

Punkalaitumen kunta

# Bioenergiapotentiaalista käytännön toteutukseen hankkeen loppuraportti

Heinonen Aki

2016



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



## Sisällys

1.	Yhteenveto hankkeesta .....	2
2.	Raportti.....	2
2.1	Hankkeen tavoitteet .....	2
2.2	Toteutus.....	3
2.2.1	Toimenpiteet .....	3
2.2.2	Aikataulut .....	4
2.2.3	Resurssit.....	5
2.2.4	Toteutuksen organisaatio .....	5
2.2.5	Kustannukset ja rahoitus .....	5
2.2.6	Raportointi ja seuranta.....	5
2.2.7	Toteutukset ja riskit .....	5
2.3	Yhteistyökumppanit .....	5
2.4	Tulokset ja vaikutukset .....	6
2.4.1	Biokaasuntuotantopotentiaali.....	6
2.4.2	Fytotoksisuuskoel.....	7
2.4.3	Biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat asiat.....	8
2.4.4	Biokaasulaitoksen vaatimat luvat.....	13
2.4.5	Biokaasulaitoksen perusrakenne.....	14
3	Esitykset jatkotoimenpiteiksi.....	16
	Liitteet.....	17

# 1. Yhteenveto hankkeesta

Bioenergiapotentialista käytännön toteutukseen hanke lähti tilanteesta, jossa edellisen hankkeen aikana oli selvitetty Punkalaitumen kunnan ja sen lähialueilla olevat bioenergiapotentialit. Osaa näistä; tuulienergia ja puun energiakäyttö, oli jo lähdetty kehittämään mm. Punkalaitumen biotrio Oy:n kautta. Edelleen oli kuitenkin selvittämättä, mitä käytännössä tarvittaisiin, jotta kunnan alueella toimivien tuotantoeläintilojen sivuvirrat saataisiin hyötykäytettyä energiantuotannossa parhaiten. Käytännössä hanke lähti kysymyksistä: Mistä tehdään, miten tehdään, mitä maksaa, mitä vaaditaan ja kannattaako tämä?

Hanke lähti hyvin konkreettisesti liikenteeseen. Ensimmäisenä yhteistyössä Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy:n osakkaiden kanssa kasattiin koeajoja varten erä paikallisia tuotantoeläinten lantoja, vihermassaa ja muita jätevirtoja. Nämä toimitettiin koeajolaitokselle Laukaaseen biokaasuntuotantopotentiaalin testausta varten. Koeajoja suoritettiin yhteensä nelisen kuukautta, joista tuloksena saatiin myös tässä hankeraportissa julkistettavat tiedot. Tämän lisäksi tutkittiin ostopalveluna koeajoon menevät raaka-aineet, sekä anaerobisen käsittelyn lopputuotteena tulevan käsittelyjäännöksen, jälkimädätteen, ravinnepitoisuudet, fysikaaliset ominaisuudet, haitta-ainepitoisuudet ja taudinaiheuttajien pitoisuudet. Koeajojen tulosten perusteella laskettiin biokaasuntuotantopotentiaali käytännön laitoksella. Tähän liittyen suoritettiin myös erilaisten energiankäytön skenaarioiden tarkastelua liittyen biokaasulaitoksen kannattavuuden arviointiin.

Hankkeen aikana on perehdytty biokaasulaitoksen toimintaan vaikuttaviin asioihin kuten lainsäädäntöön ja laitoksen perustamiseksi tarvittaviin lupiin ja lupaprosesseihin. Toinen tärkeä asia oli yhteistyössä Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy:n kanssa selvittää erilaisia laitosvaihtoehtoja, joilla Punkalaitumen kunnan ja Kanteenmaan kylän lähialueilta löytyviä lihantuotannon sivuvirtoja voidaan hyötyä käyttää parhaiten energiantuotantoon. Tähän liittyen on arvioitu näiden laitostyyppien toimivuutta mm. kustannuslaskelmien kautta.

Hankkeen aikana on vierailtu seminaareissa niin Suomessa, kuin myös ulkomailla ja viesti kaikkialla on ollut melko selvä. Energiantuotanto tarvitsee bioenergiaa ja hajautettu energiantuotanto on nousemassa yhä tärkeämpään rooliin. Kokonaiskuvion toimivuuden selvittäminen on noussut myös esille. Enää ei riitä, että laitos tuottaa halutusti energiaa, vaan myös tulee olla selvillä siitä, miten energiantuotanto voisi olla apuna tai osana esimerkiksi ravinteiden kierrätyksessä ja tätä kautta luomassa uusia liiketoimintamahdollisuuksia niin paikallisesti, alueellisesti, kuin valtakunnallisesti koko Suomessa.

## 2. Raportti

### 2.1 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena on luoda Joutsenten Reitin alueella toimiville kunnille ja yrityksille toimintamalli, jolla maatalouden sivuvirtojen ja muiden biomassojen järkevällä ja ravinnetehokkaalla toiminnalla saadaan tuotettua paikallista bioenergiaa ja muita jatkojalosteita. Hankkeen tavoitteena on luoda yhteistyössä yritysten kanssa selkeä, niin teknisesti kuin taloudellisesti toimiva bioenergian ja ravinnetalouden konsepti jota yhteistyössä yritysten kanssa lähdetään toteuttamaan.

Merkittävänä tavoitteena hankkeella on luoda keskusteluyhteys eri toimijoiden; maataloudet, peltobiomassan tuottajat, koneurakoitsijat ja energia-alan toimijoiden välille, jotta toimiva kokonaisketju

saadaan rakennettua. Hankkeen tavoitteena on uusien työpaikkojen luonti yhteistyössä koko Joutsenten Reitti ry:n alueella toimivien yritysten, yhteisöjen ja kuntien kanssa.

Lisäksi hankkeen avulla edistetään suomalaisen bioteknologian vientiä ulkomaille mm. Kiinaan, mikä edelleen vankistaa suomalaisen teknologiaosaamisen ja maaseudun kehittämisen yhteisiä intressejä ns. win-win -malliin perustuen. Käytännössä Suomessa toteutettuja maaseudun kehittämishankkeita arvostetaan ulkomailta, ja usein vasta näiden mallihankkeiden kautta suomalaisyrityksille avautuvat todelliset ulkomarkkinat.

## **2.2 Toteutus**

### **2.2.1 Toimenpiteet**

Hankkeelle palkattiin hankevetäjä / hanketyöntekijä, jonka vastuulla oli hankesuunnitelmassa laadittujen toimenpiteiden ja käytännön tehtävien suorittaminen ja organisointi.

Hankkeen alussa suoritettiin ostopalveluna biokaasutuotantopotentiaalin testaus BioGTS Oy:n Laukaalla sijaitsevalla koelaitoksella. Koeajoja varten hankevetäjä kokosi yhteistyössä Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy:n osakkaiden kanssa raaka-ainekokonaisuuden, joka edustaisi jakaumaltaan mahdollisimman lähelle Punkalaitumen kunnan ja sen lähialueilta löytyviä tuotantoeläinten lannoista ja muista ruuan alkutuotannon sivuvirroista kertyviä biomassoja. Biokaasutuotantopotentiaalin lisäksi kyseisestä materiaalivirrasta selvitettiin Viljavuuspalvelu FinnLab kanssa raaka-aineiden ja jälkimädätteen kemiallis-fyysiset ominaisuudet, kuten sähkönjohtavuus, hiven- ja raskasmetallikoostumus ja ravinneainepitoisuudet.

