

# **Alustava selvitys biokaasulaitoksen kannattavuudesta UPM Tervasaaren paperitehtaalla**

Joonas Pajunen

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2019

Energy and Environmental Engineering

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Energy and Environmental Engineering

PAJUNEN, JOONAS:

Alustava selvitys biokaasulaitoksen kannattavuudesta UPM Tervasaaren paperitehtaalla

Opinnäytetyö 78 sivua, joista liitteitä 7 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Tämä opinnäytetyö on tehty UPM Specialty Papers Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen toimeksiantona ja sen päätavoitteena on selvittää mahdollisen tehdasalueella toimivan biokaasulaitoksen kannattavuus. Biokaasulaitoksen toiminnan kannattavuutta selvitettiin ensin arvioimalla biokaasulaitoksella käytettävien syötteiden teoreettinen vuosittainen maksimivolyymi. Teoreettisten maksimivolyymien pohjalta selvitettiin syötteiden teoreettiset vuosittaiset tuotantopotentiaalit. Syötteiden teoreettisten maksimivolyymien ja tuotantopotentiaalien perusteella annettiin biokaasulaitoksen kannattavuudesta lopullinen arvio.

Työn teoreettisen tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että biokaasulaitoksella olisi vahva potentiaali toimia Tervasaaren paperitehtaan yhteydessä. Koko tarkastelualueen orgaanisten aineksien yhteenlaskettu energiantuotantopotentiaali vastaa noin 60-110 prosenttia voimalaitoksella poltetun maakaasun osuudesta. Työn tuloksina tarkasteltiin teoreettisten maksimivolyymien ja tuotantopotentiaalien perusteella luotuja kolmea erilaista esimerkkilaitosta. Laitosesimerkeistä kannattavimmaksi paljastui esimerkkilaitosten yhdistelmä, joka käyttäisi syötteenään käsittelymaksuja tuottavia jätteitä sekä kuivia, enemmän orgaanista ainesta sisältäviä syötteitä.

Kaikki työn tulokset perustuivat teoreettiseen tarkasteluun, jonka laskennallisissa tuloksissa oli hyödynnetty useita keskiarvoja. Tästä syystä työn pohjalta ei ole suositeltavaa tehdä investointisuunnitelmia tai -päätöksiä ennen konkreettisia lisätutkimuksia. Työn tulosten pohjalta voidaan perustella biokaasulaitoksen kannattavan toiminnan potentiaalia sekä tarvetta lisätutkimuksille. Suositeltavia lisätutkimuksien kohteita ovat syötteiden realisoituminen, realisoituneiden syötteiden osto-, korjuu- tai kuljetuskustannukset, sekä käsittelyjäännöksen kannattavimmat käyttökohteet.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme of Energy and Environmental Engineering

PAJUNEN, JOONAS:

Preliminary study of the viability of a biogas plant in UPM Tervasaari paper mill

Bachelor's thesis 78 pages, appendices 7 pages

April 2019

---

This thesis was written for UPM Specialty Papers Tervasaari paper mills powerplant and its main objective was to study the viability of a biogas plant that would operate in the paper mills premises. The viability study was conducted first by evaluating the annual maximum theoretical feedstock volume. Based on the feedstock volume evaluation the annual production potential was assessed. The final assessment of the viability was given based on both, annual maximum theoretical feedstock volume and production potential.

Based on the thesis's theoretical analysis it can be said that the biogas plant would have a strong potential to operate alongside the paper mill. The theoretical maximum energy production potential of the all the feedstock from the study area could cover about 60-110 percent of the burnt natural gas amount in the paper mills powerplant. Based on the annual maximum theoretical feedstock volume and production potential three different example biogas plants were created as the results of this thesis. Out of those three example biogas plants, a combination of two example plants that would utilize organic waste that would bring handling fees, and utilize dryer feedstocks, that have greater quantities of organic matter, was found as the most viable option.

All the findings of the thesis are based on a theoretical study, that utilizes multiple averages in its calculations. That is why based on the finding in the thesis no investment plans or decisions should be made before more concrete studies. The operating potential of a biogas plant and some additional research can be justified based on this thesis. Potential topics for additional research based on this thesis are the realization of the feedstock volumes, purchase- harvest- and transportation costs of the feedstock and the utilization possibilities of the digestate.

---

Key words: biogas plant, biogas, feedstock, digestate

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TAUSTATIEDOT.....	9
	2.1 Tervasaaren paperitehdas .....	9
	2.2 Biokaasu .....	9
	2.3 Biokaasutuotanto .....	10
	2.3.1 Märkämädätys.....	11
	2.3.2 Kuivämädätys.....	13
	2.3.3 Käsittelyjäännös .....	15
	2.4 Syötteet.....	16
	2.4.1 Lanta .....	16
	2.4.2 Viljat.....	18
	2.4.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat.....	19
	2.4.4 Biohajoavat jätteet.....	20
3	ORGAANISTEN AINEKSIEN TEOREETTINEN MAKSIMIVOLYymi .	22
	3.1 Maatalous .....	23
	3.1.1 Lanta .....	25
	3.1.2 Viljat.....	26
	3.1.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat.....	28
	3.2 Yhdyskunnat .....	29
	3.2.1 Biojätteet .....	30
	3.2.2 Lietteet.....	31
	3.2.3 Poisheittohävikki.....	31
	3.3 Teollisuus.....	32
	3.3.1 Teurasjäte .....	33
	3.3.2 Lietteet.....	34
4	TUOTANTOPOTENTIAALI.....	35
	4.1 Teoreettisten maksimivolyymien metaanintuottopotentialit .....	35
	4.1.1 Lanta .....	36
	4.1.2 Vilja.....	37
	4.1.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat.....	38
	4.1.4 Jätteet.....	40
	4.2 Syötteiden arvo .....	41
	4.2.1 Lanta .....	42

4.2.2 Vilja.....	43
4.2.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat.....	44
4.2.4 Jätteet.....	45
4.3 Kuljetusmatkan vaikutus syötteen kannattavuuteen.....	46
4.3.1 Lanta .....	48
4.3.2 Peltobiomassat ja sivuvirrat.....	49
4.3.3 Jätteet.....	50
5 TULOKSET .....	52
5.1 Laitosesimerkki 1 .....	53
5.2 Laitosesimerkki 2 .....	55
5.3 Laitosesimerkki 3 .....	57
6 POHDINTA .....	60
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	65
LÄHTEET.....	67
LIITTEET .....	72
Liite 1. Syötteiden metaanintuottopotentiaalit .....	72
Liite 2. Syötteiden arvo .....	73
Liite 3. Syötteiden kuiva-aine pitoisuudet ja tilavuuspainot .....	74
Liite 4. Syötekuljetuksien arvot kuljetusajoneuvoittain .....	75
Liite 5. Kuljetusmatkojen hinnat kuljetusajoneuvoittain .....	76
Liite 6. Kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain.....	77
Liite 7. Syötteiden ravinnepitoisuudet .....	78

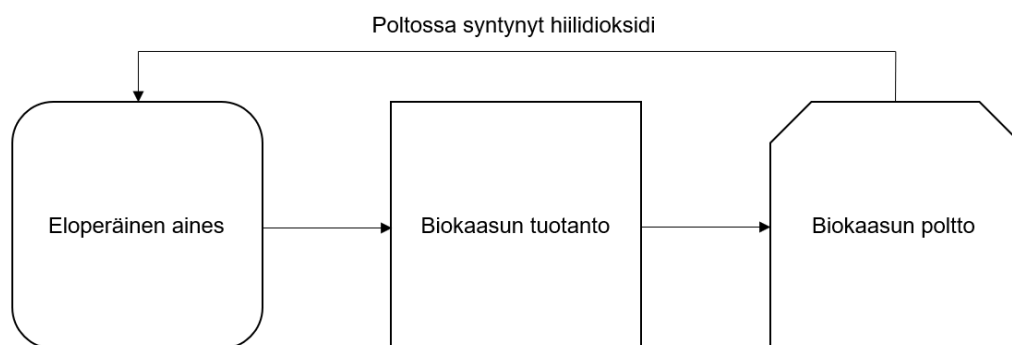
**LYHENTEET JA TERMIT**

CH <sub>4</sub>	metaani
CH <sub>4</sub> -pot.	metaanintuottopotentiaali
GWh	gigawattitunti
ka	keskiarvo
kWh	kilowattitunti
m <sup>3</sup>	kuutiometri
maks.	maksimi
min.	minimi
MWh	megawattitunti
t	tonni
v	vuosi
voit.	voittoa
VS	orgaaninen ainepitoisuus
TS	kuiva-ainepitoisuus

## 1 JOHDANTO

Yksi Suomen yleisimmistä energiantuotannossa käytettävistä fossiilisista polttoaineista on maakaasu. Maakaasua käytetään yleisesti kaukolämmön- ja sähkönyhteistuotannossa ja noin kahdeksan prosenttia Suomessa tuotetusta energiasta tehdään maakaasua polttamalla. Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisin, mutta senkin poltossa syntyvät hiilidioksidipäästöt kasvattavat ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuuksia merkittävästi kiihdyttäen ilmaston lämpenemistä. Maakaasu voitaisiin kuitenkin korvata täysin uusiutuvalla hiili-neutraalilla ja kotimaisella energialla, biokaasulla. (Gasum 2019; Energiateollisuus 2018.)

Biokaasu on eloperäistä, eli orgaanisista, aineksista mädättämällä saatu kaasuseos, jota voidaan jalostaa energiantuottopotentiaaliltaan maakaasua vastaavaksi polttoaineeksi. Biokaasu luokitellaan hiili-neutraaliksi polttoaineeksi. Hiili-neutraalisuudella tarkoitetaan sitä, että biokaasun poltosta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt eivät lisää hiilidioksidin määrää ilmakehässä, sillä mädätettäviin biohajoaviin orgaanisiin aineksiin on sitoutunut sama määrä hiilidioksidia. Biokaasun poltossa vapautuvan hiilidioksidin voidaan siis ajatella sitoutuvan takaisin uuteen kasvavaan biohajoavaan orgaaniseen ainekseen, joka voidaan jälleen hyödyntää biokaasuntuotannossa (kuva 1). (Gasum 2019.)



KUVA 1. Biokaasun polton hiilidioksidikierto

Tämä työ on tehty UPM Specialty Papers Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen toimeksiantona ja sen tavoitteena on toimia alustavana selvityksenä biokaasulaitoksen kannattavuudesta tehdasalueella. UPM Tervasaaren voimalaitoksella tuotetaan höyryä ja sähköä tehtaan paperikoneille, sekä kaukolämpöä

ulkopuolisille käyttäjille. Vuonna 2017 Tervasaaren paperitehtaalla tuotettiin noin 179 gigawattituntia (GWh) energiaa polttamalla pelkästään maakaasua. Maakaasun lisäksi voimalaitoksella poltetaan biopolttoaineita, turvetta, kierrätyspolttoaineita, sekä tehtaan biologiselta jätevedenpuhdistamolta tulevaa biolietettä. (Saarinen 2019; UPM Tervasaari 2018.)

Mahdollinen biokaasulaitos paperitehtaantehtaan yhteyteen tuottaisi biokaasua, jolla pyrittäisiin korvaamaan mahdollisimman suuri osa poltetusta maakaasusta. UPM Tervasaaren paperitehdas noudattaa UPM:n Biofore – Beyond fossils -strategiaa, joka tähtää tulevaisuuteen, jossa fossiilisia polttoaineita ei tarvittaisi. Biofore -strategia tukisi osaltaan mahdollisen biokaasulaitoksen investointipäättöstä. Biokaasulaitokselle olisi kuitenkin kilpailua, sillä isoilla toimijoilla, kuten ST1:llä ja Pirkanmaan jätehuollolla on kilpailevat biokaasulaitokset Hämeenlinnassa ja Nokialla, jotka käyttävät osansa lähialueiden orgaanisista aineksista. Tervasaaren paperitehtaan mahdollinen biokaasulaitos kilpailisi edellä mainittujen laitosten kanssa käytettävissä olevista raaka-aineista. (Kiertokapula Oy:n vuosikatsaus 2017; Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n vuosikertomus 2017; UPM Biofore 2019; UPM Tervasaari 2018.)

Mahdollisen biokaasulaitoksen kannattavuuden selvittämiseksi tässä työssä tutkitaan ensin Tervasaaren paperitehtaan lähialueiden orgaanisten ainesten teoreettista maksimivolyymiä. Orgaanisten ainesten teoreettisen maksimivolyymien perusteella selvitetään teoreettinen energiantuotantopotentiaali, orgaanisten ainesten arvo, sekä niiden kannattavat kuljetusetäisyydet. Lopuksi aikaisempien selvitysten tuloksia hyödyntäen luodaan kolme erilaista biokaasulaitosesimerkkiä. Biokaasulaitosesimerkeille lasketaan niiden energiantuottopotentiaali, korvattavissa olevan maakaasun osuus, säästöt, päästövähennykset sekä päästövähennysten tuomat säästöt. Laitosesimerkeille arvioidaan myös käsittelyjäännöksen arvo lannoitteena, sekä käsittelyjäännöksen mahdolliset käyttökohteet. Pohdinnassa tarkastellaan eri laitosesimerkkien takaisinmaksuaikoihin vaikuttavia seikkoja sekä esitellään arvio kannattavimmasta ratkaisusta työn teoreettisen tarkastelun pohjalta. Lopuksi arvioidaan mahdollisen biokaasulaitoksen kannattavuutta sekä annetaan ehdotukset suositeltavista jatkotoimenpiteistä.

## 2 TAUSTATIEDOT

### 2.1 Tervasaaren paperitehdas

UPM Specialty Papers Tervasaari on Valkeakoskella sijaitseva paperitehdas, joka on perustettu vuonna 1872. Tervasaaren paperitehtaan alueella toimii kaksi paperikonetta, voimalaitos, vesivoimalaitos sekä biologinen jätevedenpuhdistamo. Tervasaaren paperitehtaan voimalaitos tuottaa kaiken tehtaan tarvitseman lämmön ja noin viidesosan tehtaan käyttämästä sähköstä. Tervasaaren voimalaitoksen tuottamaa lämpöä myydään kaukolämpönä ja höyrynä myös ulkopuolisille käyttäjille, kuten Valkeakosken kiinteistöille ja teollisuudelle. (UPM tuotantolaitokset 2019; UPM Tervasaari 2018.)

Tervasaaren voimalaitos tuottaa lämpöä vuonna 1996 toimintansa aloittaneella 78 megawatin leijupetikattilalla. Yli puolet leijupetikattilassa käytettävistä polttoaineista ovat biopolttoaineita kuten kuorta, metsähaketta ja sahanpurua. Leijupetikattilassa poltetaan biopolttoaineiden lisäksi turvetta, kierrätyspolttoaineita sekä tehtaan biologiselta jätevedenpuhdistamolta tuleva bioliete. Leijupetikattilan lisäksi Tervasaaren voimalaitoksella on käytössä 100 ja 150 megawatin maakaasukattilat vara- ja lisälämmöntuottoon. Vuonna 2017 Tervasaaren voimalaitoksella käytettiin noin 18 miljoonaa kuutiometriä maakaasua, eli noin 179 GWh ja koko paperitehtaan yhdistetty maakaasun käyttö oli 238 GWh. (Saari- nen 2019; UPM Tervasaari 2018)

### 2.2 Biokaasu

Biokaasu on kaasuseos, joka syntyy, kun orgaanisia aineksia mädätetään anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasu koostuu pääosin metaanista (50-70 %), hiilidioksidista (30-50 %) sekä pienistä määristä muita aineksia kuten typpi, happi, vety, vesi, ammoniakki ja rikkivety, näistä kaksi viimeistä aiheuttavat mädätykselle ominaisen epämiellyttävän hajun. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 3-10.) Biokaasun koostumus riippuu sekä käytettävistä syötteistä että tavasta,

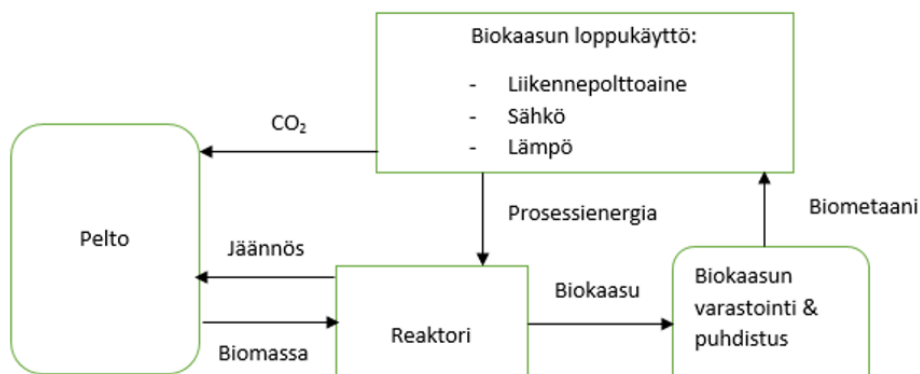
jolla orgaanisia aineksia mädätetään. Tärkein energiantuotantoon vaikuttava tekijä on kuitenkin metaanipitoisuus. (Motiva Oy 2017.)

Suoraan mädätyksestä saatava biokaasu eli raakabiokaasu, jonka metaanipitoisuus on 50-70 %, on jo sellaisenaan käyttökelpoista energiantuotantoon. Puhdistamalla raakabiokaasusta epäpuhtaudet, kuten rikkiyhdisteet, vesi ja valtaosan hiilidioksidista, saadaan siitä energiatiheämpää biometaanikaasua. Puhdistetun biometaanikaasun metaanipitoisuus on tällöin 95-98 %. Biometaanikaasuun jää kuitenkin pieniä määriä hiilidioksidia, sillä täydellinen erottelu ei ole kustannustehokasta. Biometaanikaasua on polton lisäksi mahdollista syöttää kaasuverkkoon tai hyödyntää ajoneuvojen polttoainetuotannossa. Biokaasu on uusiutuvaa biopolttoainetta, joten se luokitellaan päästöttömäksi. (Gasum 2018; Energiamaailma 2018.)

### **2.3 Biokaasutuotanto**

Biokaasua tuotetaan maailmanlaajuisesti lukemattomilla eri tavoilla. Biokaasua kuitenkin tuotetaan laitoksissa yleisesti kahdella eri päätuotantotavalla, märkä- ja kuivamädätysprosessilla. Biokaasulaitoksen tuotantoprosessi määräytyy biokaasulaitoksella käytettävissä olevien syötteiden mukaan. Korkeamman kuiva-ainepitoisuuden omaavat syötteet voidaan hyödyntää kuivamädätyksessä ja matalat kuiva-ainepitoisuudet märkämädätyksessä. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 14; Kelavuori 2017, 13-14.)

Molemmissa mädätysprosesseissa on kuitenkin samankaltaiset pääprosessivaiheet. Ennen reaktoriin siirtymistä tapahtuu syötteiden esikäsittely. Näitä ovat hygienisointi, sterilointi ja silppuaminen. Esikäsittelyn jälkeen syötteet siirtyvät reaktoriin, jossa syötteiden mädätystä tehostetaan esimerkiksi sekoittamalla ja ylläpitämällä tiettyä lämpötilaa mädätystavasta riippuen. Reaktorissa mätänevä syöte vapauttaa biokaasuja, jotka varastoidaan käyttöä varten (kuva 2). Käsitelty syötteet poistetaan reaktorista ja korvataan tuoreella syötteellä mädätystavasta riippuen. (Kelavuori 2017, 13-15.)



KUVA 2. Nurmea käyttävän biokaasulaitoksen esimerkki kaavio (Kelavuori 2017)

Biokaasulaitos tarvitsee Ruokaviraston (entinen Elintarviketurvallisuusvirasto) myöntämän laitoshyväksynnän toimiakseen, mikäli laitoksella käsitellään useamman tilan lantoja. Laitoshyväksyntä tarvitaan myös käsiteltäessä kasvibiomassaa tai biohajoavia jätteitä, jotka saattavat sisältää kasvitaudinaiheuttajia, tai jos laitoksen lopputuote, eli käsittelyjäännös, menee markkinoille. Ruokavirasto asettaa myös laitosvaatimukset prosesseille ja käsittelyjätteille sekä ylläpitää niiden valvontaa ja rekisteriä. Biokaasulaitos tarvitsee kokoluokasta riippuen myös ympäristöviranomaisen tai aluehallintoviranomaisen myöntämän ympäristöluvan toimintaansa. (Ikäläinen 2016, 15.)

### 2.3.1 Märkämädätys

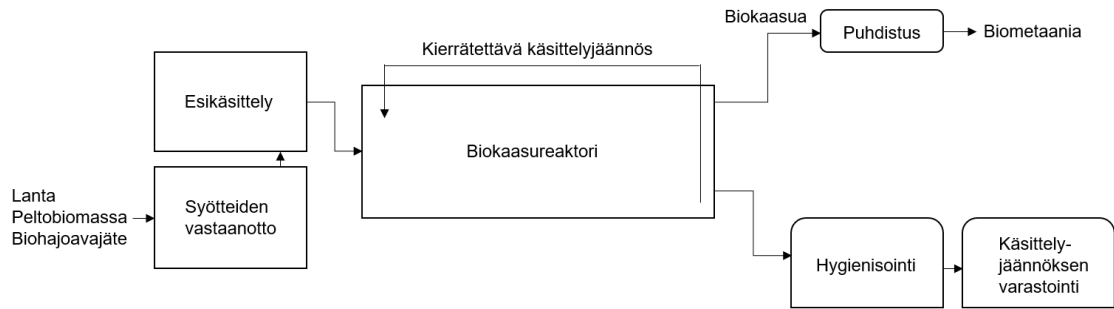
Märkämädätyksellä tarkoitetaan mädätysprosessia, jonka reaktorissa käytettävien syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus on maksimissaan 13-15 prosenttia. Matala kuiva-ainepitoisuus mahdollistaa käytettävien pääsyötteiden, kuten lietelantojen pumppaamisen reaktoriin, sekä käsittelyjäännöksen pumppaamisen reaktorista mädätysjäännösvarastoon. Märkämädätyksessä voidaan käyttää myös korkeampia metaanintuottopotentiaaleja omaavia kiinteitä aineita osasyötteinä, mikä kasvattaa saatavan biokaasun määrää. Kiinteät biomassat täytyy kuitenkin silputa ja sekoittaa pumpattaviin lietteisiin tai siirtää erikseen siirtoruuveilla suoraan reaktoriin. Kiinteitä biomassoja käytettäessä on todennäköistä, että reaktorissa käsiteltävien syötteiden kuiva-ainepitoisuutta joudutaan



### 2.3.2 Kuivamädätys

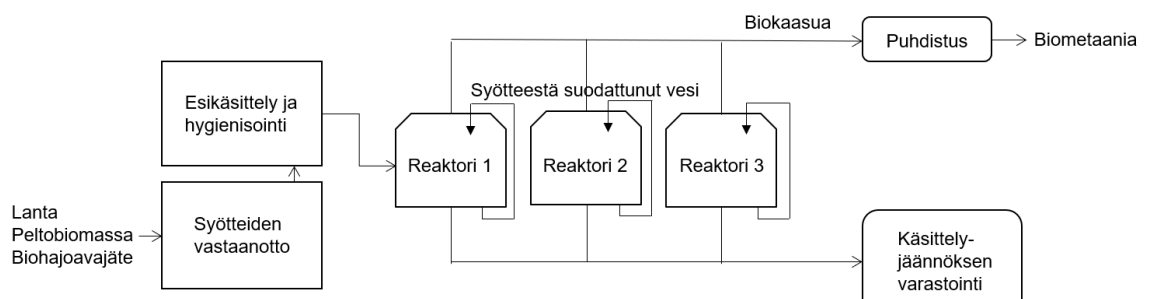
Kuivamädätyksellä tarkoitetaan mädätysprosessia, jonka reaktorissa käytettävien syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus on maksimissaan 20-40 prosenttia. Suurin ero märkämädätykseen syötteiden kuiva-ainepitoisuuden lisäksi on kuivamädätyksessä käytettävien syötteiden käsittelytapa. Märkämädätystä korkeammat kuiva-ainepitoisuudet tarkoittavat sitä, että kuivamädätyksessä käytettäviä syötteitä ei voida siirtää pumppaamalla. Kuivamädätyksen syötteet täytyy yleensä esikäsitellä ennen käyttöä esimerkiksi murskaamalla, jonka jälkeen ne voidaan kuljettaa reaktoriin. Kuivamädätyksen lämpötila voi olla mesofiilinen tai termofiilinen, mutta kuten märkämädätyksessäkin, tärkeämpää on valitussa lämpötilassa pysyminen maksimissaan kahden asteen heitoilla. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 15-17; Kelavuori 2017, 13-17; Koivula 2017; 27.)

