–35 %:a, riippuen valmistajasta. Hyötysuhteella tarkoitetaan sitä, kuinka suuri osa kaasun sisältämästä energiasta muuntuu sähköenergiaksi generaattorissa. Lämpö tuotetaan polttamalla kaasua kaasukattilassa ja jäädyttämällä generaattorin polttomootoria. Lämmöntuotannon hyötysuhde CHP-laitoksissa on noin 50 % (MTT 2013, 15–17).

Kun tuotetulle energialle määritetään yksikköhinta, saadaan laskettua laitoksen tuottamalle energialle rahallinen arvo. Jotta energian tuottaminen olisi kannattavaa, sille täytyy olla myös tarvetta, eli tilan oma sähkönkulutus ja lämmön tarve täytyy selvittää. Biokaasulaitoksen tuottama tulos kertyykin juuri säästöinä sähkö- ja lämmityskuluista. Kun laitoksen tuottamalle lämmölle lasketaan rahal-

lista arvoa kannattaa sitä verrata suoraan nykyisiin lämmityskuluihin. Yleensä laitos tuottaa lämpöenergiaa yli tilan tarpeiden ja harvoin sitä voidaan hyödyntää tilan ulkopuolella. Tällöin ylijäämä-lämpö menee hukkaan, joten sille ei voida myöskään laskea rahallista arvoa. Jos koko laitoksen tuot-tama lämpöenergia lasketaan hyvällä yksikköhinnalla, vääristää se laskelmia ja lopputulos on liian positiivinen.

Maatilan sähkön kulutus kuuluisi mennä lähes yksi yhteen laitoksen tuottaman sähkön osalta, sillä investointituki vaatii, ettei sähköä myydä tilan ulkopuolelle suuria määriä. Laskelmiin sähkön yksikkö-hintaa on tällä hetkellä hankala arvioida sähkön voimakkaan hinnan nousun takia, mutta todennä-köistä on, ettei sähkön hinta palaa yhtä matalalle tasolle, kuin mitä se oli vuosi sitten. Muuttamalla sähkön hintaa laskelmissa voidaan testata laitoksen kannattavuutta. Tällä tavalla saadaan selville, kuinka paljon sähkön hinta voi olla minimissään, jotta laitos on kannattava.

Jos biokaasulaitoksella on tarkoitus tuottaa polttoainetta liikenteeseen, niin liikennekaasun kysyn- nästä on tehtävä selvitys, löytyisikö sille ostajia ja millä hinnalla. Liikennekaasun yksikköhintaa arvi- oitaessa täytyy muistaa arvonlisävero sekä jakelijan ja myyjän kate hinnassa. Yksikköhintana ei voi suoraan käyttää senhetkistä markkinahintaa. Lisäksi hintaa on verrattava sen hetkiseen dieselin ja bensiinin hintaan, kukaan ei halua tankata kaasua, jos se on merkittävästi kalliimpaa kuin muut polt- toaineet. Dieseliin ja bensiinin verratessa täytyy muistaa myös niiden energiasältö. Yksi kilo jalos- tettua biokaasua tai maakaasua vastaa 1,5 litraa bensiiniä ja 1,32 litraa dieseliä. (Ab Stormossen Oy 2023).

4.3 Laitoksen ominaisuudet

Syötteiden määrän avulla voidaan laskea laitoksen reaktorin kokoluokka ja arvioida muuta tarvitta- vaa tekniikkaa. Reaktorin kokoluokka saadaan selville jakamalla ensin vuoden vuorokaudet viipy- mällä ja siitä saatavalla luvulla jaetaan syötteiden kokonaismäärä kuutioissa. Viipymällä tarkoitetaan aikaa, jonka syöte viipty reaktorissa. Viipymänä käytetään laskelmissa yleensä 40:tä vuorokautta, sopiva viipymä on 35–40 vuorokautta.

Esimerkiksi, jos syötteiden yhteismäärä on $11\,500\text{ m}^3$ ja viipymä 40 vuorokautta, reaktorin on oltava vähintään $11\,500\text{ m}^3/(365/40) = 1260\text{ m}^3$. Käytännössä reaktorin olisi oltava kuitenkin vähintään $1\,400\text{ m}^3$, koska reaktoria ei täytetä äärimmilleen. Reaktorin katon ja lietteen pinnan väliin on jää- tävä ilmatilaa vajaa metri, jotta rikki saadaan hapetettua reaktorissa.

4.4 Muut huomioitavat hyödyt

Biokaasutuotannosta syntyy maatilalle energian lisäksi myös muita taloudellisia hyötyjä. Näitä muita hyötyjä ovat lietteen parantunut lannoitearvo, tehokkaampi lietteenlevitys, ylijäämä sähkön myynti ja sadon aikaistuminen. Lietteiden parantunut lannoitearvo perustuu siihen, että osa lietteen sisältä- mästä tyypestä muuttuu entistä liukoisempaan muotoon, jolloin se on yhä helpommin kasvien saata- valla. Liukoisen typen määrä kasvaa prosessin aikana 10–50 %. Luken teettämässä biokaasulasku- rissa liukoisen typen osuuden kasvussa käytetään oletusarvona 25 %. Lannoitearvo saadaan kerto- malla liukoisen typen määrän kasvu typpikilon hinnalla. (Luke 2014.)

Lietteenlevitys tulee tehostumaan, sillä biokaasuprosessin jälkeen liete on lähes vedenomaista tasalaatuista nestettä. Tästä syystä lietteen sekoitustarve häviää, liete on nopeampaa pumpata ja levittää pellolle. Tehostuvan lietteenlevityksen arvoa on hankala arvioida ennakkoon tarkasti. Todellinen arvo tulee esille vasta rejekti lietettä levittäessä.

Jos tila ei käytä kaikkea sähköä itse, menee ylijäämä sähkö suoraan verkkoon. Tämä on käytännössä sähkön myyntiä, josta maatila saa rahaa riippuen sähköyhtiön kanssa tekemästä sopimuksesta. Sähkön myynti on käytännössä ainoa tulo biokaasulaitoksesta, mikä kasvattaa tilan liikevaihtoa.

Sadon aikaistumisesta ei ole kovin tutkittua tietoa saatavilla mutta se perustuu siihen, että liukoinen tyyppi on helpommin ja nopeammin kasvien saatavilla. Tämä vaikuttaa kasvien kasvuun positiivisella tavalla. Kasvien kasvaessa nopeammin kypsäksi sadonkorjuu aikaistuu, millä voi olla taloudellisia hyötyjä.

4.5 Kaikki kulut

Biokaasulaitoksen käyttö ja ylläpito eivät ole ilmaisia, sillä laitoksessa käsitellään valtavat määrät syötteitä. Ylläpitokuluihin kuuluu huoltamista, korjauksia ja varaosia. Kiinteitä kuluja ovat puolestaan vakuutukset, korot ja huoltosopimukset.

Laitoksen käytöstä syntyy kuluja tarkkailutyöstä sekä syötteiden käsittelystä ja lastauksesta. Syötteiden käsittelyyn kuluu myös paljon sähköä. Biokaasulaitokset käyttävät tuottamastaan energiasta melkein kolmanneksen syötteiden lämmitykseen ja käsittelyihin.

4.6 Tulos ja takaisinmaksuaika

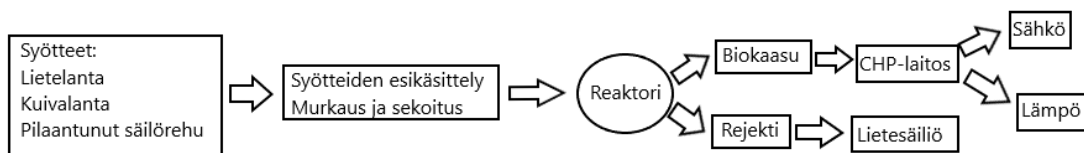
Tulos lasketaan samalla lailla kuin kaikessa muussakin kannattavuuslaskennassa: tuloista vähennetään menot. Tuloksen avulla päästään laskemaan takaisinmaksuaika, kun verrataan tulosta investoinnin suuruuteen ja lainamäärään. Laitosten takaisinmaksuajat vaihtelevat paljon ja ne voivat muuttua laitoksen eliniän aikana.

Takaisinmaksuaikaan vaikuttavat eniten sähkön ja jalostetun kaasun hinta, lainan korkotaso ja laitoksen investoinnin hinta. Jotta takaisinmaksuaika olisi hyvä, täytyy kaikkien edellä mainittujen asioiden olla hyvällä tasolla. Esimerkiksi lainan korkotason noustessa, saattaa laitoksen takaisinmaksuaika kasvaa useammalla vuodella.