Biokaasutuotantopotentiaalin koeajojen aikana hankkeessa toteutettiin alustavaa kustannus- ja kannattavuuslaskentaa, joka perustui biokaasulaitosten Punkalaitumen Bioenergiayhtiölle toimittamiin tarjouksiin ja yritysten arvioihin raaka-aineista saataviin biokaasumääriin ja energia-arvoihin. Tämän lisäksi laskettiin koeajoihin toimitettujen materiaalien sisältämiä ravinnepitoisuuksia ja arvioitiin biokaasuprosessissa muodostuvan massan muutoksen vaikutuksia ravinnepitoisuuksiin. Tämän lisäksi arvioitiin edellä mainittuihin tietoihin perustuen biologisessa anaerobisessa prosessissa tapahtuvan lopputuotteen, jälkimädätteen, ravinnepitoisuuksiin perustuvaa hintaa.

Syksyllä 2015 suoritettiin yhdessä Hämeen ammattikorkeakoulun Lepaan yksikön kanssa fytotoksisuuskoesarja, jossa tutkittiin biokaasutuotantopotentiaalin testauksesta saadun jälkimädätteen maanparannus- ja lannoiteominaisuuksia. Tutkimuksessa selvitettiin neljällä kasvilla: kurkulla, ohralla, nurmella ja vihanneskranssilla jälkimädätteen pitoisuuden vaikutuksia kasvien itämiseen ja kasvuun. Toimenpide toteutettiin ostopalveluna.

Hankkeen alkuvaiheista lähtien on yhtenä tärkeimpänä toimenpiteenä ollut arvioida bioenergian, ja erityisesti biokaasulaitosten, toimintaedellytyksiin vaikuttavia asioita. Näitä asioita ovat olleet laitosten kannattavuus, yhteistyöverkon toimivuus ja löytäminen, sekä toimintaan liittyvän lainsäädännön ymmärtäminen. Hankkeen aikana on arvioitu erityyppisten biokaasulaitoskokonaisuuksien kannattavuuksia. Hankkeessa on selvitetty biokaasulaitosten toimintaan liittyviä lupa-asioita ja erilaisten lupien vaatimia selvityksiä.

Toimivan yhteistyöverkoston luomiseen on käytetty aikaa. Hankevetäjä osallistui erilaisille messuille ja tilaisuuksiin kartoittamaan biokaasu- ja bioenergia-alalla toimivia tahoja ja heidän toimintatapojaan. Hankkeen aikana on tavattu useita eri mahdollisesti yhteistyökkyisiä tahoja, joiden osaamista voidaan hyödyntää toimivan liiketoimintaekosysteemin luomisessa ja toteuttamisessa. Tavatuista tahoista voisi

mainita mm. Metsäkeskuksen, Leppäkosken ja Haminan energian, sekä joukon eri teknologiatoimijoita mm; Pellon Group, Metener ja BioGTS Oy:n edustajat.

### Matkat

#### Kotimaan matkat

Suomessa on käyty seuraamassa erilaisia, lähinnä biokaasun tuotantoon ja toimintaympäristöön liittyviä seminaareja ja keskustelutilaisuuksia, joissa on jaettu omia kokemuksia bioenergiapotentiaalin käytäntöön valjastamisesta ja sen vaatimuksista. Tämän lisäksi hankkeen aikana on päästy esittelemään Bioenergiapotentiaalista käytännön toteutukseen hanketta ja sen tuloksia erilaisissa tilaisuuksissa. Näistä voitaisiin mainita Loimijokityöryhmän kokous 4.10.2016, jossa kerrottiin hankkeen aikana tehtyjen kokeiden ja selvitysten konkretisoitumisesta biokaasulaitosinvestointina.

#### Ulkomaan matkat

Hankkeen aikana on verkostoiduttu erilaisissa alan tapahtumissa. 23. Syyskuuta 2015 vierailtiin Milanossa Rural Investment Support for Europe (RISE) järjestämään An expert workshop on the Sustainable Intensification (SI) of Agriculture and Nutrient Recycling and Recovery (NRR) kutsuttuna puhujana kertomassa Punkalaitumen tavoitteesta olla ravinteiden suhteen omavarainen kunta ja miten siihen ollaan menossa.

Toinen ulkomaille suuntautunut vierailu tapahtui myös kutsuttuna Brysselissä Belgiassa 21 - 22.3.2016, jolloin RISE organisaatio kutsui Nutrition Recovery and Reuse (NRR) in European agriculture A review of the issue, opportunities, and actions raportin, jonka tekemisessä hankevetäjä on ollut mukana, julkaisutilaisuuteen, sekä tämän kanssa pidettävään Forum for the Future of Agriculture 2016 keskustelufoorumiin, jossa keskusteltiin maatalouden mahdollisuuksista ja keinoista ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja keinoista kierrättää ruuan tuotannossa syntyvät ravinteet ja samalla tuottaa lisäarvoa mm energiantuotannon kautta. Molemmissa tapahtumissa tavattiin eri alojen asiantuntijoita ja saatiin paljon vinkkejä, joita tulisi ottaa bioenergiantuotannossa huomioon.

Kolmas ulkomaan matka sijoittui 7 - 8.9.2016 Nordig Biogas Conference seminaariin, joka järjestettiin Wiking Grace aluksella Turun ja Tukholman välille. Tässä seminaarissa pääsi kuulemaan ja näkemään Pohjoismaisia, sekä Keski - Eurooppalaisia biokaasualan toimijoita ja heidän laitteitaan ja toimintatapoja. Konferenssissa pääsi tutustumaan ja verkostoitumaan pohjoismaisten biokaasusektorin toimijoiden kanssa, sekä hakemaan oppia siitä, kuinka Suomessa ja Joutsenten Reitin toiminta-alueella biokaasun käyttöä voitaisiin edistää ja ottaa paremmin käyttöön. Yksi merkittävä anti tilaisuudessa, oli nähdä suunta, johon Pohjoismaissa biokaasuntuotantoa ollaan lähdössä viemään. Panostus tulee olemaan ainakin Tanskassa ja Ruotsissa kaasun yhä suurempaan käyttöön liikenteen polttoaineena.

### **2.2.2 Aikataulut**

Hanke alkoi virallisesti 1.7.2015. Kuten kohdasta toimenpiteet käy selville, aloitettiin hanke biokaasuntuotannon potentiaalin testeillä ja niiden valmisteluilla. Kokeita suoritettiin aina lokakuulle 2015.

Lokakuussa 2015 aloitettiin Hämeen ammattikorkeakoulun kanssa fyto-toksisuuskokeet, joiden tulokset luovutettiin hankkeelle huhtikuussa 2016.

### 2.2.3 Resurssit

Hankkeen kokonaisbudjetti oli 85 875 €.

### 2.2.4 Toteutuksen organisaatio

Hankkeen pääasiallisesta toteutuksesta vastasi hankevetäjä. Hänen kanssaan yhteistyössä toimi Punkalaitumen kunnan muuta henkilöstöä, Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy, sekä sen osakkaat.

### 2.2.5 Kustannukset ja rahoitus

#### Kustannukset

Hankkeen kokonaiskustannusarvio oli 85 875 €. Tarkempi kustannusarvio on esitetty taulukossa 1. Palkkakulut käsittivät hankevetäjän palkkakulut hankeajalta huomioituna sivukuluilla.

kustannusarvio  
[€]

Palkkakulut	54 890
Ostopalvelut	27 194
Matkakulut	3 100
Muut kustannukset	691
Kokonaiskustannukset yhteensä	85 875

#### Rahoitus

Hankkeen rahoitus haettiin Leader ryhmä Joutsenten Reitti ry:n kautta. Hankkeen rahoitus haettiin 100 % tuella. Joutsenten Reitti puolsi hankkeelle 100 % rahoitusta kokonaissummalla 85 875 €. Etelä-Pirkanmaan ELY-keskus hyväksyi 30.5.2016 hankkeen edellä mainituilla rahoitusosuuksilla ja kokonaiskustannuksilla.

