

Elisa Lääkkölä

HYGIENISOINTI OSANA MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN PROSESSIA

HYGIENISOINTI OSANA MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN PROSESSIA

Elisa Lääkkölä
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä: Elisa Lääkkölä

Opinnäytetyön nimi: Hygienisointi osana maatilán biokaasulaitoksen prosessia

Työn ohjaajat: Mikko Aalto (Oulun ammattikorkeakoulu) ja Jarmo Saariniemi (Ammattiopisto Lappia)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 101 + 9

Tämä opinnäytetyö sai alkunsa tarpeesta tehdä selvitys hygienisointikäsitteistä maatilán biokaasulaitoksilla. Erityisesti siihen liittyvän lainsäädännön avaaminen ymmärrettävään muotoon nähtiin tarpeellisenä. Työn toimeksiantajana on Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappia, Ammattiopisto Lappian Louen toimipiste, jossa on tällä hetkellä Lapin ainoa biokaasulaitos, joka toimii koulutusmaatilán yhteydessä. Louen laitoksen toimintaa ollaan laajentamassa hygienisoinnilla, mutta yksikön toiminnan käyntiin saaminen vaatii vielä asiointia viranomaisten kanssa. Lainsäädännön lisäksi tavoitteena oli käydä läpi ympäristölupamenettely maatilán biokaasulaitoksella ja selvittää viranomaisilta tulevaisuuden näkymiä.

Hygienisointi tarkoittaa biokaasulaitukseen mädätykseen menevän materiaalin kuumentamista 70 celsiusasteessa tunnin ajan palakoon ollessa alle 12 millimetriä. Se vaaditaan sivutuoteasetuksessa määritellyille luokan 3 eläinperäisille sivutuotteille, kun niitä käytetään syötteenä. Hygienisointi voi olla vaatimuksena myös muille syönteille, mikäli mädätysjäännöstä markkinoidaan lannoitevalmisteena.

Opinnäytetyössä on käyty läpi koko maatilán biokaasuprosessi syönteiden valinnasta lopputuotteiden käyttöön. Hygienisoinnista on tarkasteltu sen biologista taustaa, lainsäädäntöä ja sen vaatimuksia sekä siihen liittyviä lupia. Työssä on käsitelty myös hygienisointilaitteita ja käytäntöjä, prosessin hyötyjä ja haasteita sekä lopputuotteen käyttömahdollisuuksia.

Tietoperustaa on koottu aiheeseen liittyvistä julkaisuista. Lainsäädäntöön on haettu ajantasaisinta tietoa eri laeista sekä asetuksista, niin kansallisista kuin EU-säädöksistä. Tietoperustaa täydennettiin laadullisella tutkimusmenetelmällä, jossa haastateltiin puhelimitse eri tahoja. Haastatteluilla pyrittiin selvittämään tietoperustaan jääneitä epäselviä kohtia ja näin täydentämään kirjallisuuden pohjalta muodostunutta kuvaa aiheesta.

Tuloksena opinnäytetyön tutkimustyöstä saatiin tietoa siitä, mitä toimeksiantajan tulee tehdä, jotta hygienisointi saataisiin alkamaan laitoksella. Lisäksi saatiin tietoa hygienisointiin liittyvästä lainsäädännöstä ja sen vaatimukset. Myös lannoitevalmisteiden valmistamisessa huomioitavat seikat ja ylipäänsä lopputuotteen käytön mahdollisuudet ja rajoitukset saatiin selvitettyä. Toimeksiantaja saa hyödyntää vapaasti tämän opinnäytetyön tietoja.

Asiasanat: biokaasulaitokset, maatilat, esikäsitteily, hygienia, sivutuotteet, lannoitteet

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Agricultural and Rural Industries

Author: Elisa Lääkkölä

Title of thesis: Hygienization as Part of a Farm Biogas Plant Process

Supervisors: Mikko Aalto (Oulu University of Applied Sciences) and Jarmo Saariniemi (Lappia Vocational College)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 101 + 9

This thesis started from the need to make a report about hygienization treatment in farm scale biogas plants. Clarifying of legislation was seen as especially necessary. Thesis is commissioned by Kemi-Tornionlaakso Municipal Education and Training Consortium, the Lappia Vocational College, and its premises in Loue in Tervola. There is only one biogas plant in Lapland, and it is located in Loue education farm. There are plans to expand the Loue biogas plant by putting hygienization unit into operation but there have been some difficulties. Apart from legislation the goal of this thesis was to go through environmental license in farm biogas plant and find out some prospects for future.

Hygienization treatment means that materials are heated up to 70 degrees Celsius for one hour and particle size must be maximum 12 millimeters. It can be done before or after digestion. It must be done for class 3 animal by-products according to byproduct regulation when they are used as input in biogas process. Hygienization treatment can be required for other materials too, especially when digestate is marketed as fertilizing products.

This thesis contains information about biogas process in farms from beginning to end, biological and legislative background of hygienization according to both national and EU legislation. Information about farm licenses in Finland related to hygienization is included. Furthermore, this thesis includes information on some devices used for hygienization, discussion of its benefits and challenges and possibilities for using the final products.

Theory is based on publications and legislation about the subject, and it was supplemented with interviews which were made for different quarters, for example authorities. Results from interviews were added among the theory.

As a result from research there is some information in this thesis for Loue biogas plant about how to proceed with hygienization and what the legislation requires. In the future they may start producing fertilizers and they are free to use this thesis when they consider what to take into account in that situation.

Keywords: biogas plants, farms, preliminary treatment, hygiene, by-products, fertilisers

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	AMMATTIOPISTO LAPPIA, LOUEN TOIMIPISTEEN BIOKAASULAITOS	12
3	MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN TUOTANTOPROSESSI.....	15
3.1	Syötteiden valinta	16
3.2	Syötteiden varastointi ja esikäsittely	17
3.3	Biokaasun muodostuminen.....	20
3.4	Mädättäminen ja biokaasuprosessit	23
3.5	Kaasun puhdistus, kuivaus ja käyttökohteet.....	26
3.5.1	Biokaasun käyttö lämmön- ja sähköntuotantoon.....	26
3.5.2	Biokaasun jalostus ja käyttö biometaanina	28
3.6	Jälkikaasutus, mädätysjäännös ja sen varastointi	31
3.6.1	Mädätysjäännöksen käyttö	33
3.6.2	Separointi	34
4	HYGIENISOINNIN BIOLOGINEN TAUSTA	37
5	AINEISTON HANKINTA JA MENETELMÄT	40
5.1	Kirjallisuusselvityksen lähteiden valinta.....	40
5.2	Haastattelututkimus	40
6	LAINSÄÄDÄNTÖ.....	42
6.1	Lannoitevalmistelainsäädäntö.....	42
6.2	Sivutuotelainsäädäntö ja sivutuotteiden luokittelu	48
6.3	Lannan ja maatilan omien syötteiden hygieniavaatimukset.....	52
7	HYGIENISOINNIN VAATIMAT LUVAT JA ILMOITUKSET MAATILAMITTAKAAVASSA	55
7.1	Ympäristölupa	55
7.2	Ilmoittautuminen valvontarekisteriin	59
7.3	Laitoshyväksyntä.....	60
8	HYGIENISOINTILAITTEET JA KÄYTÄNNÖT	63
8.1	Hygienisointi säiliössä.....	63
8.1.1	Landia	64
8.1.2	TEWE.....	68
8.2	Hygienisointi putkissa	69
8.2.1	BioG	69

8.2.2	BioConstruct.....	70
8.3	Hygienisointi mädätyksen jälkeen.....	71
9	PROSESSIN HYÖDYT JA HAASTEET	73
9.1	Hygienisoinnin hyötyjä.....	73
9.2	Hygienisoinnin haasteita.....	75
10	LOPPUTUOTTEEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET.....	77
10.1	Käyttö erilaisina lannoitteina ja eläinten kuivikkeena.....	77
10.2	Käytön rajoitteet.....	80
10.3	Käyttö luomutuotannossa	82
10.4	Lannoitevalmisteiden valvonta ja laatu Suomessa.....	82
11	JOHTOPÄÄTÖKSET	84
12	POHDINTA.....	87
	LÄHTEET	91
	LIITTEET	102

1 JOHDANTO

Suomessa oli 22 toiminnassa olevaa maatilamittakaavan biokaasulaitosta kesäkuussa 2021. Suurin osa näistä on maatilakohtaisia, mutta on myös useamman maatilan yhteisiä laitoksia. Kyseessä olevissa laitoksissa pääraaka-aineena on lanta, mutta jonkin verran käytetään syötteenä myös pelto- ja sivubiomassoja ja muutamilla laitoksilla käsitellään lisäksi muun muassa elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ja erilaisia lietteitä. Maatilojen biokaasulaitokset luokitellaan usein pieniksi biokaasulaitoksiksi, koska niiden käsittelykapasiteetti on alle 20 000 tn/v (TEM 2020, 21). Useimmilla Suomen maatilakokoluokan laitoksilla syöttemäärä jää kuitenkin alle 10 000 tn/v. (Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021a; Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021b.)

Maatilojen biokaasulaitoksissa on sekä firmojen valmistamia, valmiita tehdaspaketteja, että itseteetettyjä omatoimimalleja. Kummassakin on puolensa. Tehdasvalmisteisen ratkaisun etuna on muun muassa sen nopeus ja helppous saada tilalle biokaasulaitos, toisaalta taas niillä on yleisesti korkeampi hintataso. Omatoimimallin etuna on esimerkiksi olemassa olevien rakenteiden hyödyntäminen, paikallisten yritysten työllistäminen sekä tiedon ja taidon jääminen maatilalle ja sen lähiseudulle. (Niemi 2017.)