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TOTEUTUS

Opinnäytetyö on case-tilalle tehtävä kehittämistyö. Case-tilana toimii Rastinlahden maatila, jonka päätuotantosuunta on maidontuotanto. Eläimiä on yhteensä noin 340, josta 190 on lypsylehmiä ja loput 150 nuorkarjaa. Peltoa on viljelyksessä 250 hehtaaria. Pelloilla viljellään säilörehunurmea ja rehuohraa eläinten ruokintaa varten. Tila sijaitsee aktiivisella maatalousalueella lähellä valtatieä, ja vain 10 minuutin päässä Valion Lapinlahden tehtaasta. Kyseessä on siis keskivertoa suurempi maatila hyvällä sijainnilla, joten edellytyksiä omaan biokaasulaitokseen löytyy. Case-tilan naapurissa toimii myös samaa kokoluokkaa oleva maitotila, mikä luo mahdollisuuden myös yhteislaitokseen. Tilat sijaitsevat 1,5 kilometrin päässä toisistaan. Mahdollisuus yhteislaitokseen herättää kysymyksen, kannattaako tilojen rakentaa omat laitokset vai yhteislaitos.

Tarkoituksena on selvittää, millaiset mahdollisuudet case-tilalla on biokaasun tuotantoon sekä vertailla oman ja yhteisen biokaasulaitoksen kannattavuutta. Kannattavuus selvitetään Excel-pohjaisilla laskelmilla. Excel-laskelmien lisäksi käytetään vertailun vuoksi myös Luken biokaasulaskuria. Laskelmien pohjalta vertaillaan taloudellisesta näkökulmasta molempien laitosten hyötyjä ja riskejä. Laskelmissa selvitetään molempien tilojen biokaasun tuotantoon käytettävissä olevat vuotuiset syöte määrät ja niiden laatu. Syötteiden perusteella lasketaan kaasuntuotantomäärä vuodessa. Molemissa laskelmissa kaasu käytetään sähkön ja lämmön tuotantoon CHP-laitoksilla. Kaasu voitaisiin myös jalostaa liikennekäyttöön mutta sitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä. Alla kuvattuna kaasun tuotantoprosessi tilalla (kuva 2).



KUVA 2. Biokaasulaitoksen prosessikuvaus

Laskelmien tekoa varten täytyy tuntee biokaasun tuotantoprosessi, biokaasulaitostekniikat ja niiden vaatimukset. Lisäksi täytyy tuntee molempien maatilojen tuotanto ja toimintatavat hyvin. Esimerkiksi maatilojen sähkön ja lämmön kulutus on tiedettävä. Syötteiden määrällä ja laadulla on oleellinen merkitys laitoksen kokoluokkaan, tekniikkaan ja sijaintiin maatilalla. Tavoitteena on saada tuotettua luotettavat laskelmat molemmista laitoksista, joita voidaan käyttää apuna päätöksenteossa. Laskelmien tulisi olla selkeät ja helposti muunneltavat, jotta niitä voidaan testata eri arvoilla.

6 OMA BIOKAASULAITOS

Omaan biokaasulaitokseen syötteet tulisivat kokonaisuudessaan case-tilalta. Case-tilalla syntyy vuodessa noin 10 000 kuutiota lehmän lietelantaa, 250 tonnia kuivalantaa ja 150 tonnia pilaantunutta säilörehua. Lietteen ja kuivien syötteen määrät perustuvat urakoitsijoiden vuodessa levittämään määrään. Kuivalantaa syntyy tilalla 275-neliöisen pehkupohjan sekä vasikoiden yksilö- ja ryhmäkarsinoiden kuivittamisesta. Säilörehu on pääasiassa säilönnässä ja ruokinnassa syntynyttä hävikkiä eli pilaantunutta rehua.

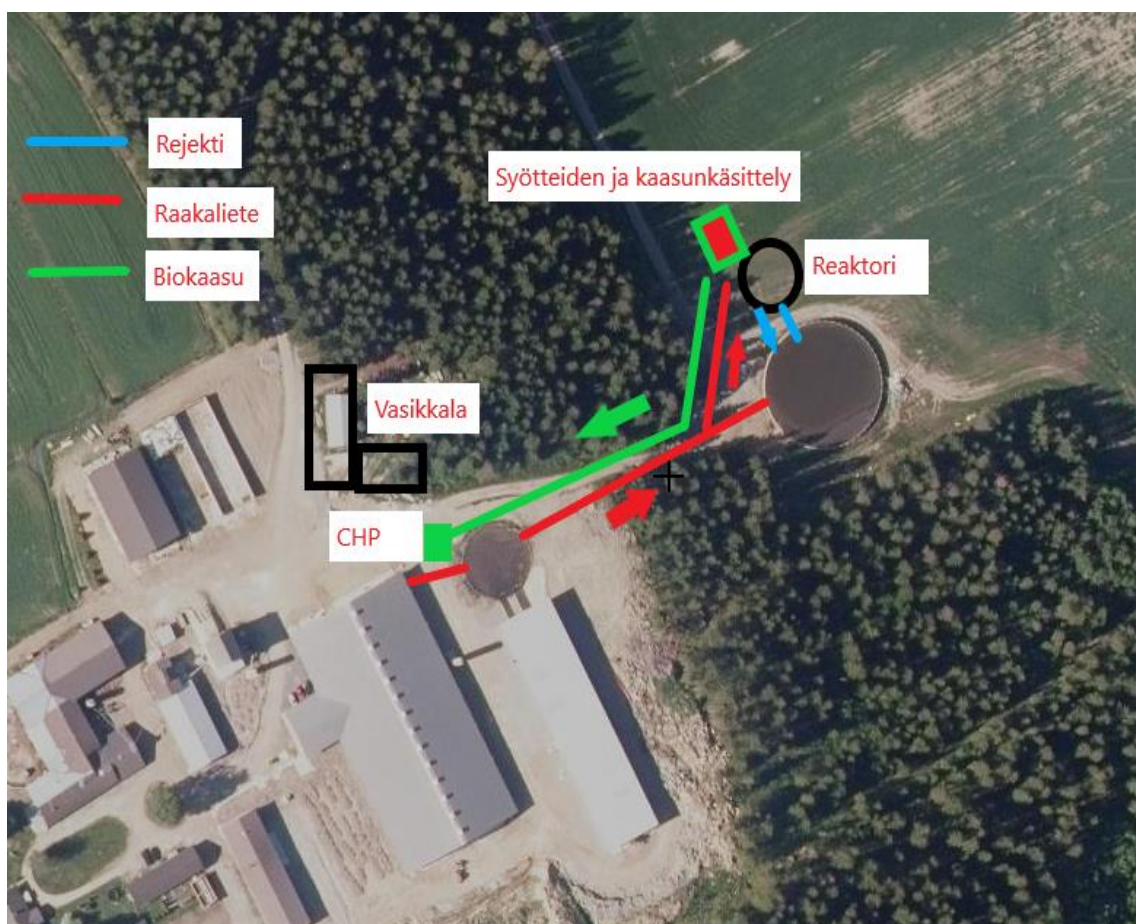
Laskelmissa lietteen laatua kuvaavat seuraavat arvot: kuiva-ainepitoisuus on 6 %, orgaanisen aineen osuutena kuiva-aineesta käytetään 80 % ja kaasunsaantona käytetään arvoa 0,200 Nm³/kgVS. Kuivalannan osalta arvot ovat seuraavanlaiset: kuiva-ainepitoisuus on 30 %, orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta on 85 % ja kaasunsaanto 0,220 Nm³/kgVS. Pilaantuneesta säilörehusta käytetään seuraavia arvoja: kuiva-ainepitoisuus 30 %, orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta 90 % ja kaasunsaanto 0,350 Nm³/kgVS. (Liite 1.)

Laskelmissa käytetyt arvot ovat ohjearvoja Luken biokaasulaskurista. Ainoastaan kahta arvoa on muutettu ohjearvoista. Lietteen kuiva-ainepitoisuus on laskettu 6 %:iin, koska tiloilla kaikki pesuvedet kulkeutuvat lietteen sekaan, mikä laskee kuiva-ainepitoisuutta. Lisäksi kuivalannan kaasunsaantoa on hieman nostettu, koska kuivikkeena käytetään olkea. Olki lisää kaasunsaantoa hieman.

Biokaasulaitoksella tuotettu kaasu käytettäisiin tilalla CHP-laitoksessa sähkön- ja lämmöntuotantoon. Sähkön- ja lämmöntuotannolla korvattaisiin ostosähköä ja nykyinen hakelaitos lämmöntuotannossa. Tilalla kuluu sähköä noin 270 000 kWh vuodessa. Sähkömenot olivat vuonna 2022 noin 30 000 €. Lämmityskuluja kertyy puutavaran keräämisestä ja hakettamisesta sekä hakelaitoksen huoltamisesta. Haketukseen käytetty puutavara saadaan tilan omista metsistä. Haketta kuluu vuodessa noin 450 kuutiota. Lämmöntuotannosta kertyy kuluja suurin piirtein 10 000 euroa vuodessa. Laitoksen suurin tuotto tilalla olisi täten säästö sähkö- ja lämmityskuluissa.