### 2.2.6 Raportointi ja seuranta

Hankkeen aikana on raportoitu yhteistyökumppanille useista heitä kiinnostavista kysymyksistä ja haasteista, joihin on etsitty ja ennen kaikkea löydetty ratkaisut. Hankkeen aikana on syntyviä kustannuksia seurattu hankevetäjän toimesta päivittämällä syntyneet kustannukset tietojärjestelmään.

### 2.2.7 Toteutukset ja riskit

## 2.3 Yhteistyökumppanit

Bioenergiapotentialista käytännön toteutukseen hanke toteutettiin yhteistyössä Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy:n kanssa. Punkalaitumen Bioenergiayhtiö Oy toimi hankkeen aikana tehdyn selvityksen ja tiedon etsinnän alulle laittajana. Heillä nousi eteen kysymyksiä, joiden ratkaisemiseksi tarvittiin ulkopuolista apua ja käytännön selvittämistä liittyen mm kannattavuuslaskentaan ja lainsäädännön edellyttämiin kysymyksiin.

## 2.4 Tulokset ja vaikutukset

### 2.4.1 Biokaasuntuotantopotentiaali

BioGTS Oy:n kanssa toteutettujen biokaasuntuotantopotentiaalin testauksen koeajoissa saatiin selville toimitetun raaka-aine-erän toimivuus kuivamädätys-tekniikkaan perustuvassa biokaasulaitoksessa. Koeajon ensimmäinen jakso suoritettiin taulukon 2 mukaisella raaka-ainejakaumalla. Tarkemmat tulokset ja raportti koeajoista on loppuraportin liitteessä I. Taulukon 2 mukainen raaka-ainejakauma osoittautui liian typpipitoiseksi, kokonaistypen pitoisuuden ollessa 11 g/kg ja hiili typpisuhde oli 12:1, kun sen käytännössä tulisi olla yli 20:1.

**Taulukko 2.** Ensimmäisen koeajojakson raaka-ainejakauma.

Raaka-aine	Osuus kokonais-massasta [%]
Nurmi	11
Naudan kuivalanta	27
Kananlanta	17
sian separoitu lietelanta	27
kalan perkuujäte	6
kanan teurasjäte	11
yht	99

Seuraavaan jaksoon syötettävän raaka-aineen jakaumaa muutettiin suorittavan tahon ehdotusten perusteella. Tarkoituksena oli nostaa raaka-ainejakauman hiili-typpisuhdetta lähemmäs laitoksen toiminnan kannalta optimaalista 20:1 suhdetta. Tätä varten kartoitettiin lisää paikallisia raaka-ainemassoja, joita voitaisiin hyödyntää biokaasuntuotannossa. Olki ja viljan pöly/ käsittelyjäte ovat hiilipitoisia jakeita, joita voitaisiin teoriassa hyödyntää biokaasuntuotannossa ja näitä myös syntyy Joutsenten Reitin toiminta-alueella. Toisen koeajosarjan raaka-ainejakauma on taulukossa 3. Toisin kuin liitteen I taulukossa 2 on mainittu, niin siinä merkityt jakso 7 ajettiin tässä olevalla taulukon 2 raaka-ainejakaumalla. Kuormitus oli jakson aikana alhainen 4-6  $kg VS / m^3 d$ , kun se täyden mittakaavan laitoksissa voidaan nostaa yli 12  $kg VS / m^3 d$ . Reaktorin lämpötila oli lähellä termofiilisen prosessin optimilämpötilaa 50-55 °C.

**Taulukko 3.** Koeajosarjan 2 raaka-ainejakauma

Raaka-aine	Osuus kokonaismassasta [%]
Nurmi	30
Naudan kuivalanta	25
Kananlanta	5
sian separoitu lietelanta	25
kalan perkuujäte	5
kanan teurasjäte	0
Viljan pöly/olki	10
yht	100

Tuloksena koeajosta saatiin tieto siitä, että koeajolaitteistolla, jatkuvatoiminen kuivamädätystekniikalla, päästään kirjallisuudesta laskettuun metaanintuotantopotentiaaliin 210 L/kg VS, metaanipitoisuuden ollessa biokaasusta n 50-55 %.

### 2.4.2 Fytotoksisuuskoee

Toinen merkittävät tulokset saatiin, kun tutkittiin koeajoissa anaerobisen mädätysprosessin läpimenneen jälkimädätteen ominaisuuksia ja suoritettiin mädätysjäännöksen avulla fytotoksisuuskoekteita, kurkulle, ohralle, nurmelle ja kranssille. Tämän kokeiden tulokset ovat loppuraportin liitteenä II. Fytotoksisuuskoeken koekasvit olivat kurkku, ohra ja vihanneskrassi. Kokeessa kirjattiin ylös taimien itämis- ja taimettumisprosentti, juuriston kunto sekä tuore- ja kuivapaino. Kurkun osalta mitattiin vielä suurimman kasvulehden pituus ja leveys. Verrannealustoina käytettiin kaupallista viljelyturvetta sekä Kekkilän taimiseosta. Mädätysjäännöksen lannoitus- ja sadontuottovaikutusta tutkittiin nurmen astiataimikokeella. Koekasviksi valittiin raiheinä. Kokeessa kirjattiin ylös raiheinän sato tuore- ja kuivapainona. Verrannealustat edustivat kaupallisessa astiataimituotannossa käytettävää lannoitustasoa.

Fytotoksisuuskoeken yleisenä tuloksena saatiin tieto siitä, että mädätysjäännöksen käyttö osana kasvu-alustaa nosti satotasoa. Korkeimman sadon kuivapaino saavutettiin, kun mädätysjäännöstä oli 7,5 % kasvualustan kokonaismassasta ja tähän lisättiin peruslannoitetta. Mädätysjäännöksellä voidaan korvata osa peruslannoituksesta.



### 2.4.3 Biokaasulaitoksen kannattavuuteen vaikuttavat asiat

#### Tukijärjestelmät

Hankkeen aikana vertailtiin biokaasuntuotannosta syntyvän biokaasun ja biometaanin käyttöä ja näiden eroja biokaasulaitoksen kannattavuuteen. Käytännössä havaittiin, että biokaasulla on energiantuotannossa nykyisin neljä vaihtoehtoa.

1. Suora käyttö sähkön ja lämmön yhteistuotannossa
2. Suora käyttö lämmöntuotannossa
3. Jalostaminen biometaaniksi ja myynti maakaasuna maakaasuverkkoon
4. Jalostaminen biometaaniksi ja myynti liikenteen biopolttoaineeksi.

Näistä suoran sähkön ja lämmön yhteistuotannossa on vielä erikseen mahdollista tehdä asiat kahdella toisistaan tuen ja tätä myötä energianhinnoitteluun vaikuttavalla tavalla. Tärkein rahoitukseen vaikuttava tekijä on biokaasulaitoksen sijainti ja sen tarkoitus. Käytännössä biokaasulaitosta voidaan tukea eri ministeriöiden toimesta usealla eri toimenpiteellä.

#### *Maa- ja Metsätalous- ministeriö*

Maatalouden  
investointitukijärjestelmä

Raaka-aine oltava pääosin  
tilalta lähtöisin

Pääosa tuotettavasta  
energiasta käytettävä  
tilalla

Tukitaso vaihtelee

Osa tuesta suora tukea ja  
osa lainajärjestelyjä

Tarkemmin mmm asetus  
354/2011.