Yleisesti käytettyjä kuivamädätystyyppisiä on kaksi: jatkuvatoiminen- ja panostoiminen kuivaprosessi. Jatkuvatoimisessa kuivamädätyksessä reaktori on yleensä teräsbetonista tai teräksestä valmistettu putki, jossa syötteitä kuljetetaan sekoittimilla putken pituussuuntaisesti syötteiden vapauttaessa biokaasua (kuva 4). Reaktoriin lisätään jatkuvatoimisesti tuoreita syötteitä kuljettimilla tai syöttöruuveilla. Jatkuvatoimisuus tarkoittaa sitä, että reaktoriin syötettyä tuoretta syötettä vastaava määrä käsittelyjätettä poistuu reaktorista samanaikaisesti. Hiitaasti reaktorin pohjalla liikkuvan syötemassan päälle lisätään jo kertaalleen prosessin läpi ajettua käsittelyjäännöstä, jotta anaerobisen hajoamisen vaativa mikrobi-tasapaino säilyy (kuva 4). Jatkuvatoimisen kuivamädätyksen haittapuolena on käsittelyjätteen koostumuksen tuomat ongelmat lannoitekäytössä. Prosessin mädätysjäännös jakautuu kiinteäksi ja nestemäiseksi ja sen sekoitus vaatii jatkokäsittelyä, jotta käsittelyjätettä voitaisiin käyttää lannoitteen levityslaitteissa. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 17; Kelavuori 2017, 16-17.)



KUVA 4. Esimerkki kaavio jatkuvatoimisesta kuivamädätyslaitoksesta

Panostoimisessa kuivamädätyksessä reaktori on yleensä särmion muotoinen ilmatiivis säiliö. Panostoiminen kuivamädätys eroaa jatkuvatoimisesta syötteen käsittelytavalla. Reaktori täytetään panostoimisessa mädätyksessä kerralla ja syötepanoksen annetaan hajota ja tuottaa biokaasua haluttu ajanjakso, jonka jälkeen panos vaihdetaan. Yleisesti panokset kuljetetaan ja poistetaan reaktoreista käyttäen esimerkiksi pyöräkuormaajaa. Panostoimisen mädätyksen tuottama biokaasun määrä vaihtelee. Alussa se on vähäistä. Mädätyksen tehostuksessa saavuttaen maksiminsa. Sen jälkeen hiipuen taas vähäiseksi ja lopulta kaasuntuotanto lakkaa kokonaan. Mikäli panostoimisesta mädätyksestä halutaan tasainen kaasuntuotanto, täytyy panostoimisia reaktoreita käyttää useampaa rinnakkain (kuva 5). Panostoimissa reaktoreissa syötteestä suodattunutta vettä kierrätetään levittämällä vesi uudelleen syötekasan päälle sprinklereillä, säädellen panoksen kosteuspuitoisuutta ja tehostaen kaasuntuotantoa (kuva 5). Pitkistä, jopa puolenvuoden viipymäajoista huolimatta, jää panokseen aina huonosti hajonneita osioita, sillä panosta ei sekoiteta reaktorissa hajoamisen aikana. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 16-17; Kelavuori 2017, 17-18.)



KUVA 5. Esimerkki kaavio panostoimisesta kuivamädätyslaitoksesta

### 2.3.3 Käsittelyjäännös

Mädätettyä syötettä, joka ei enää tuota biokaasua, kutsutaan käsittelyjäännökseksi. Käsittelyjäännös on arvokasta lannoitus- ja maanparannusainetta, sillä kaikki syötteiden sisältämät ravinteet, kuten typpi, fosfori, kalium ja magnesium ovat mädätyksen jälkeen edelleen käsittelyjäännöksessä. Tämän lisäksi syötteiden sisältämä orgaaninen typpi hajoaa ammoniumtypeksi, eli liukoiseksi typeksi, jota kasvit pystyvät hyödyntämään tehokkaammin. Tästä syystä käsittelyjäännös on arvokkaampi lannoite verrattuna syötteen lannoitekäyttöön sellaisenaan ennen mädätystä. Syötteen mädätyksessä myös epämiellyttävältä haisevat orgaaniset yhdisteet hajoavat tehden käsittelyjäännöksestä arvokkaamman myös hajuhaittoja tarkastellessa. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 13; Kelavuori 2017, 12-13.)

Käsittelyjäännös on arvokasta lannoitetta. Tästä syystä syötteen, kuten lietelannan toimittajat haluavat lietelannasta saatavan käsittelyjäännöksen takaisin lannoitekäyttöön. Tämä on kannattavaa myös biokaasulaitoksen kannalta sillä tällaisissa tilanteissa syötteistä ei yleensä veloiteta mitään. Syötteitä, kuten lietelantaa toimittavat tilat hyötyvät käsittelyjäännöksestä erityisesti, jos biolaitoksella käytetään lietelannan lisäksi jotain lantaa suuremman typpipitoisuuden omaavia syötteitä. Tällaisessa tapauksessa lantaa suuremman typpipitoisuuden omaavat syötteet nostaisivat käsittelyjätteen lannoituskelpoisuutta ja arvoa entisestään. Käsittelyjäännöksen käytöllä lannoitteena on myös ympäristölle hyödyllisiä ominaisuuksia. Käsittelyjätteen lannoitekäyttö vähentää esimerkiksi kemiallisten lannoitteiden käyttötarvetta sekä vähentää typen huuhtoutumista vesistöihin. Tällöin typpi on kasveille helpommin hyödynnettävässä muodossa. (Karunen 2006, 26; Lannoitteita ja energiaa biomassoista 2016, 27.)

Käsittelyjäännös sisältää kuitenkin myös kaikki syötteiden mahdolliset negatiiviset yhdisteet, kuten lääkkeet, hormonivalmisteet, orgaaniset haitta-aineet, raskasmetallit sekä bakteerit. Käsittelyjäännöksestä on esimerkiksi löydetty salmonellabakteereja, jotka päätyvät takaisin maaperään, ellei syötteen sisältämiä riskejä tunneta ennen käsittelyjätteen luovuttamista. Osa syötteistä vaatii steriloinnin, tai termofiilisen hygienisoinnin haitallisten yhdisteiden tuhoamiseksi ennen syötteen hyödyntämistä biokaasureaktorissa. Mikäli hygienisoinnin vaativia

syötteitä ei käsitelty ennen syöttöä, tai biokaasulaitos on yhteiskäsittelylaitos, täytyy käsittelyjäte jatkokäsitellä hygienisoimalla se yli seitsemänkymmenen asteen lämpötilassa tunnin ajan. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2013, 9; Kelavuori 2017, 12-13.)

## **2.4 Syötteet**

Biokaasutuotantoon soveltuu erityisesti luonnostaan helposti hajoavat orgaaniset eli eloperäiset ainekset. Syötteiden kannattavuuden ja mahdollisimman ympärivuotisen saatavuuden kannalta suositaan raaka-aineina erityisesti biohajoavia jätteitä ja -sivutuotteita. Tällaisia raaka-aineita ovat esimerkiksi lanta, pelto- ja kasvibiomassat, lietteet ja biojätteet. Biokaasutuotannon raaka-aine hankinnoissa on myös otettava huomioon eri aineksien metaanintuottopotentiaalit. Metaanintuottopotentiaalilla tarkoitetaan eri orgaanisten ainesten suurinta mahdollista ainesta mädättämällä saatavaa metaanikaasun määrää sen painoa kohti. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 21-22.)

Biokaasutuotannon raaka-aine hankinnoissa tulee tarkastella myös mahdollisten syötteiden kuiva-ainepitoisuuksia ja ravinnekoostumuksia. Erilaisten syötteiden samanaikainen mädätys, eli yhteiskäsittely, vaatii laboratoriotutkimuksia ja -koeajoja optimaalisten olosuhteiden ja tuoton selvittämiseksi. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 22.) Seuraavissa kappaleissa tutustutaan tarkemmin erilaisiin laajasti saatavilla oleviin biohajoaviin jätteisiin ja -sivutuotteisiin, jotka sopivat biokaasutuotannon raaka-aineiksi.

### **2.4.1 Lanta**

Biokaasutuotannossa hyödynnettäviä lantamääriä tarkasteltaessa on otettava huomioon erilaiset lantatyypit ja niiden koostumukset. Lantatyyppiä on eläinlajista ja lannan varastointimenetelmästä riippuen useita, mutta ne voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: lietelantaan ja kuiviin lantoihin. Lietelanta on jätöstä, joka sisältää pieniä määriä kuiviketta, virtsaa, sekä eläinsuojassa käytettyä lannan-

poisto- ja pesuvettä. Sontaan sekoitetut nesteet laskevat lietelannan kuivapitoisuuden alle 12 prosenttiin ja mahdollistavat lietelannan varastoinnin ja siirron pumppaamalla. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 32.)

Kuivia lantoja on eläinsuojan ratkaisusta riippuen kolmea eri tyyppiä: kuivalantaa, kuivikelantaa ja kuivikepohjalantaa. Kaikki kuivalannat sisältävät sonnan lisäksi kuivikkeita, kuten kutterinpurua, olkea tai turvetta. Kuivalanta sisältää vain pieniä määriä virtsaa, koska virtsa pyritään keräämään omaan säiliöönsä. Kuivike- ja kuivikepohjalannassa virtsa imeytetään kuivikkeisiin, joiden osuus on merkittävä varastoidussa lopputuotteessa. Kuivike- ja kuivikepohjalannan ero on niiden poistotiheys. Kuivikepohjalantaa kerrytetään lisäämällä kuivikkeita entisen kuivikepohjan päälle, kun taas kuivikelanta korvataan ja varastoidaan eläinsuojista useammin. (Kymäläinen & Luostarinen 2015, 32.)

Lietelannat sopivat erinomaisesti märkämädätyslaitosten pääsyötteeksi niiden matalan kuiva-ainepitoisuuden ja tasaisen ympärivuotisen saatavuutensa takia. Sama pätee kuivalantoihin ja kuivämädätykseen. Kuivalannat täytyy yleensä, esikäsitellä esimerkiksi silppuamalla, käytetystä kuivikkeesta riippuen, ennen niiden hyödyntämistä biokaasureaktorissa. Kuivalantojen silppuaminen tekee syötteestä tehokkaammin hajoavaa, estää kuivikkeiden kellumisen märkämädätyksen yhteydessä ja vähentää syöttölaitteiden häiriöherkkyyttä. Lietelantaa ei yleisesti tarvitse käsitellä ennen sen hyödyntämistä biokaasureaktorissa. Mikäli biokaasulaitos hyödyntää eri lähteistä tulleita lantoja, eli on niin kutsuttu yhteiskäsittelylaitos, täytyy käsittelyjäännös hygienisoida ennen jatkokäyttöä, jotta estetään tauteja aiheuttavien patogeenien leviäminen. Hygienisointia ei kuitenkaan vaadita, mikäli laitos toimii termofiilisellä alueella (50-67°C), sillä prosessilämpötilan hygienisoiva vaikutus on yleensä riittävä. Hygienisointia ei myöskään vaadita, mikäli laitos käsittelee vain yhden tilan lantoja ja käsittelyjäännös palautetaan lannan alkuperäiselle toimittajalle. Lantaa pääsyötteenä käsitteleville biokaasulaitoksille on ominaista, että käsittelyjäännös palautetaan lannan alkuperäiselle toimittajalle lannoituskäyttöön. (Karunen 2006, 26; Kymäläinen & Luostarinen 2015, 32-36; Luostarinen & Jaakkola 2015, 48-51.)

## 2.4.2 Viljat

Suomessa viljellään neljää viljakasvia: Vehnää, ruista, kauraa ja ohraa. Vehnä ja ruis kuuluvat leipäviljoihin, jotka hyödynnetään pääasiassa elintarviketeollisuudessa. Kauraa ja ohraa käytetään myös elintarviketeollisuudessa, mutta valtaosa kauran ja ohran sadoista hyödynnetään kotieläinten rehuna. (Ruokatieto Yhdistys 2019.) Viljasadolla tarkoitetaan viljakasvien siemensatoa. Siemensadonkeruun sivutuotteena syntyy aina olkea ja varsibiomassaa, joita käsitellään tarkemmin Peltobiomassat ja sivuvirrat -kappaleessa. (Biomassa-atlas 2017.) Viljoja, jotka kasvatetaan ainoastaan energianteollisuuden hyödynnettäviksi, kutsutaan energiaviljoiksi. Energiaviljojen käyttö biokaasuntuotantoon on suosittua etenkin Saksassa, mutta Suomessa viljan kasvatusta ainoastaan energiantuotantoon on vielä jossain määrin paheksuttua. (Braun, Weiland & Wellinger, 2008, 4; Lampinen & Jokinen 2006, 106.) Osa elintarviketeollisuuteen myytyjen viljojen siemensadosta on kuitenkin aina tuotantokelvotonta. Nämä tuotantokelvottomat viljat on mahdollista hyödyntää biokaasuntuotannossa (Braun, Weiland & Wellinger, 2008, 5).

Energiavilja ja tuotantokelvotonvilja kuitenkin poikkeavat toisistaan muutamalla tavalla. Energiavilja syötetään yleensä välittömästi sadonkeruun jälkeen biokaasureaktoriin, kun tuotantokelvoton vilja saapuu biokaasulaitoksille vasta varastoinnin jälkeen. Energiavilja korjataan myös huomattavasti elintarviketeollisuuteen tarkoitettua viljaa aikaisemmin eli varhaissatona. Näistä eriävyyksistä johtuen energiaviljoilla on matalampi selluloosa- ja kuiva-ainepitoisuus. Molemmat eriävyydet takaavat energiaviljoille nopeamman biologisen hajoavuuden, sekä korkeammat metaanintuottopotentialit. (Braun, Weiland & Wellinger, 2008, 5-7.) Hitaampi hajoaminen ja matalammat metaanintuottopotentialit eivät kuitenkaan tee elintarviketeollisuuden tuotantokelvottomasta viljasta kelvotonta biokaasuntuotantoon, ainoastaan vähemmän kannattavaa.

Tuotantokelvoton vilja on hyvä vaihtoehto erilaisten syötteiden samanaikaiseen mädätykseen, eli yhteiskäsittelyyn, sillä viljoilla on korkea metaanintuottopotentiali korkean orgaanisen ainepitoisuuden vuoksi. Kaikki vilja on kannattavaa silputa tai murskata ennen niiden hyödyntämistä biokaasureaktorissa, sillä niiden pienempi partikkelikoko tehostaa anaerobista hajoamista. Energiaviljoja, jotka

toimitettaisiin suoraan pellolta biokaasulaitokselle, ei tarvitse hygienisoida. Elintarviketeollisuuden tuotantokelvoton vilja lukeutuu teollisuuden sivutuotteisiin ja jätteisiin, joka tulee hygienisoida ennen käyttöä tai mädätyksen jälkeen käsitte-lyjätteenä. Tämä ei kuitenkaan muodostu ongelmaksi, sillä viljoja on kannattavinta käyttää yhteiskäsittelylaitosten osasyötteinä, jonka käsittelyjäte ja osa syötteistä hygienisoidaan joka tapauksessa. (Braun, Weiland & Wellinger, 2008, 5-7; Kymäläinen & Luostarinen 2015, 43-44; Luostarinen & Jaakkola 2015, 48-51.)

### **2.4.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat**

Peltobiomassoilla tarkoitetaan elintarviketuotannosta vapautuneilla- ja kesantopelloilla kasvatettavia energiakasveja, kuten nurmi, ruokohelpi ja rypsi (Bioenergianeuvoja 2019; Biomassa-atlas 2017). Suomessa nurmea ja ruokohelpeä tuotetaan rehukäyttöön jo laaja-alaisesti, mutta kaikkea tuotettua biomassaa ei hyötykäytetä. Hyödyntämättä jää myös peltomailla satojen välissä viljeltävät peltoja eheyttävät nurmet, sekä tuotannon ulkopuolella syntyvät kesantonurmet. Suomessa onkin siis laaja potentiaali energiakasvien hyödyntämiseen biokaasutuotannon syötteinä. (Biomassa-atlas 2017; Kymäläinen & Luostarinen 2015, 37-38.)

Sivuvirroilla tarkoitetaan kaikkia päätuotannon ulkopuolelle jääviä biomassoja, kuten olkea, erilaisia varsibiomassoja sekä juurikasvien naatteja. Pelloilta kerättyä olkea käytetään kotieläinten kuivikkeena ja karkearehuna. Pieni määrä olkea hyödynnetään myös energiantuotannossa joko biokaasureaktoreissa tai polttamalla. Suurin osa oljesta kuitenkin silputaan sadonkorjuun jälkeen takaisin peltoon suojaamaan peltomaata eroosiolta sekä parantamaan maaperän laatua. Vihannesten, juurikasvien ja sokerijuurikkaan sivutuotteina syntyy naatteja, eli kasvien maanpinnalla kasvavia lehtimäisiä osia, jotka yleisesti hyödynnetään rehuna tai maanparannusaineena. Naattien massaosuus on kuitenkin pieni verrattuna kasvin kokonaisuudessaan, mutta pienetkin määrät naatteja on mahdollista hyödyntää biokaasutuotannon osasyötteinä. (Biomassa-atlas 2017; Nummela, Kanisto, Pakarinen & Kymäläinen 2015, 2-3.)

Peltobiomassoista ja sivuvirroista kaksi selvästi eniten tuotettuja biomassoja ovat olki ja nurmi, mikä tekee niiden hyödyntämisestä biokaasutuotannossa erittäin houkuttelevaa. Oljen koostumus on kuitenkin hyvin saman tyyppinen kuin viljoilla, joten oljen mittava hyödyntäminen biokaasutuotannossa on haastavaa sen heikon anaerobisen hajoamisen vuoksi. Hienoksi silputtua olkea voidaan kuitenkin hyödyntää erityisesti kuivamädättämöiden osasyötteenä, ja onkin hyvin todennäköistä, että mädätettävät kuivalannat sisältävät jo pieniä määriä kuivikkeena käytettyä olkisilppua. Nurmi sen sijaan sopii märkämädätyksen osasyötteenä tai kuivamädätyksen pääsyötteenä suoraan korjuun ja silppuamisen jälkeen, sillä se hajoaa helposti ja sen metaanintuottopotentiaali on verrattain korkea. Oljen tai nurmen käyttö biokaasutuotannossa ei vaadi hygienisoitua, mikä nostaa molempien käyttöarvoa. Nurmen käyttö biokaasulaitoksella osa- tai pääsyötteenä nostaa myös käsittelyjäännöksen arvoa, sillä nurmen sisältämä fosfori ja typpi ovat edelleen tallessa käsittelyjäännöksessä. Nurmen käytön haaste biokaasutuotannossa on kuitenkin sen korjuu ja kuljetuskustannukset, jotka ovat arviolta kolmannes tuotantokustannuksista. (Biomassa-atlas 2017; Kymäläinen & Luostarinen 2015, 37-39; Kassi & Seppälä 2014, 61-64.)

#### **2.4.4 Biohajoavat jätteet**

Biohajoavaa jätettä syntyy erityisesti elintarviketeollisuudessa, mutta myös muualla kuten kotitalouksissa, kaupan alalla sekä jätevedenpuhdistamoilla. Yleisin biohajoava jäte on biojäte, joka koostuu pääasiassa elintarviketeollisuuden ja kotitalouksien elintarvike- ja keittiöjätteestä. Biojätteeksi voidaan luokitella myös puisto- ja puutarhajätteet. Muita biokaasulaitoksilla hyödynnettäviä biohajoavia jätteitä ovat esimerkiksi jätevesilietteet ja teurasjätteet. Kaikille biohajoaville jätteille on ominaista verrattain korkeat metaanintuottopotentiaalit, joka tekee niiden hyödyntämisestä erittäin houkuttelevaa. Biohajoavien jätteiden käsittelystä korkean metaanintuottopotentiaalini lisäksi houkuttelevaksi tekee se, että yleensä jätteiden tuottaja tai toimittaja maksaa niiden käsittelystä. Tällaisessa tapauksessa biokaasulaitoksen syötehankinnat eivät toisi ollenkaan kuluja ja laitos tekisi voittoa mädätyksessä tuotetun biokaasun lisäksi syötteen käsittely-

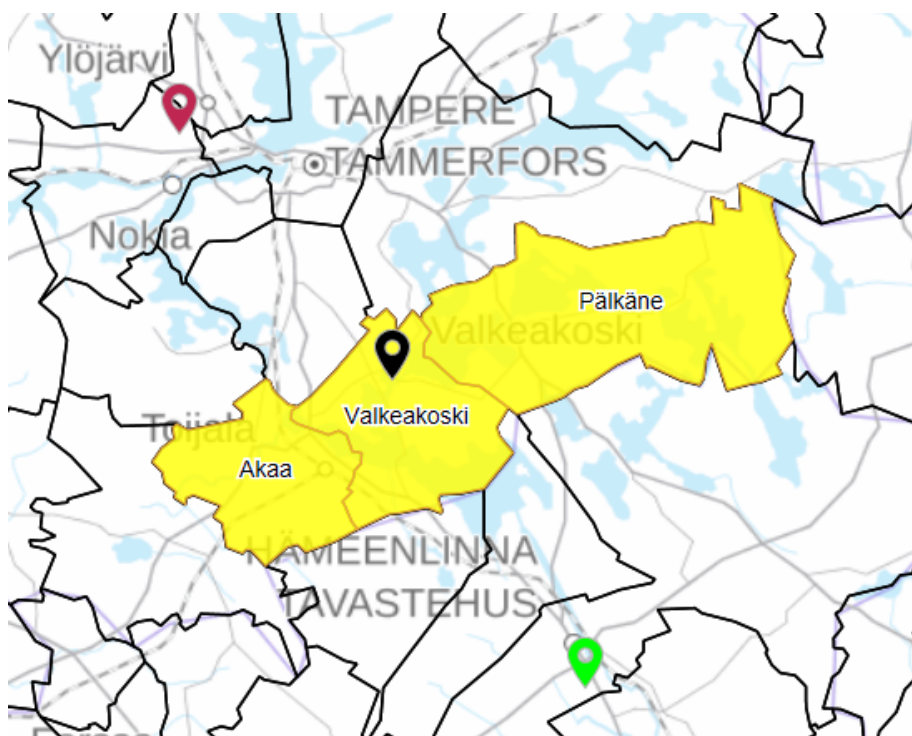
maksuilla. Biohajoavilla jätteillä on kuitenkin muihin mahdollisiin syötteisiin verrattuna enemmän käsittelyyn liittyviä haasteita. (Biomassa-atlas 2017; Happonen 2016, 12-13; Lehtomäki, Luostarinen, Paavola & Rintala 2007, 13-14.)

