



Joona Kalmari

## Maatilakohtaisen biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus suomalaisella sikatilalla



Helsingin Yliopisto  
Taloustieteen laitos  
Selvityksiä nro 42  
Maatalousekonomia  
Helsinki 2006



Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty		Laitos — Institution — Department	
Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Taloustieteen laitos	
Tekijä — Författare — Author Joonas Kalmari			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Maatilakohtaisen biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus suomalaisella sikatilalla			
Oppiaine — Läroämne — Subject Maatalouden liiketaloustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Pro gradu -tutkielma		Aika — Datum — Month and year Helmikuu 2006	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 58 s. + 12 liites.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat tekijät. Toisena tavoitteena oli selvittää tuotetun biokaasukuutiometrin arvo. Tutkimus suoritettiin kahdessa osassa vuosina 2002 ja 2005. Ensimmäisessä vaiheessa kerättiin kirjekselyn avulla perustietoa maatilakohtaisen biokaasulaitoksen rakentamista harkitsevilta maatilayrittäjiltä. Kirjekselyn vastaukset koottiin yhteen ja analysoitiin. Pienen otoksen (n=10) vuoksi tuloksia ei voida yleistää eikä tutkia tilastollisin menetelmin. Tuloksista voidaan kuitenkin saada suuntaa antavaa tietoa maatiloista, jotka tällä hetkellä suunnittelevat biokaasulaitosinvestointia.</p> <p>Toinen vaihe tutkimuksesta toteutettiin vuoden 2005 aikana. Tutkimus tapahtui tapaustutkimuksena. Valittu tutkimustila edustaa tyypillistä biokaasulaitosinvestointia harkitsevaa tilaa. Tutkimuksessa hyödynnettiin tutkijan Metener Oy:lle tekemää biokaasulaitoksen esisuunnitelmaa. Tutkimustilalle muodostettiin kolme biokaasulaitosvaihtoehtoa, jotka eroavat toisistaan syöttömateriaaleiltaan. Vaihtoehtojen paremmuus selvitetiin investointianalyysia käyttäen. Investointianalyysia täydennettiin herkkyysanalyysilla, jotta saatiin kattava kuva eri tekijöiden vaikutuksesta investoinnin kannattavuuteen. Herkkyysanalyysin toisessa vaiheessa tutkittiin investointianalyysin perusteella parhaan vaihtoehdon, eli biojätevaihtoehdon, herkkyyttä eri taloudellisten tekijöiden muutoksille.</p> <p>Investointianalyysin perusteella maatilakohtainen biokaasulaitoksen kannattava toiminta tutkimustilalla edellyttää muita tulonlähteitä kuin pelkän energiantuotannosta saatavan tuoton. Biojätevaihtoehdossa saatava porttimaksutulo riittää tekemään laitoksen toiminnasta kannattavan. Porttimaksutulon kaltaisia lisätulonlähteitä biokaasuyrittäjälle voivat olla myydystä biokaasuenergiasta saatava lisähinta tai lopputuotteen myynti lannoitteeksi.</p> <p>Biokaasuenergia on uusiutuvaa energiaa, jonka lisääminen on energiapolitiisesti tärkeää. Tuotetulle uusiutuvalle energialle maksettava lisähinta olisi suoraa investointitukea parempi ohjauskeino, koska tällöin maksettaisiin toteutuneesta energiantuotannosta, eikä ainoastaan tuotantokapasiteetin rakentamisesta. Hyödyllisten ympäristöinvestointien vauhdittamiseksi on kuitenkin tärkeää, että niille osoitetaan myös investointitukea.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Biokaasulaitos, kannattavuus, investoinnit, maatilakohtainen			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Taloustieteen laitos, maatalouden liiketaloustiede			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information			

## Sisällysluettelo

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>4</b>
<b>2. MAATILAKOHTAINEN BIOKAASULAITOS</b> .....	<b>5</b>
2.1. Biokaasuteknologia .....	5
2.2. Energiantuotanto .....	8
2.3. Lainsäädäntö .....	8
2.4. Ympäristövaikutukset .....	9
<b>3. BIOKAASULAITOSINVESTOINNIN KANNATTAVUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT</b> .....	<b>10</b>
3.1. Energiantuotannon tehokkuus .....	10
3.2. Energiantuotannon hyötysuhde .....	12
3.3. Kustannukset ja tuotot .....	13
<b>4. TUTKIMUSMENETELMÄT</b> .....	<b>16</b>
4.1. Tapaustutkimus .....	16
4.2. Investointianalyysi .....	17
4.3. Investointilaskentamenetelmät .....	20
4.3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä .....	20
4.3.2. Nettonykyarvmenetelmä .....	20
4.3.3. Sisäisen korkokannan menetelmä .....	21
4.3.4. Annuiteetti .....	22
4.4. Herkkyysanalyysi .....	22
<b>5. KYSELYTUTKIMUSAINEISTO JA -TULOKSET</b> .....	<b>24</b>
5.1. Lähtötiedot .....	24
5.2. Kyselytutkimuksen tulokset .....	24
5.2.1 Kysymysosio 1 .....	25
5.2.2. Kysymysosio 2 .....	26
5.2.3. Kysymysosio 3 .....	26
5.2.4. Kysymysosio 4 .....	27
5.2.5. Kysymysosio 5 .....	31
5.2.6. Kysymysosio 6 .....	31
<b>6. BIOKAASULAITOS SIKATILALLA; TAPAUSTUTKIMUKSEN AINEISTO JA -TULOKSET</b> .....	<b>32</b>
6.1. Biokaasulaitoksen toiminta tutkimustilalla .....	32
6.2. Biokaasulaitosvaihtoehdot .....	34
6.2.1 Pelkkä sianlietevaihtoehto .....	35
6.2.2. Peltobiomassavaihtoehto: Sikalan lietelanta ja sokerijuurikas .....	36
6.2.3 Biojättevaihtoehto: Sikalan lietelanta ja suurkeittiöjäte .....	37
6.3. Taloudellinen tarkastelu .....	38
6.3.1. Tuotot ja kustannukset .....	38
6.3.2. Investointianalyysi .....	41
6.3.3. Herkkyysanalyysi .....	44
6.3.4. Biokaasun arvo .....	50
6.3.5. Biokaasuenergian yksikkökustannus .....	51
<b>7. TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>53</b>

7.1. Tulosten tarkastelu.....	53
7.2. Tulosten luotettavuuden arviointi.....	55
<b>LÄHDELUETTELO.....</b>	<b>57</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>59</b>

## 1. Johdanto

Biokaasulaitos edustaa uutta ympäristöteknologiaa, jonka käyttöönotto Suomen maataloudessa on vielä pienimuotoista. Pääosin karjatalouden tuottamaa lantaa käsitteleviä laitoksia on kirjoitushetkellä toiminnassa Suomessa alle kymmenen ja suunnitteilla on joitakin kymmeniä laitoksia. Laitosten teho ja koko vaihtelevat käsiteltävän lietteen määrän mukaan. Toimintaperiaate on kuitenkin sama. Biolaitoksessa hyödynnetään anaerobista mikrobitoimintaa, jolla saadaan reaktorisäiliössä aikaan hallittu hajoaminen. Lopputuotteena saadaan biokaasua, jota voidaan hyödyntää energiantuotantoon ja mädätyslietettä, joka soveltuu lannoitteeksi.

Biokaasulaitosinvestointi voidaan nähdä ympäristöinvestointina, jolla on oma ympäristöhaittoja vähentävä itseisarvonsa, huolimatta siitä, tuottaako laitos omistajalleen lainkaan kassatuloa. Tässä mielessä biokaasulaitoksen investoinnin kannattavuuden sijaan voitaisiin puhua investoinnin edullisuudesta tai suositeltavuudesta. Biokaasulaitosinvestointia voidaan kuitenkin käsitellä puhtaasti energiantuotantoinvestointina, jolloin vältetään ympäristöhyötyjen vaikeasta arvottamisesta seuraava tulosten epävarmuus. Tämän pro gradu -tutkimuksen tavoitteena on tutkia maatilakohtaisen biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuutta suomalaisilla nauta- ja sikatiloilla. Tutkimuksella pyritään selvittämään se taloudellisten vaikutusten joukko, jonka huomioiminen on oleellista biokaasulaitosinvestointia suunniteltaessa. Tutkimuksessa etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus ja siihen vaikuttavat tekijät.
- Biokaasulla tuotetun energian yksikkökustannus

Tutkimus on toteutettu tapaustutkimuksena, johon on valittu yksi sikatila, jolle on suunniteltu biokaasulaitos. Tutkimustilan suunniteltua biokaasulaitosinvestointia on tutkittu investointianalyysin menetelmin ja täydennetty herkkyyshanalyysillä. Tapaustutkimusta on edeltänyt kyselytutkimus, jolla on selvitetty millainen on keskimääräinen biokaasulaitosinvestointia suunnitteleva tila. Kyselytutkimuksen tuloksia on käytetty arvioitaessa tapaustutkimuksen tulosten yleistettävyyttä.

## 2. Maatilakohtainen biokaasulaitos

### 2.1. Biokaasuteknologia

Biokaasu muodostuu hapettomassa tilassa tapahtuvan biokemiallisen ja mikrobiologisen hajoamisen tuloksena. Biokaasu sisältää metaania 60-70 %, hiilidioksidia 30-40 %, alle 1 % hiilivetyä ja pieniä määriä muita kaasuja, joista merkittävin on rikkivety. Kaatopaikoilta saatava biokaasu sisältää myös jonkin verran ilman mukanaan tuomaa typpeä, toisin kuin reaktori-tyyppiset laitokset (Bernesson, S. 1989).

Biokaasuprosessin raaka-aineena ovat hiilihydraatit, proteiinit ja muut typpiyhdisteet sekä rasvat ja muut lipidit. Nämä niin sanotut nopeasti hajoavat yhdisteet sopivat hyvin anaerobisesti hajotettavaksi biokaasulaitoksessa. Hitaasti hajoavat orgaaniset yhdisteet, kuten ligniini ja useimmat muovit eivät sovellu hyvin biokaasuprosessin raaka-aineeksi.

Biokaasuprosessin ensimmäinen vaihe on hydrolyysi. Siinä lähtöaineet pilkkoutuvat veden avulla sokereiksi, aminohapoiksi ja rasvahapoiksi. Aminohapot hajoavat edelleen ammoniakiksi. Hydrolyysi edellyttää, että syöttömateriaalien vesipitoisuus on yli 50 %. Yleensä vesi on mukana lähtöaineessa. Vesi on mahdollista myös kierrättää, jolloin puhutaan kuivamädätyksestä. Tällaisia kuivaprosesseja ei kuitenkaan ole käytössä Suomessa toimivissa biokaasulaitoksissa. Prosessin toisessa vaiheessa hydrolyysituotteet hajoavat happokäymisen kautta lyhytketjuisiksi karboksyylihapoiksi kuten etikka-, propioni- ja voihihapoiksi. Happokäymistä kutsutaan myös happofermentaatioksi ja mätänemiseksi. Prosessin kolmannessa vaiheessa eli asetogeneesissa asetaattia tuottavat bakteerit hajottavat karboksyylihapot asetaatti-ioneiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Prosessin viimeisessä vaiheessa metanogeneettiset bakteerit tuottavat metaania asetaatti-ioneista tai vedystä ja hiilidioksidista. Noin 70 % metaanista muodostuu asetaatti-ioneista ja 30 % vedystä. Mikäli hajotettavassa materiaalissa on mukana sulfaatteja, lopputuotteena muodostuu lisäksi rikkivetyä sulfaattipelkistäjäbakteerien toiminnan tuloksena (Lampinen, 2004).

Biokaasuprosessit voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen mukaan, millä lämpötila-alueella prosessin mikrobit toimivat. Psykrofiilisten mikrobin optimilämpötila on 0-15 °C, mesofiilisten 30-45 °C ja termofiilisten 50-60 °C. Biokaasureaktorissa lämpötila pyritään pitämään mahdollisimman vakiona, jotta mikrobipopulaatio olisi optimilämpötilassaan. (Lampinen, 2004)

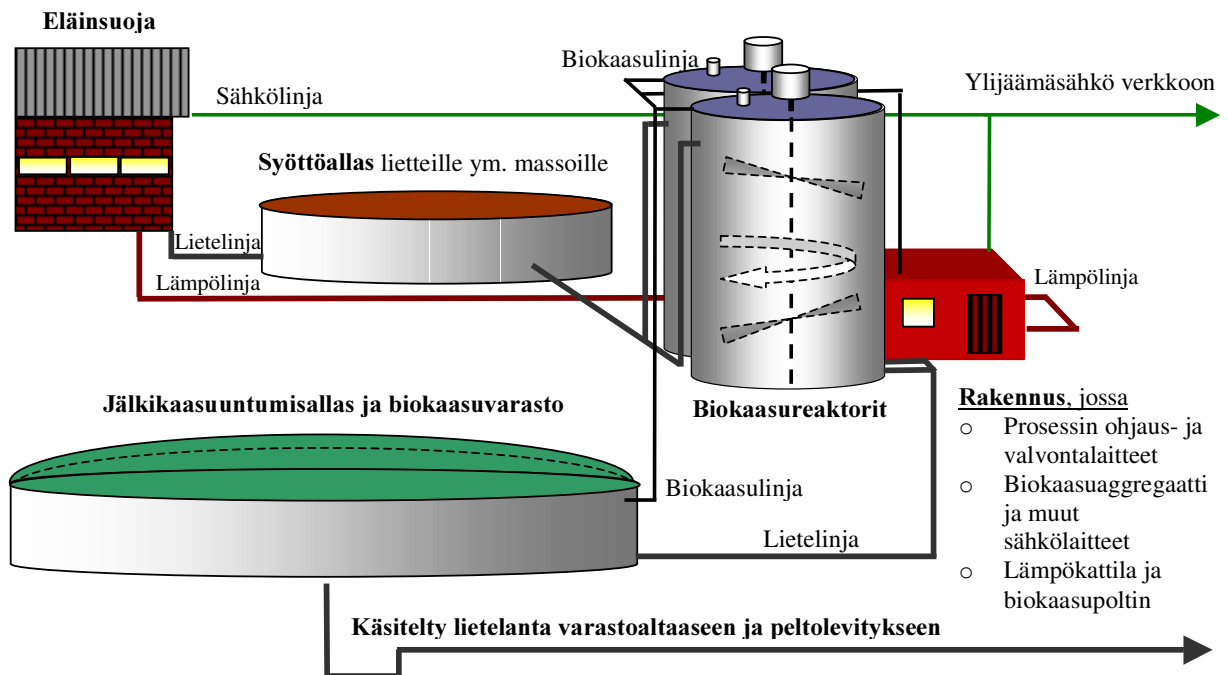
Maatilakohtaisessa biokaasulaitoksessa (Farm Scale Anaerobic Digestion) käsitellään pääosin yhdeltä maatilalta tuleva lietelanta. Useamman maatilannat käsitteleviä yhteislaitoksia kutsutaan keskitetyiksi biokaasulaitoksiksi (Centralized Anaerobic Digestion, CAD). Keskitettyjä laitoksia on erityisesti Tanskassa, jossa niiden rakentamista on tuettu merkittävin avustuksin. Maatilamittakaavan laitoksia on eniten Saksassa, jossa biosähkön tuotantoa tuetaan merkittävästi.

Maatilakohtaisessa biokaasulaitoksessa on mahdollista yhteiskäsitellä lähialueella tuotettua lietettä, peltokasveja tai muita orgaanisia materiaalia. Joidenkin tyyppisten syöttömateriaalien metaanintuottopotentiaaleja on esitetty taulukossa 1. Tuotettu energia hyödynnetään tavallisesti pääosin tilalla ja käsitelty lanta käytetään tilan pelloilla. Lisämateriaalin käyttö nostaa laitoksen kaasuntuottoa ja ylimääräinen energia voidaan myydä sähköverkkoon, liikennepolttoainekäyttöön, kaasuna siirtolinjaa pitkin tai kaukolämpönä. Lisäksi jätteenkäsittelypalvelujen myynnissä vakiintunut käytäntö on jätteenkäsittelymaksun periminen. Tämä niin sanottu porttimaksu on biokaasulaitosyrittäjälle maksettava maksu, joka peritään jokaisesta biokaasulaitokseen vastaanotetusta jätetonnista.

Taulukko 1. Esimerkkejä erilaisten materiaalien metaanintuottopotentiaaleista.

<b>Materiaali</b>	<b>Metaanintuottopotentiaali CH<sub>4</sub></b> <b>(m<sup>3</sup>/t<sub>märkäpaino</sub>)</b>
Rasvat (teoreettinen)	1014
Proteiinit (teoreettinen)	504
Hiilihydraatit (teoreettinen)	415
Teurastamojäte	150-200
Yhdyskuntien biojäte	100-150
Energiakasvit	30-80
Sian lanta	12
Lehmän lanta	9

Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen toimintaperiaate on esitetty kuviossa 1. Biokaasulaitos rakennetaan yleensä kustannussyistä tilalla olevia rakenteita hyödyntäen. Tilalla mahdollisesti jo olevia lietealtaita voidaan käyttää lietteen syöttö- ja jälkikaasuuntumisaltaana. Tavallisimmin syöttöaltaaksi valitaan pienin allas edellyttäen, että altaan etäisyys eläinsuojasta ei ole liian suuri. Jälkikaasuuntumisaltaana käytetään tavallisesti halkaisijaltaan 10-25 metrin lieteallasta. Allas katetaan kaksoiskalvolla, jossa sisempi kalvo toimii biokaasuvarastona ja ulompi suojaa kaasukalvoa säältä ja UV-säteilyltä. Kalvorakenne on paineistettu kalvojen välistä pienellä ylipaineella, joka antaa prosessipaineen kaasun käyttöpäähän. Biokaasuvarasto tasaa eroja kulutuksen ja käytön välillä ja siten laitosta ei tarvitse ajaa alas esim. aggregaattihuoltokatkosten takia. Lisäksi kaasuväriesto estää kasvihuonekaasupäästöt sekä hajuhaittoja aiheuttavan ammoniakkin haihtumisen käsittelystä lietelannasta.



Kuvio 1. Maatilakohtainen biokaasulaitos (Jokela 2001)

Eläinsuojan lietkanavista tuleva lietelanta varastoidaan syöttöaltaaseen, josta liete pumpataan biokaasureaktoriin. Mahdolliset lisäsyöttömateriaalit voidaan sekoittaa lietelantaan ennen syöttöpumppausta tai syöttää eri linjaa reaktoriin. Biokaasureaktori on täyssekoitteinen ja liettilän lämpötila pidetään lämmitysputkistolla joko 35-40 °C



(mesofiilinen prosessi) tai 55 °C (termofiilinen). Mesofiilisen prosessin etu on pienempi lämpöenergian kulutus, kun taas termofiilisessä käsittelystä käsittelyaika on kolmanneksen lyhyempi ja lannan hygienisoituminen on täydellisempää.

Tuotettu biokaasu voidaan hyödyntää joko sähkön- ja lämmöntuotannossa tai liikennepolttoaineena tai tuhota poltin-lauhdutin-yhdistelmässä. Kaasunkäyttölaitteille haitalliset rikkivety-yhdisteet poistetaan sitä ennen biokaasusta hapettamalla, mikä tapahtuu syöttämällä pieni määrä ilmaa reaktorin yläosaan. Lietelanta purkautuu ulos reaktorista syöttöpumpppauksen yhteydessä kaasukalvorakenteella katettuun liotelanta-altaaseen, jossa liotelanta jälkikaasuuntuu vähintään kuukauden ajan. Jälkikaasuuntumisessa muodostuvan metaanin osuus kokonaismäärästä on noin 10 % (Luostarinen, 2001).

## 2.2. Energiantuotanto

Biokaasua hyödynnetään energiantuotannossa sen sisältämän metaanin energiasisällön vuoksi. Yhden metaanikuutiometrin terminen energiasisältö on 9,973 kWh ( $3.590 \cdot 10^7$  J), mikä vastaa energiasisällöltään noin yhtä litraa kevyttä polttoöljyä (Suomen Biokaasukeskus ry. 2001). Biokaasun terminen energiasisältö riippuu kaasun metaanipitoisuudesta, joka taas on riippuvainen syötettävästä raaka-aineesta. Keskimääräinen metaanipitoisuus on naudanolannalla tuotetussa biokaasussa 55-75 % ja sianlannalla 70-80 % (Steffen, R. ym. 1998).

Biokaasua voidaan käyttää energiaksi joko polttamalla lämmöksi kaasupolttimessa tai käyttämällä kaasumoottorissa tai -turbiinissa. Kaasumoottori voidaan kytkeä generaattoriin, jolloin tuotettu sähkö voidaan hyödyntää joko tilan omaan käyttöön tai myydä. Ajoneuvokäytössä kaasu paineistetaan ja tankataan kaasukäyttöiseksi varustetun auton kaasutankkiin. Sähkön tuotannossa voidaan hyödyntää myös saatava lämpö, jolloin puhutaan CHP-yksiköstä (eng. combined heat and power).

## 2.3. Lainsäädäntö

Biokaasulaitoksia koskevat erilaiset rakentamista ja energiantuotantoa koskevat lait ja säädökset. Laitosten on täytettävä voimassaolevat paloturvallisuus ja muut rakennusmääräykset. Biokaasulaitoksia koskevat myös eräät erityissäädökset, joista

merkittävimpiä ovat laitoksessa lisämateriaaleina käytettäviä sivutuotteita koskevat säädökset. Biokaasulaitoksissa käytettävä lanta tulee hygienisoida biokaasukäsittelyn yhteydessä mikäli käytetty syöttömateriaali ja/tai lannan loppukäyttö sitä edellyttää (European Commission Directorate-General Environment, 2001).

Käytettäessä muuta ulkopuolista lisämateriaalia kuin kasviperäistä peltobiomassaa, on huomioitava hygienisoimisen aiheuttamat vaatimukset prosessille. Suomessa Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK) antaa hyväksynnän biokaasulaitoksille, jotka käsittelevät biojätettä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 195/2004, 4§). KTTK:n hyväksynnän saamiseksi käsitellyn lietteen on täytettävä Euroopan parlamentin ja neuvoston sivutuoteasetuksen (EY asetus 1774/2002) määrittelemät mikrobiologiset vaatimukset: enterobakteerien määrän tulee olla alle 10 PMY/g kolmessa näytteessä viidestä, kahdessa näytteessä viidestä voi määrä olla yli 10, mutta ei yli 300 PMY/g. Käytännössä nämä vaatimukset edellyttävät erillisen hygienisointisäiliön rakentamista, mikäli biojätettä aiotaan yhteiskäsitellä biokaasulaitoksessa. Hygienisointi tapahtuu erillisessä hygienisointisäiliössä, jossa viipymä on vähintään yksi tunti 70 °C:ssa.

#### 2.4. Ympäristövaikutukset

Biokaasulaitoksen lopputuotteena saadaan kaasun lisäksi mädätettyä lietettä, joka voidaan käyttää lannoitteena. Lietteen koostumus muuttuu mädätyksen aikana siten, että kuiva-ainepitoisuus laskee ja ravinteet muuttuvat liukoisempaan muotoon. Huomattava osa lietteen kiintoaineen sisältämästä orgaanisesta tyyppistä hydrolysoituu ja liukoistuu ammonium-typeksi, joka on peltovetytyksessä kasvien hyödynnettävissä joko suoraan ammonium-ioneina tai nitrifikaation kautta nitraattina. Ravinteiden kokonaispitoisuus ei muutu käsittelyn aikana (Luostarinen, 2001).