#### *Työ- ja Elinkeinoministeriö / Energiavirasto*

Biokaasun syöttötariffi

Sähköntuotannon tuki

Verkkoon syötetyllä  
sähkölle minimiostohinta  
83,5 €/MWh

Yhteistuotannossa (CHP)  
lämpöpreemio 50 €/MWh  
sähkönhintaan

Edellytyksenä yli 50 %  
kokonaishyötysuhde

Laitoksen oltava uusi, eikä  
saa valtiontukea

Ei maatilán yhteyteen  
rakennettavaan  
biokaasulaitokselle

Tarkemmin laki 1396/2010

#### *Työ- ja Elinkeinoministeriö*

Energiatuotannon  
investointituki

Biokaasulaitokselle, joka  
tuottaa energiaa muttei  
hakeudu syöttötariffiin,  
eikä toimi maatilán  
yhteydessä

Tuki 8- 30%  
hyväksyttävistä  
kustannuksista

Uuden teknologian  
laitoksen jopa 40 %  
hyväksyttävistä  
kustannuksista.

Sopii  
liikennepolttoaineen  
valmistusta havitteleville  
laitoksille.

Tulee olla uusista  
komponenteista

Energia myydään  
markkinahintaan

Tarkemmin tem.fi >  
energiatuki

Käytännössä kolmesta yllä olevasta tukimuodosta jokainen on toisensa poissulkeva. Jos maatila haluaa tuottaa biokaasua omista jätteistään, oman kiinteistön alueella, tulee hänen rajoittaa ulos myytävän energian määrää, eikä hän voi täten saada TEM tai Energiaviraston tukia.

Toisena esimerkkinä voidaan käyttää tilannetta, että joukko maatiloja etsii tapaa käsitellä lihantuotannossa syntyviä lantoja ja muita biomassoja mädättämällä. Jos biokaasulaitosta varten perustetaan erillinen yritys, eikä laitos tule minkään tilan yhteyteen, voidaan vaihtoehtoina käyttää sähkön tuotannon syöttötariffia tai energiantuotannon investointitukea. Jos halutaan tuottaa sähköä ja lämmölle löytyy riittävästi käyttöä, jotta vaadittu 50 % kokonaishyötyste saavutetaan, on syöttötariffijärjestelmään hakeutuminen järkevä vaihtoehto. Tällöin ulos myytävästä sähköstä saadaan aina vakio hinta seuraavat 12 vuotta, jonka tariffijärjestelmä on voimassa. Laitoksen tulee myös pystyä maksamaan itsensä tänä ajanjaksona.

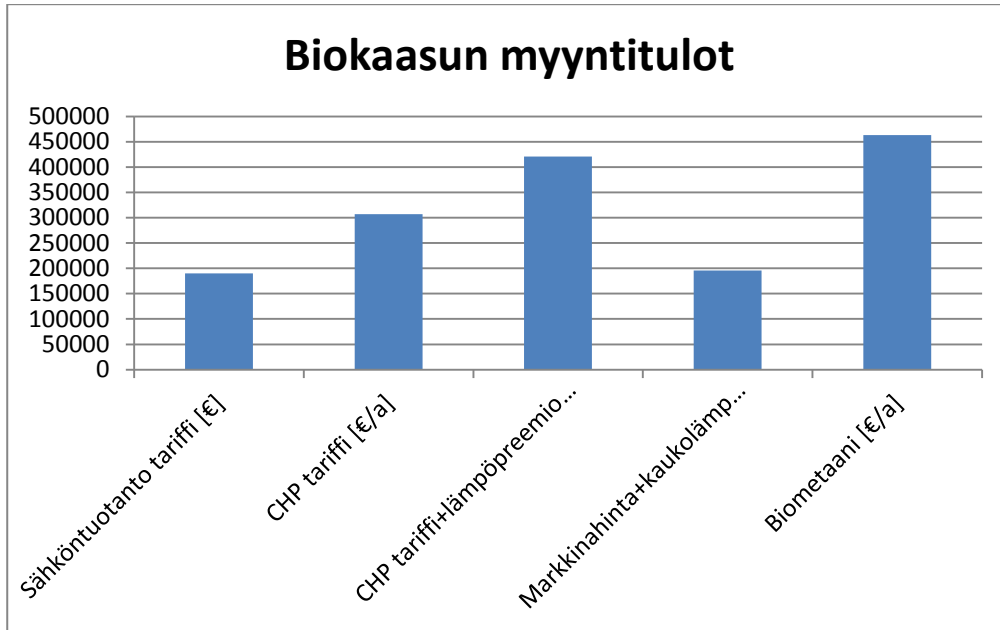
Jos yrittäjät katsovat, että heille ei ole tuotetulle lämmölle käyttöä, tai lämmön hyödyntäminen aiheuttaisi liian suuret investointikustannukset mm kaukolämpöverkon rakentamisen takia. Tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että vaadittuun 50 % kokonaishyötysuhteeseen ei nykyisillä sähköntuotantojärjestelmillä päästä, on energiainvestointituki käytännön valinta. Tämä tuki on myös ainoa mahdollisuus, mikäli biokaasu halutaan jalostaa biometaaniksi ja käyttää maakaasun korvikkeena tai jalostaa liikenteen biopolttoaineeksi.

Edellä mainituilla tukijärjestelmillä pystytään helpottamaan investoinneista syntyviä kustannuksia, vaihtoehdot MMM ja TEM, tai syöttötariffin tapauksessa takaamaan energianhinnasta riippumatta vakaan tulon valmistetulle energialle. Käytännössä MMM tuki on tilanteissa, joissa tuotettu energia riittää tilan oman energian tarpeeseen, jolloin tulos syntyy ulkopuolisen energian tarpeen vähentymisestä.

#### Biokaasulaitoksen tulot

Laskennallisesti voidaan vertailla TEM ja energiaviraston tukia toisiinsa niissä tilanteissa, että biokaasulaitos tuottaisi hankkeen koeajamalla raaka-ainejakeella n 6 500 MWh energiaa vuodessa. Syöttötariffin tapauksessa on arvioitu, että kaasu poltetaan esimerkiksi kaasumoottorissa, jonka sähköntuotannon hyötysuhde on 35 % ja lämmöntuotannon hyötysuhde on 45 %. Biometaanin jalostuksen hyötysuhteeksi on arvioitu 95 %. Biometaanin myyntihinta on käytetty Gasum Oy:n liikennepolttoaineasemilla myytävän biokaasun ALV 0 % hintaa n 75 €/MWh. Sähkön markkinahintana on käytetty vuosien 2001 - 2015 välistä Nordic pool Spotin energian keskimääräistä hintaa 34,75 €/MWh ja kaukolämmön hintana 45 €/MWh. Alla oleva kuvaaja 1 kertoo hyvin eri energiantuotantomuotojen välisen tulorakenteen. Taulukon CHP.. on sähkön ja lämmön yhteistuotanto (CHP), jossa sähkönhintaan saadaan tariffin lisäksi lämpöpreemio ja kaukolämmön myynnistä saadaan lisäksi tuloja. CHP tariffi on sähkön myynti tariffilla (83,5 €/MWh] ja kaukolämpö.

**Kuvaaja 1.** Biokaasulaitoksen biokaasun myynnin eri vaihtoehdoista kertyvät tulot [€/a]



Kuvaajan 1 kaasun myyntituloista käy selville se, että pelkän sähkön tuotanto tariffilla on tuloiltaan huonoin. Tällöin tulot ovat samaa luokkaa kuin markkinahintaan myytävällä sähköllä ja kaukolämmöllä. Tosin jos laitos ei ole tariffin piirissä, vaan on hakenut energiainvestointitukea Työ- ja Elinkeinoministeriöltä, niin tällöin ulkopuolisen rahoituksen tarve on ollut noin 25 - 28 % pienempi. Tämä tulee ottaa huomioon vertaillaessa eri tukimuotoja keskenään.