6.1 Laitoksen ominaisuudet ja sijainti

Oma biokaasulaitos tulisi sijaistamaan hieman tilakeskuksesta erillään ison lietesäiliön läheisyydessä. Laitokseen kuuluvat reaktori, CHP-laitos ja syötteiden käsittelylaitteistot. Eri tuotantorakennuksista tuleva liete sekoitettaisiin pienemmässä lietesäiliössä. Sieltä liete pumpattaisiin murskaavalla pumpulla laitokselle, josta liete siirtyisi lämmönvaihtimen kautta reaktoriin. Rejetti pumpattaisiin viereiseen isoon lietesäiliöön varastoitavaksi. Uusia lietteensiirtoputkistoja tulisi vain ison lietesäiliön ja reaktorin välille sekä haarauma entisestä putkistosta ison ja pienen lietesäiliön väliltä. (Kuva 3.)



KUVA 3. Omalle biokaasulaitokselle suunniteltu paikka (mukaiillen Karttapaikka)

Sopiva reaktorin koko olisi 1100 kuutiota. Tällöin kaikki syötteet ehdittäisiin hyödyntää 35 vuorokauden viipymällä. Vaikka kuivat syötteet jätettäisiin hyödyntämättä, niin kannattaisi reaktorista tehdä silti 1100 kuutioinen, koska kuivien syötteiden pois jääminen vähentäisi tarvittavaa tilaa vain 42 kuutiota.

Kuivasyöttölaitteistot korottavat laitosinvestoinnin hintaa 200 000 € ja lisäävät vuosittaisia huoltokustannuksia noin 5 000 €. Lisäksi kuivien syötteiden lastaus aiheuttaisi hieman lisätyötä mutta samalla jäisi kuivalannanlevitys pois peltoviljelyn työtehtävistä, joten kustannus kuittautuu toisen poisjäämisellä. Tämän takia laskelmat omasta laitoksesta on tehty kuivasyöttölaitteistojen kanssa sekä ilman kuivasyöttölaitteistoja. Kuivasyöttölaitteistot murskaavat ja sekoittavat syötteitä rejektin kanssa sekä erottelevat kiviä pois syötteiden seasta.

CHP-laitoksessa samassa tilassa olisivat polttomoottorin ja generaattorin lisäksi lämpökattila, lämmönvaihdin ja päävesijohdot. Lämmöntalteenotto tapahtuisi polttomoottorista ja lämpökattilasta.

CHP-laitoksen yhteyteen tulisi tekninen tila, jossa olisivat sähkökeskus ja laitoksen valvontaa varten tietokone.

Kaikkiaan biokaasulaitos maksaisi noin 1,2 miljoonaa euroa. Tähän olisi mahdollista saada 50 % investointitukea, jolloin rahoitettavaksi jää 600 000 €. Kuivasyöttölaitteistojen poisjättämisellä hinta laskisi noin 1 miljoonaan euroon, jolloin tuen jälkeen rahoitettavaa jäisi 500 000 €.

6.2 Tuotot

Laitos tuottaisi biometaania laskelmien mukaan 124 200 kuutiota. Laitoksesta tuleva kaasu kuivattaisiin ja siitä suodatettaisiin haitalliset yhdisteet pois, jonka jälkeen kaasu voidaan käyttää polttomootorissa. Kaasu käytettäisiin CHP-laitoksen polttomootorin polttoaineena lähes kokonaisuudessaan. CHP-laitoksen käyttöaste tavoite on 97 %. Käyttöaste ei voi olla täysin 100 %, koska polttomootoria täytyy myös huoltaa. Moottoria huollettaessa kaasu poltettaisiin lämpökattilassa. Kaasun varastointitilojen puuttuessa kaasu täytyy polttaa heti, koska metaani on voimakas kasvihuonekaasu, eikä sitä saa päästää ilmaan. Täten lämpökattila tai soihtu on biokaasulaitoksissa pakollinen varuste.

CHP-laitos tuottaisi 30 %:n hyötysuhteella sähköä 357 808 kWh ja lämpöenergiaa 596 346 kWh. Tästä määrästä laitos kuluttaa sähköä 43 035 kWh ja lämpöenergiaa 258 212 kWh. Laitoksen itse kuluttamasta sähköstä on ostosähköä 1 291 kWh, koska CHP-laitoksen ollessa huollossa sähkö täytyy ostaa verkosta. Nettona case-tilan käyttöön sähköä jäisi 314 772 kWh ja lämpöä 338 135 kWh, mikä riittäisi helposti kattamaan vuotuisen sähkönkulutuksen. Lämmöntuotanto jää laskelmissa hie- man alijäämäiseksi. Se onkin kovilla talvipakkasilla hyvin todennäköistä, että vanhaa hakelaitosta joutuisi käyttämään apuna lämmöntarpeen kattamisessa.

Case-tilan sähkönkulutuksen jälkeen ylijäämä sähköä jäisi myyntiin noin 45 000 kWh. Tilan omaan käyttöön tulevan sähkön hintana käytettiin laskelmissa 15 snt/kWh. Ylijäämä sähkön hintana oli 5 snt/kWh. Kesäisin syntyy ylijäämä lämpöä mille ei ole käyttöä, joten se täytyisi lauhduttaa ilmaan, mikä tekee ylijäämä lämmöstä käytännössä hävikkiä.

Biokaasuprosessin jälkeen lietteessä olevan liukoisen typen määrä kasvaa 10–50 %, riippuen syöteistä. Kokonaistypen määrä ei muutu prosessin aikana, mutta liukoisen typen osuus kokonaistypessä lisääntyy. Luken teettämässä biokaasulaskurissa liukoisen typen osuuden kasvussa on oletusarvona 25 %, joten samaa arvoa käytetään myös Excel-laskelmissa. Laskelmissa liukoisen typen määrä kasvoi 5 038 kiloa koko syötemäärässä. Typen kilohinta oli laskenta hetkellä 1,66 euroa, joten lannoitehyödyn arvoksi saatiin 8 364 euroa. (Liite 1.)

Laskelmissa tuottoihin laskettiin mukaan myös lietteenlevityksen tehostumisen hyödyt biokaasulaitoksen myötä. Tehostumisen hyötyjä ei pysty laskemaan kovinkaan tarkasti etukäteen. Hyödyt tulevat konkreettisesti esille vasta, kun biokaasulaitosprosessin läpi käynyttä rejektiä oikeasti levitetään pellolle. Tämän takia hyötyjen rahallista arvoa arvioitiin laskelmissa varovaisesti alakanttiin.

Lietteenlevityksen tehostumisen hyödyt koostuvat lietteen sekoitustarpeen poisjäämisestä ja lietteen pumpattavuuden parantumisena. Sekoitustarpeen poisjääminen vähentää työtä ja polttoainekuluja. Pumpattavuuden parantuminen puolestaan nopeuttaa lietevaunun täyttöä ja levitystä pellolla. Li-

säksi muita hyötyjä voivat olla koneiden rikkoontumisten välttämiset ja tukosten aiheuttamien viivästyksen poisjääminen. Rikkoontumiset ja tukokset johtuvat yleensä raakalietteen seassa olevista roskista, kivistä ja ym. sinne kuulumattomista asioista. Rikkoontumisia ja tukosten aukaisuja on kuitenkin mahdotonta ennustaa etukäteen, joten niitä ei huomioida laskelmissa. Lietteenlevityksen tehostumiselle laskettiin arvoksi 1 179 euroa.

6.3 Kulut

Kuluja kertyy laitoksen käytöstä. Muuttuvia kuluja on laskelmassa laskettu vuosittain olevan 19 827 €. Kiinteitä kuluja on puolestaan laskettu vuosittain olevan 8 000 €. Kiinteitä kuluja ovat vakuutus ja ylläpito/etähallintasopimus. Muuttuviin kuluihin ei ole laskettu rahoituksen korkokuluja. Rahoituksen kulut ja lyhennyksen suuruus on laskettu erikseen, jotta laskelmissa nähdään helposti lainamäärän vaikutus lyhennykseen ja korkoihin. Korkotasona käytettiin laskelmissa 5:ttä %. (Liite 1.)

Muuttuviin kuluihin on laskettu varaosat, huoltotyö ja laitoksen valvonta. Varaosia ja huoltotöitä on laskettu laskelmaan reilusti, jotta isot rikkoontumiset saadaan hoidettua. Laitoksen valvontaan on arvioitu käytettävän 20 minuuttia päivässä. Valvontatyö sisältää kaasunlaadun ja kaikkien laitteistojen toiminnan tarkkailua.