Lietteen määrä ei merkittävästi muutu biokaasukäsittelyssä. Esitellyn kaltaisessa biokaasulaitoksessa kaikki rakenteet ovat joko suljettuja (reaktori ja jälkikaasuuntumisallas) tai katettuja (syöttö- ja varastoaltaat) ja siten lietelannan käsittelystä ja varastoinnista aiheutuvat hajuhaitat voidaan minimoida. Biokaasukäsittelyn lietteen peltovetytyksestä aiheutuvat hajuhaitat ovat pienemmät kuin käsittelemättömän lietteen. Lietteen biokaasukäsittelyn yhteydessä ei muodostu vesistö päästöjä.

### 3. Biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuustarkastelu voidaan jakaa kahteen osaan. Ensinnäkin voidaan tarkastella vaihtoehtoisia investointikohteita. Maatilayrittäjällä on useita vaihtoehtoisia sijoitusmahdollisuuksia pääomalle ja biokaasulaitos kilpailee investointiin käytettävistä varoista muiden kohteiden kanssa. Toisaalta, jos biokaasulaitosinvestoinnille on jo määritelty esimerkiksi ympäristövaikutukseen liittyvistä syistä johtuva tarve, tulee tarkastella sitä, millä ehdoilla investointi on taloudellisesti mahdollisimman suositeltava (James & Campbell 1985, s.73).

Maatilayritys joutuu valitsemaan useiden investointivaihtoehtojen välillä. Puhtaasti investointiteorian pohjalta tarkasteltuna biokaasulaitos ei välttämättä ole kiinnostava (James & Campbell 1985, s.74). On kuitenkin muita syitä, jotka voivat vaikuttaa investoinnin toteuttamiseen kuin taloudelliset syyt. Yksi tällainen tekijä on karjanhoidon ympäristövaikutusten vähentäminen.

Investointina biokaasulaitos voi olla sekä voittoa kasvattava että kustannuksia alentava. Biokaasulaitos voi tuottaa yrittäjälle kassatuloa myynnin kautta sekä korvaamalla ostopanosten käyttöä maatilalla. Myyntituloja biokaasulaitos voi tuottaa myymällä tuottamaansa energiaa, lopputuotteita tai jätteenkäsittelypalvelua. Energia voidaan myydä biokaasuna, sähköinä tai lämpönä. Näiden lisäksi ulkopuolisen biojätteen vastaanotosta voidaan periä porttimaksua.

Myytäessä lämpöenergiaa laskutusperusteena voi olla tuotetun lämpöenergian kilowattituntimäärä. Käytäntö on yleinen hakelämpöä tuottavilla lämpösuuskunnilla (Solmio, H. 1996 s.26). Toinen mahdollinen laskutusperuste on myydyn biokaasun määrä. Tuotettu sähköenergia voidaan myydä sähköyhtiölle tai vaihtoehtoisesti suoraan vastaanottajalle sähköpörssin kautta. Tämä on mahdollista sähkömarkkinoiden vapautumisen myötä. Sähkönmyynnissä laskutus perustuu myydyn sähkön kilowattituntimäärään.

#### 3.1. Energiantuotannon tehokkuus

Biokaasulaitosinvestointia voidaan käsitellä energiantuotantoinvestointina, jolloin energian hintaa verrataan vaihtoehtoisen polttoaineen hintaan. James & Campbell (1985) ovat

tutkimuksessaan määritelleet tuotetun biokaasun arvon vertaamalla sitä propaaniin. Lähtökohtana biokaasun arvon määrittämiselle voidaan pitää sitä, että biokaasulla korvataan maatilalla aiemmin käytettyä lämpöenergian lähdettä. Suomessa tämä tarkoittaa useimmin puuta eri muodoissaan tai kevyttä polttoöljyä.

Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen tuottama biokaasu käytetään tavallisesti suoraan tilalla. Kaasun varastointi on kallista, mikä rajoittaa kaasuvaramon kokoa. Tyypillisesti kaasuvaramo vastaa vähintään vuorokauden mutta enintään viikon kulutusta. Pressukangastyypinen, matalapaineinen varastointi mahdollistaa kulutushuippujen tasaamisen, mutta se ei riitä syklisen kulutusvaihtelujen tasaamiseen. Tällainen tilanne on Suomessa vuodenaikojen mukaan vaihtuva lämmitysenergian tarve.

James & Campbell (1985, s.76) esittävät tutkimuksessaan oletuksen, että kaikkea biokaasulaitoksen tuottamaa biokaasua ei kyetä hyödyntämään taloudellisesti. Tilanne on tämä mikäli tuotetaan pelkkää lämpöenergiaa, jota ei kokonaan kyetä hyödyntämään maatilalla. CHP-käytössä tai kaasun ajoneuvokäytössä tätä ongelmaa ei kuitenkaan ole, sillä sähköä ja autokaasua kyetään myymään käytännössä rajattomasti, jos oma kulutus ylitetään. Kuitenkin CHP-käytössä voidaan joutua tilanteeseen, jossa lämpöenergian tuotanto ylittää kulutuksen ja ylimääräinen lämpöenergia joudutaan poistamaan kaasumoottorin jäähdytysvedestä ulkoilmaan. Tämä laskee laitoksen energiankäytön hyötysuhdetta.

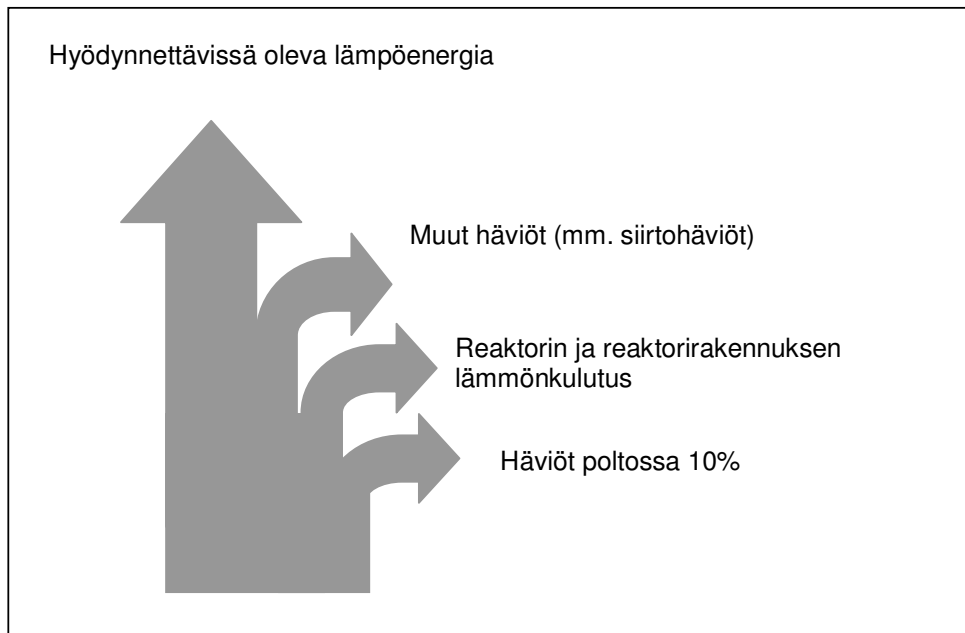
Biokaasureaktori kuluttaa lämpöenergiaa syötettävän lietteen lämmitykseen. On mahdollista, että osa reaktorin kuluttamasta lämpöenergiasta otetaan talteen poistuvasta lietteestä liete-liete-lämmönvaihtimen avulla. Tällöin kuitenkin investointikustannukset nousevat ja pitkät putkistot sisältävät tukkeutumisriskin, mikä on havaittu muun muassa Uppsalassa (Suomen Biokaasukeskus 1999). Biokaasureaktori vuotaa lämpöä ulkoilmaan sääolosuhteista riippuen vaihtelevalla teholla. Lämpöhäviöön reaktorista vaikuttaa myös käytettävä prosessilämpötila. Termofiilisen prosessin lämpöhäviöt ovat korkeammasta lämpötilasta johtuen suuremmat kuin mesofiilisen prosessin.

Energiantuotannon hyötysuhde vaihtelee sen mukaan tuotetaanko biokaasusta pelkkää lämpöenergiaa kaasupolttimella vai sekä lämpöä että sähköä CHP-yksiköllä. Lämmöntuotannon hyötysuhde tuotettaessa vain lämpöä kaasupolttimella on 90 %.

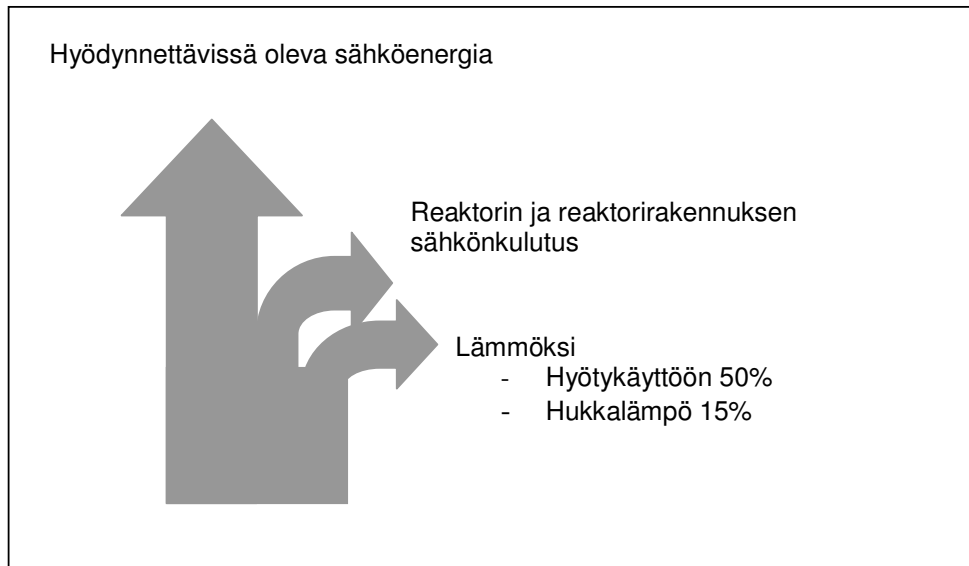
Sähköntuotannon hyötysuhde tuotettaessa pelkkää sähköä agregaatilla on 35 %. CHP-käytössä sähköntuotannon hyötysuhde on 35 % ja lämmöntuotannon hyötysuhde 50 %, jolloin kokonaishyötysuhde nousee tasolle 85 % (Suomen biokaasukeskus ry, 2001).

### 3.2. Energiantuotannon hyötysuhde

Energiantuotanto ei ole häviötöntä. Laskettaessa biokaasun hyödynnettävissä olevaa energiamäärää on ensin selvitettävä häviöiden suuruus. Energiahäviöt syntyvät kun energiaa tuotetaan polttoaineesta, kun energiaa muutetaan muodosta toiseen ja energiansiirrossa. Biokaasun poltossa menetetään vähintään 10 % biokaasun energiasisällöstä (Kuvio 2). Osa biokaasusta tuotetusta lämpöenergiasta kuluu reaktorin prosessilämpötilan ylläpitoon. Reaktoriin syötettävä liete on tyypillisesti 10 °C kun taas prosessin vaatima lämpötila on 37 °C tai 55 °C. Reaktorista ja reaktorirakennuksesta karkaa lämpöä ulkoilmaan sekä maaperään. Lämmintä käyttövettä siirrettäessä putkistossa menetetään osa lämpöenergiasta. Suomen olosuhteisiin rakennettava biokaasulaitos vaatii reaktorin ja siirtoputkistojen riittävää eristystä lämpöhäviöiden minimoimiseksi.



Kuvio 2. Biokaasun lämpöenergiantuotannon hyötysuhde



Kuvio 3. Biokaasun sähköenergiantuotannon hyötysuhde

Biokaasusta voidaan tuottaa sähköenergiaa kaasumootoriin kytketyn sähkögeneraattorin avulla. Kaasumootorissa menetetään osa energiasta lämpönä ja vain osa muuttuu generaattoria pyörittäväksi liike-energiaksi. Generaattorin hyötysuhde on hyvä, mutta osa energiasta menetetään muutettaessa liike-energiaa sähköenergiaksi. Sähkön siirron voidaan katsoa olevan häviötöntä, joskin pieniä häviöitä syntyy myös siinä. Kuvio 3 kuvaa biokaasun sähköenergiantuotannon hyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä.

Kun tuotetun biokaasun energiasisällöstä on vähennetty häviöiden osuus saadaan muuhun energiankulutukseen hyödynnettävissä oleva biokaasunenergian määrä. Korvattaessa biokaasun avulla toista energianlähdettä, jonka kulutus- ja hintatiedot tiedetään, voidaan biokaasun arvo määrittää korvattavan energian yksikkökustannuksen mukaan. Esimerkiksi korvattaessa biokaasulla polttoöljyä, voidaan biokaasuenergian arvo määrittää polttoöljyn hinnan mukaan.

### 3.3. Kustannukset ja tuotot

Biokaasulaitokseen sisältyy sekä todellisia kassamenoja että laskennallisia kustannuksia. Kustannukset jaetaan kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin, sen perusteella ovatko ne tuotannon määrän suhteen riippuvia vai riippumattomia. Kiinteitä kustannuksia biokaasulaitoksessa ovat pääomakustannukset sekä huolto-, kunnossapito-, ja vakuutuskustannukset. Muuttuvia kustannuksia aiheutuu energiantuotannosta, biolaitoksen omasta energiankulutuksesta, sähköverosta sekä omasta työstä. Mikäli laitokseen hankitaan

ulkopuolista jätettä ja siitä aiheutuu kustannuksia, on myös ne huomioitava muuttuvissa kustannuksissa.

Osa kunnossapitokustannuksista on luonteeltaan muuttuvia, siten että niiden suuruus riippuu tuotetusta energiamäärästä. Laitoksen energiakustannukset ovat luonteeltaan laskennallisia, eli niistä ei aiheudu kassamenoa. Ostoenergiakustannuksia voi muodostua lähinnä laitoksen käynnistysvaiheessa sekä huoltoseisokkeina sekä jos laitos tuottaa pelkästään lämpöä, jolloin sähkö täytyy ostaa ulkopuolelta.

Biokaasulla tuotetulla sähköllä voidaan korvata ostosähköä. Oman sähkön käyttötuotto tarkoittaa sitä laskennallista tuottoa, joka saadaan kun biokaasulla tuotetulla sähköllä korvataan ostosähköä. Oman sähkön käyttötuotto on arvioidun vuotuisen ostosähkön kulutusmäärän ja sähkön arvonnisäverottoman ostohinnan tulo, mikäli tuotettu määrä on sama tai suurempi kuin oma sähkön kulutus. Mikäli biokaasusähkön tuotanto jää alle kulutuksen, saadaan se tuotetun sähkön määrän ja sähkön ostohinnan tulona.

Oman lämmön käyttötuotto tarkoittaa sitä tuottoa, joka saadaan kun biokaasulla tuotetulla lämmöllä korvataan muuta lämpöenergian lähdettä, esimerkiksi kevyttä polttoöljyä. Oman lämmön käyttötuotto on arvioidun vuotuisen ostolämmön kulutusmäärän ja lämmön ostohinnan tulo, mikäli tuotettu määrä ylittää lämmön kulutuksen. Muutoin se on tuotetun lämmön määrän ja lämmön ostohinnan tulo.

Sähkön myyntitulo saadaan ylijäämänsähköenergian määrän ja sähkön myyntihinnan tulona. Porttimaksutulo on vastaanotettavan porttimaksullisen lisäaineen määrän ja porttimaksun tulo.

Biokaasulaitoksen työkustannus riippuu merkittävästi laitoksen koosta sekä automaatioasteesta. Hagström ym. ovat käyttäneet tutkimuksessaan maatilamittakaavan laitoksen käyttökuluille vuosittaista arvoa  $1\ 000\ \text{EUR} + 1\ \text{EUR/MWh}_f$ . Heidän tutkimuksessaan maatilakohtaisen laitoksen koko on vastannut  $1\ 200\ \text{MWh}$  vuotuista energiantuotantoa, jolloin työkustannukseksi on muodostunut  $2\ 200\ \text{EUR}$  (Hagström ym. 2005 s.34).

Biokaasu on uusiutuva energiamuoto. Tästä johtuen biokaasulaitosta voidaan käsitellä ympäristöinvestointina, joka vähentää fossiilisten energianlähteiden käyttötarvetta ja samalla niistä aiheutuvia kasviuonekaasupäästöjä. Pienet biokaasulaitokset eivät saa nykyisin rahallista korvausta päästöjen vähenemisestä. Päästöjen vähenemistä voidaan kuitenkin arvottaa nykyisen EU:n sisäisen päästökauppamenettelyn mukaisesti (Hagström ym. 2005 s.44).



## 4. Tutkimusmenetelmät

### 4.1. Tapaustutkimus

Tutkimusmenetelmänä tapaustutkimus auttaa meitä selvittämään ilmiöitä, jotka voivat liittyä yksilöön, ryhmään tai organisaatioon. Ilmiöt voivat olla myös sosiaalisia, poliittisia tai muita vastaavia. Tapaustutkimusta on käytetty laajalti eri sosiaalityeissä. Sitä on hyödynnetty tutkimuksessa muun muassa psykologian, sosiologian, poliittisten tieteiden ja sosiaalityön alueilla, sekä yritystutkimuksessa ja asuinyhteisöjä suunniteltaessa (Yin. 2003 p.1).

Tapaustutkimus antaa tutkijoille mahdollisuuden saada kokonaisvaltaisen ja mielekkään kuvan reaalielämän ilmiöistä kuten elinkaarista, organisatorisista ja liikkeenjohdollisista prosesseista. Tapaustutkimusta on tarkoituksenmukaista käyttää silloin kun halutaan vastauksia kysymyksiin ”kuinka?” ja ”miksi?”. Tapaustutkimus voi olla tutkiva, kuvaileva tai selittävä. (Yin. 2003 p.1-3.).

Valittaessa tutkimusmenetelmää tulee valita menetelmä, joka sopii parhaiten kulloinkin tutkittavana olevaan tutkimusongelmaan. Monesti voitaisiin käyttää useaa eri menetelmää, valinta tehdäänkin usein monen mahdollisen tutkimusvaihtoehdon välillä. Tapaustutkimus tutkii nykyisiä ilmiöitä, se käyttää osin samoja menetelmiä kuin historiantutkimus, mutta lisäksi voidaan käyttää suoria haastatteluja tai seurantaa. Tapaustutkimus on omimmillaan silloin kun tutkitaan nykyisiä tapahtumasarjoja ja ilmiöitä, joihin tutkijalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa.

Jokaisella empiirisellä tutkimusmenetelmällä on oma rakenteensa, joka voi olla tarkkaan määritelty tai määrittelemätön. Tutkimus rakentuu toisiaan loogisesti seuraavista vaiheista, jotka liittyvät empiirisen aineiston tutkimusongelmaan ja viimein johtopäätöksiin. Tutkimusta varten tehdään tutkimussuunnitelma, joka osoittaa polun lähtötilanteesta tavoitteeseen. Lähtötilanne on tyypillisesti joukko kysymyksiä ja tavoitteena on saavuttaa joukko johtopäätöksiä (Yin. 2003 p. 20).

Tapaustutkimuksen tutkimussuunnitelman viisi tärkeintä osaa ovat:

1. Tutkimusongelman määrittely
2. Väitteet, mikäli niitä on
3. Tutkittava yksikkö tai yksiköt
4. Aineiston ja väitteiden looginen yhdistely
5. Kriteerit tutkimuksen löytöjen tulkintaan.

Tutkimusongelmaa määriteltäessä tulee huomioida se, minkälaisiin kysymyksiin tapaustutkimus on paras tapa etsiä vastauksia. Mikäli ongelma voidaan määritellä kysymyksiä ”kuinka” ja ”miksi” avulla on tapaustutkimus mielekäs tapa selvittää ongelmaa. Tutkimusväitteiden tulee olla sellaisia, että ne ohjaavat tutkimusta oikeaan suuntaan.

#### 4.2. Investointianalyysi

Investointianalyysin lähtökohtana on taloustieteen oletus pääoman niukkuudesta. Pääomaa on saatavilla rajoitetusti ja tärkeä kysymys onkin, miten ohjata pääoma mahdollisimman tuottaviin investointikohteisiin. Pääoman vaihtoehtoisten sijoituskohteiden keskinäistä vertailua avustamaan on kehitetty erilaisia investointianalyysimenetelmiä. Pääoman sijoittamisessa kysymys on siitä, mitkä sijoitukset tulee tehdä ja mitkä jättää tekemättä.

Maatilayrittäjä joutuu tekemään päätöksiä useiden eri investointivaihtoehtojen välillä. Suurin osa pääomainvestoinneista voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ne ovat joko tuotantoa kasvattavia tai kustannuksia alentavia. Uudet rakennukset, lisämaa ja uudet tuotantoeläimet ovat tyypillisesti tuotannon volyymin kasvattavia investointeja. Investointien tavoitteena on tällöin, että tuottojen lisäys on suurempi kuin kustannusten kasvu ja tällöin saavutetaan nettovoittoa. Esimerkkinä on investointi tuotannon laajentamiseen hankkimalla lisää

tuotantoeläimiä. Lisäeläinten hankinta nostaa yrityksen tuotantoa ja sitä kautta kasvattaa voittoa (Lee, W. F. & al. 1988 ).

Maatilalle hankintaa koneita usein siksi, että hankalat ja hitaat käsityövaiheet työssä halutaan korvata konetyöllä. Niinikään vanhat ja rikkoontuneet koneet halutaan korvata uusilla ja tehokkaammilla (Lee, W. F. & al. 1988). Toinen investointityyppi, kustannuksia alentava investointi, on kyseessä silloin kun hankitaan esimerkiksi automaattiruokintalaitteisto (James & Campbell 1985, s.74).

Jotkut investoinnit ovat sekä kustannuksia alentavia, että tuotantoa nostavia. On myös huomattava, että pääoman käytön suunnittelua on myös se, jos pääoma päätetään pitää jatkossakin sidottuna tuotantoon.

On lisäksi investointeja, jotka eivät ole kumpaankaan ryhmään kuuluvia, mutta ne pitää silti tehdä. Esimerkkinä tästä ovat pakolliset karjanhoidon ympäristöinvestoinnit. Investointianalyysia voidaan käyttää myös tällöin selvittämään mikä eri toteutusvaihtoehdoista on taloudellisesti suositeltavin.

Investointianalyysi voi tutkia joko yksittäistä investointivaihtoehtoa tai kahta tai useampaa vaihtoehtoa, jotka voivat olla toisensa poissulkevia tai toisistaan riippuvaisia. Yksittäisen investoinnin kohdalla tarkastelu koskee hyväksymistä tai hylkäämistä. Jos vaihtoehtoja on useampia tulee huomioida, että yhden vaihtoehdon valinta sulkee samalla ulkopuolelle yhden tai useampia muita vaihtoehtoja.

Jos vaihtoehdot ovat toisistaan riippuvaisia, yhden valinta edellyttää samalla toisen investoinnin toteuttamista. Esimerkiksi karjakoon kasvattaminen edellyttää usein lisäämään hankintaa jotta kasvanut rehun tarve saadaan tyydytettyä. Toisistaan riippuvaiset investointikohteet tulee ryhmitellä yhteen investointianalyysia tehtäessä.