Biohajoavista syötteisestä kaikki vaativat tunnin hygienisoinnin 70 celsius asteessa partikkelikoon ollessa alle 12 millimetriä ennen tai jälkeen niiden hyödyntämisen biokaasureaktorissa. Mikäli laitos toimii termofiilisellä (50-55°C) lämpötila-alueella ja laitoksella käsitellään ainoastaan puhdistamolietteitä ja elintarviketä, on prosessin hygienisoiva vaikutus kuitenkin riittävä. Teurasjätteet vaativat tehokkaamman 20 minuutin steriloinnin 133 celsius asteessa, kolmen baarin paineessa, partikkelikoon ollessa alle 50 millimetriä ennen hyödyntämistä. Syötteiden vaatima hygienisointi- tai sterilointilaitteisto nostaa laitoksen investointikustannuksia pidentäen samalla takaisinmaksuaikaa. Myös laitoksen käyttökustannukset nousevat hygienisoinnin tai steriloinnin vaatimien lämpötilojen ylläpidon takia. (Happonen 2016, 12-13; Lehtomäki, Luostarinen, Paavola & Rintala 2007, 13-14.)

Biohajoavista jätteistä mädättämällä saatua käsittelyjäännöstä koskee samat lannoitekäytön raskasmetallien, taudinaiheuttajien ja epäpuhtauksien sallitut pitoisuudet verrattaessa muihin mahdollisiin syötteisiin. Biohajoavista jätteistä saadun käsittelyjäännöksen saaminen samoille määrätyille tasolle vaatii tarkkaa syötteiden tuntemusta ja tehokasta monitorointia. Biohajoavien jätteiden käsittelyjäännös saattaa kuitenkin hygienisoinnista tai steriloinnista huolimatta sisältää enemmän taudinaiheuttajia, epäpuhtauksia ja raskasmetalleja kuin muiden mahdollisten syötteiden käsittelyjäännös, sillä hygienisointi ja sterilointi vähentävät, mutta eivät pysty täysin poistamaan kaikkia epäpuhtauksia. Esimerkiksi käsittelyjäännöstä, joka sisältää mädätettyä puhdistamolietettä voidaan käyttää lannoitteena, mutta käsittelyjäännöstä käytävillä pelloilla ei saa viljellä mitään elintarviketeollisuuden käyttöön seuraavan viiteen vuoteen. Tämä johtuu puhdistamolietteiden raskasmetallipitoisuuksista, jotka eivät poistu hygienisoinnissa tai mädätyksessä. Biohajoavien jätteiden käsittelyjäännöstä käytetäänkin lannoitusta yleisemmin viher- ja maarakentamisisissä, missä haitta-ainepitoisuuksilla on lannoitekäyttöä pienemmät vaikutukset. (Biomassa-atlas 2017; Happonen 2016, 12-13; Lehtomäki, Luostarinen, Paavola & Rintala 2007, 13-14.)

### 3 ORGAANISTEN AINEKSIEN TEOREETTINEN MAKSIMIVOLYYMI

Orgaanisten aineksien teoreettisen maksimivolyymien selvittämiseksi hyödynnettiin Luonnonvarakeskuksen (Luke) ylläpitämää Biomassa-atlasta. Biomassa-atlas on koottuun julkiseen tietoon perustuva käyttöliittymä, jota hyödynnetään investointien ja raaka-ainehankintojen suunnittelussa. Biomassa-atlasta on hyödynnetty esimerkiksi kuntakohtaisten lantatietojen selvitykseen Biokaasuliiketoimintaa ja -verkostoja Keski-Suomeen hankkeessa. (Biomassa-atlas-tietokortti 2017.) Teoreettisen maksimivolyymien tarkastelualueeksi asetettiin Akaan, Valkeakosken ja Pälkäneen kunnat (kuva 6) ja tarkastelun kohteiksi maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden tuottaman orgaaniset jätteet. Tarkastelualue (142 563 hehtaaria) määräytyi lähellä sijaitsevien biokaasulaitosten sekä mahdollisten syötteiden kuljetusmatkojen perusteella. Kuvaan 6 on merkattu Hämeenlinnassa sijaitseva Karanojan bioetanolilaitos (vihreä), Nokialla vuonna 2020 toimintansa aloittava Koukkujärven biokaasulaitos (punainen), sekä Tervasaaren paperitehdas (musta) (Kiertokapula Oy:n vuosikatsaus 2017; Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n vuosikertomus 2017).



KUVA 6. Biomassa-atlaksen asetettu tarkastelualue (Biomassa-atlas 2019)

Saatavilla olevan orgaanisen syötteen määrä ja metaanintuottopotentiaali määrittävät sen energiantuotannon kannattavuuden. Mitä kauempaa syötteen kuljetetaan, sitä pienemmäksi kannattavuus laskee. (Virtanen 2011, 27.) Esimerkiksi pienen metaanintuottopotentiaalin omaavat syötteen rajatuista tarkastelukunnista saattavat olla kannattamattomia kilpaileville biokaasulaitoksille pelkkien kuljetuskustannusten takia. Kuten kuvasta kuusi nähdään, Tervasaaren paperitehdas sijaitsee Karanojan ja Nokian biokaasulaitosten välissä. Sijaintinsa takia Tervasaaren paperitehdas pystyisi hyödyntämään lähikuntien syötteitä kilpailevia laitoksia kannattavammin. Asetettu tarkastelualue mahdollistaa kannattavan energiantuotannon lannoista, peltobiomassoista, lietteistä, sekä teollisuuden ja yhdyskuntien orgaanisista jätteistä.

Tarkastelussa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että kaikki tarkastelualueen biojätteet hyödynnetään jo muissa biokaasulaitoksissa. Pälkäne kuuluu Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n, Valkeakoski Kiertokapula Oy:n ja Akaa Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n palveluverkostoon. Kiertokapula Oy:n toiminta-alueella kerätty biojäte toimitetaan Hämeenlinnassa sijaitsevaan Karanojan bioetanoli laitokseen ja Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n toiminta-alueella kerätty biojäte toimitetaan Tampereella sijaitsevaan Tarastenjärven kompostointilaitokseen. Jatkossa Pirkanmaan Jätehuollon biojätteet toimitetaan Nokialla vuonna 2020 toimintansa aloittavaan Koukkujärven biokaasulaitokseen. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n (LHJ) toiminta-alueella kerätty biojäte toimitetaan Köyliössä sijaitsevaan Hallavaaran biokaasulaitokseen sekä Forssassa sijaitsevaan Envor Group Oy:n biokaasulaitokseen (Kiertokapula 2019; Kiertokapula Oy:n vuosikatsaus 2017; Loimi-Hämeen Jätehuolto 2017; Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n vuosikertomus 2017; Pirkanmaan Jätehuolto 2017; Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n vuosikertomus 2017.)

### **3.1 Maatalous**

Maatalouden tuottamat orgaaniset jätteet, kuten lanta ja peltobiomassat, ovat erinomaisia syötteitä biokaasulaitoksiin. Maatalousyrityksistä peräisin olevan orgaanisten aineksien teoreettisen maksimivolyymien selvittämiseksi tarkastellaan ensin maatalous- ja puutarhayritysten lukumäärää, syötteen kelpaavaa lantaa

tuotavien kotieläinten lukumäärää sekä maatalousmaan viljelyalaa tarkastelualueen kunnissa vuonna 2017 (taulukko 1) Taulukoiden tyhjät kohdat ovat merkattu viivalla (-), joka tarkoittaa, että haettua lajiketta ei löydy alueelta. Tapaukset, joissa haluttua tietoa ei löytynyt tai sen puuttumisen syy on epäselvä, avataan tekstissä.

TAULUKKO 1. Maatalous- ja puutarhayritykset, kotieläimet ja maatalousmaan viljelyala kunnittain vuonna 2017 (Luonnonvarakeskus 2017) (Biomassa-atlas 2017)

2017	Akaa	Pätkäne	Valkeakoski
Maatalous- ja puutarhayritykset (kpl)	143	183	111
Naudat (kpl)	2617	3503	1696
Siat (kpl)	-	1249	-
Siipikarja (kpl)	-	89643	-
Lampaat (kpl)	376	196	98
Hevoset (kpl)	52	43	101
Viljelyala (ha)	8691	7160	6094

Taulukon yksi maatalous- ja puutarhayrityksien sekä kotieläinten tiedot perustuvat Luken tilastotietopalveluun (Luonnonvarakeskus 2017). Viljelyalan tiedot perustuvat viljelijöiden IACS-reksiteriin ilmoittamiin viljelysuunnitelmiin. (Biomassa-atlas 2017.) Yllä taulukoiduista maataloudenperustiedoista nähdään, että tarkastelukunnissa on paljon maataloutta ja näin vahva orgaanisten aineksien, kuten lannan ja peltobiomassojen tuottopotentiaali. Syötteen kelpaavan lannan määrä on mahdollista arvioida suoraan taulukossa yksi esitetyistä lajikohtaisista eläinmääristä, mutta tässä tarkastelussa on käytetty Biomassa-atlaksen tarkempia Suomen normilanta -järjestelmän laskennallisia tietoja. Maatalousyrityksistä peräisin olevan orgaanisten aineksien teoreettisen maksimivolyymien selvittämiseksi otetaan alueen lantamäärät ja peltobiomassat yksityiskohtaisempaan tarkasteluun.

### 3.1.1 Lanta

Kaikki taulukoidut lantatiedot ovat peräisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta. Biomassa-atlas käyttää eläinmäärien lähtötietona Ruokaviraston (entinen Elintarviketurvallisuusvirasto) kuntakohtaista eläinrekisteriä. Hevosten lukumäärätieto pohjautuu Hippoksen hevostenomistajarekisteriin. Biomassa-atlaksen lantamäärät pohjautuvat Suomen normilantajärjestelmän laskennallisiin lantamäärätietoihin. (Biomassa-atlas 2017.)

Kaikki taulukoidut lantamäärät sisältävät vain varastoidun lannan. Lantatiedoissa ei huomioida lannan kokonaistuotantoa tai laiduntavien eläinten laitumille jäävän lannan osuutta (Biomassa-atlas 2017). Taulukko kaksi esittää vuosittaisen varastoidun lietalannan määrän tonneina per eläinluokka Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella vuonna 2017.

TAULUKKO 2. Vuosittainen varastoitu lietalanta määrä tonneina per eläinluokka Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2017 (Biomassa-atlas 2017)

Eläinluokka	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Lypsykarja (t/v)	12911	23217	7863	43991
Lihakarja (t/v)	4947	5267	2673	12887
Emakot ja pormaat (t/v)	1368	242	-	1610
Lihasiat (t/v)	4188	3117	-	7305

Tässä tarkastelussa nautojen ja sikojen kuivalanta esitetään yhteenlaskettuna, sisältäen kuivalannan, kuivikelannan ja kuivikepohjalannan. Muiden eläinluokkien tarkastelussa on otettu huomioon ainoastaan kuivalanta (Biomassa-atlas 2017). Taulukko kolme esittää vuosittaisen varastoidun kuivalannan määrän tonneina per eläinluokka Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella vuonna 2017.

TAULUKKO 3. Vuosittainen varastoitu kuivalanta määrät tonneina per eläinluokka Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2017 (Biomassa-atlas 2017)

Eläinluokka	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Lypsykarja (t/v)	5708	10724	3531	19963
Lihakarja (t/v)	7884	5846	5190	18920
Emakot ja porsaats (t/v)	71	13	-	84
Lihasiat (t/v)	29	22	-	51
Munituskanat (t/v)	2,69	6,89	-	9,58
Muu siipikarja (t/v)	0,4	2430	-	2430,4
Lampaat ja vuohet (t/v)	435	200	103	738
Hevoset ja ponit (t/v)	2404	1551	2444	6399

Biomassa-atlas ei kuitenkaan takaa lantojen aukotonta tarkastelua koska sen arvot perustuvat Suomen normilanta- järjestelmän laskennallisten lantamäärätietojen keskiarvoihin. Yllä listattuja lantamääriä tarkempia arvoja on kuitenkin mahdollista hankkia ilman laajaa tilakohtaista monitorointia. Voidaankin sanoa, että teoreettista maksimivolyymiä tarkastellessa Biomassa-atlaksen tiedot ovat riittävän tarkkoja.

### 3.1.2 Viljat

Kaikki kappaleessa taulukoidut tiedot ovat peräisin Luken tietokannasta (2018) tai Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta (2016). Luken tietokanta perustuu laissa määrättyyn (562/2014) ruoka- ja luonnonvaratilastojen tiedonkeruuvaltuutukseen (Luonnonvarakeskuksen tilastotietopalvelut 2018). Taulukko neljä esittää Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (Pirkanmaan ELY-keskus) alueella tuotetun vehnän, rehuohran ja kauran määrän miljoonina kiloina ja kokonaissadon laatuvaatimukset täyttävät osuudet vuodelta 2018.

TAULUKKO 4. Viljelykasvien kokonaissato ja laatuvaatimukset täyttävä osuus Pirkanmaan ELY-Keskuksen alueella 2018 (Luonnonvarakeskus 2018)

2018	Kokonaissato (milj. kg/v)	Laatuvaatimukset täyttävä sato (milj. kg/v)	Laatuvaatimukset täyt- tävän sadon osuus (%)
Vehnä	37,0	32,4	88
Rehuohra	65,0	54,6	84
Kaura	83,8	62,8	75

Taulukossa viisi käytetään Biomassa-atlaksen tietoja, jotta tarkastelu saataisiin rajattua Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueelle. Biomassa-atlas johtaa viljelykasvien määrän kertomalla Luonnonvarakeskuksen satotilastot ELY-keskuksen vastaavan kasvin satotason (t/ha) pinta-alatiedolla. Biomassa-atlaksesta saatu viljelykasvien määrä ei kuvaa todellista satotasoa, vaan viljelypinta-alan odotettua satoa. (Biomassa-atlas 2016.)

TAULUKKO 5. Viljelykasvien odotettu kokonaissato tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski
Kevätvehnä (t/v)	4262	3483	2602
Syysvehnä (t/v)	508	377	286
Mallasohra (t/v)	1370	1119	615
Muu ohra (t/v)	6393	3563	4461
Kaura (t/v)	6035	4422	3334

Viljelykasvien osuutta, joka ei täytä asetettuja laatuvaatimuksia, kutsutaan tuotantokelvottomaksi viljäksi. Arvioidessa Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueen tuotantokelvottoman viljan osuutta sovelletaan, että taulukon viisi kokonaissadon laatuvaatimukset täyttävä osuus noudattaa taulukossa neljä annettuja prosenttiosuuksia. Taulukko kuusi esittää laskennallisesti arvioidut tuotantokelvottoman viljan osuudet vuoden 2016 kokonaissadosta Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella.

TAULUKKO 6. Laskennallisesti arvioidun tuotantokelvottoman viljan osuus vuoden 2016 odotetusta kokonaissadosta Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella

Tuotantokelvoton rehu	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Vehnä yht. (t/v)	572,4	463,2	346,6	1382,2
Rehuohra yht. (t/v)	1242,1	749,1	812,2	2803,4
Kaura (t/v)	1508,8	1105,5	833,5	3447,8

Tuotantokelvottomien viljojen tarkastelua ei voida kuitenkaan pitää aukottomana, koska sen arvot perustuvat laskennalliseen odotetun sadon määrään. Ne eivät siis perustu todellisen sadon määrään ja siitä vähennettyyn tuotantokelvottomaan osuuteen. Yllä listattuja tuotantokelvottoman viljan tarkempia arvoja on kuitenkin mahdotonta hankkia ilman laajaa tila- ja elintarviketeollisuuden tuotantolinjakoh-taista monitorointia. Voidaankin sanoa, että teoreettista maksimivolyymiä tarkas-tellessa Biomassa-atlaksen tiedoista vähennetyt tuotantokelvottoman viljan osuudet ovat riittävän tarkkoja.

### 3.1.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat

Kaikki taulukoidut peltobiomassat ja peltokasvien sivuvirtojen keskiarvot ovat pe-räisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta (2016). Biomassa-atlas laskee kunkin kasvin sivuvirtaosuuden satoindeksin, kuiva-ainepitoisuuden sekä edelli- sessä kappaleessa käytettyjen satopinta-alan ja satotason avulla. Satoindeksillä tarkoitetaan peltokasvin hyödynnettäviä osia. Kasvin loput osat ovat sivuvirtaa. (Biomassa-atlas 2016.) Taulukko seitsemän esittää peltobiomassan ja sivuvirto- jen keskiarvot tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella vuonna 2016. Taulukkoon on kirjattu ainoastaan peltobiomassat ja sivuvirrat, jotka sopisivat biokaasulaitoksen syötteeksi.

TAULUKKO 7. Peltobiomassojen ja sivuvirtojen keskiarvot tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Olki (t/v)	15742	11310	9829	36881
Perunan varret (t/v)	8	325	190	523
Sokerijuurikkaan naatti (t/v)	-	58	42	100
Viherlannoitusnurmien alkusato (t/v)	27	42	34	103
Kesantonurmi (t/v)	1861	1321	1397	4579
Suojavyöhykenurmi (t/v)	701	91	359	1151
Öljykasvien korsi (t/v)	439	513	442	1394

Peltobiomassojen ja sivuvirtojen määrien tarkastelussa käytettiin laskennallisia keskiarvoja, sekä odotetun sadon laskennallisia määriä, joten tarkastelua ei voida pitää täysin aukottomana. Yllä listattuja määriä tarkempia arvoja on kuitenkin mahdollista hankkia ilman laajaa tila- ja elintarviketeollisuuden tuotantolinjakoh- taista monitorointia. Voidaankin sanoa, että teoreettista maksimivolyymiä tarkas- tellessa Biomassa-atlaksen tiedot ovat riittävän tarkkoja.

### 3.2 Yhdyskunnat

Yhdyskunnissa syntyvää jätettä kutsutaan yhdyskuntajätteeksi. Yhdyskuntajät- teellä tarkoitetaan kaikkea asumisessa, hallintotoiminnassa, sosiaali- ja terveys- palveluissa sekä koulutustoiminnassa syntyvää jätettä. (Biomassa-atlas 2016.) Osa yhdyskuntien biohajoavista jätteistä, kuten keittiö- ja puutarhajäte sekä liet- teet, sopivat syötteiksi biokaasulaitoksille. Yhdyskunnista peräisin olevien orgaa- nisten jätteiden teoreettisen maksimivolyymien selvittämiseksi tarkastellaan ensin Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken kuntien asukasmääriä (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Asukasluvut tarkastelualueen kunnissa vuonna 2018 (Tilastokes- kus 2018)

2018	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski
Asukasluku	16615	6499	21143

Suomessa syntyy biojätettä noin 60 kilogrammaa asukasta kohden valtiollisella keskitasolla tarkasteltuna (Etappi 2015). Yllä olevasta taulukosta nähdään, että tarkastelukuntien asukasmäärien tuottamat biohajoavan yhdyskuntajätteen määrät olisivat hyvin hyödynnettävissä biokaasutuotantoon. Yhdyskunnista peräisin olevien orgaanisten aineksien teoreettisen maksimivolyymien selvittämiseksi otetaan alueen biojätteet, lietteet sekä poisheittohävikki yksityiskohtaisempaan tarkasteluun.

### 3.2.1 Biojätteet

Taulukoidut yhdyskuntien biojättemäärät ovat peräisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta. Biomassa-atlas hyödyntää biohajoavien yhdyskuntajätteen määrän laskentaan Tilastokeskuksen yhdyskuntajätetilastoa. (Biomassa-atlas 2016.) Taulukko yhdeksän esittää yhdyskuntien biojätteen määrää tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella vuonna 2016. Taulukkoon on kirjattu ainoastaan yhdyskuntien erilliskerätyn biojätteen määrä. (Biomassa-atlas 2016.)

TAULUKKO 9. Yhdyskuntien erilliskerätyn biojätteen määrä tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Yhdyskuntien erilliskerätty biojäte (t/v)	1201	471	1498	3170

Erilliskerätyn biojätteen määrät perustuvat laskennallisesti tuotettuihin valtakunnallisiin yhdyskuntajätetilastoihin, joten tarkastelua ei voida pitää täysin aukottomana. Erilliskerätyn yhdyskuntajätteen lisäksi yhdyskunnissa tuotetaan muuta biohajoavaa jätettä noin nelinkertainen määrä asukasta kohti erilliskerättyyn biojätteeseen verrattuna (Biomassa-atlas 2016). Muiden biohajoavien jätteiden määrät jätettiin kuitenkin pois tästä tarkastelusta, jotta välttyttäisiin päällekkäisyyksiltä.

### 3.2.2 Lietteet

Taulukoidut (taulukko 10) asumisjätevesien käsittelyssä syntyvät lietemäärät ovat peräisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta. Biomassa-atlas käyttää lietemäärien tarkasteluun ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmän (entinen VAHTI) asiakaskohtaisia jätetietoja, jotka ovat jatkokäsitelty Suomen ympäristökeskuksessa. Ympäristöhallinnon valvonta- ja kuormitustietojärjestelmä (YLVA) kirjaa asiakaskohtaiset jätetiedot kolmeen eri jätevirtaan: lähtevään, tulevaan ja varastotilanteeseen. Biomassa-atlas käyttää yritystoiminnan lietemäärien kartoittamiseen yrityksen lähtevää jätevirtaa. (Biomassa-atlas 2016.)

TAULUKKO 10. Yritystoiminnan ilmoittamat asumisjätevesien käsittelyssä syntyvät lietteet tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Asumisjätevesien käsittelyn ei stabiilit liete (t/v)	2404	1240	2907	6551

YLVA-järjestelmä ei takaa lietemäärien aukotonta tarkastelua, koska se on kehitetty viranomaisten valvontatehtäviin, ja kaikkia esikäsittelyketjujen määrätietoja ei ole kirjattuna järjestelmään (Biomassa-atlas 2016). Yhdyskunnissa syntyvän lietteen teoreettista maksivolyyymia tarkasteltaessa YLVA-järjestelmän tiedot ovat kuitenkin riittävät, sillä sinne kirjatut tiedot voidaan olettaa vähimmäismääräksi.