6.4 Takaisinmaksuaika ja kannattavuus

Laskelmien mukaan oman laitoksen takaisinmaksuaika aiemmin mainituilla tuotoilla ja kuluilla olisi 30,2 vuotta. Takaisinmaksuaika on laskettu jakamalla sijoitettu pääoma 15 vuoden keskimääräisellä tuloksella. Muuttuvien ja kiinteiden kulujen jälkeen katetta jäisi 33 419 euroa. Kun katteesta vähennetään vielä korkokustannukset niin tulosta tulisi 15 vuoden keskiarvolla vuodessa 19 851 euroa. Kuivasyöttölaitteistojen pois jättämisellä oli negatiivinen vaikutus takaisinmaksu-aikaan, joten ne ovat kannattavaa hankkia laitokseen.

Laskelmissa lainan takaisinmaksuaikana on käytetty 15:ttä vuotta ja lainan korkona 5:ttä %. Investointituen jälkeen laitoksesta jää rahoitettavaksi 600 000 euroa. Lisäksi laitoksen rahoittamisessa on huomioitu investointi vuonna tarvittava alv-laina. Alv-lainan korko on 5 % ja maksuaikaa lainalla on yksi vuosi. Laskelmissa rahoituksesta 20 % eli 120 000 euroa on tilan omaa pääomaa ja 480 000 euroa lainaa eli vierasta pääomaa. Lainan lyhennys olisi vuosittain 32 000 euroa. Laitoksen vuodessa tuottama tulos ei riittäisi kattamaan lainan lyhennystä. (Liite 2.)

Luken biokaasulaskurin laskelmassa tuotot olivat hieman pienemmät kuin omassa laskelmassa. Ero johtui siitä, että biokaasulaskurissa laitoksen on laskettu käyttävän hieman enemmän energiaa, mikä vaikuttaa tilan käyttöön tulevan energian määrään. Kulut ovat lähes samat kuin omassa laskelmassa. Pienemmät tuotot kompensoituvat biokaasulaskurissa sillä, että laitoksen investointihinta on yli 400 000 euroa pienempi kuin itse tehdyssä laskelmassa. Tämän takia biokaasulaskurin mukaan laitoksen takaisinmaksuaika olisi 11,1 vuotta. (Liite 5.)

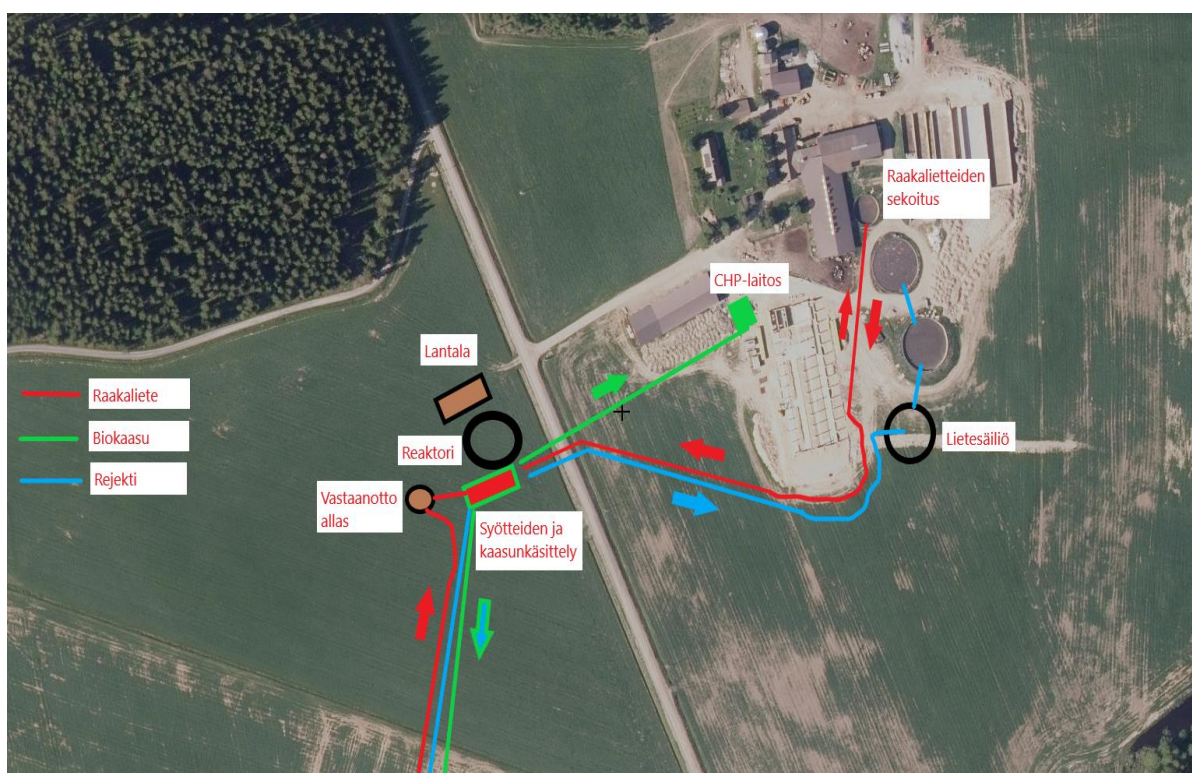
7 YHTEINEN BIOKAASULAITOS

Yhteiseen biokaasulaitokseen syötteitä olisi käytettävissä case-tilalta ja case-tilan naapurista. Syötteitä kertyisi vuoden aikana 20 000 kuutiota lehmän lietelantaa, 500 tonnia kuivalantaa ja 300 tonnia säilörehua. Naapuritila on kolmen lypsyrobotin maitotila, jonka syötemäärät ovat lähes samankokoiset kuin case-tilalla. Syötteet ovat myös laadultaan hyvin samantyyppiset. (Liite 3.)

Naapuritilan sähkökulutus on vuodessa 170 000 kWh. Lämpö tuotetaan naapuritilalla myös hakelaitoksella. Kuluja kertyy puutavaran keräämisestä, hakettamisesta ja hakelaitoksen huoltamisesta. Haketta kuluu naapurissa vuodessa noin 400 kuutiota. Case-tilan ja naapuritilan sähkön ja lämmön tarve yhdistettynä on sähkön osalta 440 000 kWh ja lämmön osalta 850 000 kWh. Lämmön energia-tarve on laskettu käyttämällä hakekuution energia-arvona 1 MWh.

7.1 Laitoksen ominaisuudet ja sijainti

Yhteinen biokaasulaitos tulisi sijaitsemaan lähellä naapuritilaa irti tilakeskuksesta. Naapuritila on maastoa katsoen hieman matalammalla kuin case-tila. Raakaa lietettä on helpompi pumpata alamäkeen, joten laitos kannattaa sijoittaa naapuritilan lähelle. Sijoittamalla laitoksen irti tilakeskuksesta vältetään hajuhaittoja, tautiriskejä ja tehostetaan logistiikkaa. Laitoskokonaisuuteen kuuluisivat 2 800 m³ suuruinen reaktori, syötteiden käsittelylaitteistot, lantala, vastaanottoallastekninen tila ja lämpökattila. (Kuva 4.)



KUVA 4. Yhteislaitokselle suunniteltu paikka (mukaiillen Karttapaikka)

Reaktorin kokoluokka on hieman ylimitoitettu, jotta jatkossa on mahdollista ottaa vastaan syötteitä myös tilojen ulkopuolelta. Tilojen ulkopuolelta tulevista syötteistä olisi mahdollista pyytää porttimak-sua. Tällaisia mahdollisuuksia voisi olla esimerkiksi Valiolta elintarviketeollisuuden sivuvirrat, Lapinlahden kunnan jätevesien puhdistusliete tai lähitilojen ylijäämärehut.

Laitoksen yhteyteen täytyisi rakentaa lantala kuivia syötteitä varten ja lietteen vastaanottosäiliö. Lantalaan olisi helppo molempien tilojen varastoida kuivalantaa ja pilaantunutta rehua. Sieltä olisi myös helppo lastata kuivasyöttölaitteistoa pyöräkuormaajalla. Lietteiden vastaanottosäiliöön täytyisi mahtua ainakin kahden viikon lietteet.

Lämpökattila olisi laitoksella syötteiden lämmitystä varten ja lisäksi laki vaatii, että kaasua täytyy saada poltettua ongelmatilanteissa, jotta sitä ei pääse karkaamaan ilmakehään. Lämpökattila tulisi olemaan laitoksella kovassa käytössä, koska polttomoottori ei ole tuottamassa lämpöä laitoksella. Tekninen tila olisi samanlainen kuin omassa biokaasulaitoksessa.