Suurimmat tulot näyttäisivät saavan sillä, että biokaasu jalostetaan biometaaniksi ja myydään esimerkiksi liikenteen polttoaineeksi. Tähän tulon lähteeseen liittyy investoinnin kannattavuuteen liittyviä kysymyksiä ja haasteita. Ensinnäkin jalostuslaitteisto aiheuttaa biokaasulaitokselle lisäinvestoinnin ja toisekseen kaasulle tulee olla ostaja. Yksi ratkaisu olisi syöttää jalostettu biometaani maakaasuverkkoon ja myydä sieltä. Toinen vaihtoehto on myydä kaasu tuotantolaitoksen yhteyteen perustettavalla liikennepolttoaineasemalla tai kuljettaa se sopivalle myyntipaikalla joko omalla siirtoputkella tai konttikuljetuksena maantietä pitkin. Molemmat menettelyt aiheuttavat lisäkustannuksia toteuttajalleen.

Lisäkustannusten lisäksi ongelmaksi voi nousta kaasun menekki. Suomessa maa- tai biokaasun käyttö liikenteen polttoaineena on vielä verrattain vähäistä, eikä kaasukäyttöisiä autoja tai ammattiliikennöintiin tarkoitettuja kuorma-, linja- tai pakettiautoja ole esimerkiksi Ruotsiin verrattuna paljoakaan. Tämä voi tulevaisuudessa kyllä muuttua ja mm jakeluvaihtoehtidirektiivin kautta on tulevaisuudessa mahdollista, että kysyntää biokaasulle liikenteen polttoaineena on enenemissä määrin. Hankkeen aikana on mm. Gasum Oy panostanut voimakkaasti biokaasun liikennekäytön lisäämiseen ja tämä tuo alalle yhä enemmän uskottavuutta.

Jos tuotantopaikan läheisyydessä on kohde, joka tarvitsee lämpöä tasaisesti, mieluiten ympäri vuoden, on biokaasun käyttäminen yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannolla taloudellisesti järkevää. Varsinkin jos laitos saadaan syöttötariffijärjestelmän piiriin ja lämmön hyötykäyttöä on riittävästi, jotta kokonaishyötysuhde ylittää vaaditun 50 %. Tällöin tulot ovat melko hyvät ja kohtuullisen turvatut riippumatta muuttuvista energiemarkkinoista, sillä tariffijärjestelmä on voimassa 12 vuotta.

Energian myynnin lisäksi biokaasulaitoksen tulot voivat koostua käytännössä kahdesta asiasta.

1. Biokaasulaitokselle tuotavien jakeiden käsittelymaksuista
2. Tuotannossa syntyvän jälkimädätteen myyntituloista.

Biokaasulaitokselle tuotavien jakeiden käsittelymaksut, ns. porttimaksut, ovat olleet pitkään biokaasulaitosten kannattavuuden edellytys. Varsinkin jätevedenpuhdistamoiden lietettä käsittelevillä laitoksilla tämä on ollut lähes elinehto kannattavan liiketoiminnan kannalta. Perusteluna käsittelymaksuille on se, että Tullin sivujen perusteella kaatopaikoille loppusijoitettavasta jakeesta joudutaan pulittamaan painoon perustuva maksu, joka vuoden 2016 alusta on ollut 70 €/t. Tällöin on jätejakeen tuottajalle edullisempaa tuoda tuottajalle hyödyntämiskelvoton jae esimerkiksi biokaasulaitokselle ja maksaa käsittelijälle esimerkiksi 40 €/t. Tällöin syntyvä säästä tuottajalle on 30 €/t ja biokaasulaitos vastaa jakeen lopullisesta hyödyntämisestä.

Jälkimädäte, joka on anaerobisen mätänemisen sivutuotteena syntyvää materiaalia, voidaan hyödyntää esimerkiksi maanparannus- tai lannoitteena pelto- tai metsäviljelyssä. Perinteisesti biokaasulaitosten jälkimädäte on kuljetettu pelloille ja hyödynnetty peltolannoitteena. Jälkimädäte sisältää lähes kaikki raaka-aineissa olevat ravinneaineet: Typpi (N), fosfori (P) ja kaliumin (K), sekä muut hiven- ja mikroaineet. Teoreettisesti jälkimädätteen arvo voidaan laskea, kun tiedetään mädätteessä olevien kolmen pääravinteiden, typen, fosforin ja kaliumin pitoisuudet ja puhtaista aineista maksettavat hinnat. Esimerkiksi tehtyjen koeajojen jälkeisten mittausten perusteella jälkimädätteen koostumus oli tauluko 2 mukainen. Koeajopäivän typpipitoisuus on alhainen verrattuna siitä jaettuihin neste- ja kiinteään jakeeseen. Näin ollen voidaan arvioida, että oikea typpipitoisuus voisi olla n 4,77 g/kg. Kun tiedetään, että typen ostohintana käytetään yleisesti 0,96 €/kg, fosforille 1,8 €/kg ja kaliumille 1,2€/kg. Saadaan taulukon 2 tietoja käyttäen muodostettua jälkimädätteelle lannoitearvoihin perustuva hinta 12,66 €/t jälkimädätettä.

$$\frac{0,96\text{€}}{\text{kg}} * \frac{4,77\text{kg}}{\text{t}} + \frac{1,8\text{€}}{\text{kg}} * 2,112 \frac{\text{kg}}{\text{t}} + \frac{1,2\text{€}}{\text{kg}} * \frac{3,564\text{kg}}{\text{t}} = 12,66 \frac{\text{€}}{\text{t}}$$

**Taulukko 2.** Punkkalaitumen raaka-aineen koeajon jälkimädätteen koostumus.

Koepäivä	132	132 nestejake	132 kiinteä jake
Ntot [g/kg]	2,772	5,52	4,026
Nliuk [g/kg]	1,716	1,725	1,5006
Ptot [g/kg]	2,112	1,173	4,392
Pliuk [g/kg]	0,264	0,1794	0,2013
Ktot [g/kg]	3,564	3,312	3,294
E. Coli [pmy/g]	510	870	610
Ctot [g/kg]	56,76	26,082	73,932
TS [%]	13,20 %	6,90 %	18,30 %
VS [%]	10,30 %	4,80 %	14,50 %

Taulukon 2 mukainen jälkimädäte sisältää tärkeiden ravinteiden lisäksi maan toimintakyvyn kannalta hiiltä. Ilman maassa olevaa hiiltä (humusta) siihen lisätyt joko kemialliset tai orgaaniset ravinteet eivät voi toimia optimaalisesti, eivätkä maassa olevat bakteerit pysty hyödyntämään ravinteita ja siirtämään niitä kasvien käyttöön. Tämän lisäksi jälkimädätteen pH on 8,3 - 8,4. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suurina määrinä levitettyä jälkimädätteellä on kalkitusvaikutusta, joka osaltaan parantaa kasvien toimintakykyä ja lisää mahdollisesti satoa. Jälkimädätteen pH:n vaikutusta hintaan ei ole tutkittu tarkemmin, mutta viljelijöiden kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella tämä voi olla merkittävä lisäarvo jälkimädätteelle. Tämä on kuitenkin aina tapauskohtainen ominaisuus, eikä yleistystä voida tehdä, vaan asia tulee selvittää tapauskohtaisesti erikseen.