### 3.2.3 Poisheittohävikki

Taulukoitu (taulukko 11) keittiö- ja ruokalajätteen määrä yritystoiminnasta on peräisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta. Biomassa-atlas käyttää keittiö- ja ruokalajätteen määrän kartoitukseen YLVA-järjestelmän asiakaskohtaisia jätetietoja ja huomioi ainoastaan yritystoiminnan lähtevän jätevirran. (Biomassa-atlas 2016.)

TAULUKKO 11. Yritystoiminnan keittiö- ja ruokalajätteet tonneina per vuosi Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Valkeakoski
Keittiö- ja ruokalajätteet (t/v)	29

YLVA-järjestelmä ei takaa aukotonta poisheittohävikin tarkastelua koska se on kehitetty viranomaisten valvontatehtäviin eikä kaikkia esikäsittelyketjujen määrätietoja kirjata järjestelmään. YLVA-järjestelmä saa tietonsa ainoastaan yrityksiltä, jotka tarvitsevat ympäristöluvan toimiakseen. Akaan ja Pälkäneen alueilta keittiö- ja ruokalajättemäärien tietoja ei ollut saatavilla, mikä todennäköisesti tarkoittaa sitä, että suurin osa kuntien ruokalapalveluita tarjoavista yrityksistä ei tarvitse ympäristölupaa toimiakseen. Teoreettista maksivolyymia tarkasteltaessa YLVA-järjestelmän tiedot ovat kuitenkin riittävät, sillä sinne kirjatut tiedot voidaan olettaa vähimmäismääräksi.

### 3.3 Teollisuus

Teollisuuden tuottamat orgaaniset jätteet, kuten teurasjätteet ja lietteet, ovat erinomaisia syötteitä biokaasulaitoksiin niiden korkean metaanintuottopotentiaalinsa ja ympärivuotisen saatavuutensa takia. Teollisuuden tuottamia jätevirtoja pystytään tarkastelemaan YLVA-järjestelmän asiakaskohtaisilla jätetiedoilla. Jokainen toiminnanharjoittaja, joka on ympäristölupa-, ilmoitus- ja rekisteröintivelvollinen toimittaa omat yhteenvetoraporttinsa sähköisesti YLVA-järjestelmään (Ympäristöministeriö 2017). Biomassa-atlas käyttää teollisuuden biohajoavien jätteiden taulukointiin yritysten ilmoittamia vuosittaisia biohajoavien jätteiden määriä (Biomassa-atlas 2016).

Kaikki Biomassa-atlaksen tiedoilla luodut teollisuuden jätevirtojen taulukot käytävät YLVA-järjestelmän asiakaskohtaisia jätetietoja, jotka ovat jatkokäsittely Suomen ympäristökeskuksessa. Biomassa-atlas käyttää yritystoiminnan jätevirran määrän kartoittamiseen yrityksistä lähtevää jätevirtaa. YLVA-järjestelmän tiedot eivät takaa aukotonta jätevirtojen tarkastelua, koska kaikkia jätteiden esikä-

sittelyketjujen määrätietoja ei kirjata järjestelmään. (Biomassa-atlas 2016.) Teoreettista maksivolyymia tarkasteltaessa järjestelmän tiedot ovat kuitenkin riittävät, sillä sinne kirjatut tiedot voidaan olettaa vähimmäismääräksi.

Osa yritystoiminnan lähtevästä jätevirrasta kulkee jätteenkäsittelylaitosten kautta. Biomassa-atlas ei tässä tarkastelussa huomioi jätteenkäsittelylaitoksilta lähtevää jätevirtaa, jotta tilastoinnissa vältyttäisiin päällekkäisyyksiltä. Yritystoiminnasta suoraan jätteenkäsittelylaitoksille ilman esikäsittelytoimintoja kirjattu jäte on mukana tilastoinnissa. (Biomassa-atlas 2016.) Teollisuuden tuottaman orgaanisen jätteen teoreettisen maksivolyymien selvittämiseksi otetaan alueen teurasjätteet ja lietteet yksityiskohtaisempaan tarkasteluun.

### 3.3.1 Teurasjäte

Kaikki kappaleessa taulukoidut tiedot ovat peräisin Luken tietokannasta (2017) tai Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta (2016). Luken tietokanta perustuu ruoka- ja luonnonvaratilastolaissa (562/2014) määrättyyn tiedonkeruuvaltuutukseen (Luonnonvarakeskuksen tilastotietopalvelut 2018). Taulukko 12 esittää Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueen teurastusmäärät per eläinlaji vuodelta 2017.

TAULUKKO 12. Naudan-, sian- ja lampaanteurastus määrät kunnittain 2017 ja tuotantokelvottoman teurasjätteen määrä vuonna 2016 (Luonnonvarakeskus 2017) (Biomassa-atlas 2016)

2017	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski
Naudat (kpl)	642	1138	343
Siat (kpl)	-	2626	-
Lampaat (kpl)	-	56	128
Tuotantokelvoton teurasjäte (t/v)	-	-	1050

YLVA-järjestelmässä ei ole tietoja tuotantokelvottoman teurasjätteen määristä Akaan tai Pälkäneen alueilta. Luken tietokanta kuitenkin kertoo molemmissa kunnissa tapahtuvan teurastuksia. Teurasjätteen tietojen puuttuminen voi johtua siitä, että teurastettujen eläinten määrä on alle viisi tonnia päivässä, jolloin ympäristölupaa ei tarvita eikä tietoja lähetetä YLVA-järjestelmään (Järvinen 2014). Tämä voi myös johtua siitä, että teurastetut eläimet jatkokäsitellään muualla kunnan Valkeakoskella.

### 3.3.2 Lietteet

Kaikki taulukoidut teollisuudenlietemäärät ovat peräisin Luken ylläpitämästä Biomassa-atlaksesta. Taulukkoon on lisätty myös Tervasaaren paperitehtaan omat biologisenpuhdistamonlietteet (Saarinen 2019). Taulukko 14 esittää teollisuudenlietteiden määrän tonneina Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella vuonna 2016. (Biomassa-atlas 2016).

TAULUKKO 14. Yritystoiminnan ilmoittama lietteen määrä teollisuudesta tonneina per vuosi Akaan, Pälkäneen ja Valkeakosken alueella 2016 (Biomassa-atlas 2016)

2016	Akaa	Pälkäne	Valkeakoski	Yhteensä
Massa- ja paperiteollisuuden jätevesilietteet (ei kuitujätteitä, kuitu-, täyteaine- ja päälystysainelietteitä) (t/v)	-	2815	335	3150
Tervasaaren paperitehtaan biologisenpuhdistamonlietteet	-	-	5500	-
Lihatuotteiden tuotannon jätevesilietteet (t/v)	-	-	810	810
Sakokaivolietteet (t/v)	-	-	7	7

## 4 TUOTANTOPOTENTIAALI

Tässä luvussa tarkastellaan teoreettisten maksimivolyymien pohjalta eri syötteiden tuotantopotentiaaleja. Syötteiden tuotantopotentiaalit riippuvat syötteen metaanintuottopotentiaalista, arvosta sekä kuljetusmatkasta. Mitä korkeampi metaanintuottopotentiaali syötteellä on, mitä halvemalla se saadaan ja mitä lähempää se kuljetetaan, sen koreampi on kokonaistuotantopotentiaali.

Yleisesti biokaasulaitoksen syötteinä käytetään jätteitä ja sivutuotteita, joten syötteiden tuotantopotentiaalimääräytyminen ei ole aina täysin yksiselitteistä. On tapauksia, joissa syötteet voidaan saada ilmaiseksi, tai niiden käsittelystä jopa maksetaan. Kaikki syötteet eivät kuitenkaan sovi biokaasureaktoriin pääsyötteeksi, vaan niitä pystytään käyttämään ainoastaan pienissä määrin osasyötteinä. Näitä asioita tarkastellaan seuraavissa kappaleissa.

### 4.1 Teoreettisten maksimivolyymien metaanintuottopotentiaalit

Vuosittain tuotettavissa olevan biometaanin määrän laskentaan käytettiin syötekohtaisia metaanintuottopotentiaaleja. Metaanintuottopotentiaalit selvitettiin useista kirjallisuuslähteistä, jotka löytyvät liitteestä yksi. Vuosittaisen biometaanin määrän laskentaan käytettiin metaanintuottopotentiaaleja per tuoretonni sekä edellisessä luvussa selvitettyjä teoreettisia maksimivolyymejä (liite 1).

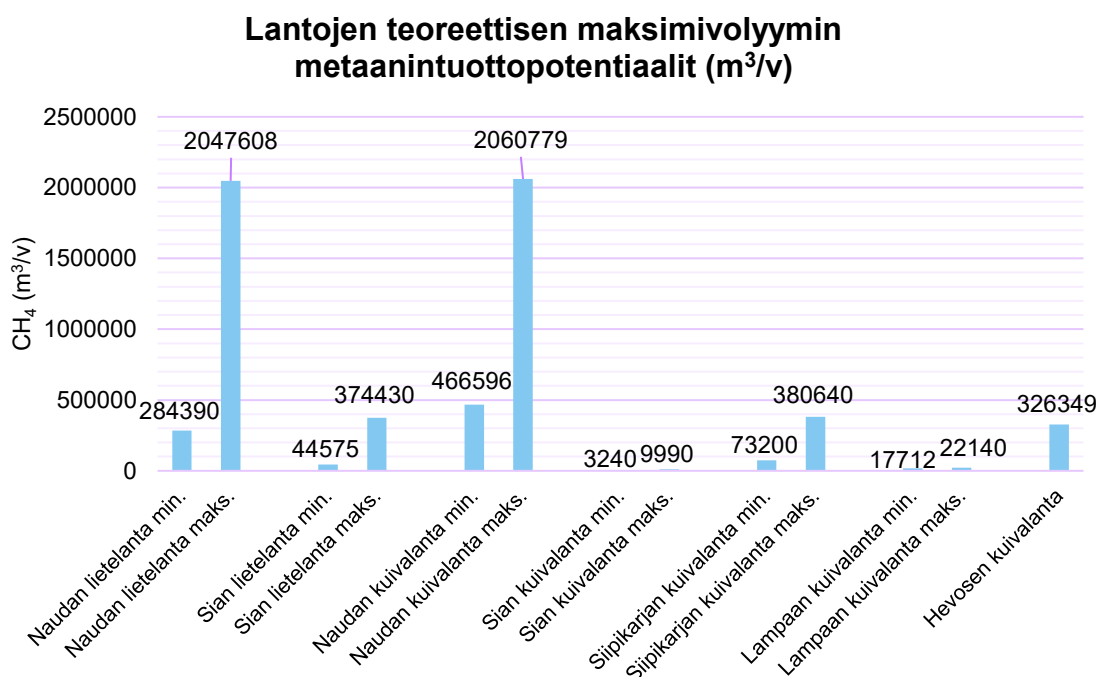
Tuoretonnin metaanintuottopotentiaalit saatiin kertomalla metaanintuottopotentiaali per tonni orgaanista ainesta (tVS), orgaanisen aineen (VS) prosentiosuudella (liite 1). Vuosittain tuotettavissa olevan biometaanin määrä ilmaistiin kuutiometreinä per vuosi.

#### 4.1.1 Lanta

Asetetulla tarkastelualueella lantaa tuotettiin eniten verrattuna muihin mahdollisiin syötteisiin, joten lannoilla on verrattain suuri biometaanintuottopotentiaali (taulukko 15). Lantojen tuoretonnin metaanintuottopotentiaalit kuitenkin vaihtelevat lannan- tyyppistä ja ominaisuuksista riippuen, mikä täytyy ottaa huomioon syötehankintoja tehdessä (kuvio 1). Erityisesti lietalannat sopivat loistavasti märkämädätystä käyttävien biokaasulaitosten pääsyötteiksi niiden matalan kuiva-ainepitoisuuden ja runsaan ympärivuotisen saatavuuden takia. Sama pätee kuivamädätykseen ja kuivalantoihin.

TAULUKKO 15. Lantojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Syöte	t/v	CH <sub>4</sub> -pot. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /v)
Naudan lietalanta	56878	5 - 36	284390 - 2047608
Sian lietalanta	8915	5 - 42	44575 - 374430
Naudan kuivalanta	38883	12 - 53	466596 - 2060779
Sian kuivalanta	135	24 - 74	3240 - 9990
Siipikarjan kuivalanta	2440	30 - 156	73200 - 380640
Lampaan kuivalanta	738	24 - 30	17712 - 22140
Hevosien kuivalanta	6399	51	326349



KUVIO 1. Lantojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Suurimmat biometaanimäärät teoreettisten maksimivolyymien perusteella saadaan naudän liete- ja kuivalannoista (kuvio 1). Naudän liete- ja kuivalannan metaanintuottopotentialien minimi ja maksimi arvoilla on kuitenkin suuret erot. Esimerkiksi samasta määrästä naudän lietelantaa, jolla on heikompi viisi kuutiota biometaania per tuoretonni tuottopotentiali, saadaan yli seitsemän kertaa vähemmän biometaania verrattaessa korkeimpaan mahdolliseen lietelannan metaanintuottopotentialiin. Tällaisilla lannan tyypistä ja ominaisuuksista riippuvilla eroavaisuuksilla on suuret vaikutukset tarkastellessa lannan energiantuottannollista arvoa. Tämän takia onkin erittäin tärkeää selvittää laboratoriotutkimuksilla alueellisten lantojen tarkemmat metaanintuottopotentialien arviot ennen varsinaisten syötehankintojen tekemistä.

Kaikilla kuivalannoilla, lampaan kuivalanta pois lukien, on korkeammat metaanintuottopotentialit verrattaessa lietelantoihin (taulukko 15). Tämä johtuu kuivalantojen korkeammista kuiva-ainepitoisuuksista, sillä sisältävät enemmän orgaanista ainesta. Kuivalantoihin sekoitettavat kuivikkeet nostavat varsinkin lantojen kuiva-ainepitoisuuksia, mutta myös osaltaan kuivalantojen metaanintuottopotentialia. Huomionarvoista myös on siipikarjan kuivalannoista saatava biometaanin määrä, joka on verrattain korkea lannan kokonaismäärään korkean orgaanisen aineen osuuden ja metaanintuottopotentialin johdosta (taulukko 15).

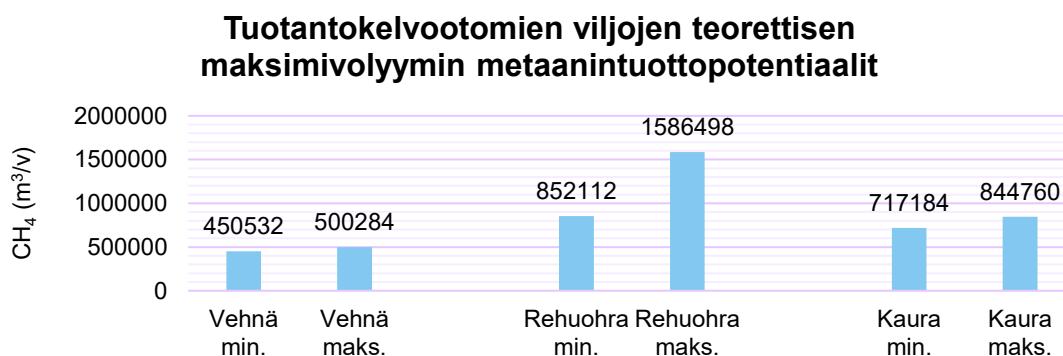
#### **4.1.2 Vilja**

Verrattaessa muihin mahdollisiin syötteisiin viljoilla on erittäin korkeat metaanintuottopotentialit (taulukko 16). Tämä johtuu viljojen korkeasta kuiva-ainepitoisuudesta ja korkeasta orgaanisen aineen osuudesta (liite 1). Korkein vuosittainen biometaanintuottopotentiali on rehuohralla (taulukko 16). Rehuohra tuottaisi vuosittain minimissäänkin enemmän biometaania kuin kaura, vaikka sitä olisi käytettävissä yli puoli tonnia vähemmän. Huomionarvoista on kuitenkin suurin vaihtelevuus rehuohran vuosittaisissa metaanintuottopotentialeissa verrattaessa kauraan ja vehnään (kuvio 2).

TAULUKKO 16. Tuotantokelvottomien viljojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Syöte	t/v	CH <sub>4</sub> -pot. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /v)
Vehnä	1382	326 - 362	450532 - 500284
Rehuohra	2803	304 - 566	852112 - 1586498
Kaura	3448	208 - 245	717184 - 844760

Tarkastelussa käytettävät viljat ovat kuitenkin elintarviketeollisuuden tuotantokelvotonta viljaa, joten ne ovat todennäköisesti puitu myöhäissatona. Myöhäissatona puidulla viljalla on korkeammat ligniini- sekä kuiva-ainepitoisuudet. Korkea ligniini- ja kuiva-ainepitoisuus tarkoittaa, että tuotantokelvottomien viljojen biologinen hajoaminen on verrattain hidasta, laskien viljojen metaanintuottopotentiaalia. Tästä syystä tarkastelussa käytettyjä viljoja voidaan käyttää kuiva- tai märkämädätyksessä ainoastaan pienissä määrin osasyötteinä. Mikäli viljoja kuitenkin pystyttäisiin hyödyntämään edes pienissä määrin osasyötteenä biokaasulaitoksilla, nostaisi viljojen verrattain korkeat metaanintuottopotentiaalit laitoksen kokonaismetaanintuottopotentiaalia huomattavasti.



KUVIO 2. Tuotantokelvottomien viljojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

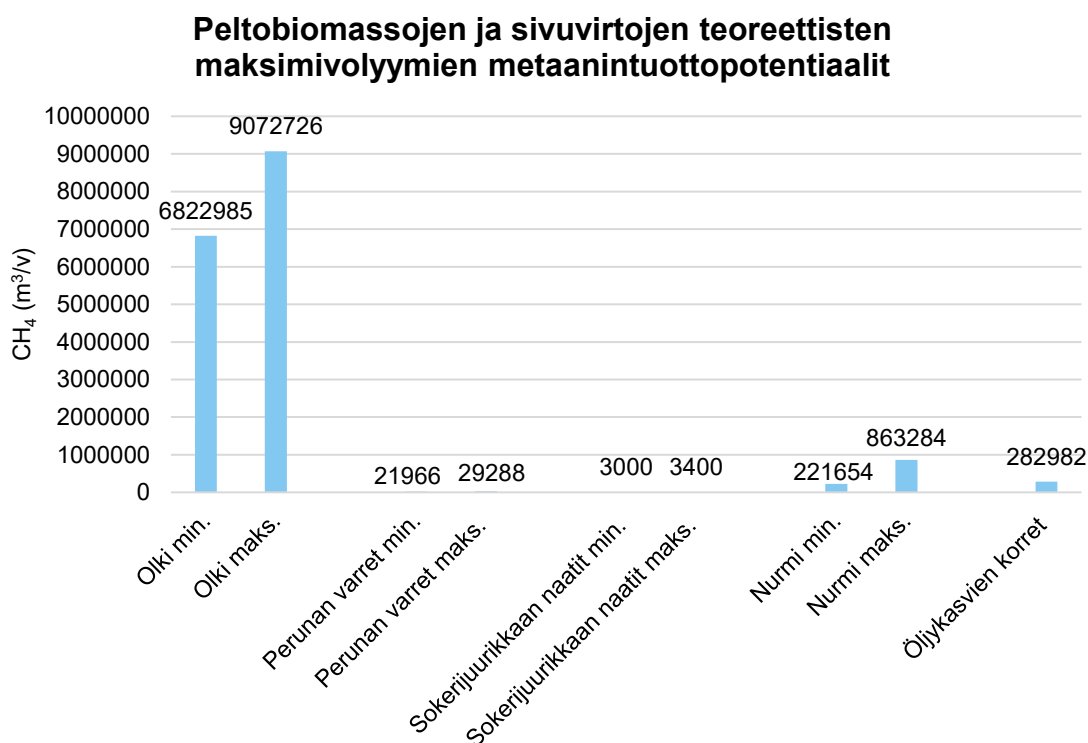
#### 4.1.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat

Naudan kuiva ja -lietelannan jälkeen olkea tuotetaan selkeästi eniten vuosittaisella tasolla teoreettisia maksimivolyymejä tarkastellessa (taulukko 17). Suuren maksimivolyymien johdosta oljella on myös erittäin suuri vuosittainen biometaanintuottopotentiaali (kuvio 3). Olki kuitenkin muistuttaa biokaasutuotannolle tärkeitä arvoiltaan hyvin paljon viljoja. Korkean ligniini- ja kuiva-ainepitoisuuden

vuoksi oljen käyttö biokaasutuotannon pääsyötteenä on haasteellista (liite 1). Sama pätee öljykasvien korsiin. Mikäli olkea kuitenkin pystyttäisiin hyödyntämään edes pienissä määrin osasyötteenä biokaasulaitoksilla, nostaisi oljen korkeat metaanintuottopotentiaalit laitoksen kokonaismetaanintuottopotentiaalia huomattavasti. Oljen käyttöä biokaasulaitoksilla tukisi myös oljen suuret vuosittaiset tuotantomäärät, sekä olkibiomassan tämänhetkisen hyödyntämisen heikkous.

TAULUKKO 17. Peltobiomassojen ja sivuvirtojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Syöte	t/v	CH <sub>4</sub> -pot. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /v)
Olki	36881	185 - 246	6822985 - 9072726
Perunan varret	523	42 - 56	21966 - 29288
Sokerijuurikkaan naatit	100	30 - 34	3000 - 3400
Nurmi	5833	38 - 148	221654 - 863284
Öljykasvien korret	1394	203	282982



KUVIO 3. Peltobiomassojen ja sivuvirtojen vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Peltobiomassoista ja sivuvirroista nurmella on suurin potentiaali biokaasuntuotannossa, sillä sitä voidaan käyttää kuivamädätyksen pääsyötteenä. Nurmella on myös hyvä metaanintuottopotentiaali esimerkiksi lantoihin verratessa (taulukot 15 & 17). Nurmen hyödyntämisestä biokaasulaitoksilla houkuttelevaa tekee myös se, että suurin osa sen vuosittain tuotetusta biomassasta jää täysin hyödyntämättä. Mikäli nurmea alettaisiin hyödyntää suurissa määrin biokaasulaitoksilla, ja sen viljelijät hyötyisivät sen kasvattamisesta esimerkiksi korvauksin tai syötteitä vastaan palautettavana biolannoitteena, vuosittain kasvatettavan nurmen määrää pystyttäisiin varmasti lisäämään. Nurmen viljelijät hyötyisivät myös viljasatojen välissä kasvatettavan nurmisadon maaperää eheyttävistä vaikutuksesta, mikäli nurmenviljely lisättäisiin viljelykiertoon.