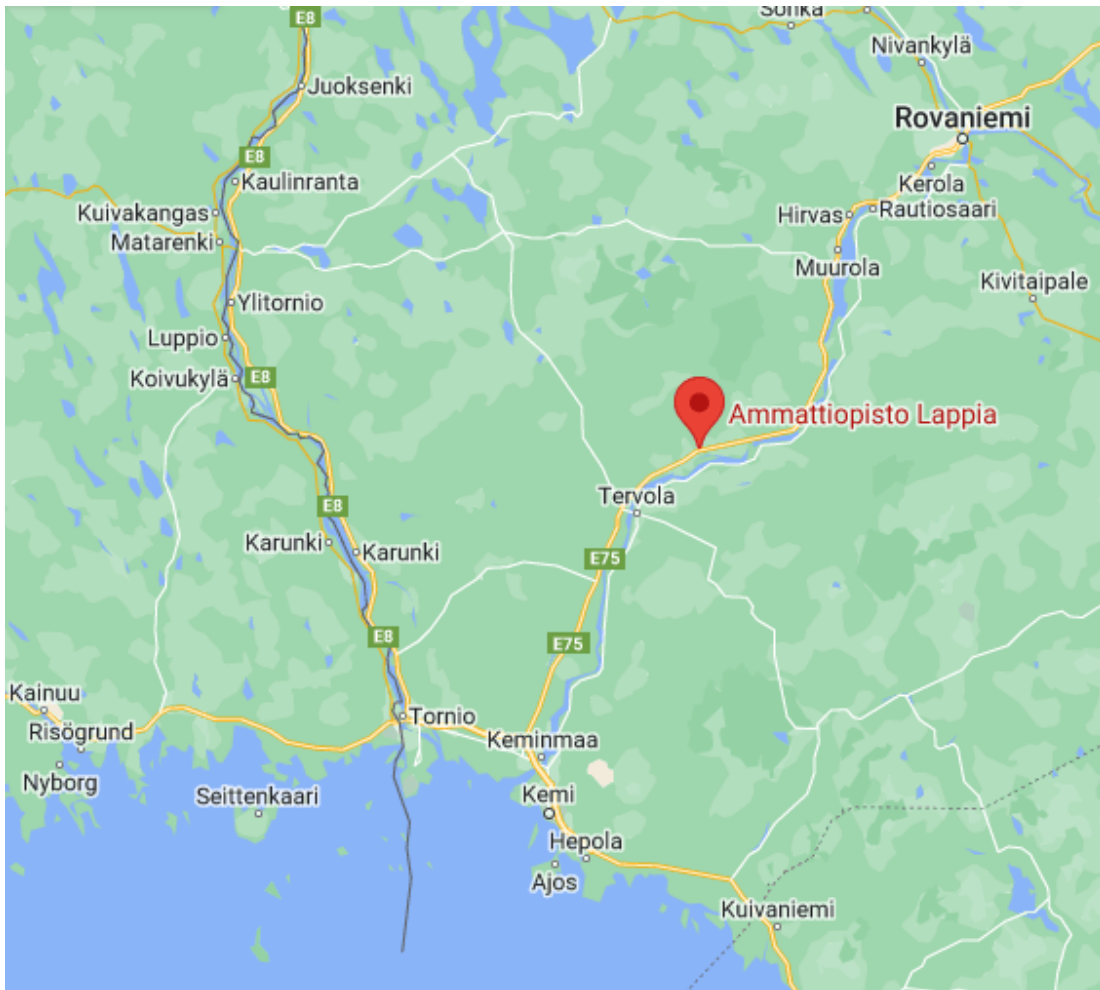
Maatalouden sivuvirtoja käytetään syötteenä myös kahdeksalla isommalla keskitetyllä yhteiskäsittelybiokaasulaitoksella. Näissä mädätetään lannan ohella myös muita biohajoavia jätteitä sekä sivuvirtoja ja laitosten käsittelykapasiteetti voi olla jopa yli 30 000 tn/v. Tällaiset laitokset luokitellaan suuriksi, kun syötteiden käsittelykapasiteetti ylittää 35 000 tn/v. Keskikokoisen biokaasulaitoksen kapasiteetti on 20 000–35 000 tn/v. Keskitetyt laitokset luokitellaankin yleensä jätteenkäsittelylaitoksiksi ja ne saavat tuloistaan noin 80 % porttimaksuista. (Winqvist, Rikkonen & Varho 2018, 14; TEM 2020, 20.) Edellä mainitun kaltaisia laitoksia ovat esimerkiksi Gasum Vehmaa, Jepuan Biokaasu Oy ja Juvan Bioson Oy, joka on useiden maatilojen omistama (Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021b).

Hygienisointi tarkoittaa biokaasureaktoriin menevän syötteen kuumentamista lainsäädännön vaatimalla tavalla, yleensä 70 °C:een lämpötilassa vähintään tunnin ajan partikkelikoon ollessa alle 12 mm. Hygienisointi voidaan tehdä myös mädätyksen jälkeen. Lainsäädäntö vaatii sen maatilan ulkopuolelta tuleville eläinperäisille sivutuotteille, jos niitä käytetään biokaasulaitoksessa raaka-ai-

neena. Hygienisointi voidaan joutua tekemään muillekin syötemateriaaleille, kun biokaasuprosessin lopputuotetta eli mädätysjäännöstä markkinoidaan tilan ulkopuolelle lannoitevalmisteena. Joillekin raaka-aineille riittävä hygienisoituminen tapahtuu termofiilisessa mädätyksessä, jolloin ei tarvita erillistä lämpökäsittelyä. Hygienisoinnin tarkoituksena on turvata lannoitteiden laatu ja samalla ehkäistä vakavien ja helposti tarttuvien eläintautien ja zoonoosien sekä joidenkin kasvintuhoojien leviäminen.

Maatilakokoluokan biokaasulaitoksilla Suomessa hygienisointi ei ole kovin yleistä. Hygienisointilaitteisto on vain muutamalla maatilakohtaisella laitoksella. Kalmarin tila Laukaassa on yksi näistä. Suuremmilla lannoitevalmisteita päätuotteena valmistavilla yhteiskäsittelylaitoksilla hygienisointi on yleisempää.

Toimeksiantajana tässä opinnäytetyössä oli Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian ylläpitämän Ammattiopisto Lappian Louen toimipiste. Louen toimipiste eli Maaseutuyrittäjyyden osaamiskeskus sijaitsee Tervolassa (kuvi 1) Kätkävaarantiellä. Siellä on tällä hetkellä Lapin ainoa biokaasulaitos, joka toimii koulutusmaatilán yhteydessä. Lapissa biokaasulaitoksia on selvästi muuta Suomea vähemmän, Louen laitosta lähin sijaitsee Oulussa. Louen biokaasulaitos on laajentamassa toimintaansa hygienisointikäsittelyllä. Laitoksella on jo hankittuna laitteisto lähes valmiina aloittamaan toimintansa. Louen toimipisteen toimipaikkapäällikkö Jarmo Saariniemi toimi työn toisena ohjaajana.



KUVIO 1. Louen toimipisteen sijainti kartalla (Ammattiopisto Lappia 2022)

Opinnäytetyö sai alkukipinänsä Ammattiopisto Lappian hallinnoimasta hankkeesta nimeltä Maatilat biokaasun tuottajina Lapissa (8/2017–12/2020) ja kyseisen hankkeen projektipäälliköltä Tommi Leppöjärveltä. Hankkeen yksi työpaketti liittyi hygienisointiin ja hygienisointiyksikön merkityksen selvittämiseen.

Työn tavoitteena oli selvittää ja muokata ymmärrettävään muotoon lainsäädännön vaatimukset, jotka liittyvät hygienisointiin maatilalla. Lisäksi toisena tavoitteena oli käydä läpi ympäristölupamenettely, koska Louen biokaasulaitoksen täytyy hakea sellainen uudelleen, kun biokaasulaitoksella aletaan käyttämään tilan ulkopuolisia syötteitä. Kolmantena tavoitteena oli selvittää biokaasualan ja hygienisoinnin tulevaisuuden näkymiä.

Louen laitoksen luvituksen kanssa on ollut ongelmia ja lainsäädäntöä ja lupia selvittämällä saadaan virallista tietoa siitä, mitä hygienisoinnin käyntiin saaminen edellyttää. Tämän työn tarkoituksena

olikin tuottaa toimeksiantajalle selvitys, joka edistää hygienisoinnin käyntiin saamista. Lisäksi tarkoituksena oli tarjota tietoa yleensä aiheesta kiinnostuneille, esimerkiksi Louen laitoksen kanssa samankaltaisessa tilanteessa olevalle, toiminnan laajentamista miettivälle maatilan biokaasulaitokselle.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään hygienisointia osana maatilan biokaasulaitoksen prosessia. Työssä käydään läpi maatilakokoluokan biokaasulaitoksen tuotantoprosessi aina syötteiden valinnasta lopputuotteiden käyttöön. Hygienisoinnista käydään läpi sen biologinen tausta, lainsäädännön vaatimukset sekä siihen liittyvät luvat. Lakiosiossa selvitetään muun muassa hygieniavaatimukset lannalle ja muille maatilakokoluokan biokaasulaitoksen omille syötteille sekä mahdollisille tilan ulkopuolisille lisäsyötteille. Lisäksi tässä työssä kerrotaan hygienisointilaitteista ja käytänteistä, hygienisoinnin hyödyistä ja haasteista sekä lopputuotteen eli hygienisoidun mädätysjäännöksen käyttömahdollisuuksista. Biokaasulaitoksen kokoluokassa pitäydytään pääasiassa maatilamittakaavassa koko työn ajan. Työstä on rajattu ulkopuolelle muun muassa lietemädättämöt ja kaatopaikkakaasun keräyslaitokset, vaikka hygienisointi voi koskea niitäkin. Työssä ei myöskään kerrota hygienisointiyksikön hankintaan saatavilla olevista rahoitusmahdollisuuksista, kuten tuet ja erilaiset hankkeet.

Tietoperustaa eli teoriaosan aineistoa kerättiin kirjallisuusselvityksellä, jossa haettiin tietoa aiheeseen liittyvistä sähköisistä julkaisuista, sekä suomalaisista että kansainvälisistä lähteistä. Aineiston hankinnassa käytettiin myös laadullista tutkimusmenetelmää, missä teoriaosaa täydennettiin puhelinhaastatteluilla, joilla pyrittiin selvittämään tietoperustaan jääneitä epäselviä kohtia ja näin täydentämään kirjallisuuden pohjalta muodostunutta kuvaa aiheesta.

Opinnäytetyön aiheesta ei ole tehty kovin monia julkaisuja, joissa hygienisointi maatilakokoluokan biokaasulaitoksella olisi pääaiheena ja sitä olisi käsitelty monipuolisesti. Varsinkin hygienisointiin liittyvä lainsäädäntö voi olla monimutkaista ja hankala löytää. Tästä syystä kirjallisuuskatsaus aiheeseen ja yhteenveto asiasta nähtiin tarpeellisena. Aiheen avaaminen kehitti myös minua valtavasti ammatillisessa mielessä ja toi toivottavasti hyötyjä työelämään siirryttäessä.