### Menot

Biokaasulaitoksen menot voidaan jakaa kahteen osaan. Kiinteät- ja tuotantokustannukset. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluvat mm investoinnin rahoituskustannukset, työntekijöiden palkat ja vakuutukset. Tuotantokustannuksiin kuuluvat mm. energia, raaka-aine-, kuljetus- huolto- ja ylläpitokustannukset.

Biokaasulaitoksen rahoituskustannukset riippuvat käytännössä käytetystä tukijärjestelmästä, oman rahoituksen määrästä ja näiden yhteenlaskettuna ulkopuolisen rahoituksen tarpeesta. Käytännössä nykyisin rahoituslaitokset vaativat melko suurta oman rahoituksen osuutta investoinnista, eikä tähän osuuteen lasketa saatua investointitukea mukaan. Rahoituslaitosten korot ovat tällä hetkellä melko alhaiset ja tämä on osaltaan hyvä asia investointia suunniteltaessa.

Tuotantokustannuksista energiakustannukset voivat osaltaan olla merkittävä kustannuserä. Yksi merkittävä tähän vaikuttava seikka on mädätystekniikka. Perinteiset märkämädätyslaitokset, joissa kaasua tuottavan haihtuvien hiiliyhdisteiden massa on pieni suhteessa kokonaisuutensa, joudutaan käyttämään paljon energiaa massojen lämmittämiseen suhteessa tuotettuun energiaan kohden. Tällöin energiakustannukset varsinkin lämmön suhteen voivat nousta erittäin korkeiksi. Yleensä tämä on ratkaistu käyttämällä osa kaasusta omaan lämmöntuotantoon. Tällöin periaatteessa energiakustannukset ovat pienet, mutta ulos myytäväksi jäävän energian määrä on myös vastaavasti pienempi, kuin tilanteessa jossa kaikki kaasusta saatava energia voitaisiin myydä ulos päätetyllä menetelmällä. Kuivämädätystekniikkaan perustuvilla laitoksilla lämmitysenergian tarve on n 5-10 % tuotetusta energiasta. Tarkemmin eri laitostyyppien eroavaisuuksista mm energiankulutusten suhteen on esitelty kappaleessa 2.4.5.

Raaka-aineista aiheutuvat kustannukset ovat voivat olla merkittävä kuluerä. Toisaalta biohajoavan jätteen kaatopaikkakiellon takia erilliskerättävälle biojätteelle, sekä eri teollisuushaarojen tuottamille jakeille tulee olla muuta hyötykäyttöä, kuin sijoittaminen penkkaan, joten tällöin kustannuksista voi tulla tuloerä. Tosin viimeisten vuosien aikana on ollut havaittavissa trendiä, että joistakin jakeista, joista on ennen saanut ns. porttimaksua, joudutaan nykyisin jo maksamaan. Tämä on merkittävä muutos biokaasulaitoksen tulo- ja kustannusrakenteessa. Kuljetuskustannukset koostuvat käytännössä tuotavien jakeiden ja poiskuljetettavien jakeiden kuljetuskustannuksista niissä tapauksissa, että yritys vastaa niiden kustannuksista. Jos esimerkiksi jälkimädätettä syntyy paljon ja se on syntynyt yhdyskuntien jätevesien anaerobisen käsittelyn jälkituotteena, niin kuljetuskustannukset voivat olla merkittävä kuluerä, koska tämän tyyppisten mädätteen käyttö peltolannoitteena on lainsäädännössä rajattu tarkkaan, jolloin sopivia levityskohteita voidaan joutua etsimään pitkienkin ajomatkojen päästä.

Biokaasulaitos vaatii jatkuvaa valvontaa ja ylläpitoa, sekä suunniteltuja huoltoja optimaalisen toiminnan mahdollistamiseksi. Biokaasulaitoksen laskennallisena toiminta-aikana on yleisesti käytetty 30 vuotta.

Käytetyillä komponenteilla on lasketut elinikä odotteet ja näin ollen niiden vaihto ja huolto aiheuttavat kustannuksia. Osa biokaasulaitostoimittajista tarjoaa myös huolto- ja ylläpitopakettia, jossa laitostoimittaja vastaa laitoksen ajamisesta, huolloista ja ylläpidosta erikseen sovitun ajan, jolloin tilaajalle jää käytännössä maksajan rooli. Tämä sopii tilanteisiin, jossa biokaasulaitoksen pyörittäminen ei ole yrityksen vahvinta osaamisaluetta tai halutaan keskittyä muihin asioihin, kuten maatalan pyörittämiseen.

#### **2.4.4 Biokaasulaitoksen vaatimat luvat**

Biokaasulaitos vaatii käytännössä toimiakseen seuraavat luvat ja hyväksynnät:

1. Ympäristölupa
2. EVIRA:n laitoshyväksyntä
3. Elinkeinoilmoitus
4. Räjähdesuoja-asiakirja
5. Rakennuslupa

Näistä luvista ja ilmoituksista kaikkein tärkein on ympäristölupa. Sen antaa nykyisen ympäristönsuojelulain 527/2014 mukaisesti kunnan ympäristöviranomaisena. Jos biokaasulaitoksen yhteydessä valmistetaan muita samasta prosessista syntyviä tuotteita, niin tällöin voi luvan myöntävänä viranomaisena toimia Aluehallintovirasto AVI. Ympäristölupaprosessin tärkeimpänä vaikuttavana asiana on tulevien jakeiden massa. Ympäristönsuojelulain mukaan jätteenkäsittelylaitos, joka käsittelee alle 20 000 t jätteitä vuodessa, tai alle 100 t/toimintapäivä, ei tarvitse ympäristövaikutusten arviointia (YVA). Biokaasulaitos luetaan ympäristönsuojelulaissa jätteenkäsittelylaitokseksi. YVA vaikuttaa käytännössä koko lupaprosessiin, sillä jossain tapauksissa viranomaiset voivat vaatia asemakaavan laadintaa, jos YVA tulee laatia. Tämä voi pidentää prosessin kestoa merkittävästi.

Ympäristölupaa haettaessa tulee olla tiedossa pääasialliset raaka-aineet ja niiden määrät, arvio syntyvän kaasun ja jälkimädätteen määrästä, sekä niiden sijoituskohteet. Näiden lisäksi tulee olla tiedossa käytettävä laitostekniikka ja arviot tuotannosta syntyvistä ympäristöhaitoista ja – kuormituksesta ja syntyvistä päästöistä. Ympäristöluvan merkitystä ei voi käytännössä korostaa liikaa, sillä siitä riippuvat kaikki muut luvat.

Ennen tuotannon aloittamista toinen merkittävä lupa on rakennuslupa, jonka myöntää kunnan/kaupungin rakentamisen luvista vastaava viranomaisena. Lupaa haettaessa tulee olla käytettävissä tarkat piirustukset biokaasulaitoksesta ja sen vaatimista tukitoimista tuotantoon tarkoitetulla tontilla, sekä normaalit rakennuslupahakemukseen vaadittavat tiedot.

EVIRA:n laitoshyväksyntä tarvitaan, kun orgaanisia lannoitteita tai niiden raaka-aineita valmistetaan tai teknisesti käsitellään laitoksella. Jälkimädäte katsotaan orgaaniseksi lannoitevalmisteeksi. Laitoshyväksyntä haetaan yhdessä laitostoimittajan kanssa laitoksen ylösajon yhteydessä, kun tuotannossa olevaa materiaalia saadaan käsittelyn jälkeen ulos. Jälkimädätteestä otetaan ja teetetään EVIRA:n hyväksymässä laboratorioissa mittaukset, joissa todetaan ravinne-, hivenaine- haitta-ainepitoisuudet ja mahdollisten taudinaiheuttajien määrät ja tämän jälkeen jälkimädäte luokitellaan omaksi tuotteeksi, jolle luodaan kaupan nimi. Elinkeinoilmoitus tarvitaan, jotta lopputuote saadaan markkinoille lannoitevalmisteena.