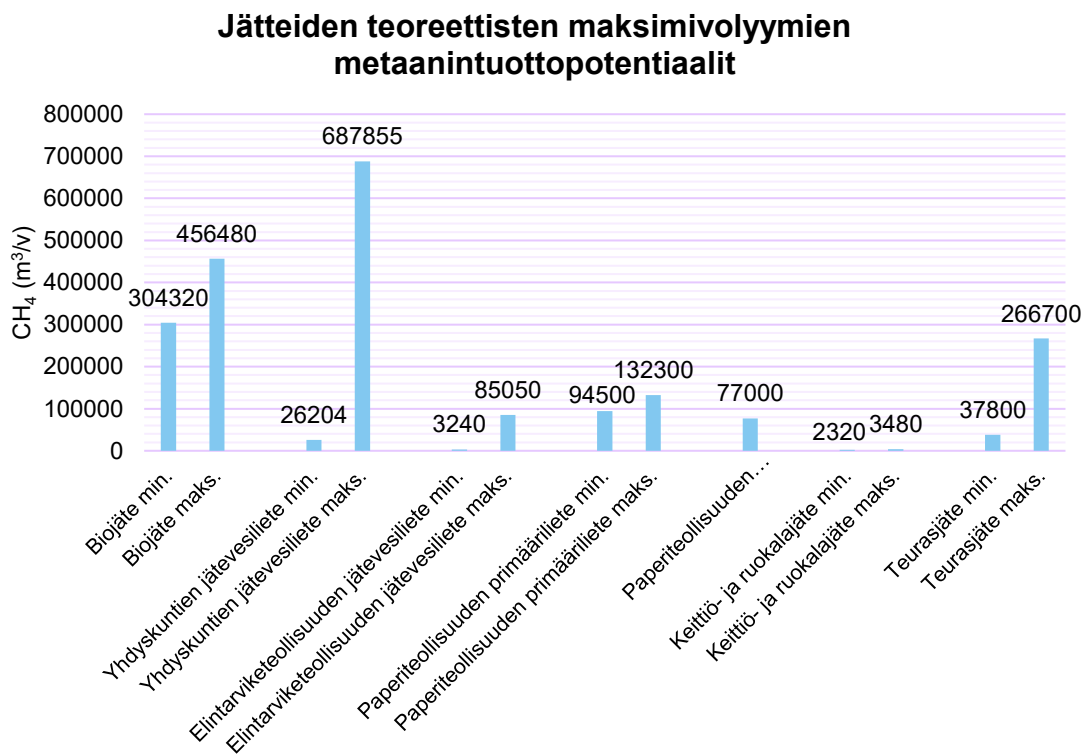
#### 4.1.4 Jätteet

Jätteet ovat loistavia syötteitä biokaasulaitoksille koska niiden toimittaja yleensä maksaa niiden käsittelystä, niillä on hyvä ympärivuotinen saatavuus, ja koska niillä on verrattain korkeat metaanintuottopotentiaalit. Osassa metaanintuottopotentiaaleja on kuitenkin suuria vaihteluvälejä syötteen koostumuksesta riippuen, kuten yhdyskuntien jätevesilietteessä (taulukko 18). Metaanintuottopotentiaalın suuret vaihteluvälit täytyy ottaa huomioon syötehankintoja tehtäessä.

TAULUKKO 18. Jätteiden vuotuiset metaanintuottopotentiaalit

Syöte	t/v	CH <sub>4</sub> -pot. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /v)
Biojäte	3170	96 -144	304320 - 456480
Yhdyskuntien jätevesiliete	6551	4 - 140	26204 - 687855
Elintarviketeollisuuden jätevesiliete	810	4 - 105	3240 - 85050
Paperiteollisuuden primääriliete	3150	30 - 42	94500 - 132300
Paperiteollisuuden biologisenpuhdistamonliete	5500	14	77000
Keittiö- ja ruokalajäte	29	80 - 120	2320 - 3480
Teurasjäte	1050	36 - 254	37800 - 266700

Biojätteet, lietteet ja teurasjätteet sopivat kaikki hyvin biokaasulaitoksen syötteiksi. Biojäte kuitenkin erottuu joukosta paljon pienemmällä metaanintuottopotentiaalilla heilahtelulla, mikä tekee sen hyödyntämisestä ja tuottopotentiaalista biokaasulaitoksella paljon ennustettavampaa (kuvio 4). Jätteiden käytön ongelma biokaasutuotannossa on kuitenkin käsittelyjäännöksen sijoitusrajoitukset. Esimerkiksi jätevesilietteen käsittelyjäte on lannoituskelpoista, mutta pelloilla, joilla sitä käytetään ei saa viljellä mitään elintarviketeollisuuden käyttöön seuraavaan viiteen vuoteen.



KUVIO 4. Jätteiden vuotuiset metaanintuottopotentialit

## 4.2 Syötteiden arvo

Tuotantopotentiaalia tarkastellessa syötteiden arvo määräytyy pääasiassa niiden metaanintuottopotentiaalilla perusteella. Syötteistä saatavaa biometaanikaasua voidaan puhdistuksen jälkeen verrata energiantuotantopotentiaaliltaan maakaasuun, joten yksi kuutiometri biometaanikaasua tuottaa noin 10 kilowattituntia energiaa. Tervasaaren tapauksessa biometaanikaasua käytettäisiin korvaamaan poltettavan maakaasun osuutta, joten biometaanin hinta laskettiin käyttämällä

maakaasun hintaa. Maakaasun hinta teollisuudelle tämän työn kirjoittamishetkellä oli noin 35 euroa per megawatti tunti, eli 3,5 senttiä per kilowattitunti. (Suomen kaasuyhdistys 2018; Gasum 2018.)

Syötteiden arvo määrää myös kannattavat porttihinnat, eli syötteen sen hetkisen hinnan toimitushetkellä. Porttihintoja on kuitenkin hankala arvioida tarkastelualueen vaihtelevien etäisyyksien ja syötteiden vaihtelevien koostumuksien vuoksi. On myös tapauksia, joissa syötteelle ei aseteta porttihintaa lainkaan, koska käsitelty syöte palautetaan toimittajalle, tai syötteen käsittelystä maksetaan vastaanottajalle. Tässä kappaleessa tarkastellaan syötteiden arvoja energiantuotantopotentiaalin avulla. Syötteiden arvot ovat laskettu kertomalla syötteen tuoretonnin metaanintuottopotentiaalin keskiarvo biometaanin energiantuottopotentiaalilla. Syötteille on laskettu myös arvot, joilla ne olisivat 20 % voitollisia. Voitollisilla arvoilla tarkoitetaan hintaa, joka syötteestä voitaisiin maksaa, niin että syötteestä saatavan energian arvo olisi sen mädätyksen jälkeen voitollinen. 20 % voitollisia arvoja voidaan pitää kannattavien porttihintojen maksimaalisina arvioina. Syötteiden arvot eivät sisällä korjuu- tai kuljetuskustannuksia eivätkä biokaasulaitoksen omia käyttö- ja lämmityskustannuksia.

#### **4.2.1 Lanta**

Lantojen arvot ovat kaikista syötteistä matalimmat, mikä johtuu lantojen matalista metaanintuottopotentiaalikeskiarvoista (taulukko 19). Lanta on kuitenkin yksi syötteistä, jonka käsittelyjäännös yleisesti palautetaan toimittajalle lannoituskäyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, ettei lannoille yleisesti aseteta lainkaan porttihintaa. Käsittelyjäännöksen palautus ja lannoituskäyttö edellyttää kuitenkin, että muutkin biokaasulaitoksen syötteet ovat lannoituskäyttöön kelvollisia. Esimerkiksi, jos lantoja käsitellään samassa laitoksessa kuin jätteitä, on käsittelyjäännöksellä jätteiden tuomat jälkisijoitusrajoitukset.

TAULUKKO 19. Lannan arvo euroina per tonni ja euroina per tonni josta 20 prosenttia voittoa

Syöte	CH <sub>4</sub> -pot.ka. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> -ka. (kWh/t)	CH <sub>4</sub> -ka. (€/t)	CH <sub>4</sub> -ka. 20% voit. (€/t)
Naudan lietelanta	23	230	8,05	6,4
Porsaan lietelanta	24	240	8,4	6,7
Naudan kuivalanta	33	330	11,55	9,2
Porsaan kuivalanta	49	490	17,15	13,7
Siipikarjanlanta	93	930	32,55	26
Lampaan kuivalanta	25	250	8,75	7
Hevosen kuivalanta	51	510	17,85	14,3

Arvokkaimmat lannat metaanintuottopotentiaalien keskiarvoilla ovat siipikarjan ja hevosen kuivalannat (taulukko 19). Tämä tarkoittaa sitä, että mitä edullisemmin näitä lantoja pystytään hyödyntämään, sitä tuottoisampi biokaasulaitos on. Kuivalantojen arvot kuitenkin laskevat hieman etenkin märkämädätyksessä mädätteen sekaan lisättävän vesimäärän johdosta, jolla kontrolloidaan märkämädätyksen kuiva-ainepitoisuutta. Kaikki lannat ovat kuitenkin hyvin kannattavia syötteitä biokaasulaitoksiin varsinkin tilanteissa, joissa niille ei aseteta porttihinettä.

#### 4.2.2 Vilja

Viljojen arvot per tuoretonni ovat korkeimmat kaikista vertailuista syötteistä (taulukko 20). Rehuohran arvo energiantuotannon kannalta on suurin kaikista syötteistä ja yli puolet korkeampi kuin kauralla. Tarkasteltavat viljat ovat peräisin elintarviketeollisuudesta sinne kelpaamattomina, joten niiden hankintahinta biokaasuntuotantoon voi olla houkuttelevan huokea tuotantopotentiaaliin verrattuna.

TAULUKKO 20. Viljan arvo euroina per tonni ja euroina per tonni josta 20 prosenttia voittoa

Syöte	CH <sub>4</sub> -pot.ka. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> -ka. (kWh/t)	CH <sub>4</sub> -ka. (€/t)	CH <sub>4</sub> -ka. 20% voit. (€/t)
Vehnä	344	3440	120,4	96,3
Rehuohra	435	4350	152,25	121,8
Kaura	227	2270	79,45	63,6

Tuotantokelvottomien viljojen laaja käyttö biokaasuntuotannon syötteinä kuitenkin kaatuu myöhäissadon tuomaan haasteeseen eli hitaaseen biologiseen hajoamiseen. Viljojen käyttö osasyötteinä on kuitenkin edelleen loistava vaihtoehto, mikäli syöte saadaan käyttöön pienillä kuluilla. Viljat osasyötteinä korottaisivat loistavasti esimerkiksi lantojen matalaa metaanintuottopotentiaalia. Lannan kanssa yhteiskäsittely säilyttäisi myös käsittelyjätteen lannoitekelpoisuuden, sillä viljoilla ei ole käsittelyjäännöksen jatkokäyttörajoituksia.

#### 4.2.3 Peltobiomassat ja sivuvirrat

Peltobiomassojen ja sivuvirtojen arvokkaimmat syötteet ovat oljet, öljykasvien korret sekä nurmi (taulukko 21). Oljet sekä öljykasvien korret kuitenkin omaavat samat hitaan biologisen hajoamisen tuomat haasteet, mutta myös osasyötteenä käytön potentiaalin kuin edellisessä kappaleessa läpikäytyt viljat.

TALUKKO 21. Peltobiomassojen ja sivuvirtojen arvo euroina per tonni ja euroina per tonni josta 20 prosenttia voittoa

Syöte	CH <sub>4</sub> -pot.ka. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> -ka. (kWh/t)	CH <sub>4</sub> -ka. (€/t)	CH <sub>4</sub> -ka. 20% voit. (€/t)
Olki	216	2160	75,6	60,5
Perunan varret	49	490	17,15	13,7
Sokerijuurikkaan naatit	32	320	11,2	9
Nurmi	186	1860	65,1	52,1
Öljykasvien korsi	203	2030	71,05	56,8

Nurmi sen sijaan osoittautuu hyväksi syötevaihtoehdoksi biokaasutuotantoon korkean energiantuotannollisen arvonsa vuoksi. Haasteet, jotka laskevat nurmen käyttöarvoa ovat korjuu- ja kuljetuskustannukset. Mikäli nurmelle saadaan asetettua kannattava porttihinna, olisi se loistava vaihtoehto esimerkiksi kuivamädätyksen pääsyotteeksi. Todellisuudessa on kuitenkin todennäköistä että nurmi saataisiin biokaasulaitokselle hyödynnettäväksi pelkillä korjuu- ja kuljetuskustannuksilla, sillä suurin osa nurmen biomassasta jää hyödyntämättä. Kaikkien pelto-biomassojen ja sivuvirtojen syötevaihtoehdot säilyttävät käsittelyjätteen lannoitokelpoisuuden.

#### 4.2.4 Jätteet

Arvokkaimmat syötteet jätteistä ovat biojätteet ja teurasjätteet (taulukko 22). Biojäte on suosittu biokaasulaitoksen syöte sen korkean energiantuottopotentiaalinsa takia. Huomionarvoista on, että jätevesilietteillä on korkeampi energiantuottoarvo kuin lietalannoilla (taulukko 19 & 22). Kaikkia alla listattuja jätteitä yhdistää se, että niiden toimittaja yleensä maksaa niiden käsittelystä vastaanottajalle. Tämä nostaisi kaikkien jätteiden käyttöarvoa.

TAULUKKO 22. Jätteiden arvo euroina per tonni ja euroina per tonni josta 20 prosenttia voittoa

Syöte	CH <sub>4</sub> pot.ka. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> -ka. (kWh/t)	CH <sub>4</sub> -ka. (€/t)	CH <sub>4</sub> -ka. 20%voit.(€/t)
Biojäte	240	2400	84	67,2
Yhdyskuntien jätevesiliete	72	720	25,2	20,2
Elintarviketeollisuuden jätevesiliete	55	550	19,25	15,4
Paperiteollisuuden primääriliete	36	360	12,6	10,1
Paperiteollisuuden biologisenpuhdistamonliete	14	140	4,9	3,9
Keittiö- ja ruokalajäte	100	1000	35	28
Teurasjäte	145	1450	50,75	40,6

Jätteiden käyttö biokaasulaitoksissa on kuitenkin haastavaa, sillä käsittelyjätteen käyttökohteet ovat muihin mahdollisiin syötteisiin verratessa rajatummat. Esimerkiksi jätevesilietteen käsittelyjäte on lannoituskelpoista, mutta pelloilla, joilla sitä käytetään, ei saa viljellä mitään elintarviketeollisuuden käyttöön seuraavaan viiteen vuoteen. Mikäli biokaasulaitoksella hyödynnettäisiin vain pieni määrä jätteitä osasyötteenä, astuvat silti jätteiden tuomat käyttörajoitukset voimaan käsittelyjätteenä. Jätteiden käyttöarvoa laskee myös vaadittava hygienisointi tai sterilointi ennen mädätystä. Vaadittava hygienisointi- tai sterilointilaitteisto ei ainoastaan nostata biokaasulaitoksen investointi kustannuksia, mutta laitteistojen korkeiden hygienisoivien lämpötilojen ylläpito kuluttaa paljon energiaa ja täten tuo myös lisäkustannuksia.

### 4.3 Kuljetusmatkan vaikutus syötteen kannattavuuteen

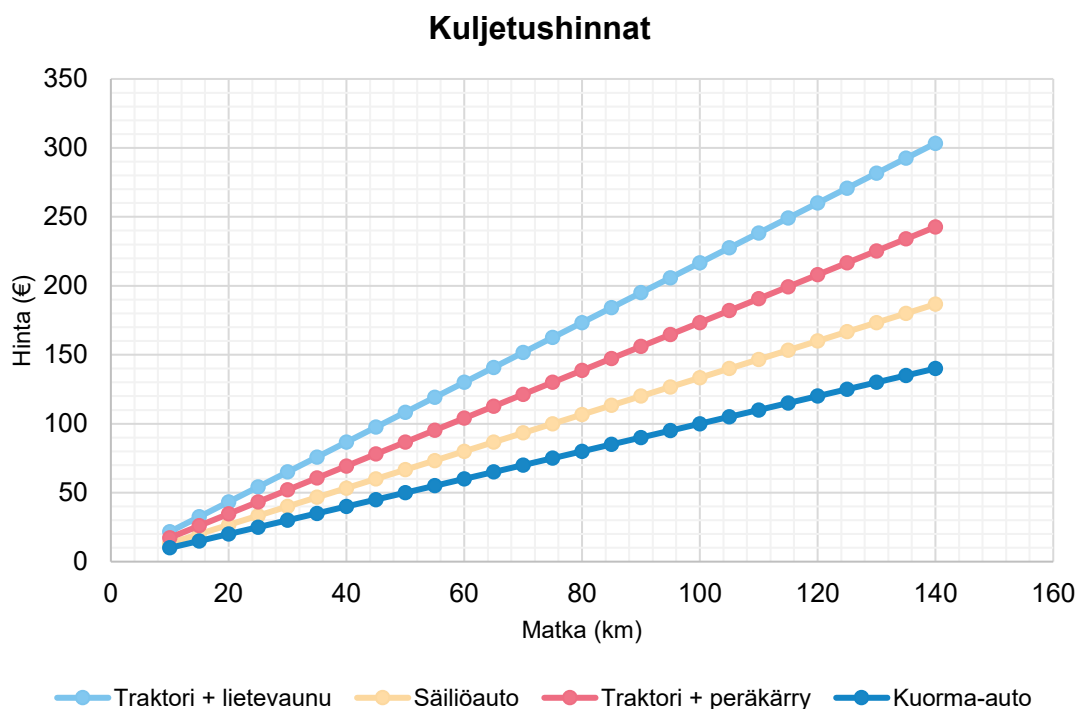
Yksi biokaasulaitosten haasteista on syötteiden kannattavat kuljetusetäisyydet. Syötteiden arvo per tonni määrää, kuinka kaukaa syötteitä kannattaa kuljettaa. Kuljetusmatkojen kannattavuutta tarkasteltiin syötekuljetuksen arvon (20 % voitollinen) ja kuljetuskustannuksen erotuksella. Kuljetusajoneuvoina vertailtiin traktoria liete- tai perävaunulla, sekä kuorma- ja säiliöautoa (taulukko 23). Syötekuljetuksen arvo laskettiin kertomalla kuljetusauton tilavuus syötteen tilavuuspainolla, sekä syötteen arvolla, josta jää 20 % voittoa (taulukko 23, liite 3, liite 4).

TAULUKKO 23. Kuljetusajoneuvojen tilavuudet, tuntihinnat ja keskinopeudet (Virtanen 2011)

Kuljetusajoneuvo	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Kuljetuksen hinta (€/h)	Keskinopeus (km/h)
Traktorin lietevaunu	24	65	30
Säiliöauto	32	80	60
Traktori + peräkärri	15	52	30
Kuorma-auto	20	60	60

Sen jälkeen laskettiin kuljetusmatkojen hinnat kuljetusajoneuvoittain. Kuljetusmatkojen hinnat ratkaistiin jakamalla kuljetusmatka ajoneuvon arvioidulla keskinopeudella ja kertomalla osamäärä kuljetusajoneuvon tuntihinnalla (taulukko 23,

kuvio 5, liite 5,). Kuljetusajoneuvot, niiden tilavuudet ja tuntihinnat määräytyivät työtehoseuran urakkahinnoista (Virtanen 2011). Lopuksi vähennettiin kuljetuskustannukset syötekuljetuksen arvosta ja tuloksen lähestyessä nolaa selvisi kannattava kuljetusetäisyys kuljetusajoneuvo- ja syötekohtaisesti (liite 6). Asetetun tarkastelualueen pisin etäisyys Tervasaaren paperitehtaasta on noin 140 kilometriä.



KUVIO 5. Kuljetusajoneuvojen hinta per ajomatka

Kuten aiemmista kappaleista kävi ilmi, kaikkia mahdollisia syötteitä ei voida hyödyntää yhtä laajasti. Vaikka syötteen metaanintuottopotentiaali olisikin korkea, voidaan syötettä hyödyntää vain pienissä määrin osasyötteenä. Tällaisissa tapauksissa kuljetuskustannusten täytyisi olla erittäin matalat tai ilmaiset pienten kertaerien takia. Tarkastelussa ei myöskään huomioida syötteiden varastointimahdollisuutta. Tästä syystä kuljetuskustannusten tarkastelua ei ole tehty kaikille aiemmin listatuille syötteille. Osasyötteinä käytettävät viljat, öljykasvien korret, vain pienen teoreettisen maksimivolyymien ja matalan arvon omaavat perunoiden varret sekä sokerijuurikkaan naatit jätettiin tarkastelusta pois. Kuljetuskustannuksissa ei ole huomioitu lastaus- tai pumppauskustannuksia. Kuljetuskustannukset tulee myös kertoa kahdella, mikäli kuljetusajoneuvo ajaa tyhjänä takaisin.

### 4.3.1 Lanta

Lietelantojen kuljetus traktorilla ja lietevaunulla on kannattavaa korkeintaan 74 kilometrin etäisyydeltä Tervasaaren paperitehtaalta ennen kuin mahdollinen porttihinta ylittää kannattavuuden rajan. (taulukko 24). Säiliöautolla korkeamman keskinopeuden ja tilavuuden ansiosta lietelantoja olisi kuitenkin kannattavaa tuoda mistä tahansa tarkastelualueen sisäpuolelta (taulukko 24). Mikäli biokaasulaitoksella käsiteltäisiin lietelantojen lisäksi vain syötteitä, joiden käsittelyjäännös on lannoitekelpoista, on todennäköistä, että kuljetusajoneuvot palauttaisivat käsittelyjäännöksen syötteen toimittajalle. Tällöin kuljetusmatkankuluja ei tarvitse kertoa kahdella.

TAULUKKO 24. Lietelantojen kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain

Syöte	Kannattava kuljetusetäisyys traktorilla + lietevaunulla (km)	Kannattava kuljetusetäisyys säiliöautolla (km)
Naudan lietelanta	71	Kaikkialta tarkastelualueella
Porsaan lietelanta	74	Kaikkialta tarkastelualueella

TALUKKO 25. Kuivalantojen kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain

Syöte	Kannattava kuljetusetäisyys traktorilla + peräkärrollä (km)	Kannattava kuljetusetäisyys kuorma-autolla (km)
Naudan kuivalanta	55 - 79	128 - kaikkialta tarkastelualueella
Porsaan kuivalanta	47 - 99	109 - kaikkialta tarkastelualueella
Siipikarjanlanta	56 - 90	130 - kaikkialta tarkastelualueella
Lampaan kuivalanta	24	56
Hevosien kuivalanta	49	114

Kuivalannoilla on lietelantoihin verrattaessa korkeampi kuiva-ainepitoisuus ja näin matalampi tilavuuspaino. Tämä tarkoittaa sitä, että kuivalantojen tuoretonnit eivät ole yhtä tiiviitä ja vievät enemmän tilaa painoonsa nähden. Hyvä esimerkki tästä on, että kuivalannoilla, joiden metaanintuottopotentiaali ja arvo ovat huomattavasti korkeammat kuin lietelannoilla, on kuitenkin samankaltainen kannattava kuljetusetäisyys (taulukko 24 & 25). Käsittelyjätteen palautuksen todennäköisyys toimittajalle säilyy kaikilla kuivalannoilla. Mikäli biokaasulaitoksen käsittelyjäte palautettaisiin toimittajalle, on todennäköistä, ettei kuljetuskustannuksia tarvitsisi huomioida lainkaan. Tällaisissa tapauksissa kuljetuskustannusten maksaja neuvotellaan kuitenkin tapauskohtaisesti.