Kansallisella tasolla Marinin hallituksen ohjelmassa vuonna 2019 on tuotu esille biokaasuntuotanto sekä maatalouden biomassat. Ohjelman mukaan Suomelle laadittaisiin muun muassa kansallinen biokaasuohjelma, otettaisiin käyttöön biokaasuntuotannon lisäämiseen tähtääviä tukia, tuettaisiin uusia lannankäsittelytekniikoita sekä järkevöitetäisiin biokaasulaitosten sääntelyä. (TEM 2020, 9.)

Poliittinen ilmapiiri siis luo uskoa maatalojen biokaasulaitosten tulevaisuudelle myös Suomessa, mutta poliittinen päätöksenteko on aina epävarmaa ja lisäksi Suomeen vaikuttaa myös EU:ssa laadittu lainsäädäntö (Winqvist ym. 2018, 13).

Maatalojen biokaasulaitokset voisivatkin olla yhtenä merkittävänä tekijänä ravinteiden kierrättämisessä sekä hajautetussa energiantuotannossa. Myös hygienisointi olisi tässä apuna, koska sen avulla voitaisiin hyötykäyttää biokaasulaitoksissa lannan ja peltobiomassojen lisäksi monia huonosti hyödynnettyjä sivuvirtoja. Näistä voitaisiin tuottaa lämpöä ja sähköä tai liikennepolttoainetta sekä samalla saataisiin ravinnerikasta mädätysjäännöstä, jonka avulla on helpompi lannoittaa kasveja niiden tarpeen mukaisesti ja näin vähentää yllannoitusta kasvintuotannossa. Toki hygienisointiin liittyy haasteitakin, muun muassa kannattavuuden osalta, mutta myös lopputuotteen turvallisuuden lannoitteena riippuen käytetyistä syötteistä.

Suomen maataloilla on kiinnostuttu biokaasun mahdollisuuksista ja useita kymmeniä maatalouden massoihin perustuvia maatilamittakaavan laitoshankkeita onkin vireillä ja osa jo rakenteilla eri puolilla Suomea (Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021). Esimerkkinä edellä mainituista laitoshankkeista Lapissa on Jurvan maatilalle Tervolan Louelle rakenteilla oleva biokaasulaitos. Laitos tulee toimimaan tilan omilla syötteillä ja tulee tuottamaan sähköä ja lämmön tilalle sekä sivutuotteena kuivikkeen, joka separoidaan mädätysjäännöksestä. Laitos on kotimaisen Demecan toimittama kiintomädätyslaitos, reaktorilavuudeltaan 1 000 m³. (Demeca 2021a; Demeca 2021c.) Tila tulee olemaan ensimmäinen yksityinen maatila Lapissa, jonne rakennetaan biokaasulaitos.

Toinen Lappiin suunnitteilla oleva suuri biokaasulaitosinvestointi on Tornioon Jäkälän jätekeskukseen alueelle. Kyse on Business Tornio Oy:n ja Tornion Energia Oy:n alustavasta sopimuksesta laatia biokaasulaitoksen investointisuunnitelma. Laitoksen raaka-aineena olisi biojäte ja mahdollisesti myös jätevesipuhdistamojen lietteet. Laitoksen tuottama biokaasu jalostettaisiin liikennepolttoaineeksi. (Rantamartti 2021.) Tämänkaltaiselle laitokselle tulee myös hygienisointikäsitely.

2 AMMATTIOPISTO LAPPIA, LOUEN TOIMIPISTEEN BIOKAASULAITOS

Ammattiopisto Lappian Louen maatilakohtainen biokaasulaitos (kuvio 2) aloitti toimintansa vuonna 2013. Se tuottaa lämpöä sekä sivutuotteena luomulannoitetta omille pelloille. Lämmön tuotanto aloitettiin 8.4.2014. Biokaasulaitos on rakennettu kokonaan ammattiopiston eri linjojen oppilastyönä. (Saariniemi 2021a.)

Laitos käyttää pääsyötteenä maatalan lietelantaa ja lisäksi pieniä määriä syömäkelvotonta säilörehua ja rehuviljaa. Kyseessä on märkämädätyslaitos, jonka reaktori on täyssekoitteinen ja jatkuva-toiminen ja osittain upotettu maan alle. Prosessi on mesofiilinen eli reaktorin lämpötila pidetään 37 °C:ssa kolmella eri puolilla reaktoria olevalla lämmityspiirillä. Laitoksella on myös jälkikaasureaktori, jonka yläosassa katteen alla on kaasun varastointitilaa. Jälkikaasullasta lämmitetään myös kiertovesilämmityksen avulla seinillä olevilla putkilla. Jälkikaasureaktorissa on kaksi sekoitinta ja se on reaktorin tavoin upotettu osittain maahan ja eristetty styroksilla. (Saariniemi 2021a.)



KUVIO 2. Ammattiopisto Lappian Louen toimipisteen biokaasulaitos, taakse jää muun muassa jälkikaasullas (Ervasti, Tampio & Pyykkönen 2021, 5)

Rikkivedyn poistaminen biokaasusta tapahtuu lisäämällä reaktorin ja jälkikaasureaktorin kaasutilaan ilmaa akvaariopumpulla. Tarvittava ilmamäärä saadaan sen ollessa päällä 1,5 minuuttia joka tunti. Reaktorin puurakenteissa elävät bakteerit hapettavat rikkivedyn alkuainerikiksi, se saostuu ja

tippuu alas mädätteeseen. Biokaasun kuivaus tapahtuu putkissa, jolloin lämpimässä kaasussa oleva vesihöyry tiivistyy viileämmän putken pinnalle pisaroiksi ja valuu pois kaasusta, koska putket ovat hieman vinossa alaspäin. Vesi johdetaan kondenssivesikaivoihin (ks. kuvio 17) ja siitä imeytyskaivoon, josta se palautuu luonnonojoaan. Veden on todennettu olevan puhdasta ojaan lasketta- vaksi. Biokaasusta tuotetaan lämpöä puhdistamisen ja kuivauksen jälkeen ohjaamalla kaasuseos kahdelle 90 kW:n kaasukattilalle (ks. kuvio 13), jotka lämmittävät biokaasulaitoksen kiertovesijär- jelmää. Lämpö hyödynnetään biokaasulaitoksella, navetassa, kasvihuoneella sekä oppilaitok- sen tilojen lämmittämiseen. (Saariniemi 2021a.)

Sivutuotteena prosessista saadaan mädätysjäännöstä, joka käytetään lannoitteena maatilan 160 hehtaarin luomupelloille. Mädätysjäännös varastoidaan suuressa, 1600 m³:n säiliössä (ks. kuvio 18). Mädätysjäännöstä käyttämällä on huomattu pelloilla selvää rikkakasvien vähentymistä verrat- tuna käsittelemättömän lietteen käyttöön. (Saariniemi 2021a.)

Louen biokaasulaitoksella ollaan laajentamassa toimintaa hygienisointiyksikön käyttöönotolla. Sa- malla syötteitä monipuolistetaan, kun aletaan ottaa tilan ulkopuolisia jakeita hygienisointikäsitteilyn kautta mädätykseen. Syötteistä on tarkoitus kerätä porttimaksuja (Saariniemi 2021b). Lähialueelta tulevia mahdollisia syötteitä ovat ainakin leipomoiden ja huoltoasemien rasva- ja biojätteet sekä elintarviketeollisuuden erilaiset sivutuotteet, kuten eläinperäinen biojäte, rasvajäte ja teurasjäte. Mahdollisia lisäsyötteitä ovat myös kalanperkausjäte ja hoitokalastussaalit. (Saariniemi 2021c.) Lisäksi Louen toimipisteessä tuotantotiloja pitävältä Meän Liha Oy:ltä tulee sivutuotteena rasvaa noin 200 kg viikossa sekä luita, jotka tällä hetkellä menevät koiran ruoaksi (Saariniemi 2021d).

Tulevaisuudessa visiona on myös sähkön tuottaminen (CHP), liikennepolttoaineen jalostaminen, sen tankkauspiste sekä biometaanilla toimiva traktori. Mädätysjäännöksestä voitaisiin valmistaa jossain vaiheessa lannoitteita kuivaamalla, pelletöimällä ja pussittamalla kauppaan myyntiin (Saa- riniemi 2021b). Lisäksi mädätysjäännöksen separointia eläinten kuivikkeeksi on mietitty. (Saari- niemi 2021a.)

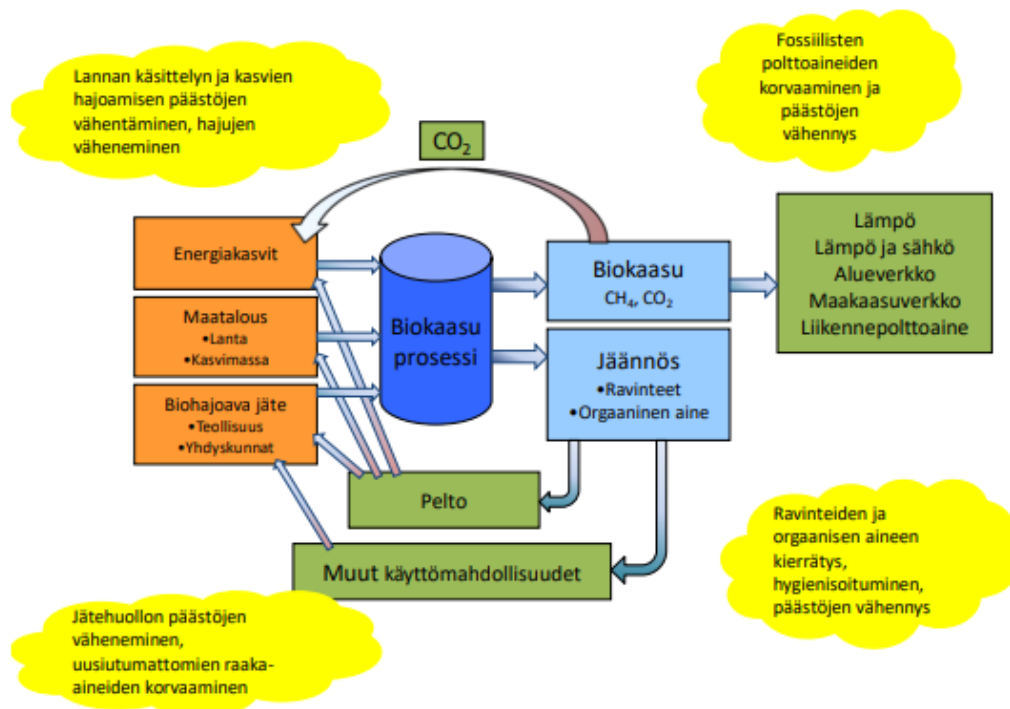
Louen toimipisteen toimintaan on tulossa lähivuosina suuria muutoksia. Syksyllä 2022 pohjoissuo- menkarjan geenipankin on määrä siirtyä Pelson vankilalta Louen opetusmaatilalle. Tällöin Louella siirrytään pääosin suurituottoisesta valtarotujen karjasta vähemmän maitoa tuottavaan pohjoissuo- menkarjaan. Nykyinen navetta remontoidaan ennen muuttoa. Suuren muutoksen tuo lisäksi Pelson suomen- ja kainuunharmaslampaiden tulo Louelle, jossa ei ole ollut lampaita vuosikausiin. Suuren

lampolan rakentaminen yli 270 eläimelle on myös alkanut. Uuden karjan siirtyessä Louelle koko tila siirtyy samalla luomutuotantoon. (Saariniemi 2021a.)