Räjähdesuoja-asiakirja tulee laatia tilanteissa, joissa työntekijät voivat altistua räjähdysvaaralle. Biokaasu sisältää metaania 45-70%, joka on erittäin helposti syttyvä kaasu. Biokaasuntuotantolaitos katsotaan toimijaksi, jonka tulee laatia räjähdesuoja-asiakirja. Asiakirjan laativat toiminnanharjoittaja ennen laitoksen

käyttöönottoa ja siinä annetaan yleiskuva laitosta koskevista suojaustoimenpiteistä ja riskien hallinnan tuloksista. Räjähdesuoja-asiakirjaa tulee päivittää, mikäli laitoksen tuotantoa muutetaan alkuperäisestä. Tarkemmin räjähdessuoja-asiakirjaan vaadittavista tiedoista löytyy MOTIVAn 2012 ilmestyneestä Maatilan biokaasulaitoksen tarvittavat luvat tutkielmasta [http://www.motiva.fi/files/8744/Maatilan\\_biokaasulaitokseen\\_tarvittavat\\_luvat.pdf](http://www.motiva.fi/files/8744/Maatilan_biokaasulaitokseen_tarvittavat_luvat.pdf)

## 2.4.5 Biokaasulaitoksen perusrakenne

Biokaasulaitos voidaan teknisesti toteuttaa kolmella peruseriaatteella:

1. Märkämädätystekniikka
2. Panostoiminen kuivämädätystekniikka
3. Jatkuvatoiminen kuivämädätystekniikka

Märkämädätystekniikka on Suomessa se eniten käytössä oleva tekniikka, jossa syötteiden kuiva-ainepitoisuus on yleensä alle 15 % kokonaisuudesta. Tämän tyyppisiä laitoksia ovat yleensä esimerkiksi jätevedenpuhdistamoiden yhteyteen toteutettavat lietteen käsittelylaitokset. Suomalaisia esimerkkejä märkämädätystekniikkaan perustuvista laitoksista ovat mm Watrec Oy:n toimittamat laitokset mm Huittisissa, Honkajoella, Oulussa, Riihimäellä ja Kuopiossa, sekä Envor Groupin biokaasulaitos Forssassa.

Märkämädätystekniikkaan perustuvan laitoksen peruskomponentit ovat raaka-aineen vastaanotto-tila, hygieniasointiyksikkö, reaktorirakennus, jälkikaasutusreaktori, kaasuvälikamari(t), kaasun esipuhdistusjärjestelmä ja kaasukäyttöinen energiantuotantoyksikkö laitoksen omaan sähkön- ja lämmöntuotantoa varten. Kaasun loppukäytöstä riippuen laitos voidaan myös varustaa biokaasun puhdistuslaitteistolla, jossa jo esipuhdistusjärjestelmässä erotettujen rikkivedyn lisäksi erotetaan vesi ja hiilidioksidi. Puhdistuslaitteiston jälkeen kaasu voidaan paineistaa joko maakaasulinjaan syötettäväksi tai nostaa kompressorien avulla paine jopa 270 Bar:n liikennepolttoainekäyttöä silmällä pitäen. Biokaasun jalostustekniikat on käyty tarkemmin lävitse tämän kappaleen jälkeen omana kokonaisuutenaan. Märkämädätystekniikkaan perustuvan laitoksen omanenergian tarve on sähkön osalta n 5-10 % ja lämmön osalta se on korkea 20 - 35 %.

Panostoiminen kuivämädätystekniikka on kuivämädätystekniikoista se ns perinteinen. Siinä toimintaperiaate on hyvin yksinkertaistettuna: Reaktoriin ajetaan kerralla mädätettävä raaka-aine ja vähäinen määrä edellisen erän jälkimädätettä sekaan ja tämän jälkeen suljetaan reaktori ja huolehditaan lämpötilaa ja veden määrää säätämällä kaasuntuotannon vakautta. Kiertävä neste sisältää edellisen erän bakteereita, joiden avulla voidaan nopeuttaa bakteerikannan muodostumista ja mädätysprosessin käynnistymistä. Koska kyseessä on panostoiminen prosessi, jonka purku- ja syöttöaikoina ei kaasua muodostu, niin jatkuvan kaasuntuotannon takaamiseksi reaktoreita, joita myös silloiksi kutsutaan, on perusteltua rakentaa vähintään kaksi, joiden purku ja syöttö eivät ole yhtäaikaista. Tämän tyyppisiä laitoksia tarjoo Suomessa mm. Laukaalainen Metener Oy. Viipymäaika panosprosessia on pitkä. 3-6 kk. Järjestelmä koostuu reaktoreista; joihin on integroitu myös kaasuvälikamari, sekä biokaasun puhdistus- ja käsittelylaitteisto, ja riippuen biokaasun jatkokäytöstä niin energiantuotantoyksikkö tai biometaanin jalostus- ja paineistuslaitteisto. Panostoiminen kuivämädätystekniikka sopii syötteille, joilla on itsessään korkea kuiva-ainepitoisuus, kuten kuivalannat, vihermassat, erilliskerätty biojäte, sekä tuotteille, joiden kuiva-ainepitoisuutta voidaan nostaa ilman merkittävää energiankäyttöä. Tämän tyyppisiä virtoja ovat mm. sian liete.

Jatkuvatoiminen kuivämädätystekniikan perustuva biokaasulaitos käsittää seuraavat kokonaisuudet. Raaka-aineiden vastaanotto- ja syöttörakennuksen, reaktorit, kaasuvälikammiot, jälkimädätevarastot, sekä tarvittaessa hygieniasointiyksikön, biokaasulla käyvän energiantuotantoyksikön tai biokaasun jalostus- ja paineistuslaitteiston. Jatkuvatoiminen kuivämädätystekniikka on uusin biokaasulaitostekniikka ja sitä on kehitetty voimakkaasti Saksassa, sekä Itävallassa useiden toimijoiden puolesta. Kuten panostoisissa kuivämädätystekniikassa, niin myös jatkuvatoimisessa raaka-aineiden kuiva-ainepitoisuus on märkämädätyslaitosta korkeampi. Yleisenä kuivämädätyslaitoksen raaka-aineiden kuiva-ainepitoisuutena pidetään 25 - 50 %:a. Jatkuvatoimisessa prosessissa reaktoreihin lisätään ohjelmoidusti raaka-ainetta jatkuvasti ja reaktorin toisesta päästä saadaan anaerobisesti hajonnutta jälkimädätettä, sekä kaasun keräyslaitteistosta biokaasua, joka esipuhdistuksen jälkeen voidaan joko jalostaa biometaaniksi tai käyttää suoraan energiantuotannossa. Syötteen viipymäaika on syötteestä ja lämpötilasta, termo- tai mesofiilinen, riippuen n 28 - 40 vuorokautta. Kuivämädätystekniikkaan perustuvan laitoksen omanenergiantarve on n 5-10 % tuotetusta energiasta. Suomessa jatkuvatoimisia kuivämädätystekniikkaan perustuvia biokaasulaitoksia toimittavat Laukaalainen BioGTS Oy ja Pellon Group.