#### 4.3.2 Peltobiomassat ja sivuvirrat

Peltobiomassojen ja sivuvirtojen kannattavan kuljetusetäisyyden tarkasteluun otettiin olki ja nurmi niiden matalan hyödyntämistason takia. Olki kuuluu yhteen edellä mainituista hankalasti hyödynnettävistä syötteistä, mutta se otettiin mukaan tähän tarkasteluun korkean vuosittaisen teoreettisen maksimivolyymin- ja laajan saatavuutensa vuoksi. Verrattaessa nurmeen, olkikuljetuksen arvo on vain murto-osa nurmikuljetuksen arvosta (liite 6). Tämä johtuu oljen kuivuuden ja rakenteen aiheuttamasta erittäin matalasta tilavuuspainosta (liite 3). Tästä syystä oljen kannattava kuljetusetäisyys on myös huomattavasti rajatumpi kuin nurmella (taulukko 26).

TAULUKKO 26. Peltobiomassojen ja sivuvirtojen kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain

Syöte	Kannattava kuljetusetäisyys traktori + peräkärri (km)	Kannattava kuljetusetäisyys kuorma-auto (km)
Olki	53	120
Nurmi	Kaikkialta tarkastelualueella	Kaikkialta tarkastelualueella

Molempien syötteiden kanssa täytyy kuitenkin ottaa huomioon myös tästä tarkastelusta poisjätetyt korjuu- ja mahdolliset varastointikustannukset. Molemmat näistä kustannuksista laskisivat oljen kannattavaa kuljetusetäisyyttä entisestään. Nurmen kuljetus sen sijaan säilyisi todennäköisesti kannattavana myös

mahdollisten lisäkustannusten jälkeen nurmen korkean tuotantoarvon vuoksi (liite 6). Nurmi onkin ainoa käsittelyjätteen palautuksen mahdollistava syötevaihtoehto, joka on kannattavaa kuljettaa kummalla tahansa ajoneuvolla kaikkialta tarkastelualueen sisäpuolelta (taulukko 26).

Todellisuudessa nurmi ja olki pystyttäisiin kuitenkin todennäköisesti toimittamaan biokaasulaitokselle pelkillä korjuu- ja kuljetuskustannuksilla niiden matalan hyödyntämistason vuoksi. Tämä nostaisi molempien syötteiden kannattavaa kuljetusetäisyyttä entisestään. Oljen kanssa täytyy kuitenkin ottaa huomioon sen rajatumpi hyödyntämismahdollisuus biokaasulaitoksilla. Olkea ei välttämättä pystyttäisi hyödyntämään täyttä kuormallista kerralla, varsinkin kun varastointimahdollisuutta ei ole. Tämä tekee oljen kertaerien toimituksesta hankalampaa ja vielä entistä heikommin kannattavaa.

#### 4.3.3 Jätteet

Teurasjätteen kuljetukseen liittyy eläintautien leviämisen riski ja täten niiden kuljetustavat ja -kustannukset eroavat tässä tarkastelussa käytetyistä arvoista (Ruokavirasto 2019). Tästä syystä teurasjäte on jätetty pois tästä tarkastelusta ja jätteiden kannattavien kuljetusetäisyyksien tarkastelussa käytettiin ainoastaan jätevesilietteitä ja biojätteitä. Taulukosta 27 nähdään että molempia jätteitä on kannattavaa kuljettaa kaikkialta tarkastelualueen sisäpuolella.

TAULUKKO 27. Jätteiden kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain

Syöte	Kannattava kuljetusetäisyys kuorma-autolla (km)	Kannattava kuljetusetäisyys säiliöautolla (km)
Biojäte	Kaikkialta alueella	-
Jätevesiliete	-	Kaikkialta alueella

Biojätteen osalta täytyy kuitenkin huomioida, että perinteisen jäteauton tilavuus ja jätehuoltoyritysten hinnat, joita käytetään erilliskerätyn biojätteen keräykseen ja kuljetukseen eroavat tässä tarkastelussa käytetyistä arvoista. Huomionar-

voista on myös se, että kaikki tarkastelualueen biojätteet kuljetetaan ja hyödynnetään jo toisaalla muissa biokaasulaitoksissa. Jätteiden osalta kuljetuskustannusten tarkastelu jää kuitenkin yleensä toimittajan vastuulle. Biokaasulaitos voi tarjota toimittajalle jätteidenkäsittely hinnat ja sen jälkeen käsittelyhintojen ja kuljetuskustannusten arviointi jää toimittajan arvioitavaksi. Huomionarvoista on kuitenkin se, että listatuilla biojätteellä ja jätevesilietteellä on verrattain pitkät kannattavat kuljetusetäisyydet (liite 6). Tämä tarkoittaa sitä, että listatuilla jätteillä on korkea energiantuotantopotentiaali ja näin biokaasulaitoksen asettamat käsittelyhinnat voivat olla perinteisiä jätteenkäsittelylaitoksia edullisemmat.

## 5 TULOKSET

Työn tuloksena tarkastellaan biokaasulaitoksen kannattavuutta teoreettisen maksimivolyymi-, sekä tuotantopotentiaali- kappaleiden löytöjen perusteella. Aiempien kappaleiden löytöjen pohjalta luodaan kolme esimerkkilaitosta. Kullekin laitokselle tehdään esitys laitostyypistä, mahdollisista syötteistä sekä tuotettavissa olevan energian määrästä. Laitosesimerkit asetettiin poikkeamaan toisistaan melkein joka osa-alueella. Laitosesimerkeissä pyrittiin hyödyntämään kaikkia laitostyyppejä, jotta eri prosessien eroja sekä ominaisuuksia pystyttäisiin tarkastelemaan tapauskohtaisesti. Laitosten eroavaisuuksien pohjalta pystyttiin vertailemaan myös eri laitostyyppien ja niille ominaisten syötteiden eroja kokonaisuuksina. Syöte-ehdotusten ja energiantuottopotentiaalin perusteella kullekin laitokselle arvioidaan korvattavissa olevan maakaasun määrä, korvattun maakaasun tuomat säästöt ja päästövähennykset sekä arvio takaisinmaksuajasta. Lopuksi tarkastellaan vielä käsittelyjäännöksen ravinnepitoisuuksia ja mahdollisia käyttökohteita.

Tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon, että käytettyjen syötteiden määrät ovat mielivaltaisia arvioita, ja todellinen syötemäärien realisoituminen voi poiketa käytetyistä määristä huomattavasti. Syötteiden yhteensopivuus yhteiskäsittelylaitoksella tulee varmistaa laboratoriotesteillä ennen syötehankintojen tekemistä. Syötteiden yhteenlasketut kuiva-ainepitoisuudet on arvioitu käyttämällä Luken ja Aukipolis Oy:n kehittämää biokaasulaskuria (Biokaasulaskuri 2014). Syötteistä saatavan metaanikaasun tuottamat energiamäärät ovat laskettu käyttäen syötekohtaisia metaanintuottopotentiaalien keskiarvoja (liite 2), joten korvattavissa olevan maakaasun määrä on myös keskiarvoihin pohjautuva arvio. Korvattun maakaasusuuden säästöjä tarkasteltaessa verrataan korvattun maakaasun hintaa esimerkissä valittujen syötteiden hinta-arvioihin. Rahallinen säästö päästöissä on laskettu korvattun maakaasun hiilidioksidipäästöistä käyttämällä hiilidioksidipäästöjen hintaa, joka on tämän työn tekohetkellä noin 20-25 euroa per tonni hiilidioksidia (Saarinen 2019).

Jokaisessa esiteltävässä laitosesimerkissä syötteet ja laitostyypit eroavat toisistaan huomattavasti, eikä laitoksille ole nyrkkisääntöä siitä, kuinka paljon ne vaativat investointikustannuksia. Eroavaisuudet laitosten välillä tarkoittavat myös eroavaisuuksia investointikustannuksissa. Investointikustannuksiksi jokaiselle laitokselle asetettiin 10 miljoonaa euroa, joka on karkea arvio lähivuosina Suomeen rakennettujen saman kokoluokan biokaasulaitosten investointikustannuksista (Kauppalehti 2015). Laitosten eroavaisuuksien tuomat mahdolliset lisäkustannukset mainitaan laitospohjaisesti, mutta niiden vaikutuksia käytettyyn investointikustannukseen ei lisätä. Jokaisen laitosesimerkin investoinneissa on huomioitu biokaasun puhdistuslaitteisto, jossa biokaasusta saataisiin energiatiheämpää biometaanikaasua. Takaisinmaksuaikaa laskiessa ei huomioida laitoksen lämpö- sähkö- tai kunnossapitokustannuksia eikä myöskään mahdollisia investointitukia. Yhdessäkään laitosesimerkissä ei ole huomioitu mahdollisuutta syötteiden pitkäaikaisvarastoinnille ennen käyttöä.

## 5.1 Laitosesimerkki 1

Ensimmäinen laitosesimerkki on syötteenään ainoastaan jätteitä käsittelevä jatkuvatoiminen kaksivaiheinen märkämädätyslaitos. Laitoksella hyödynnettäisiin kaikki tarkastelualueen yhdyskuntien jätevesilietteet, elintarviketeollisuuden puhdistamolietteet sekä metsäteollisuuden jätevesilietteet, sillä näille jätteille ei ole muita varsinaisia jatkokäyttömahdollisuuksia. Sen lisäksi laitoksella mädätettäisiin kaikki tarkastelualueen teurasjätteet sekä Tervasaaren paperitehtaan oma biologinen puhdistamoliete (taulukko 28). Biojätteitä ei huomioitu tässä esimerkissä, koska kaikki tarkastelualueen biojätteet hyödynnetään jo muissa biokaasulaitoksissa. Syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus näillä suhteilla olisi noin 21 % eli se vaatisi noin 13000 m<sup>3</sup> laimennusvettä per vuosi (Biokaasulaskuri 2014). Laimennusveden tarve riippuu erityisesti puhdistamolietteiden kuiva-ainepitoisuuksista.

TAULUKKO 28. Laitosesimerkki 1 käyttämät syötteiden määrät tonneina per vuosi ja energiantuottopotentialit kilowattitunteina per vuosi

Syöte	Määrä (t/v)	Energiantuotantopotentiali (kWh/v)
Yhdyskuntien jätevesiliete	6551	4716720
Elintarviketeollisuuden puhdistamoliete	810	445500
Metsäteollisuuden jätevesien primääriliete	3150	1134000
Biologisen puhdistamon liete (Tervasaari)	5500	770000
Teurasjäte	1050	1522500
Yhteensä	17061	8588720

Syötteiden yhteenlaskettu energiantuotantopotentiali olisi noin 8,6 GWh, eli noin 5 % Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen käyttämän maakaasun määrästä. Syötteiden ollessa jätteitä, täytyy ottaa huomioon, että niiden toimittaja todennäköisesti maksaisi biokaasulaitoksen omistajalle niiden käsittelystä. Tämä nostaisi laitosesimerkin rahallista tuottopotentialia huomattavasti, sillä myös syöteinvestoinnit olisivat voitollisia. Korvattavan maakaasuosuuden säästöt olisivat noin 300500 euroa per vuosi, kun oletetaan, että syötteet eivät maksa mitään. Korvattavasta maakaasun osuudesta saatuihin säästöihin lisätään vielä syötekohdittaiset käsittelyhinnat, jotka biohajoavien jätteiden toimittaja maksaa niiden käsittelystä. Mikäli toimitettaville syötteille, Tervasaaren omat lietteet pois lukien, asetettaisiin esimerkiksi mielivaltaisen 10 euroa per tonni käsittelyhintojen keskiarvo, nousisi biokaasulaitoksen voitollinen osuus noin 471000 euroon. Poltettavan maakaasun hiilidioksidipäästöt ovat noin 198 kilogrammaa per MWh ja hiilidioksidipäästö hinnat noin 20-25 euroa per tonni (Motiva Oy 2012; Saarinen 2019). Tällöin korvattavan maakaasun hiilidioksidipäästöistä saatava säästö olisi noin 34000-42500 euroa vuodessa.

Ensimmäisen laitosesimerkin teoreettinen kokonaistuottopotentiali on tällöin noin 513500 euroa per vuosi. Olettaen, että laitoksen investointikustannukset olisivat noin 10 miljoonaa euroa, olisi takaisinmaksuaika alle 20 vuotta. Laitosesimerkin kuitenkin käyttäessä pääsyötteinään jätteitä, tarvitsee se hygienisointi- ja

sterilointilaitteiston sen yhteyteen, mikä nostaa investointi- sekä käyttökustannuksia. Kuiva-ainepitoisuuden vaatima laimennusvesi nostaisi myös käyttökustannuksia. Käytettävien syötteiden määrät kerrottaessa liitteessä seitsemän (liite 7) listatuilla arvoilla saadaan, että käsittelyjäännös sisältäisi noin 122 tonnia liukoista typpeä, sekä 54 tonnia fosforia. Käsittelyjäännös olisi ravinteidensa puolesta erittäin arvokasta, sillä liukoisen typen rahallinen arvo olisi noin 125500 euroa ja fosforin 92500 euroa (Kasper 2015). Käsittelyjätettä ei kuitenkaan voida sellaisenaan tuoda markkinoille, tai käyttää lannoitteena elintarviketeollisuuteen viljeltäville tuotteille, sillä se saattaa sisältää hygienisoinnin ja steriloinnin jälkeenkkin pieniä määriä epäpuhtauksia, kuten raskasmetalleja tai taudinaiheuttajia. Tästä syystä käsittelyjäännöksen ravinteiden arvoa ei voida lisätä laitosesimerkin kokonaistuottopotentiaaliin ja sen todennäköisempi sijoituskohde olisi viher- ja maarakentaminen.

## 5.2 Laitosesimerkki 2

Toinen laitosesimerkki on pääsyötteenään lietelantoja käyttävä jatkuvatoiminen kaksivaiheinen märkämädätyslaitos. Laitoksella hyödynnettäisiin myös nurmea, joka nostaisi laitoksen kokonaismetaanintuottopotentiaalia sekä Tervasaaren paperitehtaan oman biologisen puhdistamon lietteitä. Kaikki laitosesimerkki kahden (laitosesimerkki 2) hyödyntämät syötteet, jotka tuodaan paperitehtaan ulkopuolelta, ovat kannattavia kuljettaa mistä tahansa tarkastelualueen sisällä (liite 6). Syötteiden määrinä on käytetty oletusarvoa, että 20 % osuus syötteiden teoreettisesta maksimivolyymistä realisoituisi (taulukko 29). Tervasaaren omat lietteet kuitenkin hyödynnettäisiin kokonaisuudessaan. Syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus näillä suhteilla olisi noin 12 %, eikä laimennusvettä näin tarvittaisi (Biokaasulaskuri 2014). Kuiva-ainepitoisuudet ja laimennusveden tarve saattaa kuitenkin vaihdella, sillä nurmen ympärivuotinen saatavuus on rajatumpi kuin lietelannoilla, eikä laitosesimerkissä ole huomioitu varastointi mahdollisuutta.

TAULUKKO 29. Laitosesimerkki 2 käyttämät syötteiden määrät tonneina per vuosi ja energiantuottopotentialit kilowattitunteina per vuosi

Syöte	Määrä (t/v)	Energiantuotantopotentiaali (kWh/v)
Naudan lietelanta	11376	2616480
Sian lietelanta	1783	427920
Nurmi	1167	2169876
Biologisen puhdistamon liete (Tervasaari)	5500	770000
Yhteensä	19826	5984276

Syötteiden yhteenlaskettu energiantuotantopotentiaali olisi noin 6 GWh, eli noin 3 % Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen käyttämän maakaasun määrästä. Laitosesimerkki kaksi käyttää pääsyötteenään lantoja, joten on todennäköistä, että käsittelyjäännös palautettaisiin sen toimittajille lannoitekäyttöön. Tällöin lietelantojen investointikustannukset voidaan olettaa ilmaisiksi. Nurmen investointikustannuksena käytetään arvoa, jolla tuotetun energian määrä olisi 20 % voitollinen investointikustannusten jälkeen, eli 52,1 euroa per tonni (liite 2). Todellisuudessa on todennäköistä, että nurmi voitaisiin ostaa biokaasulaitokselle pelkillä korjuu- ja kuljetuskustannuksilla, sillä valtaosa viljellystä nurmesta jää hyödyntämättä. Korvatun maakaasuosuuden säästöt olisivat noin 149500 euroa per vuosi, kun oletetaan että lietelannat eivät aiheuta kustannuksia ja nurmen sisäänostoarvo on 52,1 euroa per tonni. Korvattavan maakaasun hiilidioksidipäästöistä saatava säästö olisi noin 23500-29500 euroa vuodessa.

Laitosesimerkki kahden (laitosesimerkki 2) teoreettinen kokonaistuottopotentiali on tällöin noin 179000 euroa per vuosi. Olettaen että laitoksen investointikustannukset olisivat noin 10 miljoonaa euroa, olisi takaisinmaksuaika alle 56 vuotta. Mikäli laitos kuitenkin hyödyntäisi lietelantoja useammalta kuin yhdeltä toimittajalta, vaatii käsittelyjäännös hygienisointilaitteiston, joka saattaa lisätä investointikustannuksia. Käsittelyjäännös olisi kuitenkin erittäin arvokasta, sillä liitteessä seitsemän (liite 7) listattujen arvojen mukaan se sisältää 70-120 tonnia liukoista tyyppiä, sekä 14-18 tonnia fosforia. Ravinteiden yhteenlaskettu rahallinen arvo olisi tällöin 95500-153500 euroa (Kasper 2015). Käsittelyjäännöksen raviteiden

arvoa ei voida kuitenkaan huomioida kokonaistuotantopotentiaalissa, mikäli käsittelyjäännös palautetaan ilmaisia syötteitä vastaan niiden toimittajalle.

Potentiaalinen vaihtoehto kyseiselle laitosesimerkille olisi yrittää ostaa mädätyksessä käytettävät lietelannat toimittajilta mahdollisimman edullisesti ja jalostaa käsittelyjäännös markkinakelpoiseksi biolannoitteeksi. Tällaisessa tapauksessa biokaasulaitoksen ei tarvitsisi palauttaa käsittelyjäännöstä sen toimittajalle ilmaiseksi, vaan se pystyisi myymään käsittelyjäännöksestä tuotettua biolannoitetta. Tällaisessa tapauksessa käsittelyjäännöksen sisältämien ravinteiden hinnat voitaisiin lisätä laitosesimerkin kokonaistuottopotentiaaliin. Mikäli käsittelyjäännöksestä tuotetun biolannoitevalmisteen arvo olisi korkeampi kuin nurmen ja lietelantojen sisäänostoarvo, olisi tämä kannattavaa.

### **5.3 Laitosesimerkki 3**

Kolmas esimerkkilaitos on kuivamädätyslaitos, joka voi toimia jatkuva- tai panostoimisena. Laitosesimerkki kolme käyttää pääsyötteenään kuivikelantoja ja sivusyötteinä nurmea, olkea, sekä Tervasaaren paperitehtaan biologisenpuhdistamonlietteitä. Paperitehtaan lietteitä ja olkea lukuun ottamatta syötteille on asetettu oletusarvo, että 20 % syötteen maksimivolyymistä realisoituisi (taulukko 30). Tervasaaren omat lietteet hyödynnettäisiin kokonaisuudessaan ja olkea käytettäisiin mahdollisimman paljon kuiva-ainepitoisuuden ja tehokkaan anaerobisen hajoamisen sallimissa rajoissa. Oljen ja nurmen käyttö kuivikelantojen ohella sivusyötteinä kasvattaisi laitoksen metaanintuottopotentiaalia (taulukko 30). Taulukossa 30 listattujen määrien suhteilla syötteiden yhteenlaskettu kuiva-ainepitoisuus olisi noin 31 %, joka on ideaali kuivamädätykseen. Kuiva-ainepitoisuudet saattavat kuitenkin vaihdella riippuen vuodenajasta, sillä nurmen ja oljen ympäri- vuotinen saatavuus on rajatumpi kuin kuivikelannoilla, eikä laitosesimerkissä ole huomioitu varastointimahdollisuutta. Oljen määrä saattaa vaihdella myös syötteiden yhteensopivuuden ja anaerobisen hajoamisen tehokkuuden sallimissa rajoissa.

TAULUKKO 30. Laitosesimerkki 3 käyttämät syötteiden määrät tonneina per vuosi ja energiantuottopotentialit kilowattitunteina per vuosi

Syöte	Määrä (t/v)	Energiantuotantopotentiali (kWh/v)
Naudan kuivikelanta	7777	2566410
Hevosen kuivikelanta	1280	652800
Nurmi	1167	2169876
Olki	2500	5400000
Biologisen puhdistamon liete (Tervasaari)	5500	770000
Yhteensä	18224	14849317

Syötteiden yhteenlaskettu energiantuotantopotentiali olisi noin 14,8 GWh, eli noin 8 % Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen käyttämän maakaasun määrästä. Valtaosa tuotetusta metaaninmäärästä tulee kuitenkin oljesta, jonka laajamittainen hyödyntäminen on epävarmaa. Laitosesimerkki kolme käyttää pääsyötteenään lantoja, joten on todennäköistä, että käsittelyjäännös palautettaisiin sen toimittajille lannoitekäyttöön. Tällöin lietelantojen investointikustannukset voidaan olettaa ilmaisiksi. Nurmen ja oljen investointikustannuksina käytetään arvoja, joilla tuotetun energian määrät olisivat 20 % voitollisia investointikustannusten jälkeen (liite 2). Todellisuudessa nurmi ja olki voitaisiin ostaa bio-kaasulaitokselle pelkillä korjuu- ja kuljetuskustannuksilla, sillä valtaosaa olkien ja nurmen biomassasta kylvetään pelloille tai ei hyödynnetä. Olkea ei ole kuitenkaan kannattavaa kuljettaa kaikkialta tarkastelualueen sisäpuolella sen heikon tilavuuspainon vuoksi (liite 6). Korvatun maakaasuosuuden säästöt olisivat noin 308500 euroa per vuosi, kun oletetaan että lietelannat eivät aiheuta kustannuksia ja nurmen sisäänostoarvo on 52,1 euroa per tonni ja oljen 60,5 euroa per tonni. Korvattavan maakaasun hiilidioksidipäästöistä saatava säästö olisi noin 58500-73500 euroa vuodessa.