3 MAATILAN BIOKAASULAITOKSEN TUOTANTOPROSESSI

Biokaasulaitoksen avulla maatilalla voidaan kierrättää tilalla muodostuva lanta ja sivutuotteet. Lisäksi voidaan kierrättää maatilan ulkopuolisia jätteitä (kuvio 3). Niistä voidaan tuottaa energiaa ja samalla tehostaa maatilan päästöjen hallintaa kierrättämällä ravinteita sekä lisätä sen energiaomavaraisuutta ja vähentää hajuhaittoja. Biokaasulaitos vähentääkin kasvihuonekaasuja ja siten ilmastot lämpenemistä kahdella tavalla: varastoi syötteistä hallitsemattomasti muodostuvan metaanin, jolloin se ei pääse ilmakehään, sekä toisaalta tuottaa fossiilisia polttoaineita korvaavaa uusiutuvaa energiaa (Latvala 2009, 3).

Tuotettu biokaasu on arvokas polttoaine ja sitä voidaan käyttää maatilalla lämmöntuotantoon, yhdistettyyn lämmön- ja sähköntuotantoon, jalostettuna liikennepolttoaineeksi tai maakaasuverkkoon syötettävänä kaasuna (kuvio 3). Biokaasuprosessista jäljelle jäävässä mädätysjäännöksessä on tallella kaikki mädätyskäyttöön syötetyn materiaalin ravinteet ja se on täten arvokasta lannoitus- ja maanparannusainetta, jota voidaan käyttää jatkojalostamalla moneen tarpeeseen. (Motiva Oy 2013, 13, 18.)



KUVIO 3. Biokaasuprosessin suljettu kierto ja ympäristönäkökulmat (Marttinen ym. 2015, 26)

3.1 Syötteiden valinta

Kun maatilalla aletaan suunnittelemaan biokaasulaitoksen hankkimista, kannattaa alkuvaiheessa miettiä, mitä syötteitä laitoksessa tullaan käyttämään ja mitä käyttövaihtoehtoja on mädätysjäännöksellä. Syötteiden valinnalla on vaikutusta laitoksen teknisiin ominaisuuksiin ja laitoksen prosesseihin. Jos käytetään vain oman tilan syötteitä ja mädätysjäännöksen loppukäyttö on oman tilan piirissä, laitoksen rakentaminen on paljon helpompaa. Laitos vaatii tällöin vähemmän byrokratiaa, on teknisiltä ominaisuuksiltaan yksinkertaisempi ja myös lopputuotteen hygieniavaatimukset on helpompi toteuttaa. (Posio 2018.)

Maatiloilla hyvää ainesta biokaasun tuotantoon ovat lanta ja peltobiomassat. Jos saatavilla on esimerkiksi biojätteitä ja elintarviketeollisuuden jätteitä, ne ovat myös erinomaista biokaasun raaka-ainetta. Erilaisten kokeiden ja testien perusteella on huomattu viljan jauhon ja glyserolin olevan erityisen hyviä syötteitä biokaasulaitokseen, myös kipsin ja tuhkan lisäämisen on havaittu vaikuttavan hyödyllisesti prosessiin (Teinilä 2018). Kaikki orgaaninen aines on mahdollista mädättää, mutta parhaiten tekniikka soveltuu luonnostaankin melko nopeasti hajoavalle materiaalille. Etenkin paljon kuitua ja ligniiniä sisältävä aines, kuten puu ja olki, soveltuvat mädätykseen huonosti. Tämä johtuu niiden hitaasta hajoamisesta. (Motiva 2013, 2, 8; Michelson 2018.)

Syötemateriaalissa hiilen ja typen suhde (C/N) on oleellinen asia, jotta mädättäjäbakteerit voivat toimia parhaiten. Jos mädätetään vain kasvituotteita, käy usein niin, että hiiltä on liikaa ja osa materiaalin biokaasun tuotantopotentiaalista jää hyödyntämättä. Jos taas mädätetään vain hyvin typipitoisia substraatteja, kuten kanan- tai sianlantaa, saattaa muodostua liikaa tiettyjä välituotteita, esimerkiksi ammoniakkia ja ammoniumtyyppiä, jolloin koko biokaasun tuotantoprosessi voi inhiboitua. Hiilen ja typen suhde syötteessä tulisi olla noin 20:1 eli hiiltä tulisi olla noin 20 kertaa enemmän kuin tyyppiä. Optimaalinen syötemateriaalien valinta parantaa C/N-suhteen lisäksi materiaalin alkaliniteettia mahdollistaen prosessin tehokkaamman toiminnan ja sitä kautta korkeamman biokaasun tuotannon. (Luste, Seppäläinen & Soininen 2013; Motiva 2013, 6, 7.)

Riippuu käytettävän raaka-aineen koostumuksesta, kuinka suurta on biokaasun tuotanto eli tuotetun metaanin määrä. Paljon rasvaa sisältävä materiaali, kuten teuras- ja biojäte, tuottavat korkeamman metaanipitoisuuden kuin paljon hiilihydraatteja sisältävä peltobiomassa (kuvio 4). (Luste ym. 2013; Motiva 2013, 10.)

Materiaali	Biokaasuntuotanto m ³ / tonnia märkäpaino	Kaasun metaani- pitoisuus %
Teurasjäte	250	70
Biojäte	150-250	65
Peltobiomassa	50-250	55
Sianlanta	25-35	65
Naudanlanta	15-25	60

KUVIO 4. Metaanipitoisuus ja kaasun saanti muutamista syötteistä (Motiva 2013, 10)

Korkeampi metaanipitoisuus tarkoittaa korkeampaa kaasun lämpöarvoa. Parhaiten biokaasua tuotava aines sisältää vähän vettä (vrt. lietelanta) ja paljon helposti hajoavaa orgaanista materiaalia. Siispä vain lietelannan mädättämisellä ei päästä yhtä korkeaan biokaasun tuotantoon kuin lietelannan ja jonkin energiapitoisemman materiaalin yhteismädätyksellä. Yhteismädätyksellä voidaan myös vähentää prosessia haittaavien välituotteiden riskejä. (Luste ym. 2013; Motiva 2013, 10.)

Ulkomailla, esimerkiksi Saksassa, on yleistä mädättää pelkkiä energiakasveja, kuten olkea. Tästä voi seurata pulaa hivenaineista. Tällöin joudutaan lisäämään metallisuoloja mädätyssäiliöön syötettävään kasvimassaan, jotta vältetään biokaasun muodostumisen väheneminen. Esimerkiksi rautasuoloja käytettäessä rauta sitoo itseensä rikkiä, jolloin rikkivedyn määrä kaasussa pienenee. Haittana on mädätysjäännöksen fosforin muuttuminen kasveille vähemmän käyttökelpoiseksi, koska se on sitoutuneena rautaan. Kun mädätetään pääasiassa eläinlannasta muodostuvaa materiaalia, hivenaineista ei tule pulaa, koska eläinlannassa on niitä yleensä jäljellä riittävästi. Tällaiset biokaasulaitokset toimivat myös hyvin hiilen ja typen suhdealueen ulkopuolella. (Motiva 2013, 7.)

Jotkin aineet voivat jo pieninä pitoisuuksina vaikuttaa haitallisesti biokaasun muodostumisprosessiin. Tällaisia ovat erityisesti antibiootit, jotka voivat vaikuttaa varsinkin maitotilalla. Myös desinfiointiaineet, kasvimyrryt, suolat ja raskasmetallit voivat haitata prosessia. Syötemateriaalin valinnassa tulisi kiinnittää tähän huomiota. (Motiva 2013, 7.)

3.2 Syötteiden varastointi ja esikäsittely

Maatilan biokaasulaitoksessa käytettävien syötteiden esikäsittelyn tarve ja vaatimukset riippuvat käytettävästä materiaalista. Helpoimmillaan esikäsittely on vain sekoittaminen ja siirto reaktoriin,

kun taas joissakin tapauksissa on tarpeen myös syötteen partikkelikoon pienentäminen sekä kuumentaminen. (Luostarinen & Jaakkola 2015, 48.)

Tiloilla liete kerätään useasti esisäiliöön, josta se johdetaan varsinaiseen biokaasuprosessiin. Ennen mädätyssäiliöön pumpaamista lantaa sekoitetaan tasalaatuisuuden varmistamiseksi, koska varsinkin naudanlanta kuorettuu helposti. Kiinteän biomassan lisääminen prosessiin voidaan tehdä joko sekoittamalla lanta ja biomassa keskenään omassa sekoitussäiliössä, josta materiaali sitten pumpataan reaktoriin, tai biomassa voidaan vaihtoehtoisesti siirtää siirtoruuvien (kuvio 5) avulla suoraan reaktoriin. Ennen lantaan sekoittamista kasvibiomassan palakokoa yleensä pienennetään. (Motiva 2013, 16; Luostarinen & Jaakkola 2015, 48.)