Case-tilan, laitoksen ja naapuritilan välillä kulkisi kolme putkea maanalaisesti. Yhdessä putkessa raakalietettä pumpataan laitokseen, toisessa rejektiä pumpataan takaisin varastosäiliöön ja kolmas putki olisi kaasuputki, jolla kaasua siirrettäisiin tilojen CHP-laitoksiin. Naapuritilan CHP-laitoksesta vedettäisiin sähkölinja laitokselle, jotta sähköä saadaan tuotettua laitokselle sähkökatkon sattuessa. Molemmille tiloille kannattaa investoida omat CHP-laitokset, koska sähkönsiirtolinjan ja lämpökanaalin vetäminen tiloilta laitokselle tulisi todella kalliiksi. Kaksi erillistä CHP-laitosta lisää huoltokustannuksia mutta se on silti kannattavampaa kuin yksi CHP-laitos biokaasulaitoksen luona.

Yhteinen biokaasulaitoskokonaisuus tulisi maksamaan noin 1,9 miljoonaa euroa. Investointiin on mahdollista saada 50 %:n tuki, jolloin maksettavaa jäisi 950 000 euroa. Tilojen kesken jaettuna maksettavaa jäisi 475 000 euroa kummallekin tilalle.

7.2 Tuotot

Laitos tuottaisi biometaania laskennallisesti 248 400 kuutiota. Kaikki tuotettu biometaani käytettäisiin CHP-laitoksissa ja laitoksen lämpökattilassa sähkön ja lämmön tuotantoon. Sähkön ja lämmön tuotannolla saataisiin katettua molempien tilojen sekä biokaasulaitoksen sähkön ja lämmön tarve. Tilojen ja biokaasulaitoksen lämmön kulutuksen jälkeen ylijäämä lämpöä kertyisi 47 593 kWh. Ylijäämä lämpöä ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään, joten se on hävikkiä. Ylijäämä sähköä ei laskelman mukaan juurikaan kerry. Laitoksen tuottama sähkö ja tilojen sähkönkulutus ovat yhtä suuret. Sähkönkulutuksessa on tosin vaihtelua, joten todellisuudessa sähköä myytäisiin verkkoon pieniä määriä satunnaisesti.

Muut tuotot ja hyödyt ovat samat kuin omassa biokaasulaitoksessa. Lietteiden lannoitearvo paranee, hajuhaitat vähenevät, lietteiden levitys tehostuu ja kuivalannan levitys jää pois. Lannoitearvon rahallinen hyöty olisi yhteislaitoksessa 16 272 euroa. Lietteidenlevityksen tehostumiselle on puolestaan laskettu arvoksi 2 357 euroa. (Liite 3.)

7.3 Kulut

Kuluja kertyy samaan tapaan laitoksen ylläpitämisestä kuin omassakin laitoksessa. Suuremman laitoksen takia kulut ovat ilman muuta suuremmat kuin omassa laitoksessa. Lisänä muuttuvissa kuluissa on yhteislaitokseen laskettu kuivien syötteiden lastaus. Muuttuvia kuluja yhteislaitokseen on laskettu 34 851 euroa ja kiinteitä kuluja 8000 euroa. Rahoituksen korkokulut ja lainan lyhennykset on laskettu erilleen niin kuin oman laitoksen laskelmassa.

Muuttuvissa kuluissa kuivien syötteiden lastaus on laskettu jakamalla kuivien syötteiden määrä kuutioiden syöttölaitteiston siilon tilavuudella, jolloin saadaan selville siilon täyttökerrat vuodessa. Täyttökerralle on arvioitu menevän aikaa 30min. Kertaamalla täyttökerrat 30 minuutilla saadaan vuodessa käytetty tuntimäärä kuivien syötteiden lastaamiseen. Syötteet lastataan pyöräkuormaajalla ja sen tuntihinnaksi on asetettu 70€/h. Täten kuivien syötteiden lastaamisesta on laskettu kertyvän kuluja 2 833 euroa vuodessa. (Liite 3.)

7.4 Takaisinmaksuaika ja kannattavuus

Yhteisen laitoksen takaisinmaksuaika olisi laskelman mukaan 15 vuotta. Laitoksen keskimääräinen tulos 15 vuoden ajalta olisi 47 689 euroa. Rahoitus on määritetty samalla tavalla kuin oman laitoksen laskelmassa. Lainan lyhennys yhteislaitoksessa olisi 50 667 euroa vuodessa. Korkokustannusten pienentyessä ja laina määrän laskiessa tulos riittää lainan lyhennykseen vasta yhdeksäntenä vuonna investoinnin jälkeen. Ensimmäiset yhdeksän vuotta laitoksen lainanhoitoa täytyisi siis tukea tilojen maidontuotannolla. Jos lainan lyhennykselle saisi lyhennysvapaata ensimmäisen kolmen vuoden osalta, niin laitos kykenisi hoitamaan lainan omana itsenään eikä laitosta tarvitsisi tukea tilojen maidontuotannolla. (Liite 4.)

Luken biokaasulaskurissa yhteislaitoksen takaisinmaksuajaksi muodostui 13,8 vuotta. Laskelmassa tuotot olivat hieman pienemmät kuin omassa laskelmassa. Kulut puolestaan olivat noin neljäsosan suuremmat kuin omassa laskelmassa. Tämä todennäköisesti johtuu laskurissa olevasta kaavasta, jossa joidenkin kulujen kertoimena käytetään syötteiden määrää. Laskurissa oli erikseen maininta, että jos laitos käyttää yli 20 000 kuutiota syötteitä vuodessa niin laskurin luotettavuus heikkenee. Laitoksen investointi hinta oli 120 000 euroa pienempi. (Liite 6.)

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laskelmien perusteella voi tehdä johtopäätöksen, että kumpikin biokaasulaitos pelkällä sähkön ja lämmön tuotannolla ei ole kannattava (kuva 5). Kannattavuus perustuu molemmissa laitoksissa lähes täysin sähkön hintaan. Sähkön hinnan ollessa alhainen laitos olisi käytännössä vain kallis tapa tuottaa sähköä tilalle. Sähkön ja lämmön lisäksi lannan käsittelyn- ja lannoitevaikutuksen tehostumisen hyödyt ovat hyvä lisä laitoksen tuomiin tuottoihin. Näiden muiden pienempien hyötyjen varaan laitoksen kannattavuutta ei voi kuitenkaan laskea. Laitoksen täytyy olla kannattava pelkällä sähkön ja lämmön tuotannolla, jotta siihen olisi järkevää investoida.

VERTAILUTAULUKKO OMALLA LASKURILLA			LUKEN BIOKAASULASKURILLA		
	Oma	Yhteinen		Oma	Yhteinen
Hinta	1 200 000	1 900 000	Hinta	718 600	1 788 100
Tuen osuus	600 000	950 000	Tuen osuus	359 300	894 050
Oman pääoman osuus	120 000	190 000	Oman pääoman osuus	-	-
Vieraan pääoman osuus	480 000	760 000	Vieraan pääoman osuus	359 300	894 050
Energian tuotto (kWh)	1 229 580	2 459 160	Energian tuotto (kWh)	1 027 290	2 054 579
Netto sähkö (kWh)	314 772	440 190	Netto sähkö (kWh)	308 906	481 378
Netto lämpö (kWh)	367 644	902 512	Netto lämpö (kWh)	303 993	619 699
Tuotot	61 246	112 022	Tuotot	53 466	106 624
Kulut	27 827	42 851	Kulut	21 101	41 754
Kate	33 419	69 171	Kate	32 364	64 870
Annuiteetti	46244	73220	Annuiteetti	34 709	98 767
Tulos	- 12 825 -	4 049	Tulos	- 2 345 -	33 897
Takaisinmaksuaika	19 851	47 689	Takaisinmaksuaika	11,1	13,8

KUVA 5. Kuvakaappaus Excel-laskelmasta

Kaasun jalostaminen ja myyminen voisi olla tällä hetkellä kannattavampaa kuin sähkön ja lämmön tuottaminen mutta siihen ei laskelmissa otettu kantaa. Kaasun jalostamiseen, varastointiin ja myymiseen liittyy enemmän lupa-asioita, ja ne vaativat suuremmat investoinnit kuin sähkön ja lämmön tuotantoyksikkö. Kaasun myymiselle täytyisi selvittää millaiset markkinat Ylä-Savon ja Pohjois-Savon alueella olisi.