Kolmannen laitosesimerkin teoreettinen kokonaistuottopotentiali on tällöin noin 382000 euroa per vuosi. Olettaen että laitoksen investointikustannukset olisivat noin 10 miljoonaa euroa, olisi takaisinmaksuaika alle 27 vuotta. Mikäli laitos kuitenkin hyödyntäisi kuivikelantoja useammalta kuin yhdeltä toimittajalta, vaatii

käsittelyjäännös hygienisointilaitteiston, joka saattaa lisätä investointikustannuksia. Jatkuvatoimisen kuivamädätyksen ja panostoimisen kuivamädätyksen investointikustannusten erot riippuvat käytettävien syötteiden määrästä. Jatkuvatoiminen kuivamädätyslaitos on yleisesti hieman kalliimpi investointikustannuksiltaan. Panostoiminen kuivamädätyslaitos tarvitsee kuitenkin useamman panostoimisen reaktorin, mitä enemmän syötteitä laitoksella mädätetään. Useamman reaktorin tarve nostaisi käyttö- ja investointikustannuksia.

Kuivamädätyksessä käsittelyjäännöksen sekaan jää aina myös heikosti hajonneita osia, jotka täytyy uudelleen mädättää. Heikosti hajonneiden osien seulontaan, sekä kuivaan ja nestemäiseen jakautuneen käsittelyjäännökseen jatkojalostukseen vaadittavat laitteistot saattavat vaikuttaa myös osaltaan investointikustannuksiin. Käsittelyjäännös olisi kuitenkin erittäin arvokasta, sillä liitteessä seitsemän (liite 7) listattujen arvojen mukaan se sisältää 65-103 tonnia liukoista tyyppiä, sekä 19 tonnia fosforia. Ravinteiden yhteenlaskettu rahallinen arvo olisi tällöin 99000-137500 euroa (Kasper 2015). Käsittelyjäännöksen raviteiden arvoa ei voida kuitenkaan huomioida kokonaistuotantopotentiaalissa, mikäli käsittelyjäännös palautetaan ilmaisia syötteitä vastaan niiden toimittajalle.

## 6 POHDINTA

Tässä kappaleessa pohditaan tarkemmin edellisessä kappaleessa esiteltyjen laitosesimerkkien kannattavuuksia. Kannattavuuksia tarkastellaan pohtimalla verrattain korkeisiin takaisinmaksuaikoihin vaikuttavia seikkoja, kuten investointitukia, syöte määrien kasvattamista sekä käsittelyjäännöksen tuotteistamista. Pohdinnan lopuksi esitellään arvio kaikista kannattavimmasta laitosesimerkistä, mutta myös sen mahdollisista puutteista. Lopuksi pohditaan myös biokaasulaitoksen mahdollisia vaikutuksia UPM:n sekä Tervasaaren paperitehtaan brändi-imagoon.

Laitosesimerkkien tarkastelussa jätteitä käsittelevä laitosesimerkki yksi ja kuivikelantoja pääsyötteenään käyttävä laitosesimerkki kolme ovat tuottoisimmat vaihtoehdot. Kaikkien kolmen laitosesimerkin takaisinmaksuajat jäivät kuitenkin verrattain pitkiksi, koska tarkastelussa ei otettu mahdollisia investointitukia huomioon. Biokaasulaitoksen, joka tuottaa energiaa mutta ei syötä sähköä sähköverkkoon on mahdollista saada 8-30 % suuruinen valtion tarjoama investointituki. Investointituen kattamiin kuluihin lukeutuu investointi ja asennustyöt, rakentaminen ja valvonta sekä suunnittelu ja maanrakennus. (Motiva Oy 2011.) Kaikkien esiteltyjen laitosesimerkkien takaisinmaksuajat vähenisivät vuosilla, mikäli laitoksille myönnettäisiin 8-30 % suuruinen investointituki.

Investointituen tärkeimmät myöntämisehdot ovat, että hankkeella vähennetään fossiilisten polttoaineiden käyttöä, hankkeella on aito tuen tarve kuten taloudelliset edellytykset tai pitkä takaisinmaksuaika sekä määrärahaa on vielä myöntämättä kyseisenä budjettivuonna (Motiva Oy 2011). Näiden ehtojen perusteella onkin todennäköistä, että jokaiselle esitellylle laitosesimerkille myönnettäisiin 8-30 % suuruinen investointituki, laitosinvestoinnin hyväksyttävistä kuluista riippuen. Tärkeimpiin ehtoihin lukeutuva aito tuen tarve voi kuitenkin vaatia tarkkoja perusteluita, sillä UPM Kymmene Oyj:tä suurena osakeyhtiönä ei välttämättä nähdä kaikista suurimpana tuen tarvitsijana, kun tarkastellaan taloudellisia edellytyksiä. Taloudelliset edellytykset eivät kuitenkaan todennäköisesti tekisi hankkeesta tukikelpotonta, vaan ainoastaan vähentäisivät myönnetyn investointituen määrää.

Takaisinmaksuajat vähenisivät myös huomattavasti, mikäli käsittelyjäännöksien sisältämät ravinteet pystyttäisiin markkinoimaan tai hyödyntämään itse, lisäten ravinteiden arvot laitoksen kokonaistuottoihin. Laitosesimerkeissä kaksi ja kolme käsittelyjäännöksellä on potentiaalia biolannoitteeksi, joka voisi lisätä laitoksen kannattavuutta, mikäli se jalostettaisiin markkinoille. Biolannoitteiden tuotteistamista ja markkinointia tukee biolannoitteiden ympäristöystävällisyys verrattaessa kemiallisesti tuotettuihin keinolannoitteisiin. Biolannoitteiden valmistus ei köyhdytä luonnonvaroja tai aiheuta päästöjä. Biolannoitteita käyttäessä ravinteiden huuhtoutuminen vesistöihin on myös vähäisempää, sillä biolannoitteiden ravinteet ovat kasveille helpommin hyödynnettävissä muodoissa. Tällaisissa tapauksissa käsittelyjäännöstä ei siis palautettaisi syötteitä toimittaville tiloille, eli syötteet jouduttaisiin mahdollisesti ostamaan. Vaihtokauppa tyylinen kaupanteko olisi kuitenkin mahdollista myös tässä tapauksessa, jos biokaasulaitoksella jalostettua biolannoitetta myytäisiin syötteitä toimittaville tiloille hieman edullisemmin, hieman edullisempia syötteitä vastaan. Laitosesimerkki kolmen (laitosesimerkki 3) investointikustannuksista vähentämällä 30% mahdollinen investointituki ja lisäämällä kokonaistuottopotentiaaliin käsittelyjäännöksen sisältämien ravinteiden arvot, puolittuisi laitoksen takaisinmaksuaika 27 vuodesta reiluun 13 vuoteen.

Laitosesimerkkien takaisinmaksuaikoihin vaikuttaa myös realisoituneet syötevolyymit, sillä laitoksen energiantuottopotentiaali ja hinta eivät kasva samassa suhteessa. Tämä johtuu siitä, että vaikka laitoksen ja siihen kuuluvien laitteistojen koot ja tehot kasvavat, ei suuremman laitoksen tai laitteistojen hinnat kaksinkertaistu verrattaessa lähtötasoon. Tämä tarkoittaa sitä, että laitosesimerkin suuruus, käyttökustannukset, sekä investointikustannukset kasvavat, mutteivat läheskään kaksinkertaistu, mikäli vuosittain käytettävissä olevan syötteen määrä kaksinkertaistetaan. Esimerkiksi Espoon Ämmäsuolla vuonna 2015 valmistunut jatkuvatoiminen kuivamädätyslaitos käsittelee vuosittain noin 44000 tonnia syötteitä ja tuottaa 90 gigawattituntia energiaa, mutta sen investointikustannukset olivat noin 15 miljoonaa euroa (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2018; Kauppalehti 2015). Ämmäsuon biokaasulaitos tuottaa siis noin kuusikerataa enemmän energiaa laitosesimerkki kolmeen (laitosesimerkki 3) verrattuna, käyttämällä noin kaksinkertaa enemmän syötteitä, mutta sen investointikustannukset olivat vain puolitoista kertaa korkeammat.

Nostettaessa laitosesimerkki kolmen (laitosesimerkki 3) hinta 10 miljoonasta 15 miljoonaan euroon ja vuosittain tuotetun energian määrä noin 15 gigawattitunnista 90 gigawattituntiin, vähenee takaisinmaksuaika 27 vuodesta alle viiteen jopa ilman investointitukia. Vertailussa käytetty Ämmässuon biokaasulaitos käsittelee kuitenkin pääsyötteenään korkean ja tasaisen metaanintuottopotentiaalin omaavia biojätteitä (taulukko 18). Biojätteiden käyttöä esimerkkilaitoksilla ei huomioitu, koska kaikki alueen biojätteet hyödynnetään jo muualla biokaasulaitoksissa. Tämän perusteella voidaan kuitenkin todeta, että selvitys konkreettisesti käytettävissä olevien syötteiden maksimivolyymistä on erittäin tärkeää ennen biokaasulaitosinvestointia, koska käytettävissä olevien syötteiden maksimivolyymi vaikuttaa olennaisesti takaisinmaksu-aikaan. Kaikkien esiteltyjen laitosesimerkkien tapauksissa olisi kannattavaa yrittää kasvattaa käytettävien syötteiden määrää jopa ostamalla syötteitä, mikäli niiden arvo olisi voitollinen vielä ostohinnan ja kuljetuskustannuksien jälkeen (liite 2). Tällä tavalla laitosesimerkkien tuotetun energian määrät kasvaisivat merkittävästi, mutta itse laitoksen investointikustannukset kasvaisivat huomattavasti hitaammin.

Syötteille sopivin mädätysprosessi määräytyy vasta syötehankintojen realisoinnin jälkeen, mutta laitosesimerkki tarkasteluiden pohjalta panos- tai jatkuvatoimisen kuivamädätyslaitoksen energiantuottopotentiaali on selvästi märkämädätyslaitoksia korkeampi. Jätteitä käsittelevä jatkuvatoiminen märkämädätyslaitos laitosesimerkissä yksi on kuitenkin kaikista laitosesimerkeistä kannattavin, kun oletetaan että jätteiden käsittelystä tulisi tuottoa noin 10 euroa per tonni. Jätteiden tuomat rajoitukset käsittelyjäännöksen hyödyntämiseen kuitenkin epäävät mahdollisuuden käsittelyjäännöksen laajaan käyttöön lannoitteena, joten käsittelyjäännöksen sisältämien ravinteiden arvoja ei voida laskea kokonaistuottoihin. Mikäli jatkuva- tai panostoimisen kuivamädätyslaitoksen, laitosesimerkissä kolme, käsittelyjäännös jalostettaisiin markkinoitavaksi biolannoitteeksi ja täten ravinteiden hinnat lisättäisiin laitoksen kokonaistuottoihin, olisi laitosesimerkki kolme kaikista esimerkeistä kannattavin.

Laitosesimerkkien pohjalta voidaan todeta, että kaikista kannattavin vaihtoehto tässä tarkastelussa olisi panos- tai jatkuvatoiminen kuivamädätyslaitos, joka hyödyntäisi syötteenään myös jätteitä. Tällaisella laitoksella yhdistyisi kuivamä-

dätyksen korkeampi energiantuotantopotentiaali sekä jätteiden käsittelystä saatavat lisätuotot, nostaa laitoksen kokonaiskannattavuutta. Kuivämädätyslaitokset ovat kuitenkin yleisesti hieman märkämädätyslaitoksia kalliimpia investointikustannuksiltaan, jota ei huomioitu esimerkkilaitoksille asetetuissa investointikustannuksissa. Kuivämädätys on myös märkämädätystä vikaherkempi prosessi, joka saattaa osaltaan nostaa käyttö ja kunnossapitokustannuksia. Vikaherkkyys johtuu kuivämädätyksen syötteiden verrattain suuremmasta partikkelikoosta, jonka siirtely kuljettimilla on vikaherkempää verrattaessa märkämädätyksen pumpattaviin syötteisiin. Esimerkkilaitos kolmen (esimerkkilaitos 3) kuivämädätyksen energiantuottopotentiaali oli kuitenkin märkämädätyslaitoksista tehokkaampaan ensimmäiseen esimerkkilaitokseenkin verrattuna yli puolitoista kertaa korkeampi. Tämän tarkastelun pohjalta kuivämädätysprosessi olisi korkeampien investointikustannusten ja vikaherkyydenkin jälkeen kannattavampi vaihtoehto.

Kannattavin esimerkkilaitos käsittelisi kuivien syötteiden lisäksi jätteitä. Jätteiden tuomat rajoitukset käsittelyjäännöksen hyödyntämiseen kuitenkin epäävät mahdollisuuden käsittelyjäännöksen laajaan käyttöön lannoitteena. Jätteille olisi siis määrättävä sellainen käsittelyhintaa, jolla niiden käsittelystä saatavat tuotot korvaisivat vähintäänkin mahdollisen biolannoitteen markkinoinnista saatavat tuotot. Käsittelyjäännöksen sisältämien ravinteiden arvojen ollessa korkeat, täytyisi biokaasulaitoksella käsitellä suuret määrät jätteitä, jotta käsittelymaksut saataisiin kilpailukykyiselle tasolle. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä enemmän jätteitä laitoksella käsiteltäisiin, sitä pienemmät käsittelykustannukset niille voitaisiin asettaa, mikä nostaisi laitoksen kilpailukykyä verrattaessa muihin jätteenkäsittelylaitoksiin. Tämän perusteella biokaasulaitos voisi tulla paljon edullisemmaksi vaihtoehdoksi orgaanisista jätteistään eroon haluaville yrityksille verrattaessa muihin jätteenkäsittelylaitoksiin.

Biokaasulaitos ei todennäköisesti itsessään nostaisi UPM:n tai Tervasaaren paperitehtaan brändi-imagoa ulkopuolisten silmissä. Mikäli biokaasulaitos kuitenkin tuotaisiin kaikkien tietoisuuteen uusiutuvaa, kotimaista ja päästötöntä energiaa tuottavana laitoksena, joka laskisi paperitehtaan päästöjä merkittävästi, olisi sen vaikutus brändi-imagoon varmasti positiivinen. Mikäli biokaasulaitoksen käsittelyjäännös olisi lannoitekelpoista sellaisenaan, tai mikäli se jalostettaisiin

markkinoitavaksi biolannoitteeksi, olisi sillä myös varmasti positiivinen vaikutus brändi-imagoon. Uusiutuvan, kotimaisen ja päästöttömän energian lisäksi biokaasulaitos tuottaisi lannoitteita, joiden käytöllä vähennetään keinolannoitteiden tarvetta sekä lannoitteiden ympäristölle haitallisia vaikutuksia, kuten vesistöihin huuhtoutumista. Biokaasulaitosta voitaisiin tuoda esille myös osana UPM:n Biofore – beyond fossils -strategiaa. Biofore strategian tavoitteena on tuottaa ratkaisuja, jotta UPM olisi riippumaton fossiilista raaka-aineista (UPM Biofore 2019). Biokaasulaitoksella tuotetulla biokaasulla korvattaisiin Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksella käytettävää maakaasua, joten biokaasulaitos sopisi täydellisesti osaksi Biofore strategiaa.

Tällä hetkellä Biofore strategian pohjalta on luotu täysin uusiutuva BioVerno -diesel vaihtoehto, sekä BioVerno -nafta, joka on uusiutuva bensiiniin seikoitettava komponentti. Uusiutuvien polttoainevaihtoehtojen lisäksi Biofore strategian innovaatioita ovat sivuvirroista, tai jätteistä luodut tuotteet, kuten biokomposiitit. (UPM Biofore 2019.) Biofore strategian tämänhetkisiä ratkaisuja ja innovaatioita tarkastellessa on kuitenkin hankalaa löytää yhtäkään ratkaisua, jolla vähennettäisiin fossiilisten polttoaineiden, kuten maakaasun, käyttöä tämänhetkisessä tuotannossa. Tämän perusteella Biofore strategian tulisi ehdottomasti osaltaan tukea myös mahdollisten biokaasulaitosten investointeja. Biokaasulaitos ei siis olisi kannattava investointi ainoastaan Tervasaaren paperitehtaan yhteyteen, vaan myös muille UPM:n maakaasua käyttäville laitoksille, joiden lähialueilta olisi hyödynnettävissä riittävät määrät orgaanisia aineita syötteiksi.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn teoreettisen tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että biokaasulaitoksella olisi vahva potentiaali toimia Tervasaaren paperitehtaan yhteydessä. Tarkastelualueella syntyy vuosittain suuret määrät orgaanisia aineksia, joita pystyttäisiin hyödyntämään biokaasutuotannon syötteinä. Koko tarkastelualueen kaikkien orgaanisten aineksien yhteenlaskettu teoreettinen energiantuottopotentiaali on noin 110-200 GWh, riippuen aineiden ravinnekoostumuksista. Kaikkien orgaanisten aineksien energiantuottopotentiaali riittäisi heikommassakin tapauksessa korvaamaan yli 60 % Tervasaaren paperitehtaan voimalaitoksen käyttämästä maakaasusta ja parhaassa tapauksessa yli 70 % koko Tervasaaren paperitehtaan käyttämästä maakaasusta. Tervasaaren paperitehtaan maakaasupoltosta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt vähenisivät heikommassakin tapauksessa noin 40 %, mikäli kaikki tarkastelualueen biomassa olisi hyödynnettävissä. Biokaasulaitoksen kannattavuutta tukisi myös kannattavat kuljetusehtaisuudet kaikkialta tarkastelualueen sisäpuolelta suurimmalle osalle laitosesimerkeissä käytetyistä pääsyötevaihtoehdoista.

Kannattavin laitostyyppi tämän tarkastelun pohjalta olisi jatkuva- tai panostoiminen kuivamädätyslaitos, joka käsittelisi kuivien syötteiden, kuten kuivikelantojen ja nurmen lisäksi myös orgaanisia jätteitä. Orgaanisten jätteiden käsittely olisi kannattavaa erityisesti tapauksissa, joissa niille voitaisiin asettaa vähintään sellaiset käsittelyhinnat, jotka olisivat käsittelyjäännöksen sisältämiä ravinteita arvokkaampia. Jätteiden käsittelymaksujen tulisi myös korvata mahdolliset syötteiden investointikustannukset. Orgaanisia jätteitä käsittelevän laitoksen tapauksessa syötteet jouduttaisiin todennäköisesti ostamaan, sillä jätteitä käsittelevän laitoksen käsittelyjäännöstä ei voida aina palauttaa syötteiden toimittajille lannoitekäyttöön ilmaisia syötteitä vastaan. Mikäli laitoksella todettaisiin ettei jätteiden käsittely olisi kannattavaa syötteisiin kuluviin investointikustannusten jälkeen ja jätteet jätettäisiin laitoksella hyödynnettävistä syötteistä pois, olisi kannattavin laitostyyppi silti jatkuva- tai panostoiminen kuivamädätyslaitos.

Kaikki esitellyt laitosesimerkit olivat voitollisia, joten niitä voidaan pitää kannattavina. Laitosesimerkkien takaisinmaksuajat jäivät kuitenkin verrattain pitkiksi, mikä ei ole eduksi investointisuunnitelmia tehtäessä. Tämän tarkastelun pohjalta kannattavimmaksi laitokseksi todettiin jatkuva- tai panostoiminen kuivämädätyslaitos, joka käsittelisi kuivien syötteiden lisäksi myös orgaanisia jätteitä. Mikäli laitos käsittelisi laitosesimerkkeissä yksi ja kolme listatut syötteet, olisi laitoksen vuotuinen tuottopotentiaali noin 895500 euroa ja energiantuotantopotentiaali noin 23.4 GWh. Mikäli laitokselle myönnettäisiin myös 30 % suuruinen investointituki olisi laitoksen takaisinmaksuaika, olettaen että investointikustannukset pysyvät ennallaan 10 miljoonassa, alle kahdeksan vuotta. Vaikka kaikkia esiteltyjä laitosesimerkkejä voitiin pitää kannattavina, on alle kahdeksan vuoden takaisinmaksuaika verrattain huomattavasti kannattavampi. Kaikkia alle kymmenen vuoden takaisinmaksuajat ovat myös helpommin perusteltavissa tehdessä investointisuunnitelmia.

Kaikki tämän työn tulokset perustuvat kuitenkin teoreettiseen tarkasteluun, jonka laskennallisissa tuloksissa on hyödynnetty useita keskiarvoja. Tästä syystä tämän työn pohjalta ei ole suositeltavaa tehdä investointisuunnitelmia tai -päätöksiä ennen konkreettisia lisätutkimuksia. Työn tulosten pohjalta voidaan kuitenkin perustella biokaasulaitoksen kannattavan toiminnan potentiaali, sekä tarve ja rahoitus lisätutkimuksille. Työn tuloksia voidaan käyttää vertailukelpoisina lähtötietoina suositeltaville lisätutkimuksille. Suositeltavia lisätutkimuksia työn tulosten pohjalta olisivat käytettävissä olevien syötteiden realisoituminen, realisoituneiden syötteiden tapauskohtaiset osto- korjuu- tai kuljetuskustannukset, sekä käsittelyjäännöksen kannattavimmat käyttökohteet. Syötehankintoja kartoittaessa olisi myös suositeltavaa suorittaa laboratoriotutkimukset syötevaihtoehtojen ravinnekoostumuksista ja niiden vaikutuksista metaanintuottopotentiaaleihin. Realisoituneiden syötevaihtoehtojen yhteensopivuus mädätyksessä mahdollisimman tehokkaan hajoamisen kannalta olisi myös kannattavaa selvittää laboratoriotutkimuksilla.

## LÄHTEET

Alakangas, E. Hurskainen, M. Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT TECHNOLOGY 258. Luettu 11.3.2019. <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Anttila, A. Niskanen, M. Pelva, R. Puumala, L. & Vallinhovi, S. 2014. Hävikit kuuriin ja säilörehun laadunvaihtelu hallintaan. NurmiArtturi-kehittämishanke. Luettu 11.3.2019. [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiartturi-lehti\\_pienempi\\_resoluutio\\_2.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiartturi-lehti_pienempi_resoluutio_2.pdf)

Banerjee, R. Chintagunta, D. & Jacob, S. 2016. Selective digestion of industrial potato wastes for efficient biomethanation: a sustainable solution for safe environmental disposal. Islamic Azad University.