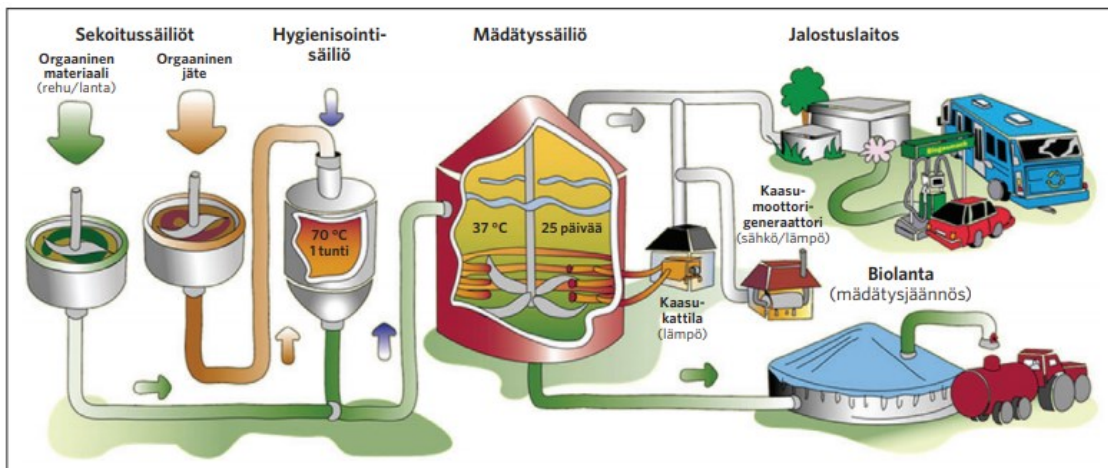


KUVIO 5. Biomassan hienontaminen ja kuljettaminen ruuvitekniikalla (Luostarinen & Jaakkola 2015, 49)

Joidenkin syötteiden esikäsittelynä ovat tarpeellisia erilaiset fysikaaliset silppuamiset, murskaamiset ja hienontamiset (kuvio 5). Nämä ovat keinoja edistää biomassojen hajoamista, ja tätä kautta parantaa kaasuntuotantoa sekä taudinaiheuttajien tuhoutumista. Syötteen palakoon pienentyessä hajottavat pieneliöt saavuttavat materiaaliin paremmin. Syötteen pienentäminen myös varmistaa laitoksen teknisen toimivuuden ja joidenkin syötteiden kohdalla mahdollistaa reaktoriin syötön. (Arkima 2015, 45; Luostarinen & Jaakkola 2015, 48.)

Lietelanta voidaan halutessa separoida erilaisilla laitteilla neste- ja kuivajakeeseen edullisemman ravinnepinnoituksen saamiseksi jo tässä vaiheessa biokaasuprosessia. Tämä lisää lannan hyödynnettävyyttä. Separoitua kuivajaetta voidaan käyttää reaktorissa syötteenä tehostamaan tuotantoa ja nestejake voidaan käyttää sellaisenaan peltoon. (Arkima 2015, 58; Jääskeläinen 2020.) Kuivajaetta voidaan käyttää myös eläinten kuivikkeena.

Mikäli biokaasulaitoksessa käytetään syötteinä sivutuoteluokan 3 eläinperäisiä sivutuotteita (ks. liite 2), vaaditaan esikäsitteilyksi **hygienisointi** sivutuotelainsäädännön mukaisesti. Suomessa Ruokavirasto eli entinen Elintarviketurvallisuusvirasto Evira ohjeistaa ja valvoo tämän toteutumista. Hygienisointi voi olla tarpeen myös muille syönteille, jos laitoksen prosessi on mesofiilinen, varsinkin laitoksen markkinoidessa tai luovuttaessa lannoitevalmisteita maatalan ulkopuolelle. Joissakin tapauksissa termofiilinen mädätys on riittävä (kts. luku 6). Hygienisointi tapahtuu lämmittämällä materiaalia erillisessä hygienisointisäiliössä 70 °C:ssa vähintään tunnin ajan palakoon ollessa alle 12 millimetriä (kuvio 6). Ennen hygienisointia materiaali sekoitetaan ja murskataan vaadittuun palakoon. (Komission asetus (EU) N:o 142/2011 liite V luku II jakso 1.) Hygienisointisäiliöön orgaaninen jäte syötetään omasta sekoitussäiliöstä, joka toimii myös syönten varastona. Hygienisoinnin jälkeen materiaali voidaan syöttää mädätysäiliöön.



KUVIO 6. Esimerkki maatalan biokaasulaitoksen tuotantoprosessista (Motiva 2013, 15)

Esikäsitteilyksi vaaditaan painesterilointi, mikäli biokaasulaitoksessa käytetään syöntenä sivutuoteluokkaan 2 kuuluvia eläinperäisiä tuotteita (ks. liite 2). Painesteriloinnissa materiaali kuumennetaan keskeytyksettä 133 °C:ssa 3 barin paineessa vähintään 20 minuutin ajan palakoon ollessa alle 50 millimetriä. Sterilointi tehdään omassa säiliössä ja materiaali hienonnetaan vaadittuun palakoon ennen sitä. Se voidaan tehdä joko panos- tai jatkuvatoimisena prosessina. (Komission asetus (EU) N:o 142/2011 liite IV luku III, liite V luku I.) Prosessin jälkeen syönte voidaan siirtää biokaasureaktoriin. Suomessa ehkä kahdella biokaasulaitoksella on laitteet painesterilointiin (Kalmari 2021a), joten se ei ole kovin yleistä.

Varsinkin erilliskerätty biojäte voi sisältää epäpuhtauksia, jotka tulee poistaa esikäsittelyn aikana mahdollisimman hyvin ennen syötteen lisäämistä reaktoriin. Epäpuhtauksia ovat esimerkiksi roskat, muovi, lasi, kivet, hiekka ja metallit. (Arkima 2015, 45; Luostarinen & Jaakkola 2015, 51.) Biokaasulaitoksella täytyy lähes aina olla jonkinlainen ratkaisu epäpuhtauksien poistoon, mutta laitos voi raaka-aineiden toimittajia valitsemalla vaikuttaa siihen, kuinka järeät laitteet tarvitaan (Pokka 2021a).

Vaikka edellä on esitetty yleisimpiä syötteiden esikäsittelyvaatimuksia, kannattaa biokaasulaitoksen suunnitteluvaiheessa kuitenkin selvittää vielä laitoskohtaisesti hyväksytyt käsittelymenetelmät sekä lopputuotteen käyttövaihtoehdot (Motiva 2013, 9).

3.3 Biokaasun muodostuminen

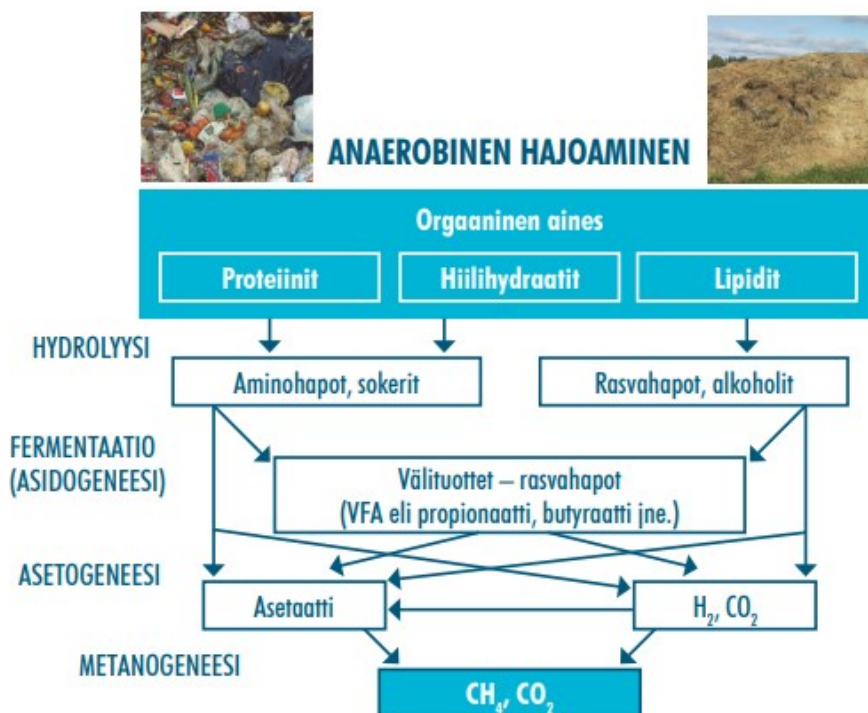
Syötteiden esikäsittelyn jälkeen ne syötetään biokaasureaktoriin eli mädätysssäiliöön, jossa varsinainen mädätys ja biokaasun muodostuminen tapahtuvat. Biokaasua syntyy, kun bakteerit hajottavat biomassaa anaerobisessa eli hapettomassa ympäristössä. Toisin sanoen tapahtuu mätänemistä eli biokaasua syntyy biologisen hajoamisprosessin tuloksena. Samanaikaisesti syntyy myös lämpöä, jota prosessin ylläpitämiseen tarvitaan. Hapettomuus on keskeisessä osassa, mikäli orgaanista materiaalia halutaan muuttaa poltettavaksi kaasuseokseksi, koska arkkeliöihin kuuluvat metaania muodostavat bakteerit eivät siedä happea. Jos happea on läsnä, biologinen hajoaminen tapahtuu kompostoitumisen kautta. Muodostuvasta biokaasusta noin 50–75 % on metaania ja noin 25–50 % on hiilidioksidia. Lisäksi siinä on jonkin verran pieniä määriä muun muassa vesihöyryä, rikkivetyä ja typpeä (kuvio 7). Se mitä kaasuja ja missä määrin biokaasu sisältää, riippuu käytetyistä syötteistä sekä biokaasulaitoksen teknisistä ratkaisuista. (Motiva 2013, 2–4; Mulari & Viitasalo 2020, 7.)

Aine	%
Metaani, CH ₄	55-75
Hiilidioksidi, CO ₂	25-45
Hiilimonoksidi, CO	0-0,3
Typpi, N ₂	1-5
Vety, H ₂	0-3
Rikkivety, H ₂ S	0,1-0,5

KUVIO 7. Biokaasun keskimääräinen koostumus (Motiva 2013, 3)

Metaania muodostuu useiden vaiheiden ja välituotteiden kautta, kun osa biomassan sisältämää kuiva-ainetta hajoaa. Biokaasun muodostuminen voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen: liukoistuminen (hydrolyysi), happokäyminen (asidogeneesi), etikkahappokäyminen (asetogeneesi) ja metaanikäyminen (metanogeneesi). (Motiva 2013, 4; Michelson 2018.)

Hydrolyysi on usein kiinteän orgaanisen aineksen hajottamisen hitain vaihe sekä samalla prosessia rajoittava vaihe. Kussakin metaanin tuotantovaiheessa toimivat eri pieneliöryhmät, joiden erittämien solun ulkoisten entsyymien avulla pilkkoutuminen tapahtuu. Pieneliöt työskentelevät yhdessä ja ovat osittain toisistaan riippuvaisia. Kun edellinen hajoamisvaihe päättyy, sen tuotteet ovat seuraavan vaiheen syötteitä. Jokaisessa vaiheessa mädätettävä aine pilkkoutuu ja liukenee veteen aina yksinkertaisemmiksi yhdisteiksi. Esimerkiksi rasvat (lipidit) pilkkoutuvat eri vaiheiden kautta aina yksinkertaisimmiksi rasvahapoiksi ja lopulta etikkahapoksi, josta metaani (biokaasu) syntyy yhdessä kaasumaisen vedyn (H_2) ja hiilidioksidin (CO_2) kanssa (kuvio 8). Hyvin toimivassa hajoamisprosessissa kaikki vaiheet tapahtuvat reaktorissa tasapainoisesti. (Luste ym. 2013; Motiva 2013, 4; Kymäläinen 2015, 60-61.)