Investointianalyysi jaetaan Lee & al. (1988 p.60) mukaan neljään selkeästi toisistaan erottuvaan vaiheeseen:

1. Potentiaalisten investointivaihtoehtojen selvittäminen
2. Tiedon keruu tarvittavasta pääomasta, kustannuksista ja tuotoista.
3. Tiedon analysointi soveliaista menetelmää käyttäen.
4. Päätös investoinnin toteuttamisesta tai toteuttamatta jättämisestä. Jos vaihtoehtoja on useita ja ne ovat toisensa poissulkevia, asetetaan ne myös keskinäiseen arvojärjestykseen.

Menestyvän liikkeenjohdon edellytys on olla jatkuvasti valppaana mahdollisten tuottavien investointivaihtoehtojen varalta. Vähimmäisvaatimuksena on tuotannon tehokkuutta ylläpitävät tai parantavat investoinnit ja maatilayrittäjäperheelle riittävän tulotason turvaavien investointien tekeminen. Menestyvä ja kasvava liiketoiminta edellyttää näiden lisäksi tuotantoa kasvattavia investointeja.

Riippumatta siitä, mitä investointianalyysimenetelmää käytetään, investointianalyysi edellyttää riittävää tietoa kustannuksista ja tuotoista. Yleensä välitön investointikustannus on hyvin tiedossa. Tulevaisuudessa saatavien tuottojen ja kustannusten selvittäminen on usein vaikeampaa, mutta se on edellytys luotettavalle investointianalyysille. On olemassa useita menetelmiä selvittää paras investointivaihtoehto. Neljä yleisimmin käytettyä menetelmää ovat takaisinmaksuajan menetelmä, yksinkertainen korkomenetelmä, netto nykyarvomenetelmä sekä sisäisen korkokannan menetelmä.

Viimeinen vaihe investointianalyysissa on vaihtoehdon valinta ja projektin toteuttaminen. Tämä vaihe vaikuttaa suoraviivaiselta, mutta tarvittavan rahoituksen järjestäminen vaatii aikaa ja työtä (Lee, W. F. & al. 1988 p.60).

### 4.3. Investointilaskentamenetelmät

Investointianalyysin tavoitteena on löytää paras tai parhaat investointikohteet pääomalle. Erilaisista investointivaihtoehdoista aiheutuu eri kokoisia kassavirtoja. Myös se milloin kassavirrat muodostuvat vaihtelee. Jotta kyetään sanomaan mikä investointi on kokonaisuutena kannattavin, on käytettävä investointilaskentaa. Takaisinmaksuajan menetelmää ei pidetä varsinaisena investointilaskentamenetelmänä, koska se ei huomioi ajan vaikutusta. Sitä voidaan kuitenkin käyttää tarvittaessa muiden menetelmien rinnalla (Barry & al. 1995 p.270).

#### 4.3.1 Takaisinmaksuajan menetelmä

Investoinnille voidaan laskea takaisinmaksuaika, joka kuvaa sitä aikaa, jossa investointi on maksanut itsensä takaisin, eli aikaa jossa nettotuottojen summa saavuttaa investointikustannuksen. Tämän jälkeen investoinnin voi ajatella tuovan voittoa. Takaisinmaksuaika tulee olla lyhyempi kuin investoinnin kesto aika. Korkokustannusta ei huomioida takaisinmaksuajan menetelmässä.

Takaisinmaksuajan menetelmän laskukaava on (Barry & al. 1995 p.274) mukaan:

$$P = I/E$$

Jossa:

P = Takaisinmaksuaika vuosissa

I = Välitön investointikustannus

E = Vuotuinen investoinnin nettotuotto

#### 4.3.2. Nettonykyarvomenetelmä

Nettonykyarvomenetelmä perustuu investoinnin tuottamiin vuotuisiin nettotuottoihin, jotka diskontataan nykyhetkeen käyttäen määrättyä laskentakorkokantaa. Nettonykyarvomenetelmä ottaa huomioon ajan vaikutuksen, jolloin kauempana tulevaisuudessa tulevat tuotot arvioidaan alhaisemmiksi kuin aiemmin saatavat tuotot. Investoinnin käyttöajalta diskontattujen nettotuottojen summan tulisi olla positiivinen jotta investointia voidaan pitää kannattavana.

Jotta nettonykyarvomenetelmää voidaan käyttää, tarvitaan riittävä informaatio investoinnista. Alkuinvestointi on investoinnin tekovaiheessa toteutunut kassameno.

Nettokassavirta on vuosittain toteutuva nettokassavirta, joka investoinnista voidaan tulouttaa. Investoinnin jäännösarvo on investointikohteen myyntiarvo investoinnin käyttöiän kuluttua loppuun. Suunnittelujakson pituus on investoinnille laskettava käyttöikä vuosissa. Laskentakorkokanta tai vaadittu tuotto prosentti määräytyy halutun pääoman tuottovaatimuksen ja investoinnin sisältämän riskin mukaan. Nettonykyarvomenetelmän laskukaava on (Barry & al. 1995 p.275) mukaan:

$$NPV = -INV + P_1/(1+i) + P_2/(1+i)^2 + \dots + P_n/(1+i)^n + V_n/(1+i)^n$$

Jossa:

INV = Alkuinvestointi

$P_n$  = Määritelty nettokassavirta, joka investoinnista voidaan tulouttaa vuosittain

$V_n$  = Investoinnin jäännösarvo

N = Suunnittelujakson pituus

i = Korkokanta tai vaadittu tuotto prosentti

Nettonykyarvolla tutkittuna paras investointi on se, jonka nettonykyarvo on suurin. Investointi on kannattava jos sillä on positiivinen nettonykyarvo. Jos vertaillaan kustannuksia alentavia investointeja keskenään, paras on se, jonka nettonykyarvo on lähimpänä nollaa, eli vähiten negatiivinen.

#### 4.3.3. Sisäisen korkokannan menetelmä

Investoinnille voidaan määritellä sisäinen korkokanta, joka vastaa sitä pääomalle saatavaa tuottoa, joka investointiin sijoitetulle pääomalle saadaan. Sisäisen korkokannan menetelmässä etsitään se korkokanta, jolla investoinnin nettonykyarvo on nolla. Mitä korkeampi tämä korkokanta on, sitä tuottavampi investointi. Investointi on kannattava, jos sisäinen korkokanta on suurempi tai yhtä suuri kuin pääomalle asetettu tuottovaatimus. Sisäinen korkokanta voidaan etsiä käyttämällä nettonykyarvomenetelmän mukaista kaavaa ja asettamalla nettonykyarvo nolaksi ja ratkaista korkokanta. Sisäisen korkokannan laskukaava on (Barry & al. 1995 p.277) mukaan:

$$0 = -INV + P_1/(1+i) + P_2/(1+i)^2 + \dots + P_n/(1+i)^n + V_n/(1+i)^n$$

#### 4.3.4. Annuiteetti

Investoinnista aiheutuvaa vuotuista pääomakustannusta kutsutaan annuiteetiksi. Annuiteetti sisältää laskentakorkokannan mukaisen koron investoinnille sekä poiston. Annuiteettia verrataan investoinnin vuotuisiin nettotuloihin. Investointi on kannattava, mikäli annuiteetti on nettotuloa pienempi. Annuiteetin laskukaava on Ylätalon ja Mäkisen mukaan (1997 s.62.):

$$AN = (r/100 * (1+r/100)^n) / ((1+r/100)^n - 1) * H$$

Jossa:

AN = Vuotuinen kustannuserä eli annuiteetti

r = korkokanta

n = Investoinnin kestoaika

H = Investoinnin hankintameno

#### 4.4. Herkkyysanalyysi

Muun muassa taloudellisten mallien epävarmuutta voidaan tutkia matemaattisia laskentamenetelmiä käyttäen. Herkkyysanalyysia käytetään, kun halutaan selvittää, minkälaisiin eri lopputuloksiin erilaiset toimintamallit johtavat. Herkkyystutkimus on tutkimusta siitä, miten tutkittavan mallin lopputuloksen variaatio voidaan jakaa, laadullisesti tai määrällisesti, eri variaation lähteisiin.

Herkkyysanalyysi pyrkii ottamaan selville kuinka malli riippuu informaatiosta jota siihen on syötetty, mallin rakenteesta ja kehystävistä oletuksista joita on tehty mallin rakentamiseksi. Epävarmuusaste vaikuttaa päätöksentekoon, joten herkkyysanalyysilla saatu tieto voi olla korvaamatonta päätöksentekijöille. Epävarmuusaste vaikuttaa myös eri tavoin käytetyn mallin reliabiliteettiin, sen vahvuuteen ja tehokkuuteen.

Alun perin herkkyysanalyysi on luotu vain lähtötietojen ja mallin parametrien muuttumista tutkimaan. Sittenkin herkkyysanalyysia on käytetty myös mallintamaan käsitteellistä epävarmuutta. Tällaista voi olla esimerkiksi epävarmuus mallin rakenteessa, oletuksissa ja määrittelyissä. Kokonaisuudessaan herkkyysanalyysia käytetään lisäämään mallin ja sen oletusten luotettavuutta tuottamalla tietämystä siitä kuinka mallin lopputuloksen muuttujat vastaavat lähtötietojen muutokseen. Herkkyysanalyysi on läheisessä yhteydessä

epävarmuusanalyysiin. Herkkyysanalyysin toteuttamiseen on useita eri vaihtoehtoja. Yleisin tapa perustuu näytteenottoon. Siinä mallia testataan useilla eri arvoilla, jotka edustavat lähtötietojen jakaumaa (European Commission, Joint Research Centre 2005).



## 5. Kyselytutkimusaineisto ja -tulokset

### 5.1. Lähtötiedot

Tutkimus suoritettiin kahdessa osassa. Ensimmäinen osa tehtiin keväällä 2002 kun 21 biokaasulaitoksen rakentamista harkitsevalle maatalousyrittäjälle lähetettiin kirjekysely. Kyselyyn saatiin vastauksia yhdeksän, joten vastausprosentti oli 43 %. Lisäksi yksi kyselyyn vastaamatta jättänyt tila antoi luvan käyttää tietojaan, vaikka kyselylomaketta ei palautettu.

Toinen osa tutkimuksesta toteutettiin vuoden 2005 aikana. Tutkimustilaksi valittiin yksi tila, jolle on tehty tarkempi suunnitelma biokaasulaitoksen rakentamisesta. Lähteenä on käytetty Metener Oy:lle tehtyä biokaasulaitoksen esisuunnitelmaa. Tutkittavana on ollut kolme eri vaihtoehtoa reaktorin syöttömateriaalille. Tarkoitus on saada selville, mikä eri vaihtoehtoista antaa parhaan taloudellisen tuloksen ja samalla saada vastaus kysymykseen, mitkä tekijät vaikuttavat eniten biokaasulaitoksen kannattavuuteen. Vaihtoehtojen paremmuus on selvitetty investointianalyysillä. Investointianalyysin jälkeen on tehty herkkyyshanalyysi, jolla on saatu selville, millä tekijöillä on suurin vaikutus investointiin. Parhaalle tutkitulle vaihtoehdolle on tehty tarkempi herkkyyshanalyysi jolla on saatu selville kriittiset arvot laskennassa käytetyille muuttujille.

### 5.2. Kyselytutkimuksen tulokset

Kirjekyselyssä käytettiin kyselylomaketta, joka tehtiin tätä tutkimusta varten. Kyselyssä kerättiin aineistoa enemmän kuin pelkkää taloudellista analyysia varten olisi ollut tarpeen. Tarkoitus oli luodata laajemmin niitä tekijöitä, jotka saavat maatalousyrittäjän harkitsemaan biokaasulaitosinvestointia. Koska tutkimusaineisto oli näin suppea, ei sillä ole tilastollista merkitsevyyttä. Vaikka tuloksia ei voida yleistää, auttavat ne kuitenkin ymmärtämään sitä viitekehystä, jossa maatalousyrittäjä tätä päätöstä harkitessaan elää.

Kyselylomake koostui kansisivusta, ohjesivusta sekä seitsemästä kysymyssivusta. Nykyistä tilannetta kuvaavia kysymyksiä oli kolme sivua: Kysymysosioissa 1-3 kysyttiin perustiedot tilasta, sähkön kulutus ja polttoaineiden kulutus. Biokaasulaitoksen rakentamisen syitä selvitettiin kysymysosiossa 4. Seuraavaksi kysymysosiossa 5 selvitettiin biokaasulaitoksen investointikustannusta niiltä tiloilta, joilla se oli selvillä. Tilat

ovat joko laitoksen rakentaneita tiloja tai tiloja, joille on tehty kattava rakennussuunnittelu. Viimeisenä osiona selvitettiin biokaasulaitoksen syöttömateriaaleja.

### *5.2.1 Kysymysosio 1*

Viljelijän ikää kysyttäessä annettiin vaihtoehtoina viisi eri ikäluokkaa. Kyselyyn vastanneista yksi oli alle 30 vuotta, kaksi 30-40 vuotta, kaksi 40-50 vuotta ja neljä 50-60 vuotta. Yksi kyselyyn vastanneista ei vastannut tähän kohtaan.

Koulutukseltaan kaksi viljelijää oli kansakoulupohjalla, yksi oli suorittanut lukion, yksi lukion ja ammattikorkeakoulun, yksi maamieskoulun ja kaksi opistotason tutkinnon. Kaksi ei ilmoittanut koulutustaan.

Maatilan sijainnit jakaantuivat alueittain seuraavasti, Keski-Pohjanmaa yksi, Pirkanmaa kaksi, Lappi yksi, Keski-Suomi neljä, Varsinais-Suomi yksi, sekä Etelä-Savo yksi.

Tuotantosuunnaltaan tutkimustilat jakaantuivat siten, että lypsykarjatiloja oli seitsemän ja sikatiloja kolme. Yhdellä tilalla oli lihasikala, yhdellä emakkosikala ja yhdellä yhdistelmäsikala.

Peltoalaltaan tilat vaihtelivat siten, että pienin peltoala oli 5 ha ja suurin 182 ha. Keskiarvo oli 59 ha, keskihajonnan ollessa 51 ha. Mediaani oli 48,5 ha. Peltoja vuokrattiin siten, että yksi ei vuokrannut lainkaan ja yksi oli vuokrannut kaikki viljelemänsä pellot. Vuokrapellon määrän keskiarvo oli 31 ha ja keskihajonta 39 ha. Mediaani oli 17 ha.

Eläinyksiköitä laskettaessa sikatilat erottuivat joukosta. Niiden koot olivat 207 ey ja 459 ey. Nautakarjatiloiilla eläinyksiköitä oli kolmestakymmenestä kuuteenkymmeneen kolmeen. Kaikkien tilojen keskiarvo oli 117 ey ja mediaani 47,5 ey. Keskihajonta oli 150 ey.

Tiloilla vuosittain tuotettu lietelantamäärä vaihteli välillä  $800 \text{ m}^3 - 7\,500 \text{ m}^3$ . Keskiarvo oli  $2\,200 \text{ m}^3$ , keskihajonta  $2\,323 \text{ m}^3$  ja mediaani  $1\,350 \text{ m}^3$ . Lietelannasta kysyttiin myös ravinnepitoisuuksia, sekä kuiva-ainepitoisuutta. Vastauksia saatiin viideltä tilalta. Erot lietelantojen välillä eri tiloilla olivat suuria. Pitoisuudet eroavat myös merkittävästi

keskimääräisistä lietelantojen pitoisuuksista. Onkin syytä epäillä, että osa lieteanalyyseistä ei välttämättä edusta keskimääräisiä pitoisuuksia tiloilla.

### *5.2.2. Kysymysosio 2*

Toinen kysymysosio koostui kysymyksistä, jotka liittyivät energiankulutukseen tilalla. Kysymyksillä selvitettiin sitä, mitä polttoaineita tilalla käytettiin, sekä tilan sähkönkulutusta. Sähkönkulutuksesta kysyttiin myös maksetuita sähkön hinnoista.

Ensimmäisessä kysymyksessä kysyttiin vuotuista sähkönkulutusta tutkimustiloilla. Kysymykseen vastasi 9 tilaa. Pienin sähkönkulutus oli 35 709 kWh ja suurin 150 000 kWh. Tilojen keskiarvokulutus oli 62 863 kWh, keskihajonta oli 38 760 kWh ja mediaani 61 768 kWh.

Kysymykseen sähkön hinnasta saatiin vastaus viideltä tutkimustilalta. Sähkön keskihinta oli keväällä 2002 tiloilla kesäsähkölle 3,395 snt/kWh. Siirtomaksun osuus oli keskimäärin 1,476 snt/kWh ja tuotannon osuus 1,919 snt/kWh. Talvipäiväsähkölle vastaavat hinnat olivat: kokonaishinnan keskiarvo 8,006 snt/kWh, josta siirtomaksun osuus 3,551 snt/kWh ja tuotannon osuus 4,455 snt/kWh. Samat viisi tilaa vastasivat myös kysymykseen sähkönkulutuksen jakaantumisesta eri tariffien kesken. Halvempaa kesäsähköä kulutettiin keskimäärin 32 271 kWh, mikä on 68 % kokonaiskulutuksesta ja kalliimpaa talvipäiväsähköä keskimäärin 15 050 kWh, mikä on 32 % kokonaiskulutuksesta.

### *5.2.3. Kysymysosio 3*

Biokaasuenergian arvon määrittystä varten tiloilta kysyttiin niiden nykyisten polttoaineiden kulutustietoja. Kysymyksissä tiedusteltiin sekä tilan omien, puupolttoaineiden käyttöä sekä ostopolttoaineiden käyttöä. Ostopolttoaineista tiedusteltiin sekä lämmitystarkoituksiin käytettävät polttoaineet, että työkoneiden käyttämät polttoaineet. Biokaasulla on mahdollista korvata molempia, joskin liikenne- ja työkonekäyttö vaatii tarkoitusta varten muunnetut polttoainejärjestelmät.

Omia kotimaisia polttoaineita käytti jossain muodossa seitsemän tilaa. Puupilkettä käytti viisi tilaa, puurankahaketta kolme tilaa ja kokopuuhaketta yksi tila. Puupilkettä käytettiin vuosittain keskimäärin 13 m<sup>3</sup>, puurankahaketta 44 m<sup>3</sup>, ja kokopuuhaketta 19 m<sup>3</sup> kaikkia tutkimustiloja kohden. Kotimaisista ostopolttoaineista käytettiin palaturvetta ja

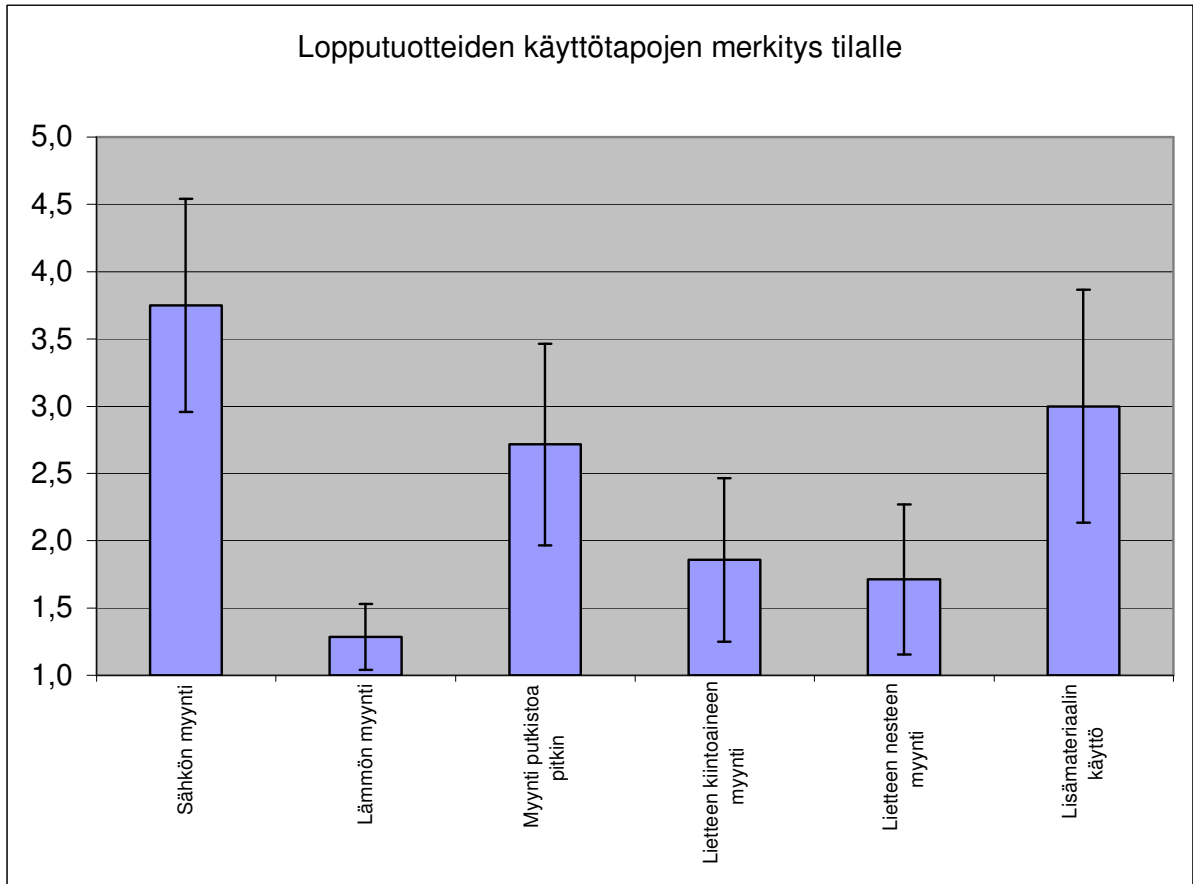
sahahaketta. Palaturvetta käytti yksi tila 100 m<sup>3</sup> vuodessa. Keskimäärin tutkimustiloja kohden palaturvetta käytettiin 10 m<sup>3</sup>. Sahahaketta käytti niinkään yksi tila, joka käytti 200 m<sup>3</sup> haketta vuodessa. Keskimäärin kaikkia tutkimustiloja kohden sahaketta käytettiin 20 m<sup>3</sup>.

Kevyttä polttoöljyä käytettiin sekä lämmitykseen, että työkoneisiin. Kevyttä polttoöljyä lämmitykseen ilmoitti käyttävänsä kolme tilaa. Suurin käyttömäärä oli 30 000 litraa vuodessa. Keskimääräinen käyttö tutkimustilaa kohden oli 3 350 litraa vuodessa. Kevyttä polttoöljyä työkoneisiin ilmoitti käyttävänsä yhdeksän tutkimustilaa. Kevyen polttoöljyn työkonekäyttö on ilmeistä myös tilalla, joka ei kulutusta ilmoittanut. Keskiarvo on laskettu yhdeksää tutkimustilaa kohden. Polttoöljyä työkoneisiin kuuluu keskimäärin 5 814 litraa vuodessa. Pienimmillään kulutus on 2 940 litraa ja suurimmillaan 12 500 litraa.

Bensiiniä työkoneisiin ilmoitti käyttävänsä kaksi tilaa. Käyttömäärät olivat 20 ja 30 litraa vuodessa. Keskimäärin tutkimustiloja kohden bensiinin työkonekäyttö oli 5 litraa vuodessa. Bensiiniä maatalousajoon ilmoitti käyttävänsä kaksi tutkimustilaa. Käyttömäärät olivat 800 ja 1 000 litraa vuodessa. Keskimäärin tutkimustiloja kohden käyttömäärä oli 164 litraa vuodessa. Diesel-öljyä maatalousajoon ilmoitti käyttävänsä neljä tutkimustilaa. Keskimääräinen käyttö kaikkia tutkimustiloja kohden oli 654 litraa vuodessa.