Bioenergianeuvoja. 2019. Peltobiomassat. Luettu 27.2.2019. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/peltobiomassat/>

Biokaasun tuotanto maatilalla. 2013. Motiva Oy. Luettu 22.1.2019. [https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun\\_tuotanto\\_maatilalla.pdf](https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf)

Biokaasulaskuri. 2014. Luonnonvarakeskus. Aukipolis Oy. Käytetty 4.4.2019. [http://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/gas\\_mtt.gas\\_mtt\\_laskuri](http://portal.mtt.fi/portal/pls/portal/gas_mtt.gas_mtt_laskuri)

Biokaasulaskurin käyttöohje. 2014. Käytännön ohjeita biokaasulaitosinvestointia harkitsevalle. Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto. Luettu 2.3.2019. [https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri\\_ohje-kirja.pdf](https://portal.mtt.fi/images/sovellukset/biokaasu/biokaasulaskuri_ohje-kirja.pdf)

Biomassa-atlas. 2017. Missä toiminnoissa peltobiomassaa syntyy?. Luettu 25.2.2019. <https://www.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/pelto/>

Biomassa-atlas. 2016. Luonnonvarakeskus. Käytetty 27.1.2019. <https://biomassa-atlas.luke.fi/>

Biomassa-atlas-tietokortti. 2017. Luonnonvarakeskus. Luettu 2.2.2019. <https://www.luke.fi/biomassa-atlas/wp-content/uploads/sites/19/2017/06/tietokorttibiomassaatlas.pdf>

Braun, R. Weiland, P. & Wellinger, A. 2008. Biogas from Energy Crop Digestion. IEA Bioenergy. Luettu 20.2.2019. [http://biogasmax.co.uk/media/iea\\_1\\_biogas\\_energy\\_crop\\_007962900\\_1434\\_30032010.pdf](http://biogasmax.co.uk/media/iea_1_biogas_energy_crop_007962900_1434_30032010.pdf)

Energiamailma. 2018. Biopolttoaineet. Luettu 5.4.2019. <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/uusiutuvat-energialahteet/biopolttoaineet/>

Energiateollisuus. 2018. Sähköntuotanto energialähteittäin 2018. Luettu 15.4.2019. [https://energia.fi/perustietoa\\_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto](https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto)

Etappi. 2015. Etappi kampanjoi biojätteen kierrätyksen puolesta. Luettu 12.3.2019. <https://www.etappi.com/fi/arkisto/ajankohtaista/etappi-kampanjoi-biojätteen-kierrätyksen-puolesta/>

Gasum Oy. 2019. Biokaasu osana kiertotaloutta. Luettu 15.4.2019. <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>

Gasum Oy. 2019. Maakaasun käyttö Suomessa. Luettu 15.4.2019. <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasu/>

Gasum Oy. 2018. Miten biokaasua tuotetaan?. Luettu 22.1.2019. <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>

Gasum Oy. 2019. Vastuullisuutta koko toimitusketju huomioiden. Luettu 15.4.2019. <https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/vastuullisuus/ymparisto/>

Helsingin seudun ympäristöpalvelut. 2018. Biojätteen käsittely. Luettu 23.4.2019. <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/jatehuolto/jatteenkasittelykeskus/biojate/Sivut/default.aspx>

Järvinen, A. 2014. Teurastamotoiminnan ympäristölupa. Kosken TI kunta. Luettu 12.3.2019. [https://kainuu.proagria.fi/sites/default/files/attachment/pien-teurastamon\\_ymparistolupa.pdf](https://kainuu.proagria.fi/sites/default/files/attachment/pien-teurastamon_ymparistolupa.pdf)

Karunen, L. 2006. Biokaasun tuotantomahdollisuudet eläinten lannasta pohjoisen Keski-Suomen alueella. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kasper. 2015. Fosforilaskuri. Ajankohtaista tietoa pelto- ja puutarhaviljelystä sekä kasvinsuojelusta. Luettu 5.4.2019. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri>

Kauppalehti. 2015. Suomeen kasvaa biokaasulaitosten verkko. Luettu 16.4.2019. <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomeen-kasvaa-biokaasulaitosten-verkko/0ac1b022-7e96-3424-b929-f47d6a02c7d3>

Kiertokapula Oy. 2019. Jätehuolto eri kunnissa. Luettu 2.2.2019. <https://www.kiertokapula.fi/jatehuolto/jatehuolto-eri-kunnissa/>

Kiertokapula Oy. 2017. Vuosikatsaus 2017. Luettu 2.2.2019. <https://www.kiertokapula.fi/kiertokapula/vuosikatsaus-2017/jatteiden-vastaanotto-ja-kasittely/biojatteista-bioetanolial/>

Kelavuori, J. 2017. Biometaanin tuotanto ja käyttö Suomessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Koivula, A. 2017. Kuivamädätys orgaanisten jätteiden käsittelymenetelmänä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö.

Kymäläinen, M. & Luostarinen, S. 2015. Biokaasuteknologia. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Suomen Biokaasuyhdistys ry. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. (toim.) 2015. Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Suomen Biokaasuyhdistys ry. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kässi, P. & Seppälä, A. 2014. Nurmesta biokaasua. Bionurmi-hanke. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Lahdelma, J. 2002. Biojätteen erilliskeräyksen ja sekajätteenkeräyksen kustannusvertailu. Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu. Diplomityö.

Lahtinen, L. 2017. Selluteollisuuden nollakuitusedimentin hyödyntäminen biokaasuprosessissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Lannoitteita ja energiaa biomassoista. 2016. ProAgria hankejulkaisut sarja 5. Luettu 26.3.2019. [https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lannoitteita\\_ja\\_energiaa\\_biomassoista\\_raportti\\_s.pdf](https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lannoitteita_ja_energiaa_biomassoista_raportti_s.pdf)

Lampinen, A. & Jokinen, E. 2006. Suomen maatilojen energiantuottopotentiaalit. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84. Jyväskylän yliopisto.

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy. 2017. Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n omistajat. Luettu 2.2.2019. <http://www.lhj.fi/lhj-konserni/konserni/lhjn-omistajat/>

Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy. 2017. Vuosikertomus 2017. Luettu 2.2.2019. <http://lhj.fi/client/lhj/userfiles/lhj-vuosiraportti-2017-v4.pdf>

Luonnonvarakeskuksen tilastotietopalvelut. 2018. Luonnonvarakeskus. Luettu 31.1.2019. [https://stat.luke.fi/sites/default/files/toimintamalli\\_0.pdf](https://stat.luke.fi/sites/default/files/toimintamalli_0.pdf)

Luostarinen, S. & Jaakkola, U. 2015. Biokaasuteknologia. Biokaasutuotannon raaka-aineiden esikäsittely. Suomen Biokaasuyhdistys ry. Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Maljanen, M. 2010. Selvitys Lehtoniemen jätevedenpuhdistamon jätevesilietteen loppukäyttö- ja loppusijoitusmahdollisuuksista. Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Motiva Oy. 2017. Biokaasu. Päivitetty 17.5.2017. Luettu 22.1.2019. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu)

Motiva Oy. 2011. Biokaasulaitosten tukijärjestelmät Suomessa. Luettu 10.4.2019. [https://www.motiva.fi/files/5160/Biokaasun\\_tukiratkaisut.pdf](https://www.motiva.fi/files/5160/Biokaasun_tukiratkaisut.pdf)

Motiva Oy. 2012. Yhteenvetojen CO<sub>2</sub>-päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. Luettu 5.4.2019. [https://www.motiva.fi/files/8887/CO2-laskentaohje\\_Yhteenvedet.pdf](https://www.motiva.fi/files/8887/CO2-laskentaohje_Yhteenvedet.pdf)

Nummela, J. Kannisto, L. Pakarinen, A. & Kymäläinen M. 2015. Kierrätettävillä biosuotimilla tehoa rejektivesien puhdistukseen. Bioliike tutkimusraportti. Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. 2017. Pirkanmaan Jätehuolto Oy - kuntien oma yhtiö.

Luettu 2.2.2019. [http://www.pjhoy.fi/Yhtio/ajankohtaista\\_yhtio](http://www.pjhoy.fi/Yhtio/ajankohtaista_yhtio)

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. 2017. Vuosikertomus 2017. Luettu 2.2.2019.

<https://vuosikertomus.pjhoy.fi/yhteistyö/eco3-biolaitos/>

Rajala, J. 2005. Luomuviljelyn suunnittelu. Lannanhoitosuunnitelma. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Helsingin Yliopisto.

Laki ruoka- ja luonnonvaratilastoista 27.6.2014/562

Ruokatieto Yhdistys. 2019. Perustietoa viljoista. Luettu 25.2.2019.

<https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/maatilalla-kasvatetaan-ruokaa/peltokasvit/perustietoa-viljoista>

Ruokavirasto. 2019. Eläimistä saatavat sivutuotteet. Luettu 18.3.2019.

<https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/>

Saarinen, M. Voimapäällikkö. UPM Tervasaari. 2019. Palaveri 2.4.2019. Tervasaaren paperitehdas. Valkeakoski.

Suomen kaasuyhdistys. 2018. Maakaasulaskin. <https://www.kaasuyhdistys.fi/maakaasulaskin/>

Taherdanak, M. & Zilouei, H. 2014. Improving biogas production from wheat plant using alkaline pretreatment. Luettu 2.3.2019.

[https://www.researchgate.net/profile/Mohsen\\_Taherdanak/publication/277477051\\_1-s20-S0016236113006935-main/links/556bc58308aefcb861d61272/1-s20-S0016236113006935-main.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mohsen_Taherdanak/publication/277477051_1-s20-S0016236113006935-main/links/556bc58308aefcb861d61272/1-s20-S0016236113006935-main.pdf)

Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. 2018. Tilastokeskus. Luettu 9.2.2019.

[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_vrm\\_vammuu/?rxid=6c2b3d86-5c9d-4be3-8fc3-6008576380c4](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vammuu/?rxid=6c2b3d86-5c9d-4be3-8fc3-6008576380c4)

UPM Biofore. 2019. Tulevaisuuden vaihtoehtoja fossiilisen talouden ratkaisuihin. Luettu 15.4.2019. <https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/tama-on-biofore/>

UPM Tuotantolaitokset. 2019. UPM Tervasaari. Luettu 19.3.2019.

<https://www.upm.com/fi/liiketoiminnot/tuotantolaitokset/>

UPM Tervasaari. 2018. Ympäristö- ja yhteiskuntavastuu 2017. Valkeakoski.

USDA Food Composition Databases. 2019. United States Department of Agriculture. Luettu 2.3.2019. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

Vihersaari, V. 2004. Opas puhdistamolietteen maanviljelykäytöstä. Varsinais-Suomen Agendatoimisto. Turku.

Virtanen, P. 2011. Biokaasulaitoksen sijainnin mittatyökalu. Laurea-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristönsuojelun valvonnan sähköinen asiointi uudistuu ja käyttö laajenee kuntiin – VAHTI muuttuu YLV:ksi. Luettu 10.2.2019. [http://www.ymparisto.fi/FI-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Ymparistonsuojelun\\_valvonnan\\_sahkoinen\\_a\(45105\)](http://www.ymparisto.fi/FI-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Ymparistonsuojelun_valvonnan_sahkoinen_a(45105))

## LIITTEET

### Liite 1. Syötteiden metaanintuottopotentiaalit

”Taulukko on koottu kirjallisuus lähteistä etc.”

Taulukossa X on listattu syötteiden metaanintuottopotentiaalit per tonni orgaanista ainesta (tVS), orgaanisen aineen osuus prosentteina (VS), sekä metaanintuottopotentiaali per tuoretonni.

TAULUKKO X. Syötteiden metaanintuottopotentiaalit per tonni orgaanista ainesta, orgaanisen aineen osuus prosentteina ja metaanintuottopotentiaali per tuoretonni (Banerjee, Chintagunta & Jacob 2016, 2372; Biokaasulaskurin käyttöohje 2014, 8; Braun, Weiland & Wellinger 2008, 5; Kymäläinen & Luostarinen 2015, 32-44; Lahtinen 2017; National Nutrient Database 2015; Taherdanak & Zilouei 2014, 716.

Syöte	CH <sub>4</sub> -potentiaali (m <sup>3</sup> /tVS)	VS%	CH <sub>4</sub> -potentiaali (m <sup>3</sup> /t)
Lanta			
Naudan lietelanta	120-300	4-12	5-36
Porsaan lietelanta	180-490	3-8,5	5-42
Naudan kuivalanta	100-250	12-21	12-53
Porsaan kuivalanta	162-270	15-28	24-74
Siipikarjanlanta	150-300	20-52	30-156
Lampaan kuivalanta	88-113	27	24-30
Hevosen kuivalanta	200	26	51
Vilja			
Vehnä	384-426	85	326-362
Rehuohra	353-658	86	304-566
Kaura	250-295	83	208-245
Peltobiomassat ja sivuvirrat			
Olki	240-320	77	185-246
Perunan varret	300-400	14	42-56
Sokerijuurikkaan naatit	300-340	10	30-34
Nurmi	213-410	18-36	38-148
Öljykasvien korsi	250	81	203
Jätteet			
Biojäte	400-600	24	96-144
Yhdyskuntien jätevesiliete	200-400	2-35	4-140
Elintarviketeollisuuden jätevesiliete	300-500	1-21	4-105
Paperiteollisuuden primääriliete	210-300	14	30-42
Paperiteollisuuden biologisenpuhdistamonliete	100	14	14
Keittiö- ja ruokalajäte	400-600	20	80-120
Teurasjäte	200-910	18-28	36-254

## Liite 2. Syötteiden arvo

Biometaani vastaa energiantuottopotentialtaan maakaasua (Gasum 2018), joten voidaan asettaa: 1 kuutiometri maakaasua = 10 kWh energiaa = 1 kuutiometri biometaania. Tervasaaren tapauksessa biometaania tuotettaisiin korvaamaan maakaasua, joten lasketaan syötteiden arvo kertomalla syötteen energiantuottopotentialla maakaasun hinnalla.

Maakaasun hinta = 3,5snt/kWh,

Syötteen arvo = 3,5snt/kWh \* syötteen kWh/t

TAULUKKO XX. Syötteiden metaanintuottopotentialien keskiarvot, syötteiden energian määrä kilowattitunteina per tonni ja syötteen arvo euroina per tonni

Syöte	CH <sub>4</sub> -potentiaali ka. (m <sup>3</sup> /t)	CH <sub>4</sub> -ka. (kWh/t)	CH <sub>4</sub> -ka. (€/t)	CH <sub>4</sub> -ka. 20% voit.
Lanta				
Naudan lietelanta	23	230	8,05	6,4
Porsaan lietelanta	24	240	8,4	6,7
Naudan kuivalanta	33	330	11,55	9,2
Porsaan kuivalanta	49	490	17,15	13,7
Siipikarjanlanta	93	930	32,55	26
Lampaan kuivalanta	25	250	8,75	7
Hevosen kuivalanta	51	510	17,85	14,3
Vilja				
Vehnä	344	3440	120,4	96,3
Rehuohra	435	4350	152,25	121,8
Kaura	227	2270	79,45	63,6
Peltobiomassa ja sivuvirrat				
Olki	216	2160	75,6	60,5
Perunan varret	49	490	17,15	13,7
Sokerijuurikkaan naatit	32	320	11,2	9
Nurmi	186	1860	65,1	52,1
Öljykasvien korsi	203	2030	71,05	56,8
Jätteet				
Biojäte	240	2400	84	67,2
Yhdyskuntien jätevesiliete	72	720	25,2	20,2
Elintarviketeollisuuden jätevesiliete	55	550	19,25	15,4
Paperiteollisuuden primääriliete	36	360	12,6	10,1
Paperiteollisuuden biologisenpuhdistamon liete	14	140	4,9	3,9
Keittiö- ja ruokalajäte	100	1000	35	28
Teurasjäte	145	1450	50,75	40,6

## Liite 3. Syötteiden kuiva-aine pitoisuudet ja tilavuuspainot

TAULUKKO XXX. Syötteiden kuiva-aine pitoisuudet ja tilavuuspainot (Alakan-  
gas, Hurskainen, Laatikainen-Luntama & Korhonen, 2016; Anttila, Niskanen,  
Palva, Puumala & Vallinhovi, 2014; Biokaasulaskurin käyttöohje, 2014; Lah-  
delma, 2002; Maljanen, 2010; Rajala, 2005; Vihersaari, 2004)

Syöte	TS%	Tilavuuspaino (kg/m <sup>3</sup> )
Lanta		
Naudan lietelanta	5-14	1000
Porsaan lietelanta	4-10	1000
Naudan kuivalanta	17-25	700-1000
Porsaan kuivalanta	20-34	400-850
Siipikarjanlanta	32-65	250-400
Lampaan kuivalanta	35	400
Hevosen kuivalanta	33	400
Peltobiomassa ja sivuvirrat		
Olki	85	80
Nurmi	20-40	600-900
Jätteet		
Biojäte	27	300-330
Jätevesiliete	25-28	1000

## Liite 4. Syötekuljetuksien arvot kuljetusajoneuvoittain

Kuljetuksen arvo saadaan kertomalla kuljetusajoneuvon tilavuus ensin syötteen tilavuuspainolla (liite 3.) ja sitten syötteen arvolla, josta jää 20% voittoa (liite 2):  
 Kuljetuksen arvo = Tilavuus \* Tilavuuspaino \* CH<sub>4</sub>-keskiarvo josta 20% voittoa

TAULUKKO XXXX. Syötekuljetuksien arvot kuljetusajoneuvoittain

Syöte	Traktori + liete- vaunukuljetuk- sen arvo (€)	Säiliöautokul- jetuksen arvo (€)	Traktori + pe- räkärrikulje- tuksen arvo (€)	Kuorma-auto- kuljetuksen arvo (€)
Lanta				
Naudan lietelanta	153,6	204,8	-	-
Porsaan lietelanta	160,8	214,4	-	-
Naudan kuivalanta	-	-	96,6-138	128,8-184
Porsaan kuivalanta	-	-	82,2-174,7	109,6-232,9
Siipikarjan- lanta	-	-	97,5-156	130-208
Lampaan kuivalanta	-	-	42	56
Hevosen kuivalanta	-	-	85,8	114,4
Peltobiomassa ja sivuvirrat				
Olki	-	-	90,7	121
Nurmi	-	-	585,9-878,9	781,2-1171,8
Jätteet				
Biojäte	-	-	378-415,8	504-554,4
Jätevesi- liete	604,8	806,4	-	-

## Liite 5. Kuljetusmatkojen hinnat kuljetusajoneuvoittain

Kuljetusmatkojen hinnat saatiin jakamalla matka keskinopeudella ja kertomalla jaon tulos kuljetusajoneuvon tuntihinnalla (taulukko 23):

Kuljetusmatkan hinta = (keskinopeus / matka) \* ajoneuvon tuntihinta

TAULUKKO XXXXX. Kuljetusmatkojen hinnat kuljetusajoneuvoittain

Kuljetusmatka (km)	Traktori + lietevaunu (€)	Säiliöauto (€)	Traktori + peräkärri (€)	Kuorma-auto (€)
10	21.7	13.3	17.3	10
15	32.5	20	26	15
20	43.3	26.7	34.7	20
25	54.2	33.3	43.3	25
30	65	40	52	30
35	75.8	46.7	60.7	35
40	86.7	53.3	69.3	40
45	97.5	60	78	45
50	108.3	66.7	86.7	50
55	119.2	73.3	95.3	55
60	130	80	104	60
65	140.8	86.7	112.7	65
70	151.7	93.3	121.3	70
75	162.5	100	130	75
80	173.3	106.7	138.7	80
85	184.7	113.3	147.3	85
90	195	120	156	90
95	205.8	126.7	164.7	95
100	216.7	133.3	173.3	100
105	227.5	140	182	105
110	238.3	146.7	190.7	110
115	249.7	153.3	199.3	115
120	260	160	208	120
125	270.8	166.7	216.7	125
130	281.7	173.3	225.3	130
135	292.5	180	234	135
140	303.3	186.7	242.7	140

## Liite 6. Kannattavat kuljetusetäisyydet kuljetusajoneuvoittain

Kannattava kuljetusetäisyys saatiin vertaamalla kuljetuksen arvoa ajoneuvoittain (liite 4) kuljetusmatkan hintaan kuljetusajoneuvoittain (liite 5).

## TAULUKKO XXXXXX. Säiliökuljetusten kannattavat kuljetusmatkat

Syöte	Traktori + lietevaunun kuljetuksen arvo (€)	Säiliöauto-kuljetuksen arvo (€)	Kannattava kuljetusetäisyys traktori + lietevaunu (km)	Kannattava kuljetusetäisyys säiliöauto (km)
Lanta				
Naudan lietelanta	153,6	204,8	71	Kaikkialta alueella
Porsaan lietelanta	160,8	214,4	74	Kaikkialta alueella
Jätteet				
Jätevesiliete	604,8	806,4	Kaikkialta alueella	Kaikkialta alueella

## TAULUKKO XXXXXX. Lavakuljetusten kannattavat kuljetusmatkat

Syöte	Traktori + peräkärri kuljetuksen arvo (€)	Kuorma-auto-kuljetuksen arvo (€)	Kannattava kuljetusetäisyys traktori + peräkärri (km)	Kannattava kuljetusetäisyys kuorma-auto (km)
Lanta				
Naudan kuivalanta	96,6 - 138	128,8 - 184	55 - 79	128 - Kaikkialta alueella
Porsaan kuivalanta	82,2 - 174,7	109,6 - 232,9	47 - 99	109 - Kaikkialta alueella
Siipikarjanlanta	97,5 - 156	130 - 208	56 - 90	130-208
Lampaan kuivalanta	42	56	24	56
Hevosen kuivalanta	85,8	114,4	49	114
Peltobiomassa ja sivuvirrat				
Olki	90,7	121	53	120
Nurmi	585,9 - 878,9	781,2 - 1171,8	Kaikkialta alueella	Kaikkialta alueella
Jätteet				
Biojäte	378 - 415,8	504 - 554,4	Kaikkialta alueella	Kaikkialta alueella

## Liite 7. Syötteiden ravinnepitoisuudet

TAULUKKO XXXXXXXX. Syötteiden kuiva-ainepitoisuuksien keskiarvot ja ravinteiden määrä per tuoretonni (Alakangas, Hurskainen, Laatikainen-Luntama & Korhonen, 2016; Anttila, Niskanen, Palva, Puumala & Vallinhovi, 2014; Biokaasulaskurin käyttöohje, 2014; Lahdelma, 2002; Maljanen, 2010; Rajala, 2005; Viherosaari, 2004)

Syöte	TS%ka.	Typpi (N) (kg/t)	Fosfori (P) (kg/t)
Naudan lietelanta	10	3-6	0,5-0,9
Porsaan lietelanta	7	4,2-12,6	1,6
Naudan kuivalanta	21	2,3-7,1	1,3
Porsaan kuivalanta	27	6,5-14	4,3
Siipikarjanlanta	49	15,2-26,5	8,33
Lampaan kuivalanta	35	9,1	2,1
Hevoson kuivalanta	33	5	1
Vehnä	87	4,3	0,9
Rehuohra	87	4,3	0,9
Kaura	87	4,3	0,9
Olki	85	5,1	0,9
Perunan varret	11	2,4	0,2
Sokerijuurikkaan naatit	11	2,4	0,2
Nurmi	30	10,2	1,8
Öljykasvien korsi	90	14,4	0,9
Biojäte	27	5,4	1,1
Yhdyskuntien jätevesiliete	27	10,8	6,8
Elintarviketeollisuuden jätevesiliete	16	6,4	4
Paperiteollisuuden primääriete	20	2,4	0,2
Paperiteollisuuden biologisenpuhdistamonliete	20	3	0,6
Keittiö- ja ruokalajäte	27	5,4	1,1
Teurasjäte	26	20,8	2,6