Yhteislaitoksessa tulisi suuremman kokoluokan kautta hyötyjä kulujen osalta sekä syötteiden ja kaasun käsittelyn osalta. Samalla laitteistolla käsitellään enemmän syötteitä ja kaasua. Yhteislaitos olisi myös halvempi investointi tiloille, kuin omat laitokset molemmille tiloille. Yhteislaitoksen huono puoli olisi investointiin kuuluva noin 1,5 kilometrin mittainen lietteensiirtoputkisto, mikä epäilyttää toimintavarmuuden osalta. Raakalietteen seassa on paljon sinne kuulumattomia asioita kuten kiviä ja turvekuivikkeen mukana tulleita keppejä ja juuria. Kivet ja puun kappaleet tekevät raakalietteen pump-pauksesta haastavaa, minkä takia lietteensiirtoputkisto aiheuttaa epäilyksiä. Rejektiiä olisi helppo siirtää putkistoa pitkin pitkiäkin matkoja, koska se on tasalaatuista ja sillä on pienempi kuiva-ainepitoisuus kuin raakalietteellä.

Kumpikin laitos tuottaa investoinnin kokoon nähden liian vähän. Laitosten investointikustannus täytyisi olla puolet halvempi, jotta takaisinmaksuaika saisi alle kahdeksan vuoden, mikä on sekin vielä melko huono takaisinmaksuaika. Toinen tapa parantaa takaisinmaksuaikaa olisi korkeampi sähkön hinta mutta laskelmat on tehty jo 15 snt/kWh hinnalla mikä on tämänhetkisen markkinahintaan verrattuna jo melko yläkanttiin.

Laitosten kannattavuutta parantaisi se, että tiloille olisi enemmän kuivia syötteitä. Lietelantaa on tarjolla paljon mutta se on huonolaatuista biokaasuprosessin kannalta. Kuiva-aineprosentti on matala

minkä vuoksi lietteestä ei saada paljoa kaasua. Jos tiloilla olisi ylimääräistä peltoa nurmen viljelyä varten tai enemmän kuivikepohjaa käytössä tuotantorakennuksissa niin silloin tiloilla olisi enemmän kuivia syötteitä käytettävissä biokaasulaitokseen. Nurmen viljelyssä on otettava huomioon kestävyyskriteerit. Tarkoituksen mukaisesti biokaasulaitosta varten viljelty nurmi ei täytä kestävyyskriteerejä. Tämän takia nurmi täytyisi korjata eläinten ruokintaa varten ja mahdollisen ylijäämä rehun voisi käyttää laitoksessa.

Molempien laitosten rahoitus on laskettu siten, että investointiin saadaan 50 % on investointitukea. Tuen jälkeen loppuosa rahoitetaan 20-prosenttisesti tulorahoituksella ja 80-prosenttisesti vieraalla pääomalla eli lainalla. Investointituki energiainvestointeihin on tällä hetkellä 50 %:a. (Ruokavirasto 2023). Lainan korkotasona on käytetty 5 %:a laskelmissa, mikä vaikuttaa merkittävästi kannattavuuteen. Pienemmällä korkoprosentilla laitosten takaisinmaksuaika olisi parempi.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää biokaasun tuotantomahdollisuudet case-tilalla sekä arvioida ja vertailla kahden eri biokaasulaitoksen kannattavuutta. Tavoitteeseen päästiin. Case-tilan biokaasun tuotantopotentiaali on selvillä ja oman sekä yhteisen biokaasulaitoksen kannattavuus on arvioitu.

Opinnäytetyön luotettavuus on hyvällä pohjalla. Tilojen taustat ja syötemäärät ovat hyvin tiedossa, sillä olen työskennellyt case-tilalla neljä vuotta. Syötteiden laatua kuvaavissa arvoissa on käytetty Luken biokaasulaskurin ohjearvoja, joita voi pitää luotettavina, sillä niistä on paljon tutkittua tietoa. Kannattavuuden osalta merkittävimpiä lukuja ovat investoinnin kustannusarvio, lainan korkotaso ja sähkön hinta. Kustannusarviot laskelmissa perustuvat asiantuntijan antamiin arvioihin. Sähkön hintaa on puolestaan hankala ennustaa pitkälle tulevaisuuteen. Tämänhetkiseen sähkön markkinahintaan verrattuna laskelmissa käytetty arvo on hieman yläkanttiin.

Laskelmien tarkkuutta voitaisiin parantaa tekemällä tilojen syötteistä kaasutuskokeet. Tarkemmat arvot eivät kuitenkaan muuttaisi laskelmien lopputulosta niin merkittävästi, että kokeista olisi hyötyä. Ohjearvoilla laskelmat ovat jo tarpeeksi tarkat ja luotettavat. Tämän voi todeta laskelmia testamalla. Jotta laitosten takaisinmaksuajat saataisiin laskelmissa alle kahdeksan vuoden, kannattavuuden kannalta keskeisten lukujen olisi muututtava merkittävästi. Esimerkiksi investoinnin hinta täytyisi olla molemmissa laitoksissa hieman yli puolet nykyistä halvempi, jotta laitokset olisivat tarpeeksi kannattavia. Yli puolet halvempi investoinnin kustannusarvio ei ole kuitenkaan realistinen. Laitokset eivät myöskään olleet tarpeeksi kannattavia, vaikka sähkön hinta oli laskettu hieman yläkanttiin nykyisestä markkinahinnasta. Sähkön hinnan muokkaaminen ylöspäin ei myöskään ole realistista.

Opinnäytetyön eettisyys on hyvällä tasolla. Tilojen taloustietoja ei käsitellä opinnäytetyössä, sillä ne eivät ole työn kannalta välttämättömiä. Biokaasulaitosinvestointiin kuuluvat ehdottomasti myös maksumuuslaskelma ja liiketoimintasuunnitelma, jossa tarkastellaan tilan muuta toimintaa ja investoinnin sopivuutta tilalle. Nämä laskelmat ovat kuitenkin jätetty opinnäytetyön ulkopuolelle niiden arkaluontoisen sisällön takia. Laskelmissa otetaan kantaa vain biokaasulaitoksien kannattavuuteen.

Tulevaisuudessa lisäselvitykseen jää eri toimittajiin, teknologioihin ja rakenteellisiin ratkaisuihin tutustuminen. Tekniikka kehittyy vuosi vuodelta ja sitä myötä yleensä myös halpenee. Voisiko biokaasulaitoksen rakentaa tulevaisuudessa paljon nykyistä halvemmalla ja hyödyntää esimerkiksi vanhaa lietesäiliötä reaktorina? Lisäksi tulevaisuudessa kiinnostaa myös, mitä Valion ja St1:n yhteisyrityksellä Suomen Lantakaasu Oy:llä on tarjota biokaasun tuotannon osalta. Voisiko esimerkiksi laitosten investoinnilta säästyä myymällä syötteitä Suomen Lantakaasu Oy:n laitokseen?

Opinnäytetyön myötä olen kehittynyt ammatillisesti paljon ja sen myötä saanut uusia näkökulmia ja ajatuksia työelämään. Uskon, että biokaasulaitokset yleistyvät tulevaisuudessa entisestään ja että opinnäytetyöstä on hyötyä minulle tulevaisuudessa. Biokaasulaitosinvestointi ei ole tällä hetkellä ajankohtainen case-tilalla, mutta asiasta on kuitenkin hyvä olla tietoinen.

LÄHTEET

- Ab Stormossen Oy 2023. Lisätietoa biokaasusta. Verkkajulkaisu. <https://www.stormossen.fi/lisatie-toa-biokaasusta/>. Viitattu 12.2.2023.
- Doranova Oy julkaisuaika tuntematon. Biokaasulaitokset. Verkkajulkaisu. <https://www.doranova.fi/biokaasulaitokset/wetferm-biokaasulaitokset/>. Viitattu 12.2.2023.
- Lampinen, Ari & Rautio, Erkki 2015. Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa Maritta Kymäläinen & Outi Pakarinen (toim.) Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. HAMKin e-julkaisu 36/2015. Suomen Biokaasuyhdistys ry & Hämeen ammattikorkeakoulu, 150-157. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>. Viitattu 12.2.2023.
- Latvala, Markus 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Paras käytettävissä oleva tekniikka. Pdf-tiedosto. Suomen ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 12.2.2023
- Luostarinen, Sari & Kymäläinen, Maritta 2015. Biokaasuteknologia. E-kirja. Hämeenlinna: Suomen biokaasuyhdistys ry. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>. Viitattu 12.2.2023.
- Luostarinen, Sari 2013. Biokaasuteknologiaa maataloille 1. Maaningan tutkimustilan Raportti. Raportit ja selvitykset. <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti113.pdf>. Viitattu 12.2.2023.
- Motiva Oy. Biokaasun tuotanto maatilalla. Pdf-tiedosto. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf. Viitattu 7.2.2023.
- Nurmio, Juha, Mahal, Katja, Marttinen, Sanna, Pyykkönen, Ville, Riihimäki, Markku, Suoniemi, Jani & Winquist, Erika 2014. Biokaasulaskurin käyttöohje. Pdf-tiedosto. Luonnonvarakeskus. Julkaistu 5/2014. https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohjekirja.pdf. Viitattu 13.2.2023.
- Ruokavirasto 2023. Maatalouden energiainvestointituet. Verkkajulkaisu. Päivitetty 20.3.2023. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/investoinnit/maatalouden-investointituet/#3.-maatilojen-energiainvestoinnit>. Viitattu 8.4
- Suomen Biokierto ja Biokaasu ry 2020. Biokaasun tuotanto ja käyttö Suomessa 2030. Pdf-tiedosto. https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2020/06/Biokaasu2030_raportti_17062020.pdf. Viitattu 6.2.2023.
- Nykänen, Helmi. Valio ja energiayhtiö St1 suunnittelevat Pohjoismaiden suurinta biokaasulaitosta Savoon. Verkkajulkaisu. Yle 9.3.2022. <https://yle.fi/a/3-12351241>. Viitattu 6.2.2023.
- Remes, Meri. Vieremälle miljoonainvestointi biokaasuun: tarkoitus ostaa paikallisilta maanviljelijöiltä biokaasua. Yle 5.7.2022. <https://yle.fi/a/3-12523782>. Viitattu 7.2.2023.