#### *5.2.4. Kysymysosio 4*

Tutkimustiloilta kysyttiin, mitkä syyt saivat heitä suunnittelemaan tai harkitsemaan biokaasulaitoksen rakentamista. Vastaus saatiin viideltä tilalta. Vastauksina saatiin seuraavia syitä: ”Taloudelliset seikat, lannan mahdollinen hajun väheneminen”, ”Lietelannan hyväksikäyttö mahdollisimman tehokkaasti”, ”Lehdistä lukemalla, paskaa omasta takaa!”, ”Öljyn kallis hinta, sähkö ja ympäristötekijät”, sekä ”kokonaisvaltaiset edut taloudellisessa/ympäristöllisessä mielessä”.

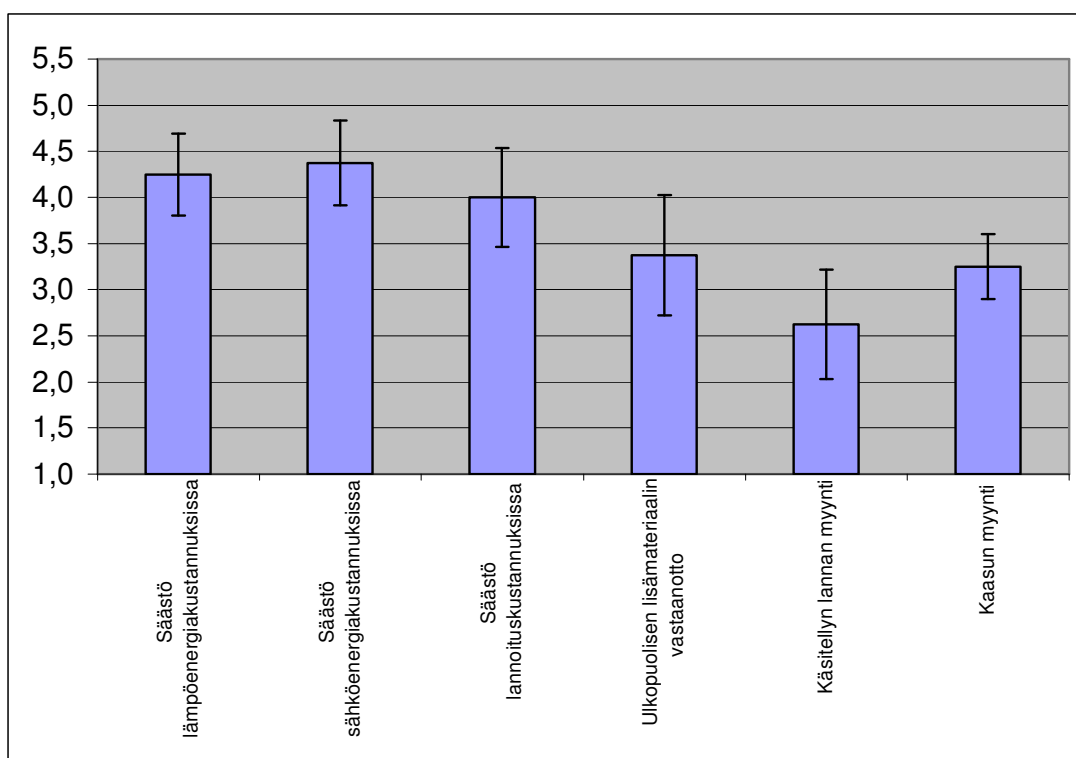


Kuvio 4. Lopputuotteiden käyttötapojen merkitys tilalle

Maatilayrittäjien pyydettiin arvioimaan asteikolla yhdestä viiteen lopputuotteiden käyttötapojen merkitystä heille. Yksi tarkoitti tilannetta ”Ei merkitystä” ja viisi tilannetta ”hyvin todennäköinen”. Vastaukset on esitetty kuviossa 4. Kysymykseen sähkön myynnistä vastasi 8 tilaa, muihin kysymyksiin vastasi 7 tilaa. Keskiarvot ovat kysymyksiin vastanneiden tilojen keskiarvoja. Kuviossa on esitetty myös vastausten keskihajonta.

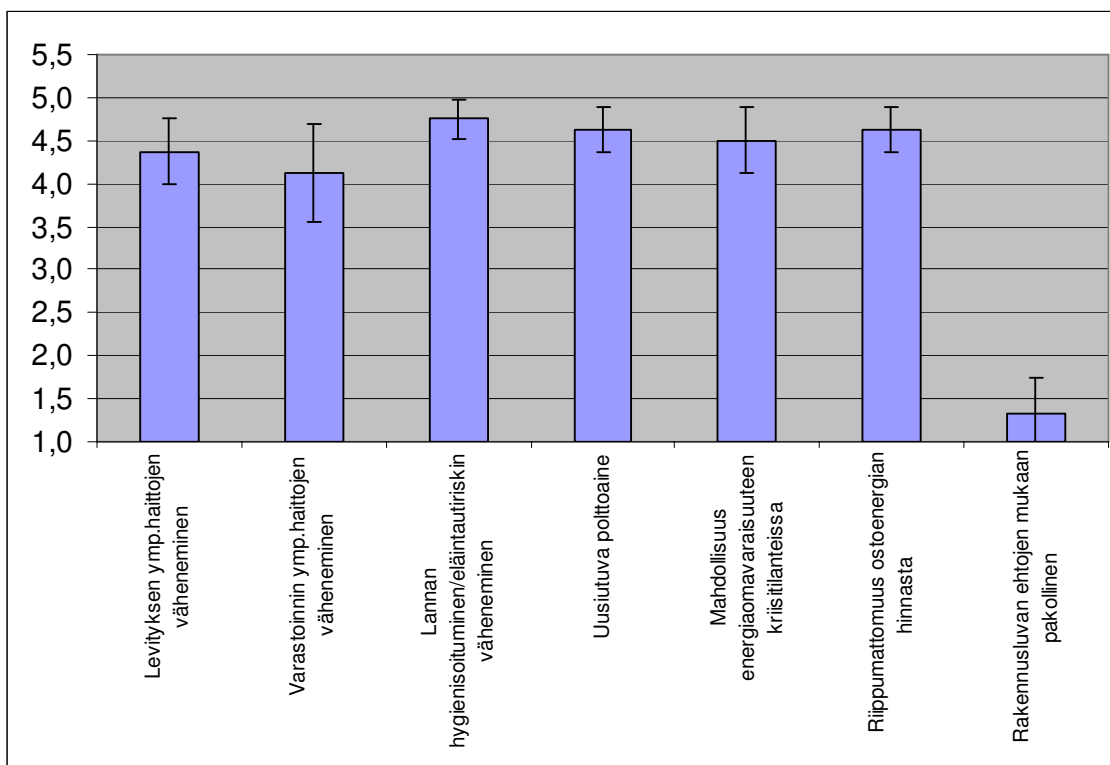
Kuviosta voidaan huomata, että sähkön myyntiä pidetään tärkeimpänä lopputuotteiden käyttötapana. Lämmön myyntiä ei pidetä lainkaan merkityksellisenä. Kaasun myyntiä putkistoa pitkin pidetään jonkin verran merkittävänä, samoin lisämateriaalin käyttöä. Lietteen nesteen ja kiintoaineen myynti eivät herätä juurikaan kiinnostusta biokaasulaitosta suunnittelevissa viljelijöissä.

Tiloilta kysyttiin myös eri taloudellisten tekijöiden vaikutusta kiinnostukseen biokaasulaitosinvestointia kohtaan. Vastauksia pyydettiin antamaan asteikolla yhdestä viiteen siten, että yksi tarkoitti tilannetta ”ei vaikutusta” ja viisi ”vaikuttanut paljon”. Kuvio 5 esittää vastauksia eri taloudellisten tekijöiden vaikutuksesta. Vastausten mukaan säästö tilan lämpöenergia ja sähköenergiakustannuksissa ovat suurimmat biokaasuinvestointiin vaikuttaneet taloudelliset tekijät. Säästö lannoituskustannuksista arvioitiin kolmanneksi tärkeimmäksi. Ulkopuolisen lisämateriaalin vastaanotto ja kaasun myynti ovat vaikuttaneet jonkin verran päätökseen. Vähiten vaikutusta arvioitiin olevan käsitellyn lannan myynnillä.



Kuvio 5. Biokaasuinvestointiin vaikuttaneet taloudelliset tekijät

Seuraavaksi kysyttiin ympäristö- ja tuotantosityiden, sekä muiden tekijöiden vaikutusta kiinnostukseen biokaasulaitosinvestointia kohtaan. Kuvio 6 esittää tuloksia näihin kysymyksiin.



Kuvio 6. Biokaasuinvestointiin vaikuttaneet ympäristö- ja tuotantosyyt, sekä muut tekijät

Muista kuin taloudellisista tekijöistä tärkeimmäksi arvioitiin lannan hygienisoituminen ja eläntautiriskin väheneminen. Toiseksi tärkeimmäksi arvostettiin polttoaineen uusiutuvuutta ja riippumattomuutta ostoenergian hinnasta. Myös mahdollisuutta energiaomavaraisuuteen kriisitilanteissa pidettiin tärkeänä. Lannanlevityksen ympäristöhaittojen sekä varastoinnin ympäristöhaittojen vähenemistä pidettiin niinkään merkittävänä syinä. Rakennusluvan ehtojen mukaan pakollinen biokaasulaitosinvestointi ei ollut yhdessäkään tapauksessa.

Kysyttäessä maatilayrittäjiltä biokaasulaitosinvestointiin vaikuttavia tekijöitä, suurimmaksi ryhmäksi vastauksissa nousee energiantuotantoon liittyvät syyt. Etenkin sähkön tuotanto ja säästö tilan sähköenergiakustannuksissa nähdään tärkeänä keinona hyödyntää biokaasuteknologiaa. Lämmön tuotanto ja säästö lämpöenergiakustannuksissa nähdään niinkään tärkeänä. Energiaomavaraisuutta, oman energialähteen antamaa kriisivalmiutta ja polttoaineen uusiutuvuutta arvostetaan biokaasulaitosta suunnittelevien viljelijöiden keskuudessa. Toisen merkittävän ryhmän biokaasulaitosinvestointiin muodostavat erilaiset

ympäristösyöt. Eläintautiriskin pieneneminen on tärkein yksittäinen ei-taloudellinen syy biokaasulaitosinvestointiin. Niinikään lannan varastoinnin ja levityksen hajuhaittojen pieneneminen nähdään tärkeänä. Vähiten vaikutusta biokaasulaitosinvestointiin kyselyn perusteella on lainsäädännöllisillä syillä. Laitoksen rakentaminen ei ole rakennusluvan ehtojen mukaan pakollista yhdellekään kyselyyn vastanneelle tilalle.

#### *5.2.5. Kysymysosio 5*

Biokaasulaitoksen investointikustannusta selvitettiin kysymysosiossa 5. Maatilayrittäjiltä kysyttiin, ovatko he hakeneet ja saaneet investointitukea tai aikovatko he hakea sitä. Tiloilta kysyttiin myös paljonko tukihaun perusteena ollut investointikustannus oli. Investointituista kysyttiin myös, mitä tukea oli haettu ja mikä oli ollut tukitaso. Tiloilta kysyttiin niinikään investoinnin omarahoitusosuutta sekä liittyykö rahoitukseen jotain muuta huomioitavaa.

Tähän kysymysosioon saatiin vastaus viideltä tilalta. Yksikään vastannut tila ei ollut hakenut investointitukea. Tukea aikoi hakea kaikki viisi tilaa, joista kahdella oli tiedossa investointituen hakuperusteena käytettävä investointikustannus. Arviot investoinnin suuruudesta olivat tiloilla euromääräisinä 58 600 EUR ja 251 000 EUR. Omarahoitusosuudesta ja investointitukien tasoista ei vastauksista saatu tietoa.

#### *5.2.6. Kysymysosio 6*

Biokaasureaktorin syöttömateriaaleja koskevaan kysymykseen saatiin vastaus viideltä tilalta. Nämä viisi tilaa aikoivat käyttää lisämateriaaleja tai harkitsivat niiden käyttöä. Kaksi tilaa ei ollut vielä selvittänyt, mitä lisämateriaaleja olisi käytettävissä, mutta oli valmis käyttämään saatavilla olevia materiaaleja. Kolme tilaa aikoi käyttää lisämateriaaleja, joista mainittiin vihannestilan jäte, laitospölyn ruokajätteet, kaupungin keittiöiden ruokajätteet, elintarviketehtaan ruokajätteet, sekä sian- ja kananlanta. Kuljetusmatkoiltaan jätteet sijaitsivat 3-60 km etäisyydellä tilasta.



## 6. Biokaasulaitos sikatilalla; tapaustutkimuksen aineisto ja -tulokset

Investointianalyysia varten valittiin tutkimukseen yksi biokaasulaitoksen rakentamista suunnitteleva tila. Tila valittiin kyselytutkimusaineiston ulkopuolelta. Valittu tila on tyypillinen maatilakohtaista biokaasulaitosta suunnitteleva tila. Vuotuinen lannantuotto  $2\,550\text{ m}^3$  on lähellä kyselytutkimuksen keskiarvoa, joka oli  $2\,200\text{ m}^3$ . Sikatiloilla hajuhaitat koetaan usein suuremmiksi kuin nautakarjatiloiilla, mikä puoltaa biokaasulaitosten suunnittelua sikatiloilla. Tilaa käsitellään anonyyminä ja siitä käytetään jatkossa nimitystä ”tutkimustila”.

Tutkimustilalta selvitettyjä perustietoja ovat energiankulutus, eläinmäärät sekä käsiteltävän lannan määrä. Perustiedot sekä investoinnin kustannusarvio on saatu Metener Oy:lta. Laskennassa käytetyt kaasuntuottopotentialit perustuvat tutkimustuloksiin vastaavilla raaka-aineilla.

Tutkimustila sijaitsee Satakunnassa. Tilalla on emakkosikala, jossa on lietelantasysteemi. Lämmöntuotanto tutkimustilalla perustuu öljylämmitykseen. Vuotuinen öljyn kulutus on ollut  $22\,500$  litraa ja vuotuinen lämmönkulutus  $225\text{ MWh}_t$ . Lisäksi on huomioitava lämmön huipputehon tarve, joka ylittää hetkellisesti laskennallisen keskikulutuksen. Sähkönkulutus on ollut  $170\text{ MWh}_e$ , jolloin sähkönkulutuksen laskennallinen tehon tarve on  $19\text{ kW}_e$ .

### 6.1. Biokaasulaitoksen toiminta tutkimustilalla

Tutkimustilalle on tehty esisuunnitelma biokaasulaitoksen rakentamisesta. Tämä Metener Oy:n tutkimus on ollut pohjana tehdyille laskelmille. Suunnitellussa biokaasulaitoksessa on jatkuvasekoitteinen, pystymallinen reaktori. Lämpötila-alue on joko termofiilinen tai mesofiilinen. Kaasunkäyttölaitteina ovat kaasupoltin ja CHP-yksikkö, joka koostuu kaasumoottorista, generaattorista ja lämmönvaihtimista. Laitokseen kuuluu lisäksi kaasuväkäri ja jätteen vastaanottosiilo, sekä hygienisointiyksikkö.

Biokaasulaitokseen tuleva liete saapuu ensin sikalasta pumppauskaivoon, josta se pumpataan  $150\text{ m}^3$  tasaussäiliöön. Tasaussäiliössä lietteeseen lisätään tarvittaessa vastaanottosiilon kautta kasviperäinen biojäte. Lisätty kasviperäinen biojäte murskataan ja sekoitetaan lannan joukkoon (peltobiomassavaihtoehto). Tasaussäiliöön lisätään

tarvittaessa hygienisointisäiliön kautta vastaanotettu biojäte, joka sekoitetaan lietteen joukkoon (biojätevaihtoehto). Tasaussäiliön merkitys on tasata sikalalasta tulevaa lietevirtaa siten, että päivittäinen syöttö biokaasureaktoriin voi olla tasainen. Tasaussäiliö tasaa myös lietteen koostumuksen ja kuiva-ainepitoisuuden vaihteluita.

Tasaussäiliöstä liete pumpataan biokaasureaktoriin. Pumppaus tapahtuu 4 kertaa päivässä automaation ohjaamana. Lietteen hydraulinen viipymä reaktorissa on noin 15-22 päivää riippuen prosessilämpötilasta. Tämän jälkeen liete johdetaan  $760 \text{ m}^3$  jälkikaasuvarastoon, jossa sen laskennallinen viipymä on 2,5-3 kuukautta. Jälkikaasuvarastosta liete johdetaan lietevarastoihin ( $940 \text{ m}^3$  ja  $1\,038 \text{ m}^3$ ) ja sitä kautta peltolevitykseen.

Biokaasureaktorissa käsitellyn lietelannan biohajoavat orgaaniset yhdisteet hydrolysoituvat ja hajoavat metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Lietteen kuiva-ainepitoisuus vähenee prosessissa tutkimusten mukaan 30-35 % (Luostarinen, 2001). Käsitellyn lietteen typen kokonaispitoisuus on sama kuin käsittelemättömän. Biokaasukäsittelyllä ei ole vaikutusta fosforin ja kaliumin kokonaispitoisuuksiin. Myöskään kokonaistyyppipitoisuus ei muutu, mutta lietteen sisältämä typpi liukoistuu ammoniumtypeksi, joka on kasveille suoraan käyttökelpoinen typen muoto (Luostarinen, 2001).

Biokaasu syntyy pääosin biokaasureaktorissa, josta se johdetaan kaasuvarastoon. Kaasuvarastossa tapahtuu vielä jälkikaasuuntumista, jossa muodostuu noin 10 % biokaasun kokonaissaannista. Kaasuvarastona toimii kaksoiskuvulla katettu lietesäiliö, jossa alemman kuvun alla on kaasuvarastotila. Ylempi kupu on sääkupu, joka pidetään kuperana pienipaineisella ilmalla. Ilmanpaineella ylläpidetään niinkään tarvittavaa pientä biokaasun ylipainetta. Biokaasu johdetaan kaasuvarastosta kaasuputkistoa pitkin tekniseen tilaan, jossa sijaitsevat kattila, varaaja ja CHP-yksikkö. Kattilan ja CHP-yksikön tuottama lämpö siirretään keskuslämmitysveteen ja sitä kautta tilan lämmitysverkkoon. Reaktorin lämmitys hoidetaan niinkään keskuslämmitysjärjestelmän kautta tarvittavien lämmönvaihtimien avulla. Biokaasulaitos tuottaa ylijäämälämpöä, joka hyödynnetään tilan muuhun lämmöntarpeeseen. CHP-yksikön tuottama sähkö hyödynnetään pääosin tilalla. Ylijäämä sähkö myydään verkkoon sähkön ostajan kanssa solmittavan sähkönmyyntisopimuksen mukaisesti.

Biokaasulaitosta ohjataan tietokonepohjaisen automaation avulla. Laitoksesta kerätään mittaustietoa, jota hyödynnetään prosessin ohjauksessa. Mitattavia parametreja ovat muun muassa biokaasun virtaama, metaanipitoisuus, lietteen lämpötila reaktorissa ja sähköenergian tuotto. Laitoksen toimintaa ohjataan mitattujen parametrien ja annettujen ohjearvojen mukaisesti. Automaatio mahdollistaa häiriöraporttien saannin tarvittaessa suoraan matkapuhelimeen. Sen lisäksi biokaasulaitoksen toimintaa tulee tarkkailla päivittäin.

## 6.2. Biokaasulaitosvaihtoehdot

Maatilakohtainen biokaasulaitos voidaan rakentaa erityyppisiä materiaaleja käyttäväksi. On mahdollista rakentaa pelkällä naudantai sianlannalla toimiva laitos. Etuna on tällöin yksinkertainen toiminta, koska muita materiaalivirtoja kuin lanta ei käsitellä. Tällöin ei myöskään tarvitse huolehtia käsiteltävän materiaalin hygienisoinnista. Pelkällä lietteellä saavutetaan hyvä toimintavarmuus ja lietteen lannoitusominaisuudet paranevat. Haluttaessa nostaa biokaasureaktorin kaasuntuottotehoa on reaktorin kuormitusta lisättävä. Lietteellä toimivan biokaasureaktorin kuormitusta voidaan hallitusti nostaa lisäämällä joukkoon orgaanisesti hajoavaa lisämateriaalia. Tämä voidaan tehdä ilman, että prosessin vakaus vaarantuu.

	<b>Pelkkä sikalan lietelantavaihtoehto</b>	<b>Peltobiomassa- vaihtoehto</b>	<b>Biojätevaihtoehto</b>
<b>Reaktorisäiliön koko</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>150</b>
<b>Reaktorityyppi</b>	<b>mesofiilinen</b>	<b>mesofiilinen</b>	<b>termofiilinen</b>
<b>Hygienisointi</b>	<b>ei</b>	<b>ei</b>	<b>kyllä</b>
<b>Vastaanottosiilo</b>	<b>ei</b>	<b>kyllä</b>	<b>kyllä</b>
<b>CHP-käyttö</b>	<b>kyllä</b>	<b>kyllä</b>	<b>kyllä</b>

Taulukko 2. Biokaasulaitoksen rakennusvaihtoehdot tutkimustilalla

Tutkimustilalla tutkittiin kolme eri vaihtoehtoa rakentaa biokaasulaitos. Vaihtoehdot on esitetty taulukossa 2. Ensimmäinen vaihtoehto on käyttää tilalla muodostuvaa sikalan lietelantaa ainoana raaka-aineena. Tällöin ei tarvita lannan hygienisointia. Toinen

vaihtoehto on rakentaa biokaasulaitos, joka käyttää hyödykseen kasviperäistä raaka-ainetta. Kun käytetään pellolla tuotettua kasviraaka-ainetta, ei myöskään tarvita hygienisointia. Laskelma on tehty sokerijuurikkaan naateille, jotka vastaanotetaan tilalle ilman korvausta. Mahdollisia kuljetus- tai hankintakustannuksia ei ole huomioitu kustannuksissa. Vaihtoehtoisesti kasviraaka-aineeksi soveltuu myös jokin muu helposti hajoava peltobiomassa.

Kolmas vaihtoehto on ottaa vastaan ulkopuolista orgaanista materiaalia. Ulkopuolisen materiaalin vastaanotto edellyttää useissa tapauksissa hygienisointia, jolloin tarvitaan hygienisointiyksikkö. Se mahdollistaa erityyppisten biojätteiden vastaanoton. Tässä vaihtoehdossa biokaasulaitos vastaanottaa suurkeittiöjätettä, josta peritään porttimaksu 40 EUR/märkätonni. Maksun suuruus perustuu Suomessa perittäviin porttimaksuihin perunajätteen vastaanotosta (Hagström ym. 2005 s.34).

Molemmissa lisäainevaihtoehdoissa reaktorin kuormitus on mitoitettu siten, että laitos tuottaa kaasua teholla, joka mahdollistaa 30 kW<sub>e</sub> agregaatin jatkuvatoimimisen käytön. Ulkopuolisen lisämateriaalin syöttö optimoitiin siten, että tämä tavoite täyttyy näissä vaihtoehdoissa. Sianlantaa ei oleteta vastaanotettavan tilan ulkopuolelta, joten sen määrä ei muutu. Tästä johtuen pelkän sianlannan vaihtoehdossa ei saavuteta tavoiteltua energiantuottotehoa. Tavoitellun energiantuottotehon saavuttaminen pelkällä sianlannalla on mahdollista, mutta se edellyttäisi huomattavasti suurempaa reaktorikokoa tai kahden reaktorin käyttöä.