KUVIO 8. Biokaasun muodostuminen vaiheittain anaerobisessa hajoamisessa (Kymäläinen 2015, 60)

Biokaasun muodostumisprosessit voidaan jakaa psykro-, meso- ja termofiiliseksi sen mukaan, millä lämpötilavälillä ne tapahtuvat (kuvio 9). Mitä korkeampi on lämpötila, sitä nopeampia ovat kemialliset ja biologiset reaktiot. Psykrofiilinen metaania muodostava prosessi tapahtuu alle 25 °C:ssa. Tällaisen prosessin metaanintuotto on sekä hidasta että vähäistä ja tätä tapahtuukin tavallisesti luonnossa esimerkiksi soilla. (Motiva 2013, 5, 6.) Psykrofiilista prosessia ei käytetä biokaasuntuotannossa edellä mainituista syistä.

Mesofiilinen prosessi puolestaan toimii lämpötilavälillä 32–42 °C. Tämä on sama kuin kotieläinten ruoansulatuskanavan bakteereiden toimintalämpötila ja näin ollen mesofiilisten prosessien kaasunmuodostus on hyvä ja prosessi on helppo pitää vakaana. Tästä syystä useimmat biokaasulaitokset toimivatkin tällä lämpötilavälillä. Termofiilinen biokaasuprosessi taas tapahtuu lämpötilavälillä 50–60 °C. Tässä prosessissa materiaalin hajoaminen vie vain puolesta kahteen kolmasosaan siitä ajasta, joka kuluu mesofiilisessä prosessissa. Myös hygienisoituminen on tehokkaampaa korkeamman lämpötilan ansiosta. Haittapuolena on kuitenkin termofiilisen prosessin herkkyyys häiriöille sekä suurempi energiankulutus. (Motiva 2013, 5, 6.)

MESOFIILINEN

- Lämpötilaväli 32-42 °C
- Hyvä kaasunmuodostus
- Prosessi helppo pitää vakaana
- Kestää helpommin häiriöitä
- Alhaisempi energiankulutus

TERMOFIILINEN

- Lämpötilaväli 50-60 °C
- Nopeampi materiaalien hajoaminen
- Tehokkaampi hygienisoituminen
- Herkkä häiriöille
- Suurempi energiankulutus (lämmitystarve)

KUVIO 9. Meso- ja termofiilisen prosessin vertailu

Biokaasua voidaan siis tuottaa melko laajalla lämpötila-alueella, mutta lämpötilaa tärkeämpi tekijä on sen tasaisuus. Prosessin lämpötila saisi vaihdella korkeintaan kaksi astetta puoleen ja toiseen, mielellään vaihtelu tulisi pitää puolessa asteessa. (Kymäläinen 2015, 64.)

Muodostunut biokaasu voidaan varastoida reaktorin ja jälkikaasualtaan päällä olevissa varastokuvissa (ks. kuvio 12). Kaasuvarastona toimiva tila on alemman kalvon alla. Ylempi kalvo toimii sääsuojana ja se pidetään muodossa yleensä heikon ylipaineen avulla. (Motiva 2013, 15.)

3.4 Mädättäminen ja biokaasuprosessit

On olemassa monia erilaisia biokaasun tuotantojärjestelmiä, yksinkertaisempia sekä tekniikaltaan kehittyneempiä. Maatilojen biokaasuprosessien tekniikat eroavat toisistaan syöttötavan ja prosessin kuiva-ainepitoisuuden osalta. Syöttötapa voi olla jatkuva tai panosluonteinen ja prosessi puolestaan märkä tai kuiva. (Luostarinen 2015, 82.)

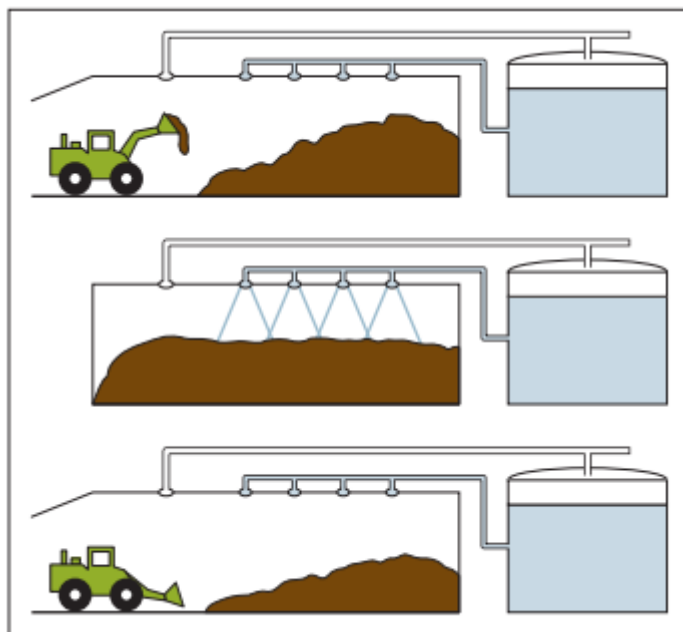
Suomessa maatilojen biokaasulaitokset ovat yleensä märkämädätyslaitoksia, joissa reaktori on täyssekoitteinen ja jatkuvatoiminen (kuvio 10). Märkämädätyslaitoksissa syötteen tulee olla pumpattavaa toimivuuden varmistamiseksi. Reaktorin sisällä olevan massan kuiva-ainepitoisuus on korkeintaan 15 %. Tällaisissa laitoksissa käytetäänkin pääasiassa lietemäisiä syötemateriaaleja, mutta prosessiin voidaan lisätä myös kuivia materiaaleja, kunhan kuiva-ainepitoisuus ei nouse liian korkeaksi. Mädätysvälikamion sisällön mekaaninen sekoittaminen varmistaa myös tehokkaan biokaasuntuotannon (ks. kuvio 12). Jos sekoitusta ei tehdä sopivasti, materiaali kerrostuu ja pohjalle muodostuu saostumia. Prosessin ollessa jatkuvatoiminen syötettä pumpataan säännöllisesti reaktoriin ja myös poistetaan tietyn väliajoin. Tällöin saadaan jatkuva ja mahdollisimman tasainen biokaasun tuotto. (Motiva 2013, 12–13, 15, 17; Luostarinen 2015, 82–83.)



KUVIO 10. Ammattiopisto Lappian Louen biokaasulaitos esimerkkinä märkämädätyslaitoksesta, kuvassa reaktori (Kuva: Elisa Lääkkölä)

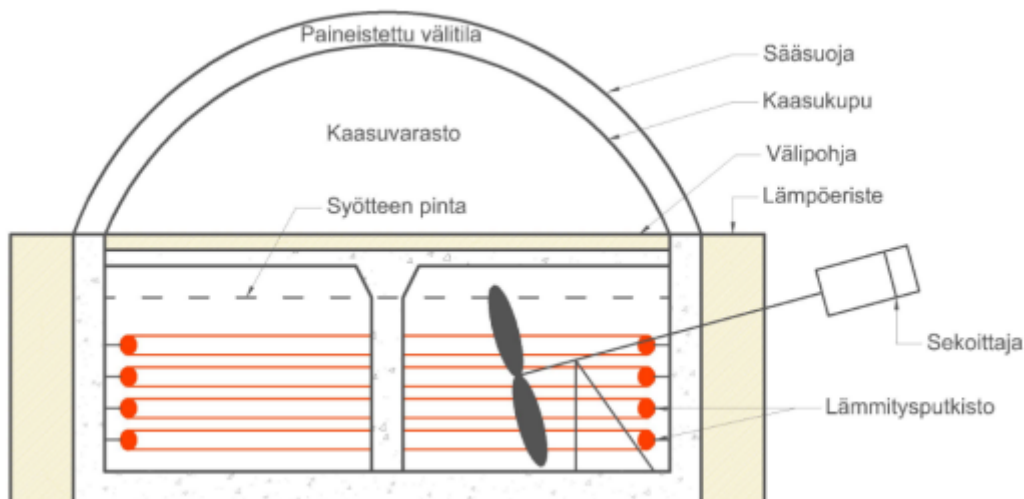
Kuivämädätyslaitoksissa puolestaan on tavallista käyttää panosperiaatetta, mutta on olemassa myös jatkuvatoimisia kuivaprosesseja. Panosperiaatteella biokaasun tuotanto tapahtuu vaiheittain. Mädätyskäiliö täytetään, suljetaan, mädätetään haluttu aika ja tyhjennetään. Kaasuntuotanto vaihtelee panosperiaatteella siten, että se nousee vähitellen huippuunsa, jonka jälkeen se vähitellen hiipuu ja lopulta lakkaa. Jos käytetään useampaa rinnakkaista reaktoria, jotka täytetään ja tyhjennetään eri aikoina, voidaan saada myös panosperiaatteella toimivassa järjestelmässä tasainen kaasuntuotanto. (Motiva 2013, 16; Luostarinen 2015, 87.)

Kuivämädätysprosessi on nimestään huolimatta myös riippuvainen vedestä. Siinä käytetään kiinteitä eli kuivia ja kasassa pysyviä materiaaleja, joiden kuiva-ainepitoisuus on noin 20–40 %. Laitos eroaa hieman märkämädätyslaitoksesta. Yleisimmin käytetään autotallityyppistä ilmatiivistä mädätyskammiota, jossa mädätettävän materiaalin päälle pumpataan kierrätettävää nestettä katossa sijaitsevasta suihkusukappaleesta. Neste suodattuu hitaasti syötekerroksen läpi, jonka jälkeen se kootaan ja pumpataan takaisin materiaalin päälle (kuvio 11). Mädätyskäiliössä on myös lämmitysjärjestelmä. Kuivämädätyksessä on omat haasteensa ja se vaatii pidemmän viipymän kuin märkämädätys. On olemassa myös laitoksia, jotka yhdistävät kuiva- ja märkämädätyksen periaatteita eli ovat eräänlainen välimuoto. (Motiva 2013, 17; Luostarinen 2015, 83.)