LIITE 1: OMAN LAITOKSEN LASKELMAT

Biokaasulaitoksen kannattavuus laskuri

Syötteet	Määrä (tn/vuosi)	tiheys (kg/m3)	Määrä (m3/vuosi)	TS%	TS kg	VS/TS%	VS kg	Nm3/kgVS	Nm3 CH4
Lypsylehmän lietelanta	10 000	1 000	10 000	0,060	600 000	0,800	480 000	0,200	96 000
Olikipohjainen kuivalanta	250	700	357	0,300	75 000	0,850	63 750	0,220	14 025
Säilörehu nurmi	150	600	250	0,300	45 000	0,900	40 500	0,350	14 175
					-		-		-
					-		-		-
					-		-		-
					-		-		-
Yhteensä	10 400		10 607		720 000		584 250		124 200

Arvoja ja kertoimia

Laitoksen kuormitus	1,66 kgVS/d/m3	Viipymä vrk	35
Biokaasua tunnissa	23,63 Nm3/h	Syötettä vrk	29,1
Metaania tunnissa	14,2 Nm3/h	Rejektia vrk	28,5
Biokaasun metaanipitoisuus	60 %	Reaktorin koko m3	1007
Metaanin energiasisältö	9,90 kWh/Nm3 CH4		
Laitoksen tuottama energia	1 229 580 kWh/vuosi		
Laitoksen lämmönkulutus kokonaisenergiasta	21 %		
Laitoksen sähkönkulutus kokonaisenergiasta	3,50 %		

Kaasun käyttökertoimet

Lämpö kattila	3 %
CHP	97 %

Energian käyttö

LÄMPÖ KATTILA	Hyötysuhde	kWh/vuosi	kWh/h	Laitos	Netto
Lämmöntuotanto	80 %	29 510	3		29 510

CHP	CHP hyötysuhde	kWh/vuosi	kWh/h	Laitos	Netto	Ostosähkö
Sähköntuotanto	30 %	357 808	41	43 035	314 772	1 291
Lämmöntuotanto	50 %	596 346	68	258 212	338 135	258 212

Tilan sähkön kulutus	270 000	Yli/alijäämä sähkö	44 772
Tilan lämmön kulutus	400 000	Yli/alijäämä lämpö	32 356
			367 644

Kannattavuuslaskelma

Tuotot

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Sähkö omaan käyttöön (kWh)	270 000	0,15	40 500
Ylijäämä sähkön myynti (kWh)	44 772	0,05	2 239
Lämpö (kWh)	338 135	0,03	10 144
Lannoitehyöty (kg)	5 038	1,66	8 364
Lietteenlevityksen tehostuminen (h)	9,8	120	1 179
Yhteensä			61 246

Muuttuvat kustannukset

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Varaosat (€)	1	13 000	13 000
Huoltotyö (h)	60	70	4 200
Laitoksen valvonta (h)	122	20	2 433
Kuivien syötteiden lastaus (h)	20	-	-
Ostosähkö	1291	0,15	194
Ostolämpö	0	-	-
Yhteensä			19 827

Kiinteät kustannukset

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Etävalvonta ja huoltosopimus	1	5 000	5 000
Vakuutus	1	3 000	3 000
Yhteensä			8 000

Kate A

33 419

LIITE 2: OMAN LAITOKSEN LASKELMAT

Rahoitus

Laitoksen hinta alv. 0%	1 200 000	Korko %	5 %
Alv. osuus	288 000	Laina-aika	15
Hinta sis. Alv.	1 488 000		

Investointituki %	50 %
Investointituki €	600 000
Oma rahoitus	120 000
Rahoitusta tarvitaan	480 000

	1	2	3	4	5
Tuotot	61 246	61 246	61 246	61 246	61 246
Kustannukset	27 827	27 827	27 827	27 827	27 827
Korot	35 520	22 400	20 800	19 200	17 600
Tulos A	- 2 101	11 019	12 619	14 219	15 819
Lyhennykset	32 000	32 000	32 000	32 000	32 000
Lainan pääoma	480 000	448 000	416 000	384 000	352 000
Kassa	- 34 101 -	55 081 -	74 462 -	92 242 -	108 423
Kumulatiivinen kehitys tulos A	- 2 101	8 919	21 538	35 758	51 577
Takaisinmaksuaika	30,2				
KA Tulos	19 851				

LIITE 3: YHTEISEN LAITOKSEN LASKELMAT

Biokaasulaitoksen kannattavuus laskuri

Syötteet	Määrä (tn/vuosi)	tiheys (kg/m ³)	Määrä (m ³ /vuosi)	TS%	TS kg	VS/TS%	VS kg	Nm ³ /kgVS	Nm ³ CH ₄
Lypsylehmän lietelanta	20 000	1 000	20 000	0,060	1 200 000	0,800	960 000	0,200	192 000
Olkipohjainen kuivalanta	500	700	714	0,300	150 000	0,850	127 500	0,220	28 050
Säilörehu nurmi	300	600	500	0,300	90 000	0,900	81 000	0,350	28 350
					-		-		-
					-		-		-
					-		-		-
					-		-		-
Yhteensä	20 800		21 214		1 440 000		1 168 500		248 400

Arvoja ja kertoimia

Laitoksen kuormitus	1,66 kgVS/d/m ³	Viipymä vrk	35
Biokaasua tunnissa	47,26 Nm ³ /h	Syötettä vrk	58,1
Metaania tunnissa	28,4 Nm ³ /h	Rejektia vrk	57,0
Biokaasun metaanipitoisuus	60 %	Reaktorin koko m ³	2014
Metaanin energiasisältö	9,90 kWh/Nm ³ CH ₄		
Laitoksen tuottama energia	2 459 160 kWh/vuosi		
Laitoksen lämmönkulutus kokonaisenergiasta	21 %		
Laitoksen sähkönkulutus kokonaisenergiasta	4,00 %		

Kaasun käyttökertoimet

Lämpö kattila	27 %
CHP	73 %

Energian käyttö

LÄMPÖ KATTILA	Hyötysuhde	kWh/vuosi	kWh/h	Laitos	Netto
Lämmöntuotanto	80 %	521 342		60	516 424

CHP	CHP hyötysuhde	kWh/vuosi	kWh/h	Laitos	Netto	Ostosähkö
Sähköntuotanto	30 %	538 556		61	98 366	440 190
Lämmöntuotanto	50 %	897 593		102		897 593

Tilojen yhteenlaskettu sähkön kulutus	440 000	Yli/alijäämä sähkö	190
Tilojen yhteenlaskettu lämmön kulutus	850 000	Yli/alijäämä lämpö	47 593

Tuotot

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Sähkö omaan käyttöön (kWh)	440 000	0,15	66 000
Ylijäämä sähkön myynti (kWh)	190	0,05	9
Lämpö (kWh)	897 593	0,03	26 928
Lannoitehyöty (kg)	10 077	1,66	16 727
Lietteenlevityksen tehostuminen (h)	19,6	120	2 357
Yhteensä			112 022

Muuttuvat kustannukset

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Varaosat (€)	1	20 000	20 000
Huoltotyö (h)	70	80	5 600
Laitoksen valvonta (h)	122	20	2 433
Kuivien syötteidensä lastaus (h)	40	70	2 833
Ostosähkö	26559	0,15	3 984
Ostolämpö	0	-	-
Yhteensä			34 851

Kiinteät kustannukset

Tuote	Määrä	€/yksikkö	€
Etävalvonta ja huoltosopimus	1	5 000	5 000
Vakuutus	1	3 000	3 000
Yhteensä			8 000