### *6.2.1 Pelkkä sianlietevaihtoehto*

Pelkän sianlietteen vaihtoehdossa biolaitos käyttää raaka-aineenaan ainoastaan tilalla sijaitsevan sikalan lietelantaa. Lietelantaa käytetään vuodessa tilalla muodostuva 2550 kuutiometriä. Sikalasta tuleva lietelanta välivarastoidaan tasaussäiliöön, josta se pumpataan tarpeen mukaan bioreaktoriin. Lietteelle ei tarvita esikäsitelyä ennen syöttöä.

Reaktori toimii mesofiilisella lämpötila-alueella, tarkoittaen 35-40 °C. Tällä alueella toimittaessa tarvittava reaktorin hydraulinen viipymä sianlannalle on 20 vrk. Tämä saavutetaan vaihtoehdossa 150 m<sup>3</sup> reaktorikoolla. Viipymä varmistaa lannan biokaasupotentiaalin hyödyntämisen. Reaktorisyötteen kuiva-ainepitoisuus (TS) nousee tällöin tasolle 6,0%. Liete on tällöin helposti pumpattavaa.

Reaktori on mahdollista vaihtaa toimivaksi termofiilisella (55 °C) alueella. Syitä tähän voi olla esimerkiksi sikalan laajennus ja lietemäärän kasvu tai jos halutaan vastaanottaa hygienisoinnin vaativaa lisämateriaalia. Tällöin vaaditaan termofiilinen prosessi. Reaktorin lämpötilan nosto lisää lietteen lämmitykseen tarvittavaa lämpöenergiaa ja vähentää täten muuhun lämmityskäyttöön jäävää osuutta.

Kaasulla tuotetaan CHP-yksikössä lämpöä ja sähköä, joka hyödynnetään kokonaisuudessaan tilalla. Lisäksi joudutaan käyttämään jonkin verran ostoenergiaa. Sähköenergian tuotannossa tilan sähköntarpeen täyttöaste on 54 %. Sähköntuoton yhteydessä CHP-yksiköstä saadaan talteen lämpöenergiaa 50 %:n energiahyötysuhteella, sähköenergian tuotannon hyötysuhteen ollessa 35 %. Kokonaisenergiankäytön hyötysuhde on näin ollen 85 %. Lämpö hyödynnetään bioreaktorin lämmitykseen sekä tilan muuhun lämmöntarpeeseen. CHP-yksikön tuottama lämpö riittää täyttämään tilan kokonaislämmöntarpeesta 15 %. Mikäli kaasusta tuotettaisiin pelkkää lämpöä kaasupolttimen avulla, hyötysuhdetilan lämmöntarpeesta täytyisi 61 %. Energiahyötysuhde olisi tällöin 90 %. Reaktorin lämmityksen energiantarpeeseen on huomioitu 10 %:n korotus, mikä aiheutuu lämpöhäviöistä reaktorista ulkoilmaan.

#### *6.2.2. Peltobiomassavaihtoehto: Sikalan lietelanta ja sokerijuurikas*

Tässä vaihtoehdossa sikalan lietelantaan lisätään pellolla tuotettua biomassaa, jolla nostetaan reaktorin kuormitusta ja siten kasvatetaan kaasuntuottoa. Biomassaksi on valittu sokerijuurikas, joka suuren satonsa ja mekaanisten ominaisuuksiensa puolesta soveltuu hyvin biokaasulaitoksessa käytettäväksi. Sokerijuurikkaasta käytetään vain naatit. Myös juurikkaan käyttö biokaasulaitoksessa on mahdollista. Naatit murskataan ja sekoitetaan syöttösäiliössä lannan joukkoon. Riittävän pieni palakoko varmistetaan murskauksen yhteydessä. Lietelantaa käytetään vuodessa tilalla muodostuva 2 550 m<sup>3</sup>. Sokerijuurikkaan naatteja käytetään 1 289 tonnia.

Reaktori toimii mesofiilisella (35-40 °C) lämpötila-alueella. Vaihtoehdossa saavutettava viipymä on 22 vrk. mikä ylittää sianlannalle vaaditun viipymän 20 vrk. Sokerijuurikkaan naattien tarvitsema viipymä on huomattavasti lyhyempi, joten se ei ole reaktorikokoon vaikuttava tekijä. Huomattavaa on, että syötettävästä raaka-aineesta sokerijuurikkaan naattien osuus on merkittävä, 30%. Reaktorisyötteen kuiva-ainepitoisuus (TS) nousee

tällöin tasolle 9,4%. Liete säilyy tällöin vielä pumpattavana, jonkinlaisena raja-arvona voidaan pitää kuiva-ainepitoisuutta 10% (TS) jonka jälkeen lietteen pumpattavuus merkittävästi heikkenee. Vaadittava reaktorikoko laitokselle on 250 m<sup>3</sup>.

Reaktori on mahdollista vaihtaa toimivaksi termofiilisella (55 °C) alueella. Syitä tähän voi olla esimerkiksi sikalan laajennus ja lietemäärän kasvu tai jos halutaan vastaanottaa hygienisoinnin vaativaa lisämateriaalia. Tällöin vaaditaan termofiilinen prosessi. Reaktorin lämpötilan nosto lisää lietteen lämmitykseen tarvittavaa lämpöenergiaa ja vähentää täten muuhun lämmityskäyttöön jäävää osuutta.

Energiankäytön hyötysuhteet ja häviöt ovat samat kuin sianlietevaihtoehdossa. Sähköenergian tuotannossa tilan sähköntarpeen täyttöaste on 145 %. CHP-yksikön tuottama lämpöenergia riittää täyttämään tilan kokonaislämmöntarpeen 101 %:sti. Mikäli kaasusta tuotettaisiin pelkkää lämpöä kaasupolttimen avulla, tilan lämmöntarve täytyisi 182 %:sti.

### *6.2.3 Biojättevaihtoehto: Sikalan liotelanta ja suurkeittiöjäte*

Kolmas tarkasteltu vaihtoehto on sikalan liotelannan ja suurkeittiöjätteen yhteiskäsittely. Reaktorin kaasuntuottoa voidaan nostaa merkittävästi käyttämällä hyödyksi lähialueilla muodostuvia elintarviketeollisuuden sivutuotteita tai kotitalouksien ja suurkeittiöiden biojätteitä. Näillä jätteillä on tyypillisesti korkea metaanintuottopotentiaali ja siten jo pienillä lisämateriaalien syöttömäärillä saavutetaan merkittävä kaasuntuoton nousu. Biojätteet ovat lisäksi tyypillisesti materiaaleja, joiden hävittäminen niiden tuottajalle maksaa, tapahtui se sitten kaatopaikalle läjittämällä tai kompostoimalla. Näistä jättejakeista on tällä perusteella mahdollista kerätä ns. porttimaksua, eli jätteen vastaanottaja kerää maksun käsittelylaitokseen vastaanottamastaan jätteestä.

Biojätteen käsittely asettaa vaatimuksia käsiteltävälle laitokselle. Perusvaatimuksena käsiteltävälle materiaalille on sen hygienisointi. Vastaanotettava jäte hygienisoidaan erillisessä hygienisointisäiliössä, jossa se kuumennetaan tunniksi 70 °C lämpötilaan. Hygienisoinnin vaikutus kokonaislämpöalouteen ei ole suuri, sillä lämmin syöttömateriaali näkyy pienempänä reaktorilietteen lämmitystarpeena.

Reaktorin lämpöenergiakulutus on 40 % suurempi termofiilisessa prosessissa kuin mesofiilisessa, kun oletetaan varastolietteen lämpötilaksi 10 °C. Reaktorilämpötilat ovat tällöin mesofiilisessa prosessissa 37 °C ja termofiilisessa prosessissa 55 °C. Korkeammasta reaktorilämpötilasta aiheutuva lisälämmitystarve pienentää tilan muuhun käyttöön jäävän lämmön määrää. On huomioitava, että molempien lisäainevaihtoehtojen kokonaiskaasuntuotto on sama, samoin kuin sähköenergian tuotto. Lisääntynyt lämpöenergian tarve näkyy lämpöomavaraisuuden laskuna.

Energiankäytön hyötysuhteet ja häviöt ovat samat kuin sianlietevaihtoehdossa. Sähköenergian tuotannossa tilan sähköntarpeen täyttöaste on 145 %. CHP-yksikön tuottama lämpöenergia riittää täyttämään tilan kokonaislämmöntarpeen 88 %:sti. Mikäli kaasusta tuotettaisiin pelkkää lämpöä kaasupolttimen avulla, tilan lämmöntarpeen täyttöaste olisi 159 %.

### 6.3. Taloudellinen tarkastelu

#### 6.3.1. Tuotot ja kustannukset

Tutkimustila edustaa tyypillistä biokaasuinvestointia harkitsevaa tilaa. Tilalla on käytössä öljylämmitys mistä aiheutuu vuositasolla merkittävät kustannukset tilalle. Toinen merkittävä kustannuserä on ostosähkö. Ostoenergian korvauksesta aiheutuvat kustannussäästöistä tulevat laskennalliset tuotot ovat merkittävin tuottoerä sikalan lietelantavaihtoehdossa ja peltobiomassavaihtoehdossa. Biojättevaihtoehdossa niiden osuus tuotoista on noin puolet.

Sähkön hinnasta pientuottajalle jäävä osuus on vajaat puolet. Sähkön myyntitulojen pienuus johtuu tästä, sekä siitä, että merkittävä osa sähköstä käytetään suoraan tilalla. Laskennassa käytetty sähkön hinta on keskimääräinen markkinahinta. On mahdollista, että biosähköstä maksettaisiin korkeampaa hintaa, jolloin myös sähkön tuottaminen myyntiin olisi nykyistä kannattavampaa.

Biojättevaihtoehdossa tuottona on edellisten lisäksi myös porttimaksutulo, jonka osuus vuotuisista tuotoista nousee merkittäväksi. Porttimaksua peritään vastaanotettavasta jätteestä, ja maksuperusteena on vastaanotetun jätteen märkäpaino. Jotta porttimaksutuloa

voidaan saada, on kohtuullisella etäisyydellä tilaa sijaittava biojätettä tuottavaa teollisuutta tai asutusta.

Tuotettaessa sähköä pelkästään omaan käyttöön alle 2 MVA tehoisessa generaattorissa, ei siitä tarvitse maksaa sähköveroa. Sähköveroa tulee maksaa, mikäli sähköä myös myydään. Tällöin sähkön tuottaja maksaa sähköveroa oman kulutuksen osuudestaan. Tästä osuudesta on kuitenkin vähennetty biokaasulaitoksen käyttämä sähkö. Sähköveroluokkaan I kuuluu asuminen, palveluala ym. ei-teolliset kohteet. Tässä sähköveroluokassa veron suuruus on 7,53 euro/MWh, mikä sisältää huoltovarmuusmaksun 0,13 euro/MWh; alv 0 % (Hagström ym. 2005 s.23). Pelkässä sianlantavaihtoehdossa sähköä ei tuoteta myyntiin, jolloin ei myöskään veroa tarvitse maksaa, mutta kahdessa lisämateriaalivaihtoehdossa sähkövero on maksettava.

Sähköntuotantoon on saatavissa sähköntuotantotukea, joka maksetaan sähkön tuottajalle hakemuksesta. Tukea maksetaan koko sähkön tuotannolle pois lukien laitoksen oma käyttö. Tukea ei makseta, jos sähkö on tuotettu alle 2 MVA:n tehoisessa generaattorissa eikä sitä siirretä lainkaan sähköverkkoon. Tukea ei myöskään makseta, mikäli tuotanto jää alle 100 MWh/v. Tutkimustilalla sähkön tuotantotukea saadaan kahdessa lisäainevaihtoehdossa, joissa sähköä myydään verkkoon.

Laitoksen investointikustannuksen suuruus vaihtelee kolmen eri vaihtoehdon välillä johtuen laitosten hieman toisistaan poikkeavista ominaisuuksista. Sikalan lietelantavaihtoehdosta puuttuvat kahdessa muussa vaihtoehdossa tarvittavat ulkopuolisen materiaalin vastaanoton laitteistot ja rakenteet. Peltobiomassavaihtoehdossa on ulkopuolisen materiaalin vastaanotto, mutta hygienisointiyksikkö puuttuu. Laitoksen suunniteltu reaktorikoko on biomassavaihtoehdossa 250 m<sup>3</sup> kun kahdessa muussa vaihtoehdossa se on 150 m<sup>3</sup>. Suurempi reaktorikoko nostaa investointikustannusta tämän vaihtoehdon osalta. Biojätevaihtoehdossa on käytettävä hygienisointia, sekä termofiilistä prosessia, mikä nostaa laitoksen omaa energiankulutusta. Investointikustannukset biojätevaihtoehdossa jäävät kuitenkin alle peltobiomassavaihtoehdon johtuen pienemmästä reaktorikoosta. Laitokseen ei oleteta tarvittavan uusintainvestointeja kestoian aikana, vaan nämä kustannukset sisällytetään koneiden ja laitteiden kunnossapitokustannuksiin, sekä energiantuoton muuttuviin kustannuksiin. Jäännösarvoa investoinnille ei lasketa. Laitoksen investointikustannus poistetaan kokonaisuudessaan kestoian aikana.



Vuotuisista kiinteistä kustannuksista suurin osa muodostuu huolto- ja kunnossapitokustannuksista. Rakennuksille laskettava huolto ja kunnossapitokustannus on 0,5 % investointikustannusosuudesta. Koneille ja laitteille laskettava huolto- ja kunnossapitokustannus on vastaavasti 3 % niiden investointikustannusosuudesta. Vakuutusmaksujen osuus on 0,2 % kokonaisinvestointikustannuksesta.

Vuotuiset muuttuvat kustannukset koostuvat biokaasulaitoksen käyttökuluista, energiakuluista sekä sähköverosta. Energiantuotannon käyttökustannus pitää sisällään oman työn arvon biokaasulaitoksessa. Vuotuiset käyttökustannukset voidaan laskea kaavalla  $1\ 000\ \text{EUR} + 1\ \text{EUR/MWh}_f$  (Hagström ym. 2005 s.34). Energiantuotantolaitteiden kunnossapitotyöt on huomioitu erillisinä muuttuvina kustannuksina, sillä niiden suuruus riippuu tuotettavasta energiamäärästä. Sähköenergiantuotannon käyttökustannus saadaan kaavalla  $\text{MWh}_e * 15\ \text{EUR/MWh}_e$  (Hagström ym. 2005 s.34). Biolaitoksen sähkönkäyttöä on arvioitu tanskalaisessa tutkimuksessa, jossa käytetty arvo on 0,09 EUR/tuotettu biokaasukuutiometri (Nielsen 2004 s.2). Biolaitoksen oma lämmönkäyttö on laskettu siten, että reaktoriin tuleva liete on oletettu olevan 10°C lämpöistä ja se lämmitetään joko 37 °C (mesofiilinen prosessi) tai 55 °C (termofiilinen prosessi). Lämmitykseen kuluva energiamäärä on laskettu käyttäen lietteelle veden lämpökapasiteettia. Laitoksen omaan energiankäyttöön on lisäksi tehty 10 % lisäys energiahäviöiden huomioimiseksi reaktorista ja putkistoista.

Sähkövero on laskettu siten, että sitä maksetaan, mikäli sähköä tuotetaan myyntiin. Sähköveron suuruus on 7,30 EUR/MWh. Sähköä maksetaan koko tuotetusta energiamäärästä pois lukien laitoksen oma käyttö.

Laskennassa käytettävät energiahinnat ovat reaalisia, verollisia hintoja. Arvonlisäveron vaikutus on kuitenkin poistettu hinnoista. Sähkön hinta 0,06014 EUR/kWh pitää sisällään sähköveroa 0,73 senttiä/kWh ja huoltovarmuusmaksua 0,013 senttiä/kWh. Hinta sisältää sekä energiahinnan, että siirtomaksun osuuden ja se on Suomen keskihinta lokakuussa 2005. Polttoöljyn hinta 0,04492 EUR/kWh vastaa öljyn hintaa 0,4492 EUR/litra mikä oli Suomen keskihinta kuluttajalle kotiin toimitettuna tammi - lokakuussa 2005 (Öljy ja kaasualan keskusliitto, 2005). Porttimaksun suuruus 40 EUR/tonni perustuu tällä hetkellä Suomessa perittäviin porttimaksuihin biojätteestä (Hagström ym. 2005 s.34).

Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen tekninen kestoikä Saksasta saatujen kokemusten perusteella on noin 25 vuotta (Schulz, H. & Eder, B. 2001 ref. Jokela 2001). Laitoksen taloudellinen kestoikä on lyhyempi kuin laitoksen tekninen kestoikä. Iän vaikutusta laitoksen kannattavuuteen on tarkasteltu herkkyyksianalyyssiosuudessa tässä tutkimuksessa. Pääoman korkokantana on käytetty 6 %:ia ja se kattaa sijoitetulle pääomalle asetetun tuottovaatimuksen sekä investoinnin riskin. Investointiavustuksen taso 25 % on arvio, joka perustuu biokaasulaitoksille haettavissa oleviin investointitukiin. Investointiavustuksen vaikutus kannattavuuteen on suoraan investointikustannusta alentava. Mikäli laitos saa avustuksen sijaan korkotukea, tulisi se huomioida laskentakorkokannassa. Avustettu investointikustannus on laskettu investointikustannuksesta, jota on alennettu avustusprosentilla. Laskennassa käytetyt kustannustiedot on eritelty liitteessä 1.

### 6.3.2. Investointianalyysi

Tutkimustilalla tarkastelluissa vaihtoehdoissa kahdessa biokaasureaktorin kuormitusta on nostettu lisämateriaalia käyttäen. Tällöin reaktorin kaasuntuottokapasiteetti saadaan hyödynnettyä paremmin kuin pelkällä lietelannalla. Pelkkä lietelantavaihtoehto voi tulla kuitenkin kyseeseen, mikäli halutaan saada lietteen anaerobikäsittelyn ympäristöhyödyt eikä kannattavuus ole ensisijainen tavoite. Suuremmalla kuormituksella saadaan aikaan suurempi biokaasuntuotanto sekä tästä johtuen suuremmat energiatuotot kaasun käytöstä ja sähkön myynnistä. Taulukossa 3 on eritelty tuotot ja kustannukset eri vaihtoehdoilla.

	<b>Pelkkä sikalan lietelantavaihtoehto</b>	<b>Peltobiomassa- vaihtoehto</b>	<b>Biojätevaihtoehto</b>
<b>Investointikustannus, €</b>	<b>302 940</b>	<b>366 862</b>	<b>359 140</b>
<b>Tuotot, €/v</b>	<b>11 412</b>	<b>31 124</b>	<b>55 130</b>
<b>Muuttuvat kustannukset, €/v</b>	<b>7 269</b>	<b>14 101</b>	<b>16 522</b>
<b>Kiinteät kustannukset, €/v</b>	<b>3 996</b>	<b>5 114</b>	<b>5 099</b>
<b>Nettotuotto, €/v</b>	<b>147</b>	<b>11 909</b>	<b>33 509</b>

Taulukko 3. Biokaasulaitosvaihtoehtojen kustannukset ja tuotot

Investointikustannuksia tarkasteltaessa huomataan, että eri vaihtoehtojen välillä ei ole suurta eroa. Pelkällä lietelannalla toimiva laitos on edullisin, mutta ero investointikustannuksissa ei ole suhteessa eroon energiantuotannossa. Pelkälle lietelannalle joudutaan rakentamaan lähes vastaava tekniikka kuin lisämateriaaleja käsitteleville vaihtoehtoille. Sianlietevaihtoehdon pienin vuotuinen tuotto ja nettotuotto ovat seurausta muita vaihtoehtoja alhaisemmista energiatuotoista. Sähkön myyntituloja ei tässä vaihtoehdossa saada. Peltobiomassavaihtoehdon ja biojättevaihtoehdon välinen ero vuotuisissa tuotoissa ja samalla nettotuotoissa selittyy biojättevaihtoehdossa kerättävällä porttimaksulla.

Muuttuvat kustannukset koostuvat biokaasulaitoksen käyttökuluista, energiakuluista sekä sähköverosta. Niiden suuruus riippuu tuotetun energian määrästä, käsitellyn materiaalin määrästä sekä käytettävästä prosessista. Korkeamman lämpötilan termofiilinen prosessi nostaa laitoksen omaa energiankulutusta ja energiakustannusta. Kiinteiden kustannusten välillä erot ovat vähäisiä, johtuen investointivaihtoehtojen samankaltaisuuksista.

<b>Vaihtoehto:</b>	<b>Investointi- kustannus (€)</b>	<b>Vuotuinen nettotuotto (€)</b>	<b>Vuotuinen annuiteetti (€)</b>
<b>Pelkkä sikalan lietelanta</b>	<b>342 862</b>	<b>147</b>	<b>17 774</b>
<b>Peltobiomassavaihtoehto</b>	<b>366 862</b>	<b>11 909</b>	<b>21 524</b>
<b>Biojättevaihtoehto</b>	<b>359140</b>	<b>33 509</b>	<b>21 071</b>

Taulukko 4. Investointikustannus, nettotuotto ja annuiteetti eri biokaasulaitosvaihtoehtoilla

Erot investointikustannuksissa ovat vähäiset, joten investoinnista aiheutuva pääomakustannus eli vuotuinen annuiteetti vaihtelee myös vain vähän eri vaihtoehtojen välillä. Verrattaessa vuotuista annuiteettia nettotuottoon, voidaan nähdä miten hyvin tuotot kattavat pääomakustannusta. Nettotuottojen erot ovat nähtävissä taulukossa 4.

Nettotuotot eivät riitä kattamaan vuotuista annuiteettia, eli pääomakustannusta kahdessa vaihtoehdossa kolmesta. Ainoastaan biojättevaihtoehdossa pääomasta aiheutuneet kustannukset saadaan täysimääräisesti katettua. Annuiteetin perusteella kannattavuusvaatimus täyttyy vain biojättevaihtoehdossa.

<b>Vaihtoehto:</b>	<b>Takaisinmaksuaika (vuotta) (SPP):</b>	<b>Nettonykyarvo (€) (NPV):</b>	<b>Sisäinen korkokanta (%) (IRR):</b>
<b>Pelkkä sikalan lietelanta</b>	<b>1546,4</b>	<b>-225 327</b>	<b>-20,60</b>
<b>Peltobiomassavaihtoehto</b>	<b>23,1</b>	<b>-122 908</b>	<b>0,62</b>
<b>Biojätevaihtoehto</b>	<b>8,0</b>	<b>158 999</b>	<b>11,65</b>

Taulukko 5. Investoinnin kannattavuuden tunnusluvut tutkimustilalla

Investointianalyysia on jatkettu vertailemalla eri vaihtoehtojen takaisinmaksuaikaa, nettonykyarvoa ja sisäistä korkokantaa. Yhteenveto kannattavuuden tunnusluvuista on esitetty taulukossa 5. Takaisinmaksuajan menetelmä ei huomioi sijoitetun pääoman korkokustannusta ja sen käyttö investointitutkimuksessa tulee tästä syystä olla rajattua. Se auttaa kuitenkin hahmottamaan eri investointien välisiä eroja antaen yksinkertaisen arvon siitä, kuinka pitkään investointia joudutaan maksamaan takaisin. Pelkkä sikalan lietelantavaihtoehto ei täytä kannattavuuden edellytyksiä tällä mittarilla mitattuna. Peltobiomassavaihtoehdon takaisinmaksuaika jää alle investoinnin teknisen kestoiän, joten tällä mittarilla mitattuna edellytykset kannattavuudelle ovat olemassa. Biojätevaihtoehdon takaisinmaksuaika jää selvästi alle teknisen kestoiän, joten investointia voi pitää kannattavana.