KUVIO 11. Esimerkkikuva kuivämädätysprosessista (Motiva 2013, 17)

Biokaasun tuotannon aikana syntyy hyvin vähän lämpöä. Vain noin 3–5 % eloperäisen aineen energiasisällöstä muuttuu elintoimintojen kautta lämmöksi. Siksi Suomen ilmasto-oloissa mädätys-säiliöiden tulee olla sekä hyvin eristettyjä että lämmitettyjä (kuvio 12). Lämmitys tapahtuu usein hyödyntämällä laitoksen itse tuottamaa lämpöenergiaa, josta kuluukin merkittävä osa reaktoriin menevän syötteen lämmittämiseen sekä reaktorin lämpöhävikin kattamiseen eli pelkästään prosessin ylläpitämiseen. Kierrättämällä lämpöä lämmönvaihdinten avulla voidaan vähentää lämmitykseen tarvittavaa energiaa. Lämmön kierrättämiseen on monia vaihtoehtoja, mutta sitä voidaan esimerkiksi ottaa prosessista poistettavasta mädätysjäännöksestä lämmittämään joko syötettä tai reaktoria tai molempia. Reaktorin lämmitys tapahtuu kuumen veden avulla, joka kiertää lämminvesiputkissa reaktorin vaipassa tai reaktorin seinämällä (kuvio 12). Tällöin saadaan biokaasuprosessi pysymään vakaana, jolloin biokaasua muodostavat bakteerit voivat toimia optimaalisesti ja tapahtuu haluttua nopeaa hajoamista ja kaasuntuotantoa. (Motiva 2013, 5, 24; Luostarinen 2015, 84.)



KUVIO 12. Täyssekoittaisen reaktorin poikkileikkaus (Haverinen 2014, 16)

Lannan viipymäaika reaktorissa on noin kuukauden, 20–30 vrk. Tällöin lietteeseen on yleensä sekoitettu jonkin verran kasvibiomassaa. Energiakasvit vaativat jopa 80–120 vrk viipymäajan hajoamiseen kunnolla. Biojätteiden viipymä on yleensä tältä väliltä. Viipymäaika riippuu siis syötteen hajoamisnopeudesta, mutta myös reaktorin koosta. Panosperiaatteella toimivassa laitoksessa viipymäaika on helppo määrittää yksiselitteisesti. (Motiva 2013, 11, 16; Michelson 2018.)

Yleensä mädätys-säiliön pH-arvo on 7–8 prosessin toimiessa normaalisti, usein kuitenkin yli 7,5. Erilaiset bakteerit viihtyvät parhaiten neutraaleissa olosuhteissa, jolloin pH on noin 6,6–7,5. Siispä

syötemateriaalin pH:n nousu mädättäessä hidastaa bakteerien ja taudinaiheuttajien kasvua. (Motiva 2013, 6; Arkima 2015, 45.)

3.5 Kaasun puhdistus, kuivaus ja käyttökohteet

Muodostunutta biokaasua voidaan käyttää puhdistuksen ja kuivauksen jälkeen lämmöntuotantoon tai lämmön ja sähkön yhteistuotantoon eli CHP-tuotantoon. Jalostamisen jälkeen biokaasua kutsutaan biometaaniksi ja sitä voidaan käyttää liikennepolttoaineena tai syöttää maakaasuverkkoon.

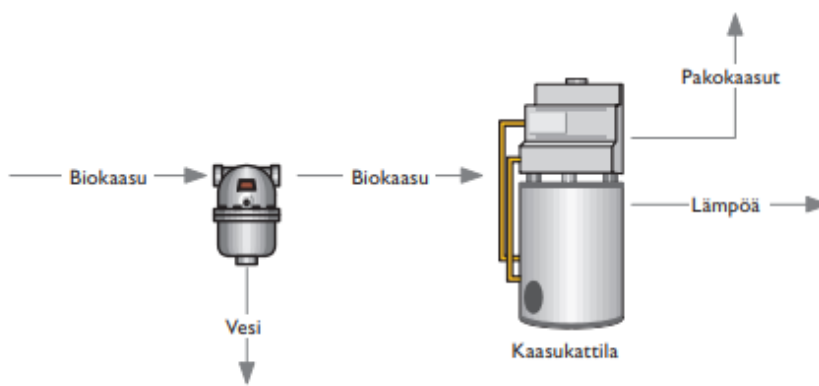
3.5.1 Biokaasun käyttö lämmön- ja sähköntuotantoon

Biokaasua voidaan käyttää kaasukattiloissa (kuvio 13) lämmöntuotantoon. Ennen tätä biokaasua on kuitenkin yleensä puhdistettava eli sen rikkivetytypitoisuutta on alennettava. Rikkivety muodostaa yhdessä biometaanin sisältämän vesihöyryn kanssa rikkihappoa, joka syövyttää moottoreita ja kaasukattiloita ja lyhentää näin niiden käyttöikää. Rikkivedyn vähentäminen voi tapahtua lisäämällä biokaasuun noin 1–3 % ilmaa. Tätä kutsutaan biologiseksi rikinpoistoksi. Ilmaa lisääessä esimerkiksi mädätys säiliöön tai kaasuvaraan luonnostaan lannassa ja muissa syötteissä oleva *Sulfobacter oxydans* -bakteeri pääsee hapettamaan rikkivedyn alkuaineriksi. Rikin poistoon voi olla myös erillinen säiliö. (Motiva 2013, 3, 11; Mulari & Viitasalo 2020, 10.)



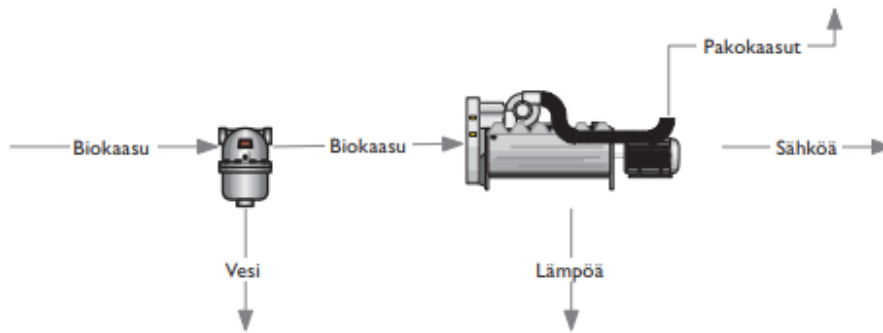
KUVIO 13. Ammattiopisto Lappian Louen biokaasulaitoksen 90 kW:n kaasukattilat (Kuva: Elisa Lääkkölä)

Biokaasun edullisin ja yksinkertaisin hyödyntämistapa on tuottaa siitä lämpöä lämmityskattilassa. Ennen käyttöä biokaasu kuivataan poistamalla siitä vesihöyry (kuvio 14), joka aiheuttaisi esimerkiksi jäätymisongelmia venttileissä. Puhdistamisen ja kuivauksen jälkeen biokaasu sisältää pääosin metaania ja hiilidioksidia. Tämä kaasuseos ohjataan kaasupolttimelle, jolla voidaan lämmittää vettä reaktorin lämmitystä varten. Lämmöntuotannossa voidaan hyödyntää biokaasun energiasisällöstä jopa 95 %. Yleensä maatilakokoluokan biokaasulaitoksella energiantuotanto ylittää moninkertaisesti tilan oman lämpöenergian tarpeen, joka on lisäksi kesäisin hyvin vähäistä. Tästä syystä tiloilla on monesti siirrytty CHP-tuotantoon. (Latvala 2009, 45; Motiva 2013, 18; Mulari & Viitasalo 2020, 10.)



KUVIO 14. Biokaasun käyttö lämmöntuotannon polttoaineena (Latvala 2009, 45)

Yleisin tapa käyttää biokaasua maatalojen laitoksissa on CHP-tuotanto eli yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (Combined Heat and Power) johtuen sen energiatehokkuudesta. Tällöin yleisesti biokaasu ohjataan kuivauksen jälkeen kaasumootorille, joka polttaa biokaasua ja tuottaa sen energiasisällöstä yhtä aikaa sekä lämpöä että sähköä (kuvio 15). Moottori puolestaan pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria vakiokierrosluvulla. Biokaasulaitoksilla käytetyt CHP-ratkaisut ovat hyötysuhteeltaan tehokkaita, hyödyntämätöntä hukkalämpöä syntyy vain noin 10 %. Tuotetusta energiasta lämpöä on tyypillisesti noin 65 % ja sähköä noin 35 %. Jos maatilalla ei ole lämmölle käyttöä, se voidaan johtaa putkiston kautta hyödynnettäväksi muualle, kunhan kohde sijaitsee suhteellisen lähellä. Kuitenkin suuri osa lämmöstä kuluu reaktoriin syötettävän uuden materiaalin lämmittämiseen sekä reaktorin lämpöhävikkien kattamiseen. (Lemvig Biogas 2008, 42; Latvala 2009, 46; Motiva 2013, 18, 19.)



KUVIO 15. Biokaasun käyttö CHP-tuotannossa (Latvala 2009, 46.)

Maatilat sijaitsevat yleensä kaukana taajamista ja kaupungeista, joissa olisi paljon käyttöä lämpöenergialle. Yksi vaihtoehto onkin kuljettaa biokaasu putkistoa pitkin pois biokaasulaitokselta käytettäväksi kauempana sijaitsevassa energiantuotanto- tai jalostuslaitoksessa. On energiatehokkaampaa kuljettaa biokaasua putkistoissa käyttöpisteeseen kuin kuljettaa lämpöä tai sähköä. Tämä johtuu siitä, että kaasussa energia on kemiallisessa muodossa toisin kuin lämmössä, jossa se on fysikaalisessa muodossa. Jos kaasu johdetaan pois maatilalta, laitoksen lämmityksen voi ratkaista käyttämällä pientä kaasukattilaa, sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitosta tai hakekattilaa. (Motiva 2013, 20.)

3.5.2 Biokaasun jalostus ja käyttö biometaanina

Puhdistuksen jälkeen biokaasu sisältää pääosin metaania ja hiilidioksidia. Jalostamisessa siitä erotetaan vielä hiilidioksidia mahdollisimman paljon. Hiilidioksidi alentaa kaasun lämpöarvoa. Tällä toimenpiteellä nostetaan kaasun metaanipitoisuutta. Jotta biokaasua voidaan kutsua biometaaniksi tai jalostetuksi biokaasuksi, tulee sen metaanipitoisuuden olla yli 80 %. Jos se on alle tämän, kaasua nimitetään raakakaasuksi. Biometaanina voidaan syöttää maakaasuverkkoon tai käyttää liikennepolttoaineena kaasukäyttöisissä ajoneuvoissa. Sitä koskevat samat säädökset kuin maakaasua. (Motiva 2013, 21; Söderena ym. 2019, 7; Mulari & Viitasalo 2020, 7.)