Kate A

69 171

LIITE 4: YHTEISEN LAITOKSEN LASKELMAT

Rahoitus

Laitoksen hinta alv. 0%	1 900 000	Korko %	5 %
Alv. osuus	456 000	Laina-aika	15
Hinta sis. Alv.	2 356 000		
Investointituki %	50 %		
Investointituki €	950 000		
Oma rahoitus	190 000		
Lainaa tarvitaan	760 000		

	1	2	3	4	5
Tuotot	112 022	112 022	112 022	112 022	112 022
Kustannukset	42 851	42 851	42 851	42 851	42 851
Korot	56 240	35 467	32 933	30 400	27 867
Tulos A	12 931	33 705	36 238	38 771	41 305
Lyhennykset	50 667	50 667	50 667	50 667	50 667
Lainan pääoma	760 000	709 333	658 667	608 000	557 333
Kassa	- 37 735 -	54 697 -	69 126 -	81 021 -	90 383
Kumulatiivinen kehitys tulos A	12 931	46 636	82 874	121 646	162 950
Takaisin maksuaika	20				
KA Tulos	47 689				

LIITE 5: BIOKAASULASKURIN TULOKSET OMASTA LAITOKSESTA

Syötteen		
Syötelistä		
Naudan lietelanta	10 000	t/a
Naudan kuivikelanta	250	t/a
Säilörehu (nurmiheinät)	150	t/a
Syötteen yhteensä		
Yhteismäärä	10 400	t/a
Kuiva-aineen määrä	720	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	6,92	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	1,61	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	35	d
Reaktorin nestetilavuus	997	m ³
Varastointitilan tarve		
Separoitu nestejää	8 293	m ³
Separoitu kuivajää	2 304	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	1 027 290	kWh
Kaasuteho	117	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	161 358	m ³
Sähköteho (CHP)	35	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	71	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	3	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	644 008	kWh
Laitoksen kulutus	340 015	kWh
Oman yrityksen kulutus	450 000	kWh
Myyntipotentiaali	-146 007	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	308 906	kWh
Laitoksen kulutus	79 033	kWh
Oman yrityksen kulutus	270 000	kWh

Myyntipotentiaali	-40 127	kWh
Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	0	kWh
Tuotettu määrä kiloina	0	kg
Ravinteet		
Käsittelyjäänös	10 211	t
Kuiva-aine	5,20	%
Kokonaistyyppi (N)	5,14	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen tyyppi	3,33	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,92	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	4,65	kg / t (tuorepaino)
Liukoisen tyyden lisääntyminen biokaasuprosessissa	4 453	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	34 481	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	15 200	€/a
Sähköenergian myynti	0	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti jakelijan kautta	0	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syötteen		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäänöksen lannoitusarvo		
Liukoisen tyyden lisääntyminen	3 785	€/a
Tuotot yhteensä	53 466	€/a
Kustannukset		
Syötteen ja käsittelyjäänöksen		
Rehun tuotanto ja varastointi	0	€/a
Rehun murskaus ja lastaus	0	€/a
Kuivajakeen separointi syötteen ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a

Käsittelyjäänöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	0	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	4 016	€/a
Liikennekaasun jalostus	0	€/a
Tankkausasema	0	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet m.L. kaasukattila	4 997	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	6 495	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	3 593	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	21 101	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	718 600	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	0	€
Tankkausasema	0	€
Käsittelyjäänöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	718 600	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	359 300	€
Investointikustannus tuen jälkeen	359 300	€
Kannattavuus		
Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	5	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-34 709	€
Kate	32 364	€
Tulos	-2 344	€

Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuaika tuki huomioiden

11,10 a

LIITE 6: BIOKAASULASKURIN TULOKSET YHTEISLAITOKSESTA

Syytteet		
Syytelista		
Naudan lietelanta	20 000	t/a
Naudan kuivikelanta	500	t/a
Säilörehu (nurmiheinät)	300	t/a
Syytteet yhteensä		
Yhteismäärä	20 800	t/a
Kuiva-aineen määrä	1 440	t/a
Kuiva-ainepitoisuus	6,92	%
Laimennusveden määrä	0	m ³ /a
Tekniikka		
Reaktori		
Orgaaninen kuormitus	1,61	kg VS / (m ³ d)
Reaktorin viipymä	35	d
Reaktorin nestetilavuus	1 995	m ³
Varastointitilan tarve		
Separoitu nestejäte	16 585	m ³
Separoitu kuivajäte	4 607	m ³
Energia		
Yleistiedot		
Biokaasun energiasisältö	2 054 579	kWh
Kaasuteho	235	kW
Tuotetun biokaasun/raakakaasun tilavuus	322 716	m ³
Sähköteho (CHP)	71	kW (sähkö)
Lämpöteho (CHP)	141	kW (lämpö)
Lämpöteho (lämpökattila)	6	kW (lämpö)
Lämmön tuotanto		
Tuotettu määrä	1 288 016	kWh
Laitoksen kulutus	668 317	kWh
Oman yrityksen kulutus	850 000	kWh
Myyntipotentiaali	-230 301	kWh
Sähkön tuotanto		
Tuotettu määrä	617 812	kWh
Laitoksen kulutus	136 434	kWh
Oman yrityksen kulutus	440 000	kWh

Myyntipotentiaali	41 378	kWh
Biokaasun käyttö/myynti raakakaasuna		
Raakakaasun energiasisältö	0	kWh
Biometaan		
Puhdistetun kaasun energiasisältö	0	kWh
Tuotettu määrä kiloina	0	kg
Ravinteet		
Käsittelyjäännös	20 423	t
Kuiva-aine	5,20	%
Kokonaistyyppi (N)	5,14	kg / t (tuorepaino)
Liukoinen tyyppi	3,33	kg / t (tuorepaino)
Fosfori (P)	0,92	kg / t (tuorepaino)
Kalium (K)	4,65	kg / t (tuorepaino)
Liukoksen tyyppien lisääntyminen biokaasuprosessissa	8 906	kg
Tuotot		
Energia		
Korvaushyöty sähkön omasta käytöstä	66 000	€/a
Korvaushyöty lämmön omasta käytöstä	30 985	€/a
Sähköenergian myynti	2 069	€/a
Lämpöenergian myynti	0	€/a
Liikennepolttoaineen myynti jakelijan kautta	0	€/a
Siirto ja myynti kaasuna	0	€/a
Porttimaksulliset syytteet		
Porttimaksullinen syöte	0	€/a
Käsittelyjäännöksen lannoitusarvo		
Liukoksen tyyppien lisääntyminen	7 570	€/a
Tuotot yhteensä	106 624	€/a
Kustannukset		
Syytteet ja käsittelyjäännös		
Rehun tuotanto ja varastointi	0	€/a
Rehun murskaus ja lastaus	0	€/a
Kuivajakeen separointi syötteeksi ja käsittely	0	€/a
Kiinteän raaka-aineen jatkokäsittely, esim. murskaus ja lastaus	0	€/a
Lietemäisen raaka-aineen jatkokäsittely	0	€/a
Raaka-aineen kuljetus	0	€/a

Käsittelyjäännöksen rahti ja levitys	0	€/a
Ostohyödykkeet		
Ostosähkö	0	€/a
Kemikaali- ja käyttövesikustannukset	0	€/a
Ylläpito-, huolto- ja korjauskustannukset		
CHP	8 032	€/a
Liikennekaasun jalostus	0	€/a
Tankkausasema	0	€/a
Laitoksen muu tekniikka ja rakenteet ml. kaasukattila	12 145	€/a
Konetyö	0	€/a
Päivittäinen työ (tarkastus + pienet korjaukset)	10 637	€/a
Hallinnollinen työ	2 000	€/a
Vakuutukset ja muut kulut		
Vakuutus	8 941	€/a
Muu kustannus	0	€/a
Kustannukset yhteensä	41 754	€/a
Investoinnit		
Investointihinta ilman tukea (alv 0 %)		
Biokaasulaitos (sis. lämpökattilan)	1 788 100	€
CHP-yksikkö	0	€
Kaasun puhdistus ja paineistus	0	€
Tankkausasema	0	€
Käsittelyjäännöksen separointi ruuvipuristimella	0	€
Separoidun kuivajakeen varastointi	0	€
Investointi ilman tukea yhteensä	1 788 100	€
Investointikustannus tuen jälkeen (alv 0 %)		
Tuki	50	%
Tuen määrä	894 050	€
Investointikustannus tuen jälkeen	894 050	€
Kannattavuus		
Annuiteettimenetelmä		
Laskentakorkokanta	5	%
Investoinnin annuiteetti tuki huomioiden	-98 767	€
Kate	64 870	€
Tulos	-33 897	€

Takaisinmaksuajan menetelmä

Takaisinmaksuaika tuki huomioiden 13,78 a