Nettonykyarvomenetelmä ottaa huomioon koron vaikutuksen. Nettonykyarvon ollessa positiivinen investoinnin tuotot riittävät kattamaan pääomasta aiheutuvat kustannukset korkoineen. Jos nettonykyarvo jää negatiiviseksi pääomakustannukset ylittävät nettotuotot ja investointi on tappiollinen. Lasketuista arvoista nettonykyarvolle nähdään, että pelkkä lietelantavaihtoehto ja peltobiomassavaihtoehto eivät täytä investoinnin kannattavuudelle asetettuja edellytyksiä. Biojätevaihtoehdossa sitä vastoin saavutetaan haluttu korvaus pääomalle. Nettonykyarvo on selvästi positiivinen tässä vaihtoehdossa.

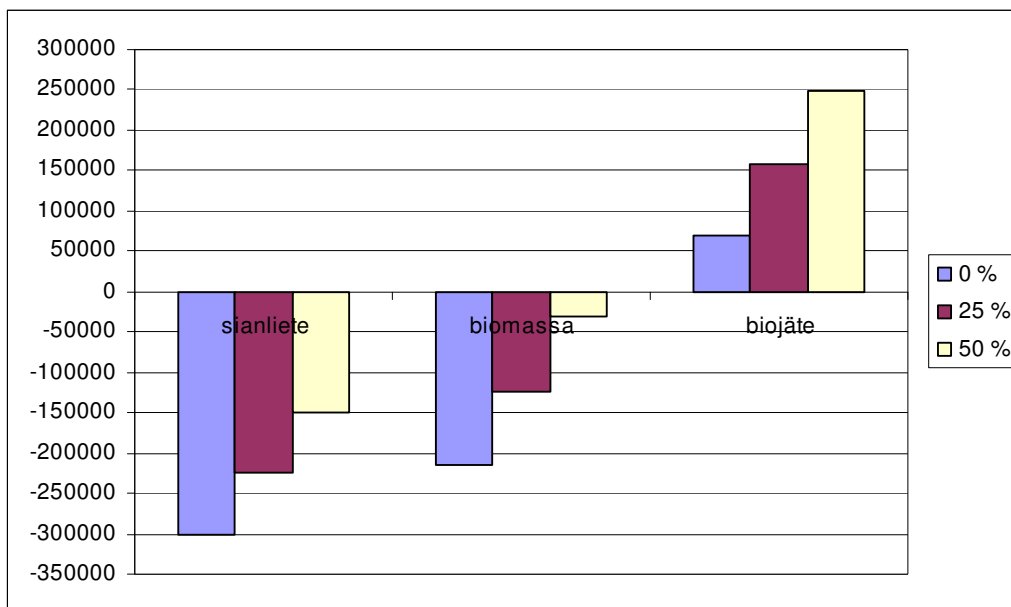
Sisäisen korkokannan menetelmä huomioi nettonykyarvomenetelmän tavoin koron vaikutuksen vuotuisen pääomakustannukseen. Mikäli investoinnille laskettu sisäinen korkokanta on sama tai suurempi kuin sijoitetulle pääomalle vaadittu korko, voidaan investointia pitää kannattavana. Mikäli sisäinen korkokanta jää tämän alle, ei

kannattavuusedellytys täyty. Sisäisen korkokannan menetelmä perustuu samaan kaavaan kuin nettonykyarvon menetelmä ja saadut tulokset tukevat toisiaan. Myöskin sisäisellä korkokannalla mitattuna pelkkä lietelantavaihtoehto ja peltobiomassavaihtoehto eivät täytä kannattavuuden edellytyksiä. Lietelantavaihtoehdolle laskettu sisäinen korko on negatiivinen, mikä tarkoittaa sitä, että investointi tuottaa tappiota pääomalle kyseisellä korolla. Biomassavaihdon sisäinen korko jää selvästi alle vaaditun korkokannan 6%. Biojättevaihtoehdossa ylitetään pääoman korkovaatimus ja investointia voidaan pitää kannattavana.

### *6.3.3. Herkkyysanalyysi*

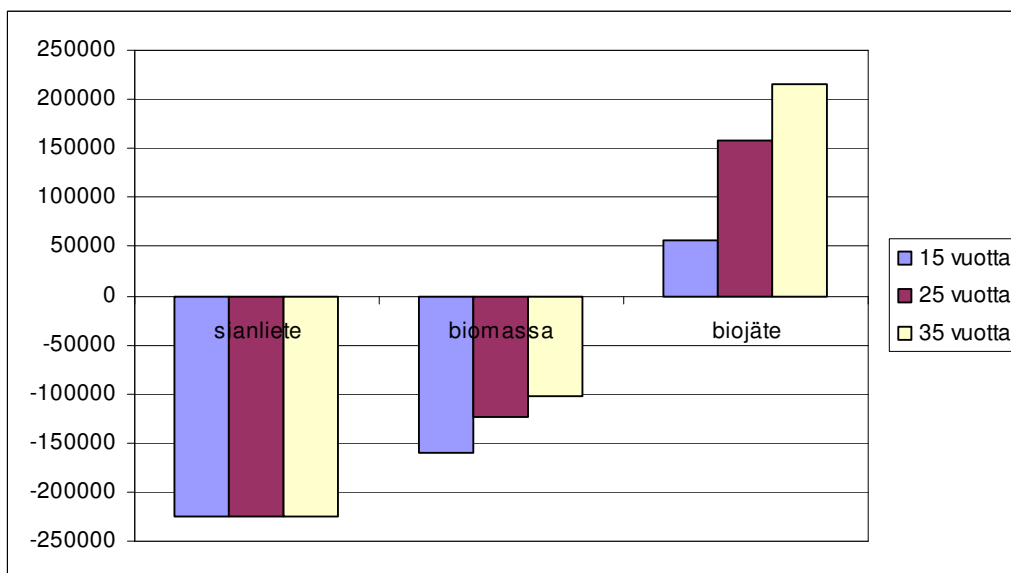
Herkkyysanalyysia käytetään kun halutaan selvittää sitä, miten eri muuttujat vaikuttavat lopputulokseen. Tutkimustilan biokaasulaitosinvestointivaihtoehtoja tutkittiin herkkyysanalyysillä, jotta saataisiin selville, mistä tekijöistä investoinnin kannattavuus riippuu. Tarkoituksena oli saada vastaus tutkimusongelmaan, eli siihen mitkä tekijät vaikuttavat biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuuteen.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin investointiavustuksen vaikutusta laitoksen kannattavuuteen. Investointituki pienentää investointikustannusta ja täten se vaikuttaa suoraan pääomakustannusta pienentävästi. Laskennassa käytetyn 25 % investointiavustuksen lisäksi tutkittiin investointiavustuksen tasoja 0 % ja 50 %, sekä etsittiin raja-arvo kannattavuudelle tutkituilla vaihtoehdoilla. Investoinnin nettonykyarvo eri investointiavustuksen tasoilla on esitetty kuviossa 7. Huomattavaa on, että sianlietevaihtoehto on kannattava vasta investointitukitasolla 99 %. Biomassavaihtoehto nousee kannattavaksi investointituen tasolla 59 %. Biojättevaihtoehto on kannattava kaikilla tukitasoilla jo ilman investointitukea.



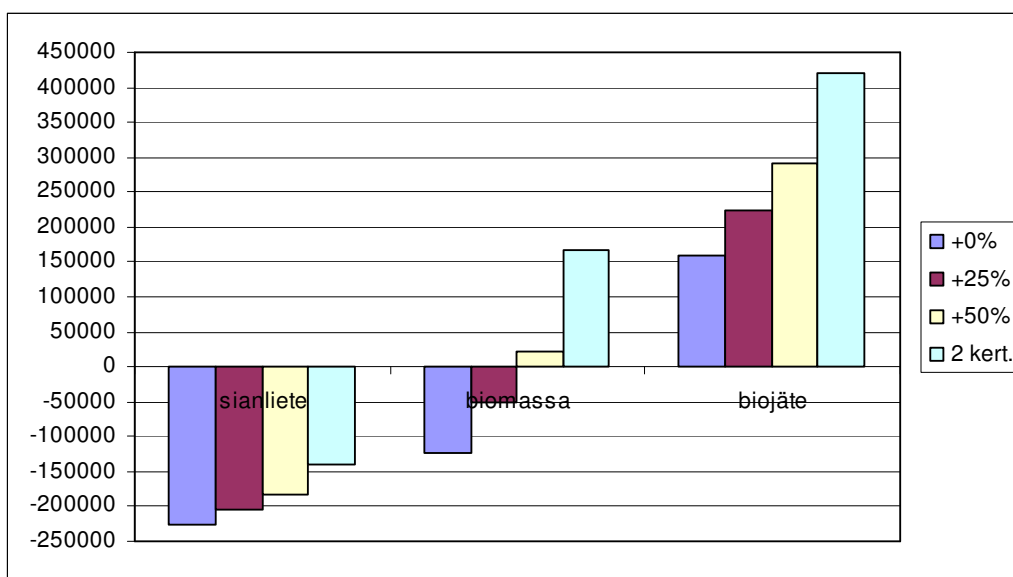
Kuvio 7. Investoinnin nettonykyarvo eri investointitukitasoilla

Investoinnin kestoajan vaikutusta tutkittiin kolmella eri vaihtoehdolla. Tutkimuksessa käytetty 25 vuotta edustaa saksalaisissa lähteissä käytettyä teknistä kestoikää. Hagström ym. (2005) ovat käyttäneet laitoksen kestoikänä 15 vuotta. Näiden lisäksi tutkittiin vaihtoehtona kestoajalle 35 vuotta. Tulokset on esitetty kuviossa 8. Huomataan, että sianliete ja biomassavaihtoehdot eivät saavuta kannattavuutta millään kestoajalla. Biojättevaihtoehto sitä vastoin on kannattava kaikilla kestoajalle asetetuilla arvoilla.



Kuvio 8. Investoinnin kestoajan vaikutus nettonykyarvoon

Energian hinnan vaikutusta investoinnin kannattavuuteen testattiin nostamalla energian hintaa tasoille +25 %, +50 % ja +100 %. Lisäksi etsittiin energiahinnan raja-arvo kannattavuudelle. Energian hintaa nostettiin muodostamalla energiahintakerroin, jolla kaikki energiahinnat kerrottiin. Energiahintoja nostettiin samalla prosenttiosuudella ostaja myyntisähkön sekä polttoöljyn hinnan osalta. Tuloksista nähdään, että sianlietevaihtoehto pysyy kaikilla tutkituilla energiahinnoilla yhä kannattamattomana. Raja-arvo saavutetaan tasolla +269 %. Biomassavaihtoehto nousee kannattavaksi +50 % energiahinnan tasolla raja-arvon ollessa +42 %. Biojättevaihtoehdon kannattavuus nousee huomattavasti tutkituilla vaihtoehdoilla. Raja-arvo kannattavuudelle biojättevaihtoehdossa saavutetaan energiahintojen tasolla -61 %.

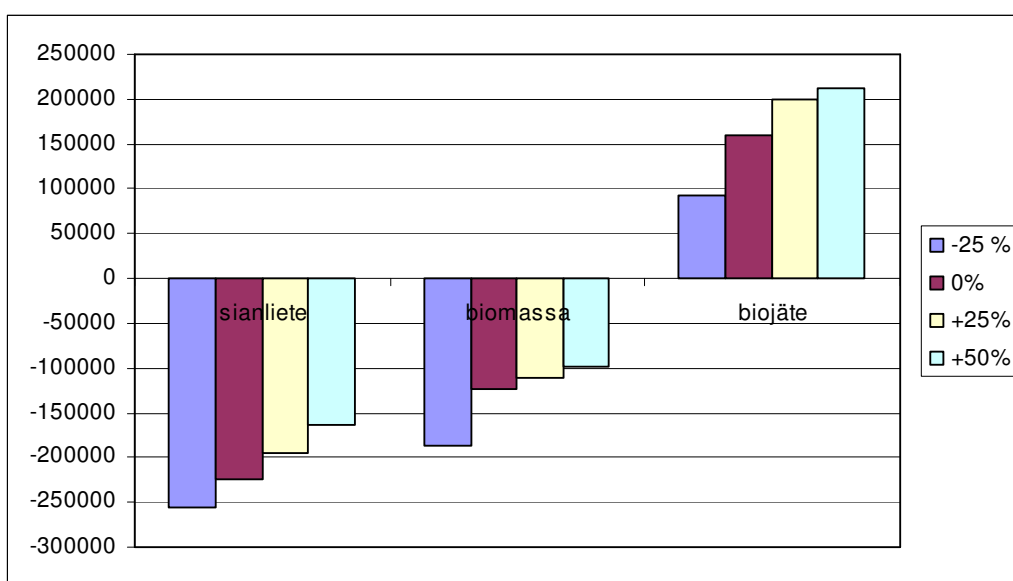


Kuvio 9. Energian hinnan vaikutus nettonykyarvoon.

Biokaasun tuoton vaikutusta investointiin tutkittiin laskemalla ja nostamalla laitoksen bruttokaasuntuottoa. Kaasuntuottoa laskettiin 25 % ja nostettiin 25 % ja 50 %. Kaasuntuoton lasku vähentää energiantuotantoa ja laitoksen lämmön ja sähköenergiantuotanto pienenee vastaavasti. Vastaavasti kaasuntuoton nosto lisää ensin oman energiantuotannon korvaavaa tuotantoa ja myöhemmin sähkönmyyntituloja. Biokaasun tuoton nostaminen parantaa energiatasetta, mutta samalla lisää laitoksen omia energiantuotannosta aiheutuvia kustannuksia, mikä vähentää noston nettovaikutusta biokaasulaitoksen tuottoihin. Kun oma energiankulutus on korvattu biokaasuenergialla,

saadaan ylijäämäkaasusta ainoastaan sähkön myyntihinnan mukainen tulo. Tämä laskee myöhemmin tuotettujen kaasukuutioiden arvoa.

Sianlietevaihtoehdossa ja biomassavaihtoehdossa ei saavuteta kannattavuutta tutkituilla kaasuntuottotasoilla. Raja-arvona kannattavuudelle on biomassavaihtoehdossa +246% nousu kaasuntuotossa. Sianlietevaihtoehdossa kannattavuus saavutetaan tasolla +768%. Kuviosta 10 nähdään, miten kaasuntuoton nosto vaikuttaa kannattavuuteen eri vaihtoehdoilla.



Kuvio 10. Kaasuntuoton muutoksen vaikutus nettonykyarvoon.

Herkkyysanalyysia jatkettiin tutkimalla parhaan vaihtoehdon herkkyyttä taloudellisten tekijöiden muutoksille. Ratkaisussa etsittiin kriittistä arvoa muuttujille, eli arvoa jolla investoinnin nettonykyarvo on nolla. Ratkaisut etsittiin hyödyntäen Excel- taulukkolaskentaohjelman tavoitteen haku -toimintoa. Herkkyysanalyysin tulokset on esitetty taulukossa 6.

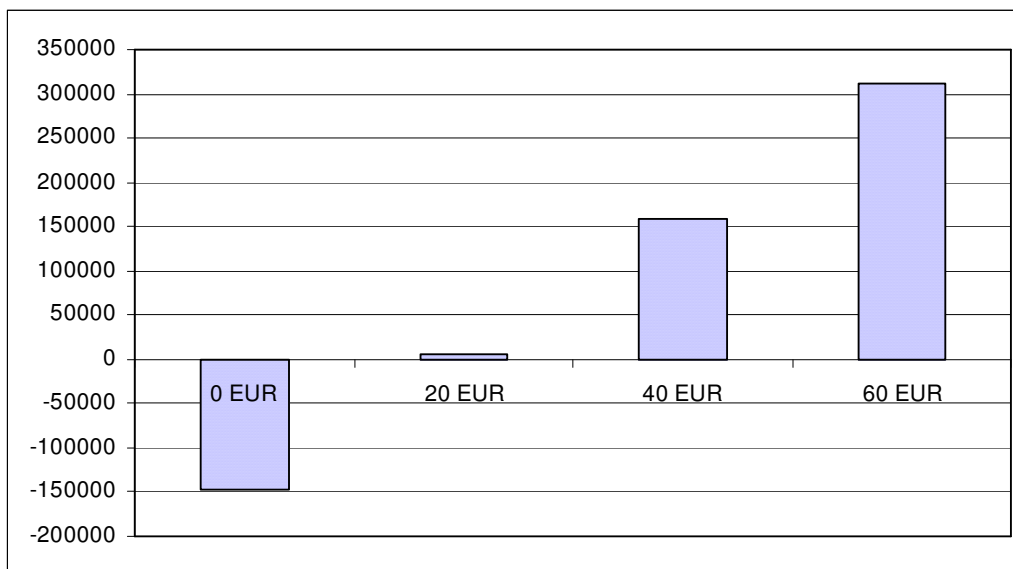


<b>Muuttuja</b>	<b>alkuarvo</b>	<b>kriittinen arvo</b>	<b>muutos % alkuperäisestä</b>
<b>Laitoksen tekninen ikä, vuotta</b>	<b>25,0</b>	<b>11,3</b>	<b>- 55 %</b>
<b>Investointikustannus, EUR</b>	<b>269 355 (tukitaso 25 %)</b>	<b>428 354 (tukitaso 0 % inv.kustannus +19 %)</b>	<b>+ 59 %</b>
<b>Porttimaksu, EUR/tn</b>	<b>40,00</b>	<b>19,15</b>	<b>- 52 %</b>
<b>Energian hinta, hintakerroin</b>	<b>1,00</b>	<b>0,39</b>	<b>- 61 %</b>
<b>Biokaasun tuotto, m<sup>3</sup></b>	<b>125 143</b>	<b>54 474</b>	<b>- 56 %</b>
<b>Pääoman korkokanta</b>	<b>6,00 %</b>	<b>11,65 %</b>	<b>+ 94,17 %</b>

Taulukko 6. Herkkyysanalyysin tulokset biojätevaihtoehdossa

Laitoksen tekninen ikä saavuttaa kriittisen pisteensä tasolla, joka on 55 % vähemmän kuin laitokselle määritelty tekninen ikä 25 vuotta. Tutkimuslaitoksen kaltaisia biokaasulaitoksia on rakennettu jo kymmeniä vuosia ja siten on kertynyt tietoa laitoksen teknisestä kestoikästä. Projektin teknistä kestoikää ei näin ollen voi pitää kriittisenä tekijänä laitoksen kannattavuuden kannalta.

Investointikustannus saavuttaa kriittisen pisteensä tasolla 415 533 EUR, mikä on 59 % suurempi kuin laskennassa käytetty. Mikäli investointituki jää kokonaan pois ja koko investointi jää yrittäjän rahoitettavaksi on lisäys tukemattomaan kustannukseen 19%. Laitoksen investointikustannus voi olla suurempi kuin suunniteltu, mutta ero varsinkin tuettuun investointikustannukseen on merkittävän suuri. Toisaalta ero tukemattomaan investointikustannukseen jää pieneksi. Investointituen epävarmuutta vähentävä vaikutus on selvästi nähtävissä.



Kuvio 11. Porttimaksun vaikutus nettonykyarvoon biojätevaihtoehdossa

Vastaanotettavasta biojätteestä perittävä porttimaksu on merkittävä tulolähde biokaasulaitokselle. Porttimaksun vaikutus biojätevaihtoehtoon on esitetty kuviossa 11. Porttimaksun alittaessa 19,15 EUR laitos muuttuu kannattamattomaksi. Tämä on 52 % pudotusta alkuperäiseen. Porttimaksun periminen on kannattavuuden kannalta kriittinen tekijä, sillä sen puuttuminen riittää muuttamaan laitoksen kannattamattomaksi, mikäli muut tekijät pysyvät muuttumattomina.

Energian hinnan herkkyyttä on tutkittu muodostamalla energiahintakerroin, jolla tilan käyttämät energiahinnat on kerrottu. Energiahintojen lasku vähentää sähkön ja lämmön korvausenergiasta saatavaa kustannussäästöä, ja myyntisähköstä saatavaa myyntituloa. Energiahintojen tulee laskea 61% ennen kuin laitos muuttuu kannattamattomaksi. Nykyinen energiahintojen kehitys on ollut päinvastainen. Energiahintoja ei voida näin ollen pitää investoinnin kriittisenä tekijänä.

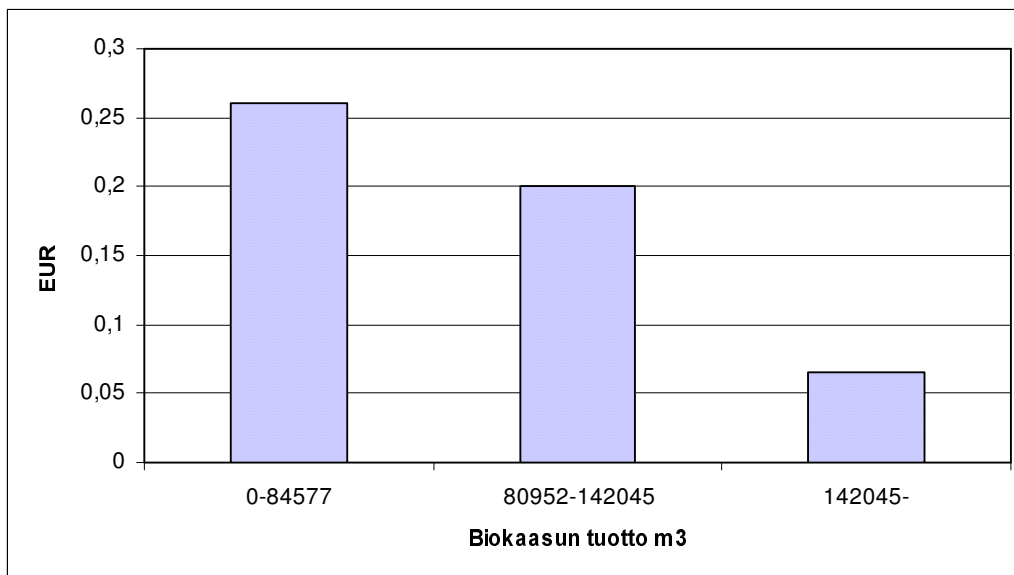
Biokaasun tuottoa tutkittaessa kriittinen piste kannattavuudelle saavutetaan 56% pienemmällä kaasuntuotolla kuin suunniteltu. Biokaasun tuotto sisältää epävarmuustekijöitä, kuten lähtöaineiden koostumuksen, prosessin toimivuuden ja hyötysuhteet. Näin suurta muutosta laskennalliseen kaasuntuottoon voi kuitenkin valmiiden preferenssilaitosten valossa pitää epätodennäköisenä. Näin ollen kaasuntuottoa ei voida pitää kannattavuuden kannalta kriittisenä tekijänä.

Investoinnin sisäinen korko (IRR) on yksi kannattavuuden mittari. Biojätevaihtoehdolle laskettu sisäinen korkokanta on 11,65%. Jos korkotaso nousee tämän yläpuolelle investointi muuttuu kannattamattomaksi. Nykyisen alhaisen korkotason vallitessa ei ole syytä pitää tätä tekijää investoinnin kannalta kriittisenä.