### Biokaasun jalostustekniikat

Biokaasun jalostustekniikat voidaan jakaa eri kategorioihin teknisen toteutuksen kautta. Yleisimmät tekniikat biokaasun jalostamiseen biometaaniksi ovat

1. Fysikaalinen absorptio vesipesulla (Pressurized water scrubbing PWS,WATS)
2. Fysikaalinen absorptio aktiivihiileen (Pressurized Swing Adsorption PSA)
3. Fysikaalinen absorptio kemikaalipesulla (Gesorb)
4. Kemiaalinen absorptio amiinipesulla (Amine washing, CHEMS)
5. Membraanijalostus (Membrane separation)
6. Kryojalostus (Cryogenic separation)

Fysikaalinen absorptio vesipesulla PWS perustuu eri kaasujen liukoisuuksien eroavaisuuksiin veteen paineen ja lämpötilan funktiona, jolloin tietyissä paineissa ja lämpötiloissa vesi ja hiilidioksidi pystytään vesipesun avulla erottamaan metaanista. Tämä tekniikka ei vaadi kaasun esipuhdistusta ja sen jälkeisen käsittelyn metaanipitoisuus on noin 98 %. Yleensä PWS tekniikkaa on käytetty suurempien 500-2 000 Nm<sup>3</sup>/h kaasuvirtausten puhdistukseen ja sen energiantarve on 0,2-0,4 kWh/Nm<sup>3</sup>.

Fysikaalinen absorptio aktiivihiileen PSA perustuu myös hiilidioksidin ja metaanin absorptio aineeseen vaihtelee ympäröivän paineen mukaan. Tällöin tietyllä paineella varustetun kolonnin läpi viettäessä hiilidioksidi absorboituu aktiivihiileen ja metaani kulkeutuu läpi. Toinen adsorbentti, jota käsittelyssä on käytetty, on feoliitti. Prosessi koostuu yleensä neljästä kolonnista, joiden vaiheet ovat: paineen nosto, adsorptio, paineen alennus ja regenerointi. Käsittely vaatii veden ja rikkivedyn poiston ennen käsittelyä. Käsittelyn jälkeinen metaanipitoisuus on noin 98 % ja energiantarve on 0,21 - 0,46 kWh/Nm<sup>3</sup>. PSA sopii kaiken kokoisille biokaasulaitoksille.

Fysikaalinen absorptio kemikaalipesulla (Gesorb) perustuu PWS tavoin kaasun liukoisuus eroihin nesteeseen, mutta toisin kuin PWS:ssä niin pesuaineena käytetään kemikaalia, joka voidaan regeneroida lämmittämällä se n 80 °C. Tämä on käytännössä alla olevan kemiallisen adsorption amiinipesulla sovellus erityyppisillä kemikaaleilla. Metaanipitoisuus lopputuotteessa on yleensä n 93-98% ja sitä käytetään yleensä suurempien 500-2 000 Nm<sup>3</sup>/h biokaasuvirtausten puhdistamiseen.



Kemiallinen absorptio amiinipesulla (CHEMS) perustuu hiilidioksidin ja amiiniliuoksen väliseen kemialliseen reaktioon, jossa amiiniliuos sitoo hiilidioksidin itseensä. Pesuliuos voidaan regeneroida, mutta vaatii kuumentamisen 100-180 °C:een. Tyypillinen metaanin pitoisuus lopputuotteessa on 99%. Regeneroinnin kovasta lämpötilan ja paineen tarpeesta johtuen energiantarve vaihtelee paljon 0,126 - 0,56 kWh/Nm<sup>3</sup>.

Membraanijalostus perustuu puoliläpäisevien kalvojen käyttöön, jossa kalvon eri puolilla olevan paine-eron avulla saadaan metaani ja hiilidioksidi erotettua toisistaan. Tämä tekniikka vaatii esipuhdistuksen, jossa vesi, rikkivety ja muut epäpuhtaudet saadaan eroteltua ennen membraanikäsittelyä. Tämä pidentää kalliiden kalvojen käyttöikää huomattavasti. Membraanijalostus tapahtuu käyttäen joko korkeapaine (20-36 Bar) tai matalapaine (1 Bar) tekniikkaa ja lopputuotteen metaanipitoisuus vaihtelee välillä 90 – 97 %. Käytettävästä tekniikasta riippuen energiakustannukset vaihtelevat paljon. 0,19 - 0,43 kWh/Nm<sup>3</sup>.

Gryojalostus perustuu metaanin -160 °C ja hiilidioksidin -78 °C kiehumispisteiden eroon. Nelivaiheinen prosessi, jossa ensimmäisessä vaiheessa raakakaasu jäähdytetään ja siitä poistetaan vesi ja epäpuhtaudet. Toisessa vaiheessa jäähdytystä jatketaan, kaasu suodatetaan katalysaattorissa, joka absorboi rikkivedyn, siloksaanit ja jäljellä olevat muut epäpuhtaudet. Kolmannessa vaiheessa hiilidioksidi erotetaan nestemäiseen muotoon. Neljännessä vaiheessa kaasu muuttuu nestemäiseen (LBG) muotoon, kun taas jäljellä olevat kaasut, happi ja typpi erotetaan kaasumuodossa.

#### **Kappaleen lähteet:**

Biokaasuauto.fi sivusto. Viitattu 7.11.2016. Saatavilla osoitteesta: <http://www.biokaasuauto.fi/biokaasu/biokaasusta-biometaania>

Niesner et. al. 2013. Biogas Upgrading Technologies: State of Art Review in European Region. Chemical Engineering Transaction. Vol 35, 2013. Viitattu 7.11.2016. Saatavilla osoitteesta: [https://www.researchgate.net/publication/259969169\\_Biogas\\_Upgrading\\_Technologies\\_State\\_of\\_Art\\_Review\\_in\\_Biogas\\_Upgrading\\_Technologies\\_State\\_of\\_Art\\_Review\\_in\\_Biogas\\_Biogas\\_Upgrading\\_Techniques\\_State\\_of\\_Art\\_Review\\_in\\_European\\_Region](https://www.researchgate.net/publication/259969169_Biogas_Upgrading_Technologies_State_of_Art_Review_in_Biogas_Upgrading_Technologies_State_of_Art_Review_in_Biogas_Biogas_Upgrading_Techniques_State_of_Art_Review_in_European_Region)

### **3 Esitykset jatkotoimenpiteiksi**

Bioenergiapotentialista käytännön toteutukseen hanke pystyi vastaamaan niihin tehtäviin ja sille asetettuihin tavoitteisiin hyvin. Hankkeen aikana nousi esille useita kysymyksiä ja mielenkiintoisia asioita, joihin ei hankeaikana valitettavasti pystytty perehtymään asian vaatimalla tarkkuudella.

Yksi asia on varsinkin biokaasulaitoksia hyvin koskettava, mutta myös muuta energiantuotantoa kiinnostava ja hankkeen aikana esille noussut ravinteiden kierrätyksen tärkeys. Hupenevista ja epätasaisesti jakautuneista fosforivarannoista johtuen on tärkeää, että bioenergiantuotantoon tulevien jakeiden sisältämä fosfori saataisiin takaisin kiertoon kasvien hyötykäyttöön. Vain näin on mahdollista ruokkia yhä räjähdysmäisesti kasvava väestö. Hankkeen aikana oli mahdollista tutustua joihinkin näistä tekniikoista, mutta niiden toteuttavuus esimerkiksi biokaasulaitoksen yhteyteen tulisi selvittää omana hankkeenaan.

## **Liitteet**

Liite I. Biokaasuntuotantopotentiaalin koeajoraportti: BioGTS Oy

Liite II. BIOKAASUTUKSESSA MUODOSTUVA MÄDÄTYSJÄÄNNÖS LANNOITTEENA, Nurmen astiakoe raiheinällä.