#### 6.3.4. Biokaasun arvo

Biokaasusta saatava tuotto vaihtelee eri käyttötarkoitusten mukaan. Biokaasulaitoksen tuottaman kaasun arvolle pätee vähenevän lisätuoton laki silloin, jos omassa käytössä saadaan paras kate tuotetulle kaasulle. Kun oma käyttö on tyydytetty, saadaan myytävästä lisäkaasusta tai kaasulla tuotetusta energiasta alhaisempi energian myyntihinta.

Tutkimustilalla tuotetun biokaasun aleneva rajatuotto biojätevaihtoehdossa on esitetty kuviossa 12. Muissa vaihtoehdoissa pätee sama vähenevän lisätuoton laki, tosin eri raja-arvoilla.



Kuvio 12. Biokaasun aleneva rajatuotto biojätevaihtoehdossa

Tutkimustilalla tuotetun kaasun arvoa tutkittiin laskemalla biokaasun rajatuotto sekä raja-arvot, joilla rajatuotto muuttuu. Laskenta tehtiin biojätevaihtoehdolle. Paras rajatuotto 0,261 EUR/m<sup>3</sup> tuotetulle biokaasulle (60 % CH<sub>4</sub>) saadaan kaasuntuotannon välillä 0 - 84 577 m<sup>3</sup>. Tällä välillä sekä lämpö, että sähkö saadaan hyödynnettyä tilalla oman kulutuksen korvauksessa. Tämän jälkeen tilan sähköntarve on tyydytetty, mutta

lämmöntarpeen täyttäminen jatkuu. Biokaasuntuotannon ollessa välillä 84 577 - 142 045 m<sup>3</sup> tuotetulla kaasulla tehdään sähköä myyntiin ja korvataan omaa lämmöntarvetta. Tällöin biokaasun rajatuotto on 0,200 EUR/m<sup>3</sup>. Kun tilan lämmöntarve on tyydytetty, ei ylimääräiselle lämpöenergialle enää ole kysyntää. Tuotetulla kaasulla tuotetaan ainoastaan sähköä myyntiin, mistä saatava hinta määrittää biokaasun arvon. Tällöin saavutettava rajatuotto on 0,066 EUR/m<sup>3</sup>.

### 6.3.5. Biokaasuenergian yksikkökustannus

Biokaasulla tuotetun energian vertailu muihin energialähteisiin on mahdollista, kun lasketaan tuotetun energian yksikkökustannus. Yksikkökustannus laskettiin kaikille kolmelle vaihtoehdolle.

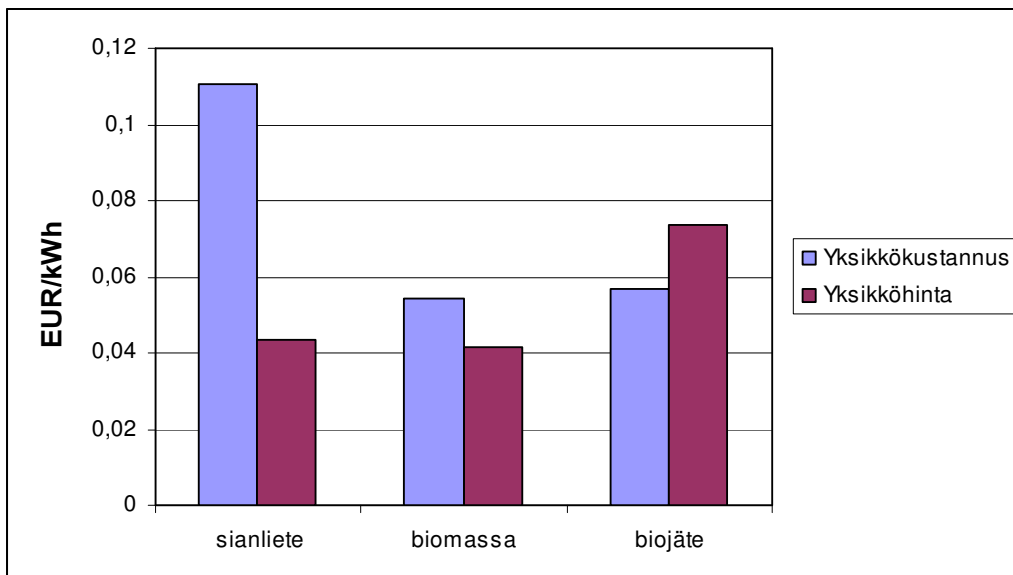
Biokaasulla tuotetun energian yksikkökustannus on laskettu jakamalla kilowattitunneiksi muunnettu biokaasun tuotantomäärä vuotuiskestävällä. Vuotuiskestävyys sisältää tuotantokustannuksen, sekä annuiteetin eli pääomakustannuksen. Biokaasun yksikköhinta on laskettu jakamalla tuotetun biokaasun määrä vuotuisella kokonaistuotolla. Tuotettu biokaasumäärä on ilmoitettu kuutiometreinä ja kilowattitunneiksi muunnettuna.

	<b>Pelkkä sikalan lietalanta-vaihtoehto</b>	<b>Peltobiomassa-vaihtoehto</b>	<b>Biojätevaihtoehto</b>
<b>Yksikkökustannus EUR/m<sup>3</sup> (60% CH<sub>4</sub>)</b>	<b>0,6636</b>	<b>0,3255</b>	<b>0,3411</b>
<b>Yksikköhinta EUR/m<sup>3</sup> (60% CH<sub>4</sub>)</b>	<b>0,2611</b>	<b>0,2487</b>	<b>0,4405</b>
<b>Yksikkökustannus EUR/kWh</b>	<b>0,1106</b>	<b>0,0543</b>	<b>0,0569</b>
<b>Yksikköhinta EUR/kWh</b>	<b>0,0435</b>	<b>0,0415</b>	<b>0,0734</b>

Taulukko 7. Biokaasuenergian yksikkökustannukset ja yksikköhinnat

Yksikkökustannusten ja -hintojen vertailu mahdollistaa myös energiantuotannon kannattavuuden arvioinnin. Energiantuotannosta jäävä voitto voidaan laskea yksikkökustannuksen ja energiasta saatavan yksikköhinnan erotuksena. Saatut tulokset tukevat investointianalyysin tuloksia. Biojätevaihtoehto on ainoa vaihtoehto, jossa yksikköhinta ylittää yksikkökustannuksen ja mahdollistaa täten kannattavan toiminnan.

Kuviosta 13 nähdään, että yksikkökustannus on pienin biomassavaihtoehdossa ja suurin sianlietevaihtoehdossa.



Kuvio 13. Biokaasuenergian yksikkökustannus ja yksikköhinta kilowattituntimääräisenä.

Yksikköhinta on pienin biomassavaihtoehdossa ja suurin biojättevaihtoehdossa. Tarkastelussa on muuttuvien rajatuottojen merkitys. Lasketut hinnat ja kustannukset ovat keskimääräisiä huomioiden laitoksen koko kaasuntuoton. Tuotetun lisäkuutiometrin arvo eroaa keskimääräisestä, mikäli vaihtoehtoisia kaasun käyttötapoja on useita ja niistä saadaan eri tuotto. Biojättevaihtoehdon suurin yksikköhinta on seurausta porttimaksutulosta, joka ei ole suoraan riippuvainen tuotetun kaasun määrästä.

## 7. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

### 7.1. Tulosten tarkastelu

Tutkimuksessa tutkittiin biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä tutkimalla satakuntalaisen sikatilan suunniteltua biokaasulaitosinvestointia. Tutkimusmenetelmänä oli tapaustutkimus, jossa käytettiin investointianalyysejä taloudelliseen tutkimukseen. Varsinaisen tutkimustilan valintaa edelsi kyselytutkimus, jossa kysyttiin biokaasulaitosinvestoinnin taustaan vaikuttavia tekijöitä kahdeltakymmeneltäyhdeltä biokaasulaitosinvestointia suunnittelevalta tilalta. Kyselytutkimukseen saatiin vastaus yhdeksältä tilalta.

Biokaasulaitosinvestointia suunnittelevat tilat ovat kooltaan keskimääräistä suurempia, niiden peltopinta-alan keskiarvo oli 59 ha ja keskimääräinen eläinyksikkömäärä oli 117 ey. Tuotettu lietemäärä vaihteli välillä 800 m<sup>3</sup> - 7500 m<sup>3</sup>. Näin ollen osa tiloista oli pienempiä ja osa suurempia kuin tähän tutkimukseen valittu tutkimustila. Keskiarvo lietalannan määrässä oli 2 200 m<sup>3</sup>, mikä on 350 m<sup>3</sup> vähemmän kuin tutkimustilalla. Biokaasulaitosinvestointia suunnittelevien tilojen keskimääräinen sähkönkulutus oli 62 863 kWh. Tutkimustilan 170 000 kWh on huomattavasti suurempi ja ostosähkönkulutuksen korvaava tuotto suurempi. Voidaan todeta, että energiankulutusta lukuun ottamatta tutkimustila vastaa kooltaan keskimääräistä biokaasulaitosinvestointia suunnittelevaa tilaa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää biokaasulaitosinvestoinnin kannattavuus ja siihen vaikuttavat tekijät, sekä biokaasulla tuotetun energian yksikkökustannus. Tapaustutkimuksessa laskettiin tutkimustilalle lähtötietojen perusteella kolme biokaasulaitoksen toteutusvaihtoehtoa. Toteutusvaihtoehdot eroavat toisistaan reaktorin syöttömateriaaleissa. Kahdessa lisämateriaalivaihtoehdossa tavoitteena oli energiaomavaraisuus sähkön osalta, sekä mahdollisimman suuri omavaraisuus lämmön osalta. Biokaasulaitos ja reaktorin syöttö mitoitettu siten, että se riittää 30 kw sähköntuotantotehoon. Sähköllä korvataan omaa käyttöä ja sitä tuotetaan myös myyntiin. Sähköntuotannossa käytettävästä CHP-yksiköstä saatava lämpö käytetään tilalla. Sianlietevaihtoehdossa tutkittiin pelkkään lannankäsittelyyn tarkoitettujen laitosten kannattavuutta. Energiaa tuotetaan omaan käyttöön sekä sähköksi, että lämmöksi, mutta energiaomavaraisuuteen ei pyritä.

Tuloksia tarkastellessa nähdään, että täyteen energiaomavaraisuuteen pyrkivä laitos on edellytys kannattavuudelle. Pelkkä lietelannan käsittely ei tuota juuri lainkaan korkoa pääomalle. Energiaomavaraisuus on saavutettavissa lisämateriaaleja käyttämällä, jolloin biokaasuntuotanto saadaan nostettua lähes kolminkertaiseksi. Kaasuntuoton kasvattaminen samalle tasolle pelkkää sianlietettä käyttämällä on mahdollista, mutta tämä edellyttäisi huomattavasti tarkasteltua suurempaa reaktorikokoa tai kahden reaktorin käyttöä.

Paras kannattavuus tutkimuksessa saadaan biojätevaihtoehdossa. Biojätevaihtoehdon nettonykyarvo on ainoana positiivinen. Sianliete- ja biomassavaihtoehdoissa kannattavuusvaatimus ei täyty. Näissä vaihtoehdoissa nettonykyarvo jää selvästi negatiiviseksi ja siten sijoitetulle pääomalle ja omalle työlle ei saada haluttua korvausta.

Tutkimustilan kannattavuustarkastelun tuloksena havaittiin, että merkittävin ero eri vaihtoehtojen välillä muodostui vuotuisten nettotuottojen erosta. Ero vuotuisista kustannuksista on selkeästi pienempi. Sianlietevaihtoehdon pienin tuotto aiheutuu pienimmästä kaasuntuotosta ja sitä kautta energiatuottojen pienuudesta. Kahden lisämateriaalivaihtoehdon välinen kannattavuusero aiheutuu porttimaksusta, sillä energiantuottojen erot ovat pienet. Biojätevaihtoehdossa perittävä 40 EUR porttimaksu vastaanotettua märkätonnia kohden mahdollistaa 23 862 EUR vuotuiset porttimaksutulot kun vastaanotettava määrä on 596,5 tonnia suurkeittiöjätettä. Ero biomassavaihtoehdon ja biojätevaihtoehdon vuotuisissa nettotuotoissa 21 600 EUR, joten selittävänä tekijänä on yksinomaan porttimaksutulojen ero.

Herkkyystarkastelun avulla tutkittiin eri vaihtoehtojen herkkyyttä lähtöarvojen muutoksille. Myös herkkyyksianalyysi tukee oletusta porttimaksutulojen merkityksestä. Mikäli biomassavaihtoehdossa porttimaksun suuruus laskee alle kriittisen pisteen 19,15 EUR, muuttuu investointi kannattamattomaksi. Porttimaksutulot riittävät pitämään investoinnin kannattavana, vaikka investointikustannus nousisi 59 %:lla tai laitoksen tekninen kestoikä olisi alle puolet oletetusta.

Suurin kannattavuuseroja selittävä tekijä on porttimaksu. Eroa lietelantavaihtoehdon ja kahden lisäainevaihtoehdon välillä selittää ulkopuolisen aineen vastaanotto. Ulkopuolisella, korkean biokaasuntuotantopotentiaalin omaavan lisäaineen lisäyksellä

pystytään laitoksen biokaasuntuotantoa kohottamaan merkittävästi. Kaasuntuoton nosto ei kuitenkaan pelkästään riitä tekemään investoinnista kannattavaa tutkimustilalla. Energiahintojen kohoaminen nostaisi kuitenkin biomassavaihtoehdon kannattavuutta nopeasti. Nykyisestä hintatasosta 42 %:n nousu riittäisi tekemään myös biomassavaihtoehdosta kannattavan.

Biokaasuenergia on uusiutuvaa energiaa, jonka lisääminen on energiapoliittisesti tärkeää. Suomi on Kioton sopimuksessa sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ja lisäämään uusiutuvan energian käyttöä. Mikäli energiantuotantoa biokaasulla tuettaisiin Saksan mallilla, jossa uusiutuvalla sähkölle maksetaan lisähintaa, tekisi se energiantuotannosta merkittävästi kiinnostavampaa. Tuotetulle uusiutuvalla energialle maksettava lisähinta olisi suoraa investointitukea parempi ohjauskeino, koska tällöin maksettaisiin toteutuneesta energiantuotannosta, eikä vain energiantuotantokapasiteetin rakentamisesta. On kuitenkin yksittäisen investointia aikovan viljelijän investointipäätöksen kannalta tärkeää, että ympäristöinvestoinneille, jollainen biokaasulaitos on, osoitetaan tukea edistämällä rakentamista investointituella.

## 7.2. Tulosten luotettavuuden arviointi

Tapaustutkimus pyrkii kuvailemaan tutkittavaa tapausta mahdollisimman tarkasti. Tarkoituksena ei ole pyrkiä tilastolliseen merkittävyyteen. Tapaustutkimuksen tulokset eivät myöskään ole suoraan yleistettävissä. Tässä tutkimuksessa tarkastelun kohteena olleelle tutkimustilalle on tehty tarkka esisuunnitelma biokaasulaitoksen rakentamisesta, joten tuloksia voidaan pitää pätevinä tälle tilalle. Kyselytutkimuksen perusteella voidaan nähdä, että tutkimustila edustaa suhteellisen tyypillistä biokaasulaitosinvestointia harkitsevaa tilaa. Tästä johtuen on mahdollista soveltaa tutkimustuloksia myös muille sika- ja nautakarjatilaille, mikäli niiden tuottama lantamäärä ja energiankulutuslukemat ovat lähellä tutkimustilaa. Tutkimuksen laajempi yleistettävyys kaikkien kokoluokkien ja tuotantosuuntien mautille ei ole relevanttia.

Tutkimustuloksien yleistettävyden ongelmana on, että biokaasulaitokset eroavat aina toisistaan. Niinkään syöttömateriaalit vaihtelevat. Lietteen koostumus ei ole sama eri sikaloilla ja vuotuiset lietemäärät vaihtelevat. Saatavilla olevat lisämateriaalit vaihtelevat mautilan sijainnin mukaan, samoin kuin biojätteen vastaanotosta mahdollisesti saatava porttimaksu. Joistakin jätejakeista ei saada porttimaksua, vaan joudutaan maksamaan, mikä



lisää laitoksen muuttuvia kustannuksia. Kohonnut energiantuotanto voi kuitenkin tehdä biojätteen ostamisesta taloudellisesti mielekäästä.

Muita syöttömateriaaleja kuin pääasiassa sian- ja naudanlantaä käyttävät biokaasulaitokset eivät vastaa kustannuksiltaan ja toiminnaltaan edellä mainittuja ja niihin tuloksia ei ole syytä soveltaa. Tulokset on saatu maatilamittakaavan laitoksesta. Suuremman mittakaavan keskitettyjen biokaasulaitosten kannattavuus on oma tutkimuskohteensa, jota tässä ei ole tutkittu.

## Lähdeluettelo

Barry, P.J., Ellinger, P.N., Hopkin, J.A., Baker, C.B. 1995. Financial Management in Agriculture. Fifth Edition. Interstate Publishers, Inc. 666 p.

Bernesson, S. 1989 Biogas som drivmedel för fordon. Julkaisussa Bo Svensson. Biogasprocessen i Norden, forskning och tillämpning. Institutionen för mikrobiologi. Rapport 40: 183-189.

European Commission Directorate-General Environment. 2001. Evaluation of sludge treatment for pathogen reduction – Final report. Study Contract No B4-3040/2001/322179/MAR/A2. September 2001.

European Commission, Joint Research Centre 2005. Sensitivity Analysis – General information. 1p. Available at <http://sensitivity-analysis.jrc.cec.eu.int/default2.asp?page=intro>

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1774/2002. 95s.

Hagström, M., Vartiainen, E., Vanhanen, J. 2005. Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys – loppuraportti. Gaia-group Oy. 77s.

James, P.J.& Campbell, R.J. 1985 The economics of anaerobic digestion on farms. Julkaisussa Pain, B.F.& Hephherd R.Q. Anaerobic Digestion of Farm Waste. NIRD Technical Bulletin 7 pages 73-79

Jokela, J. 2001. Esisuunnitelma maatilakohtaisesta biokaasulaitoksesta. Metener Oy. 24s.

Lampinen, A. 2004. Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen perusteet, Dimensio 3/2004. s. 4-9

Lee, W.F., Boehlje, M.D., Nelson, A.G., Murray, W.G. 1988. Agricultural Finance. 437 p. 1 st Indian edition.

Luostarinen, S. 2001. Maatilakohtainen biokaasulaitos. Ympäristötieteiden pro gradu, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos.

Maa ja metsätalousministeriön asetus 195/2004. Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläinperäisten sivutuotteiden käsittelystä biokaasu- ja kompostointilaitoksissa sekä lannan käsittelystä teknisissä laitoksissa.

Nielsen, P.H. 2004. Heat and power production from pig manure. Internet-julkaisu 5s. Saatavilla:

<http://www.lcafood.dk/processes/energyconversion/heatandpowerfrommanure.htm>

Solmio, H. 1996. Lämpöyrittäjien toiminta ja sen kannattavuus. Työtehoseuran monisteita 1/1996 (43). 36 s.

Steffen, R., Szolar, O. & Braun, R. 1998. Feedstocks for Anaerobic Digestion. Internet-julkaisu. 29s. Saatavilla: [www.AD-nett.org](http://www.AD-nett.org)

Suomen Biokaasukeskus ry. 1999. Matkakertomus: Suomen biokaasukeskus ry Opintomatka Ruotsiin 9.11-12.11.1999. Saatavilla: <http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/>

Suomen Biokaasukeskus ry. 2001. Perustietoa biokaasusta. Internet-julkaisu. Saatavilla: [www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/](http://www.kolumbus.fi/suomen.biokaasukeskus/)

Yin, R.K. 2003. Case Study Research – Design and Methods. 181p. 3th Edition.

Ylätalo, M. & Mäkinen, H. 1997. Maatilatalouden investoinnit, rahoitus ja maksuvalmius. Taloustieteen laitoksen monistesarja nro 12. Helsinki. 120s.

Öljy- ja kaasualan keskusliitto, 2005. <http://www.oil-gas.fi/upload/Tilastot/kuluttajahinta.PDF>

## Liitteet

Liite 1. Laskennassa käytetyt kustannukset ja hinnat

<b>Muuttuja</b>	<b>Arvo</b>
<b>Vältetty sähkön ostohinta EUR/kWh</b>	<b>0,06014</b>
<b>Vältetty lämmön ostohinta (öljy) EUR/kWh</b>	<b>0,04492</b>
<b>Sähkön myyntihinta EUR/kWh</b>	<b>0,03000</b>
<b>Porttimaksu lisämateriaalille EUR/tn</b>	<b>40,00</b>
<b>Sähkövero EUR/kWh</b>	<b>0,0073</b>
<b>Sähkön tuotannon tuki EUR/kWh</b>	<b>0,0042</b>
<b>Energiantuotannon käyttökustannus tilalla</b>	<b>1000€/v + 1€/MWh</b>
<b>Sähköenergiantuotannon käyttökustannus EUR/MWh</b>	<b>15,00</b>

## Liite 2. EXCEL laskentataulukot

## Maatilaikohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelma

Vaihtoehto: Pelkkä sikalan lietelanta

Biokaasulaitoksen vaikutus tilan vuotuiseseen energiataseeseen			
Biokaasun kokonaistuotanto	m <sup>3</sup>	43 714	
Biokaasuenergian bruttotuotanto	kWh	262 286	
<b>Agregaattikäyttö</b>			
Biokaasusähkön tuotto	kWh	91 800	
Tilan sähköenergian tarve	kWh	170 000	
Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh	3 934	
Sähköenergiatase	kWh	-82 134	
<b>Kaasupoltinkäyttö</b>			
Biokaasusähkön tuotto	kWh		0
Tilan sähköenergian tarve	kWh		170 000
Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh		3 934
Sähköenergiatase	kWh		-173 934
Biokaasulämmön tuotto	kWh	170 486	
Hukkalämpö ja häviöt	kWh	39 343	
Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh	131 143	
Tilan lämpöenergian tarve	kWh	225 000	
Laitoksen oma energiantarve	kWh	97 801	
Lämpötase	kWh	-191 658	
Biokaasulämmön tuotto	kWh		262 286
Hukkalämpö ja häviöt	kWh		26 229
Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh		236 057
Tilan lämpöenergian tarve	kWh		225 000
Laitoksen oma energiantarve	kWh		97 801
Lämpötase	kWh		-86 744

Suunnittelu perustuu biokaasun agregaattikäyttöön

## Taloudelliset muuttujat

Vältetty sähkön ostohinta *	€/kWh	0,06014	<b>Pääomamuuttujat</b>		
Vältetty lämmön ostohinta (öljy) *	€/kWh	0,04492	Pääoman korkokanta:		6,00 %
Sähkön myyntihinta	€/kWh	0,03000	Projektin tekninen ikä:	v	25
Sähkövero	€/kWh	0,00730	Investointiavustuksen taso		25 %
Sähkön tuotannon tuki	€/kWh	0,00420	Investointikustannus	€	302 940
Porttimaksu lisämateriaalille:	€/m <sup>3</sup>	40,00	Rakennusten osuus	€	227 940
Energiantuotannon käyttökustannus tilalla	1000€/v + 1€/MWh		Koneiden ja laitteiden osuus	€	75 000
Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€/MWh <sub>e</sub>	15,00	Avustettu investointikustannus	€	227 205

\* Hinnat ovat ilman arvonlisäveroa

## Vuotuiset tuotot ja kustannukset

Tuotot		Muuttuvat kustannukset			
Biokaasusähkön tuotto	€	5 521	Energiantuotannon käyttökustannus	€	1 262
Biokaasulämmön tuotto	€	5 891	Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€	1 377
Tulot sähkön myynnistä	€	0	Biolaitoksen sähkönkäyttö	€	237
Porttimaksu	€	0	Biolaitoksen lämmönkäyttö	€	4 393
Sähkön tuotannon tuki *	€	0	Sähkövero	€	0
Tuotot yhteensä	€	11 412	<b>Kiinteät kustannukset</b>		
			Huolto ja kunnossapito, rakennukset	€	1 140
			Huolto ja kunnossapito, koneet ja laitteet	€	2 250
			Vakuutusmaksut	€	606
			Kustannukset yhteensä		11 265
			Biokaasulaitoksen vuotuinen nettotuotto:	€	147

\* myönnetään jos sähköntuotanto ylittää 100MWh/v ja sähköä tuotetaan myyntiin

## Investoinnin kannattavuuden tunnusluvut

Takaisinmaksuaika	1546,4 v
Nettonykyarvo (NNA)	(225 327) €
Sisäinen korkokanta (IRR)	#JAKO/0!
Vuotuinen annuiteetti	17 774 €

## Maatilaokohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelma

Vaihtoehto: Sikalan lietelanta + sokerijuurikas naatteineen

## Biokaasulaitoksen vaikutus tilan vuotuisen energiataseeseen

Biokaasun kokonaistuotanto	m <sup>3</sup>	125 143			
Biokaasuenergian bruttotuotanto	kWh	750 857			
<b>Agregaattikäyttö</b>			<b>Kaasupoltinkäyttö</b>		
Biokaasusähkön tuotto	kWh	262 800	Biokaasusähkön tuotto	kWh	0
Tilan sähköenergian tarve	kWh	170 000	Tilan sähköenergian tarve	kWh	170 000
Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh	11 263	Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh	11 263
Sähköenergiatase	kWh	81 537	Sähköenergiatase		-181 263
Biokaasulämmön tuotto	kWh	488 057	Biokaasulämmön tuotto	kWh	750 857
Hukkalämpö ja häviöt	kWh	112 629	Hukkalämpö ja häviöt	kWh	75 086
Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh	375 429	Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh	675 771
Tilan lämpöenergian tarve	kWh	225 000	Tilan lämpöenergian tarve	kWh	225 000
Laitoksen oma energiantarve	kWh	147 232	Laitoksen oma energiantarve	kWh	147 232
Lämpötase	kWh	3 196	Lämpötase	kWh	303 539

Suunnittelu perustuu biokaasun aggregaattikäyttöön

## Taloudelliset muuttujat

Vältetty sähkön ostohinta *	€/kWh	0,06014	<b>Pääomamuuttujat</b>		
Vältetty lämmön ostohinta (öljy) *	€/kWh	0,04492	Pääoman korkokanta:		6,00 %
Sähkön myyntihinta	€/kWh	0,03000	Projektin tekninen ikä:	v	25
Sähkövero	€/kWh	0,00730	Investointiavustuksen taso		25 %
Sähkön tuotannon tuki	€/kWh	0,00420	Investointikustannus	€	366 862
Porttimaksu lisämateriaalille:	€/m <sup>3</sup>	40,00	Rakennusten osuus	€	239 062
Energiantuotannon käyttökustannus tilalla	1000€/v + 1€/MWh		Koneiden ja laitteiden osuus	€	106 800
Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€/MWh <sub>e</sub>	15,00	Avustettu investointikustannus	€	275 147

\* Hinnat ovat ilman arvonlisäveroa

## Vuotuiset tuotot ja kustannukset

<b>Tuotot</b>			<b>Muuttuvat kustannukset</b>		
			Energiantuotannon käyttökustannus	€	1 751
			Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€	3 942
			Biolaitoksen sähkönkäyttö	€	677
			Biolaitoksen lämmönkäyttö	€	6 614
Biokaasusähkön tuotto	€	10 901	Sähkövero	€	1 117
Biokaasulämmön tuotto	€	16 721	<b>Kiinteät kustannukset</b>		
Tulot sähkön myynnistä	€	2 446	Huolto ja kunnossapito, rakennukset	€	1 153
Porttimaksu	€	0	Huolto ja kunnossapito, koneet ja laitteet	€	3 228
Sähkön tuotannon tuki *	€	1056	Vakuutusmaksut	€	734
Tuotot yhteensä	€	31 124	Kustannukset yhteensä		19 215
			Biokaasulaitoksen vuotuinen nettotuotto:	€	11 909

\* myönnetään jos sähköntuotanto ylittää 100MWh/v ja sähköä tuotetaan myyntiin

## Investoinnin kannattavuuden tunnusluvut

Takaisinmaksuaika	23,1 v
Nettonykyarvo (NNA)	(122 908) €
Sisäinen korkokanta (IRR)	0,62 %
Vuotuinen annuiteetti	21 524 €

## Maatilaikohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelma

Vaihtoehto: Sikalan lietelanta + suurkeittiöjäte

## Biokaasulaitoksen vaikutus tilan vuotuisen energiataseeseen

Biokaasun kokonaistuotanto	m <sup>3</sup>	125 143			
Biokaasuenergian bruttotuotanto	kWh	750 857			
<b>Agregaattikäyttö</b>			<b>Kaasupoltinkäyttö</b>		
Biokaasusähkön tuotto	kWh	262 800	Biokaasusähkön tuotto	kWh	0
Tilan sähköenergian tarve	kWh	170 000	Tilan sähköenergian tarve	kWh	170 000
Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh	11 263	Biokaasulaitoksen oma sähköntarve	kWh	11 263
Sähköenergiatase	kWh	81 537	Sähköenergiatase		-181 263
Biokaasulämmön tuotto	kWh	488 057	Biokaasulämmön tuotto	kWh	750 857
Hukkalämpö ja häviöt	kWh	112 629	Hukkalämpö ja häviöt	kWh	75 086
Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh	375 429	Käytettävissä oleva lämpöenergia	kWh	675 771
Tilan lämpöenergian tarve	kWh	225 000	Tilan lämpöenergian tarve	kWh	225 000
Laitoksen oma energiantarve	kWh	201 134	Laitoksen oma energiantarve	kWh	201 134
Lämpötase	kWh	-50 706	Lämpötase	kWh	249 637

Suunnittelu perustuu biokaasun aggregaattikäyttöön

## Taloudelliset muuttujat

Vältetty sähkön ostohinta *	€/kWh	0,06014	<b>Pääomamuuttujat</b>		
Vältetty lämmön ostohinta (öljy) *	€/kWh	0,04492	Pääoman korkokanta:		6,00 %
Sähkön myyntihinta	€/kWh	0,03000	Projektin tekninen ikä:	v	25
Sähkövero	€/kWh	0,00730	Investointiavustuksen taso		25 %
Sähkön tuotannon tuki	€/kWh	0,00420	Investointikustannus	€	359 140
Porttimaksu lisämateriaalille:	€/m <sup>3</sup>	40,00	Rakennusten osuus	€	230 550
Energiantuotannon käyttökustannus tilalla	1000€/v + 1€/MWh		Koneiden ja laitteiden osuus	€	107 590
Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€/MWh <sub>e</sub>	15,00	Avustettu investointikustannus	€	269 355

\* Hinnat ovat ilman arvonlisäveroa

## Vuotuiset tuotot ja kustannukset

<b>Tuotot</b>			<b>Muuttuvat kustannukset</b>		
			Energiantuotannon käyttökustannus	€	1 751
			Sähköenergiantuotannon käyttökustannus	€	3 942
			Biolaitoksen sähkönkäyttö	€	677
			Biolaitoksen lämmönkäyttö	€	9 035
Biokaasusähkön tuotto	€	10 901	Sähkövero	€	1 117
Biokaasulämmön tuotto	€	16 864	<b>Kiinteät kustannukset</b>		
Tulot sähkön myynnistä	€	2 446	Huolto ja kunnossapito, rakennukset	€	1 153
Porttimaksu	€	23 862	Huolto ja kunnossapito, koneet ja laitteet	€	3 228
Sähkön tuotannon tuki *	€	1056	Vakuutusmaksut	€	718
Tuotot yhteensä	€	55 130	Kustannukset yhteensä		21 621

\* myönnetään jos sähköntuotanto ylittää 100MWh/v ja sähköä tuotetaan myyntiin

Biokaasulaitoksen vuotuinen nettotuotto: € 33 509

## Investoinnin kannattavuuden tunnusluvut

Takaisinmaksuaika	8,0 v
Nettonykyarvo (NNA)	158 999 €
Sisäinen korkokanta (IRR)	11,65 %
Vuotuinen annuiteetti	21 071 €

Liite 3. Kyselykaavake tiloille

## Täyttöohjeita

Kohdat **1-4** koskevat kaikkia.

Täyttäkää kohta **5** soveltuvilta osin, jos:

- olette hakeneet investointitukea
- tiedossanne on tuki jota aiotte hakea
- tiedossanne on investointikustannus

Täyttäkää kohta **6** jos harkitsette käyttävänne biokaasulaitoksessa lisämateriaalia.

### Erillisiä täyttöohjeita:

#### 1. Perustietoja tilasta

- Eläinmäärällä tarkoitetaan keskimääräistä eläinmäärää biokaasulaitosinvestoinnin jälkeen.
- Lisätietoja lannasta. Tiedot vaikuttavat lannan arvoon. **Täyttäkää, mikäli tiedossanne.**

#### 3. Polttoaineiden kulutus

Sähkön ja polttoaineiden kulutustiedot ovat tärkeitä, koska lasken niiden perusteella biokaasulla tuotetun energian arvon. Täyttäkää käyttömäärät mahdollisimman täydellisesti. Hintatiedot tiedossanne olevilta osin.

#### 5. Biokaasulaitoksen investointikustannus

- Tuettu investointikustannus = TE-keskuksen myöntämien tukien perusteina käyttämä rakennus- tai koneinvestointikustannus.
- Investointikustannus jaetaan tarvittaessa eri investointiosille. Esimerkiksi, jos olette saaneet biokaasulaitoksen yhteyteen rakennettavan uuden lietesäiliön rakentamiseen ympäristönsuojeluinvestointitukea, silloin: Tuettu investointikustannus = lietesäiliön investointikustannus.
- Tukien jälkeen jäljelle jäävän investoinnin rahoitustieto on suuntaa antavaa.



Nimi: \_\_\_\_\_

Osoite: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Puhelin: \_\_\_\_\_ GSM: \_\_\_\_\_

Sähköposti: \_\_\_\_\_

## 1. Perustietoja tilasta

Viljelijän ikä: alle 30, 30-40, 40-50, 50-60, yli 60

Koulutus: Perus-/kansakoulu ammattikoulu/lukio opistotason koulu  
yliopisto/korkeakoulu

Maatilan sijaintikunta: \_\_\_\_\_

Maatilan tuotantosuunta: \_\_\_\_\_

Peltoala: \_\_\_\_\_ ha, josta vuokrattua \_\_\_\_\_ ha

Tilanne keskimääräinen eläinmäärä:

Naudat yli 24kk	_____ kpl	Emakot ja karjut	_____ kpl
Naudat 6-24kk:	_____ kpl	Siat, yli 12 vk	_____ kpl
Naudat 0-6kk:	_____ kpl	Porsaatt	_____ kpl

Tai vaihtoehtoisesti, eläinmäärä: \_\_\_\_\_ ny

Vuotuinen lantamäärä: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>

### Lisätietoa lannasta:

Liukoinen typpi \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>Kokonaistyyppi \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>Fosfori \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>Kali \_\_\_\_\_ kg/m<sup>3</sup>

Kuiva-ainepitoisuus \_\_\_\_\_ %

## 2. Sähkön kulutus

Maatilan vuotuinen kokonaissähkönkulutus: \_\_\_\_\_ KWh

Sähkön hinta (Yliviivaa tarpeeton yksikkö)

	Sähkötuotannon osuus	Siirtomaksun osuus	Ostosähkön kokonaishinta	Kulutus vuodessa KWh
	p/KWh snt/KWh	p/KWh snt/KWh	p/KWh snt/KWh	
Kesäsähkö				
Talvisähkö, päivä				
Talvisähkö, yö				
Muu tariffi				

### 3. Polttoaineiden kulutus

#### Omat, kotimaiset polttoaineet:

Polttoaine	Käyttömäärä <sup>1</sup> m <sup>3</sup> /v
Puu, pilke:	
Puu, rankahake:	
Puu, kokopuuhake:	
Muu, mikä:	
Muu, mikä:	

#### Ostopolttoaineet:

Kotimaiset polttoaineet	Käyttömäärä <sup>1</sup> m <sup>3</sup> /v	Hinta mk/m <sup>3</sup> tai €/m <sup>3</sup> (ei välttämätön)
Puu, pilke:		
Puu, rankahake:		
Puu, kokopuuhake:		
Turve, palaturve:		
Muu, mikä:		
Muut polttoaineet	Käyttömäärä l/v	Hinta mk/l tai €/l (ei välttämätön)
Kevyt polttoöljy, lämmitykseen:		
Kevyt polttoöljy, työkoneisiin:		
Kevyt p.ö., viljankuivaukseen		
Bensiini, työkoneisiin		
Bensiini, maatalousajoon		
Diesel, maatalousajoon		
Muu, mikä:		
Muu, mikä:		

<sup>1</sup> Pilke, pinokuutiometriä. Muut irtokuutiometriä

## 4. Biokaasulaitos

Mitkä syyt saivat teidät suunnittelemaan tai harkitsemaan biokaasulaitoksen rakentamista?

---



---



---

**Kuinka arvioitte seuraavien lopputuotteiden käyttötapojen merkitystä teille  
(1=ei kiinnostusta 5=hyvin todennäköinen)**

	1	2	3	4	5
Biokaasulla tuotetun sähkön myynti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biokaasulla tuotetun lämmön myynti (kaukolämpö)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biokaasun myynti putkistoa pitkin käyttäjälle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Käsitellyn lietteen kiintoaineen myynti (edellyttää separointia)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Käsitellyn lietteen nesteen myynti (edellyttää separointia)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lisämateriaalien käyttö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Miten seuraavat tekijät ovat vaikuttaneet kiinnostukseenne biokaasulaitosinvestointiin  
(1=ei vaikutusta 5=vaikuttanut paljon)**

	1	2	3	4	5
Säästö tilan lämpöenergiakustannuksissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säästö tilan sähköenergiakustannuksissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Säästö lannoituskustannuksissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mahdollisuus saada lisätuloja ulkopuolisen lisämateriaalin vastaanotolla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mahdollisuus saada lisätuloja käsitellyn lannan myynnillä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mahdollisuus saada lisätuloja kaasun myynnillä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ympäristö- ja tuotantosyyt**

Lannan levityksen haju- ym. ympäristöhaittojen väheneminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lannan varastoinnin haju- ym. haittojen väheneminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lannan hygienisoituminen / eläintautiriskin väheneminen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uusiutuva polttoaine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Muut**

Mahdollisuus energiaomavaraisuuteen kriisitilanteissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Riippumattomuus ostoenergian hinnasta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rakennusluvan ehtojen mukaan pakollinen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jokin muu syy, mikä: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 5. Biokaasulaitoksen investointikustannus

Oletteko hakeneet ja saaneet biokaasulaitokseen investointitukea? kyllä / ei  
 Jos olette suunnitteluvaiheessa niin aiotteko hakea investointitukea? kyllä / ei

Tukihaun perustana käytetty / käytettävä biokaasulaitoksen kokonaisinvestointikustannus  
 (Mikäli tiedossanne) \_\_\_\_\_ mk / €

Jos biokaasulaitoksen rakentamiseen on myönnetty investointitukea, tai olette hakeneet/aiotte hakea tukea, täyttäkää oheinen taulukko teitä koskevin osin.

Kohde	Tuettu investointikustannus mk / €	Lainan tyyppi	Lainaa <sup>1</sup> mk / €	Avustusta <sup>1</sup> mk / €	Myönnetty kyllä/ei, myöntämisvuosi
Lypsykarjatalouden rakentamisinvestoinnit		vl	(70%)	(25% <sup>n</sup> 20% <sup>m</sup> )	
Lihakarjatalouden rakentamisinvestoinnit		vl	(70%)	(30% <sup>n</sup> 25% <sup>m</sup> )	
Ympäristönsuojeluinvestoinnit				(25%)	
Turkistarhaukseen liittyvät investoinnit		ktl	(80%)		
Maatilojen lämpökeskukset		ktl	(70%)	(20% tai 25% <sup>2</sup> )	
Maatilojen aggregaatit				(25%)	
Muu tuki, mikä:					

ktl = korkotukilaina, vl = valtionlaina

<sup>1</sup>Kohdat 'Lainaa' ja 'Avustusta': Suluissa tukitasot vuodelle 2002. Kohdassa 'Avustusta' %<sup>n</sup> tarkoittaa tukitasoa nuorille viljelijöille ja %<sup>m</sup> tukitasoa muille.

<sup>2</sup>Jos tuki myönnetään EU-osarahoitteisena

Jäljelle jäävän investointikustannuksen rahoitus:

Omalla pääomalla: \_\_\_\_\_ %  
 Lainalla: \_\_\_\_\_ %      lainan korko(mikäli tiedossanne) \_\_\_\_\_ %  
 yht: 100%

Muuta rahoitukseen liittyvää: (esim. Lainan takaisinmaksuaikataulu, rahoituksen erityisehdot.)

---



---



---



---



---

## 6. Biokaasureaktorin syöttömateriaalit

Biokaasulaitoksessa on mahdollista käyttää lisämateriaalia nostamaan biokaasuntuottoa. Lisämateriaalityyppejä ovat esim.: biojäte, puhdistamoliete, elintarviketeollisuuden jäte, rasvat, kasvit . (Lisätietoa löydätte Biokaasuprojektin loppuraportista <http://www.maaseutukeskus.fi/ks/>)

Aiotteko käyttää tai harkitsetteko käyttävänne biokaasulaitoksessa lisämateriaalia tilalla tuotetun lannan lisäksi? kyllä / ei

Jos kyllä, pyydän täyttämään seuraavat tiedot lisämateriaaleista:

### Lisämateriaali 1

Materiaalin tyyppi: \_\_\_\_\_

Vastaanotettava määrä (jos ei ole saatavissa rajattomasti) \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/v

Materiaalista saatava porttimaksu: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

tai materiaalin hinta: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

Kuljetusmatka: \_\_\_\_\_ km

Muuta: (varastotilan tarve, miten kuljetus on aiottu toteuttaa)

---



---



---



---

### Lisämateriaali 2

Materiaalin tyyppi: \_\_\_\_\_

Vastaanotettava määrä (jos ei ole saatavissa rajattomasti) \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/v

Materiaalista saatava porttimaksu: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

tai materiaalin hinta: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

Kuljetusmatka: \_\_\_\_\_ km

Muuta: (varastotilan tarve, miten kuljetus on aiottu toteuttaa)

---

**Lisämateriaali 3**

Materiaalin tyyppi: \_\_\_\_\_

Vastaanotettava määrä (jos ei ole saatavissa rajattomasti) \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/vMateriaalista saatava porttimaksu: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>tai materiaalin hinta: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

Kuljetusmatka: \_\_\_\_\_ km

Muuta: (varastotilan tarve, miten kuljetus on aiottu toteuttaa)

---



---



---



---

**Lisämateriaali 4**

Materiaalin tyyppi: \_\_\_\_\_

Vastaanotettava määrä (jos ei ole saatavissa rajattomasti) \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/vMateriaalista saatava porttimaksu: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>tai materiaalin hinta: \_\_\_\_\_ mk/m<sup>3</sup> tai €/m<sup>3</sup>

Kuljetusmatka: \_\_\_\_\_ km

Muuta: (varastotilan tarve, miten kuljetus on aiottu toteuttaa)

---



---

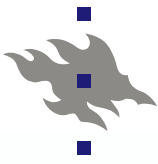


---



---

Kiitos vaivannäöstänne!



Taloustieteen laitoksen selvityksiä:

Nro.

24. Mari Koistinen (2005): Arjen helpotusta vai turhaa yllisyyttä – työssäkäyvien äitien ajatuksia kotitaloustyön teettämisestä. Kuluttajaekonomia.
25. Juha Stark (2005): Nuoret ja euro: hyvästi markka – tervetuloa euro. Kuluttajaekonomia.
26. Anna-Maija Liikanen (2005): Kanta-asiakkuutta Helsingin kattojen yllä – Tutkimus ravintolan kanta-asiakkaiden muodostamasta yhteisöstä ja sen toiminnasta. Kuluttajaekonomia.
27. Minna Koskela (2005): Hahmomarkkinoinnin vaikutus lapsen ostopäätökseen. Kuluttajaekonomia.
28. Marko Lindroos ja Anu Raijas (toim.) (2005): Artikkeleita Taloustieteen laitoksen opinnäytetöistä vuodelta 2004
29. Soile Kulmala (2005): Yksikkökohtaiset kalastuskiintiöt Selkämeren silakan kalastuksessa: bioekonominen analyysi. Ympäristöekonomia.
30. Lauri Pietikäinen (2005): Cod fishery of the European Union and Russia at the Baltic Sea – a game-theoretic analysis. Ympäristöekonomia.
31. Kaisa Huttunen (2005): ”Kapitalistin aseinen kapitalismia vastaan - suomalaisen radikaalin kuluttajaliikkeen vaiheita. Kuluttajaekonomia.
32. Marko Lindroos ja Anu Raijas (toim.) (2005): Kuluttajaliikettä, markkinointia ja kulutusta - Artikkeleita Taloustieteen laitoksen opinnäytetöistä vuosilta 2004–2005.
33. Marko Lindroos ja Anu Raijas (toim.) (2005): Luonnonvarat ja ympäristö - Artikkeleita Taloustieteen laitoksen opinnäytetöistä vuosilta 2004–2005.
34. Marko Lindroos, Markku Ollikainen, Kimmo Ollikka ja Anu Raijas (toim.) (2005): Päästökauppaa - Artikkeleita Taloustieteen laitoksen opinnäytetöistä vuosilta 2004–2005.
35. Susanna Rinta (2005): EU:n vesipuitteidirektiivin soveltaminen Suomen oloissa: Tapaustarkasteluna Säkylän Pyhäjärvi. Ympäristöekonomia.
36. Saara Hyvönen, Matti Tuominen & Tuija Venäläinen (2005): Yritysten markkinaosaaminen, innovatiivisuus ja menestyminen - kansainvälinen elintarvikealan yritysvertailu. Markkinointi.
37. Valtteri Markkula (2005): Metsäalan yrittämisen liiketoimintaympäristö – alan toimijat ja markkinalähtöisen toiminnan kehittämisen ongelmat.
38. Heikki Mäkinen (2005): Lypsykarjan tehostetun terveydenhuoltotyön taloudellisuuden mittaaminen. Maatalousekonomia.
39. Sari Mäki (2005): Leipäjonon arki. Kuluttajaekonomia.
40. Marko Lindroos (toim.) (2006): Kotitalouksien ympäristökysymyksiä: Lähiruoka, valmisruoka ja luontomatkailu
41. Marko Lindroos (toim.) (2006): Maatalous ja ympäristö: Monivaikutteisuus, kasvihuonekaasupäästöt ja vesipuitteidirektiivi.