Yleensä hiilidioksidin erottaminen biokaasusta tapahtuu liuottamalla hiilidioksidi veteen vesipesurilla (vesiabsorptio). Sekä mahdollisesti jäljelle jäänyt rikkivety että hiilidioksidi voidaan molemmat erottaa kaasusta samalla pesurilla, koska ne liukenevat veteen metaania helpommin. Maatilan biokaasulaitoksen yhteydessä voi olla oma laitos biokaasun jalostamista varten (kuvio 16). (Motiva 2013, 21.) Suomen maatilojen biokaasulaitoksista ainakin kuudella on liikennepolttoaineen jalostusta (Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021b).



KUVIO 16. Erkki Kalmarin biokaasun puhdistuslaitos (Motiva 2013, 21)

Jalostamisessa rikkivedyn minimoiminen biokaasusta voidaan tehdä useammalla menetelmällä mahdollisen biologisen rikinpoiston (kts. luku 3.5.1) lisäksi. Edellä mainittu vesipesu on yksi näistä. Voidaan käyttää myös vaihtoehtoisesti kemikaalipesua tai rautasuolojen lisäämistä reaktoriin (esimerkiksi rautatrikloridi). Ne sitovat rikkiä niin, että se ei poistu biokaasun mukana vaan yhdessä mädätysjäännöksen kanssa. On hyvä huomioida, että rautasuolojen lisääminen reaktoriin huonontaa mädätysjäännöksen sisältämän fosforin käyttökelpoisuutta kasveille. Mikäli rikkivetyä on vielä lopussa jäljellä, se voidaan puhdistaa aktiivihiihiäsuodatuksella. (Motiva 2013, 7, 11.)

Biometaanin energiasisältö on korkea, ja se on täten hyvä energianlähde maatilalle, mutta biometaanin käytössä on omat haasteensa. Jotta kaasumaisessa olomuodossa olevaa biometaania voidaan kuljettaa, tarvitaan painesäiliö ja kaasu on paineistettava kyseiseen säiliöön. Lisäksi käyttökohteen mukaan voidaan tarvita vielä paineenalennin, että biometaanin saadaan oikeaan paineeseen. (Mulari & Viitasalo 2020, 3.)

Liikennepolttoaineena biometaanin korvaa uusiutumattomia eli fossiilisia polttoaineita siten, että jokainen biokaasukuutiometri vähentää yhden litran öljyn tai dieselin tarvetta. Kun biokaasua poltetaan, siihen sitoutunut hiili vapautuu hiilidioksidina ilmakehään, samoin kuten fossiilisia polttoaineita

pollettaessa. Tärkeimpänä erona on kuitenkin se, että biokaasu valmistetaan biomassasta, joka on syntynyt auringon energian varastoitua kasveihin fotosynteesin avulla. Tällöin hiili kiertää luonnossa eikä ilmaston lämpenemistä aiheuttavan hiilidioksidin määrä lisäänty ilmaveikässä. (Lemvig Biogas 2008, 11; Motiva 2013, 3; Jääskeläinen 2020.)

Ajoneuvoissa käytettävä biometaani pitää aina olla turvallisuussyistä hajustettua, koska metaani on muuten hajuton ja väritön kaasu. Haju ilmaisee, jos hengitettävän ilman sekaan on jäänyt metaania. Hajustaminen tapahtuu lisäämällä biometaaniin tetrahydrotiofeeniä, joka on voimakkaan epämiellyttävän hajuista rikkipitoista hiilivetyhdistettä. Biometaania voidaan käyttää polttoaineena kaasuajoneuvoissa joko paineistettuna noin 200 baariin tai nesteytettynä, jolloin se säilytetään alle -162 °C:ssa. Paineistettua biometaania kutsutaan CBG:ksi, joka tulee sanoista ”Compressed BioGas”. Nesteytettyä biometaania puolestaan kutsutaan LBG:ksi, joka on lyhenne sanoista ”Liquefied BioGas”. Suomessa biometaanin liikennepolttoaineena käyttö on vielä kovin vähäistä, joskin raskaan liikenteen polttoaineena nesteytetty biometaani on alkanut yleistymään tuottaen selvästi vähemmän päästöjä dieseliin verrattuna. (Lampinen & Rautio 2015, 160; Suomen Kaasuyhdistys 2020; Autoalan Tiedotuskeskus 2022.)

Fossiilittomien liikennepolttoaineiden käytön ja niistä aiheutuvien päästöjen vähentäminen on Suomessa otettu tosissaan. Esimerkkinä tästä on Valion ja energiayhtiö St1:n suunnitteilla oleva yhteisyritys, joka tuottaisi lannasta ja maatalouden sivuvirroista biokaasua pääosin raskaan liikenteen polttoaineeksi. Tavoitteena vuoteen 2030 on tuottaa jopa kolmasosa Suomen fossiilittoman liikenteen tiekartan biokaasutarpeesta. Edellytyksenä on kuitenkin kaasukäyttöisen kuljetuskaluston yleistyminen ja tätä kautta biokaasun kysynnän kasvu polttoaineena. Myös Valio ja St1 itse aikovat siirtyä käyttämään biokaasua logistiikassaan polttoaineena aikaisempaa enemmän. (Valio 2021.)

Kun biometaania halutaan injektoida maakaasuverkkoon, se täytyy ensin paineistaa samaan paineeseen maakaasuverkon kanssa. Biometaanin täytyy myös täyttää kaasuverkon hallinnoijan asettamat standardit, jotta kaasuverkkoon ei syötetä epäpuhdasta metaania. Maatilan biokaasulaitoksella yksi tapa tehdä tämä on verkkoliitoskontti, jonne kaasu voidaan syöttää puhdistamisen jälkeen. Kontissa olevat laitteet säätävät syötettävän kaasun paineen verkon hallinnoijan asettamalle tasolle. Injektoinnin etuna on se, että myös kaukana taajaman ulkopuolella oleva biokaasulaitos voi tarjota biometaania kaupungin asukkaille ja voi tuottaa kaasua joutumatta murehtimaan,

minne ylimääräinen kaasu saadaan menemään. (Lemvig Biogas 2008, 49–50; Mulari & Viitasalo 2020, 20.) Tämä edellyttää, että maatila sijaitsee maakaasuputkistojen läheisyydessä.

3.6 Jälkikaasutus, mädätysjäännös ja sen varastointi

Biokaasun tuotantotekniikan ollessa jatkuvatoimista täytyy materiaalia myös poistaa reaktorista taasisesti. Suuri osa syötteestä ei ehdi hajota kunnolla prosessin aikana, mutta se sekoittuu veteen ja pehmenee. Poistuvalla materiaalilla on siis edelleen jäljellä biokaasuntuotantopotentiaalia, joten se voidaan siirtää reaktorista kaasutiiviiseen jälkikaasualtaaseen (kuvio 17). Muita nimityksiä sille ovat jälkimädätyssäiliö ja jälkikaasureaktori. Jälkikaasualtaassa tapahtuu noin 10–25 % biokaasun kokonaistuotannosta. Sen ei tarvitse olla varustettu lämmitysjärjestelmällä. (Motiva 2013, 15, 25; Michelson 2018.)



KUVIO 17. Ammattiopisto Lappian Louen biokaasulaitoksen jälkikaasuallas ja kondenssivesikaivot, biokaasuputket sekä hapenottoyksikkö (Kuva: Jarmo Saariniemi)

Jälkikaasualtaasta jäljelle jäävää ainesta kutsutaan mädätysjäännökseksi. Muita nimityksiä sille ovat esimerkiksi mädätysjäte, mädäte, rejekti, biolanta ja käsittelyjäännös. Yleensä se siirretään jälkimädätyksen jälkeen omaan varastoonsa (kuvio 18). Mädätysjäännös koostuu osittain hajon-

neesta biomassasta ja vedestä. Siinä on kaikki mädätysjäätöön syötetyn materiaalin ravinteet jäljellä ja se on täten arvokasta lannoitus- ja maanparannusainetta pelloille ja se voidaan hyödyntää viljelyssä hygieniavaatimukset huomioiden. Ravinnesisältö vaihtelee riippuen siitä, mitä syötteitä prosessissa on käytetty, millaista biokaasuprosessia käytetään ja mikä on syötteen viipymäaika mädätysjäätöksessä. (Motiva 2013, 13: Michelson 2018.)



KUVIO 18. Louen biokaasulaitoksen mädätysjäätöksen varastona toimiva katettu lietesäiliö (Kuva: Elisa Lääkkölä)

Biokaasureaktorista jäljelle jäänyt mädätysjäätös voidaan siirtää myös suoraan varastoon ilman jälkikaasutusta. Varastosta se voidaan kuljettaa jatkokäyttöön. Tällöin voidaan kuitenkin pilata laitoksen positiiviset ympäristövaikutukset ja hukata biokaasua. Jälkikaasulla onkin suositeltava jokaiselle jatkuvatoimiselle biokaasulaitokselle. (Luostarinen 2015, 88.)

Mädätysjäätös on järkevää varastoida katettuna (kuvio 18). Toisin sanoen varastona toimivan lietesäiliön tulee olla peitetty katteella, jolloin saadaan talteen kaikki biokaasu sekä minimoidaan metaanipäästöt ja hajuhaitat. Mädätysjäätöksellä on korkeampi pH verrattuna raakalietteeseen ja tästä johtuen myös ammoniakkin haihtuminen on suurempaa. Tätä voidaan myös ehkäistä kattamalla varastot kiinteällä tai kelluvalla katteella. Kiinteä kate voi olla esimerkiksi betonia, peltiä tai telttakangasta. Kelluva kate puolestaan on usein turvekerros, polystyreeni- tai kevytsoraruuhetta.

Keski-Euroopassa avovarastossa mädätysjäännöstä säilyttävää biokaasulaitosta ei hyväksytä takuuhintajärjestelmään. Suomessa ei vielä toistaiseksi ole vastaavia määräyksiä. Suomessa kuitenkin kunnan ympäristöviranomaisen päättää varastojen kattamisesta, mikäli niistä aiheutuu haittaa esimerkiksi lähiseudun asutukselle. (Motiva 2013, 15; Arkima 2015, 48–49; Virkajärvi ym. 2016, 11.)

3.6.1 Mädätysjäännöksen käyttö

Hyötyjä mädätysjäännöksen levittämisessä pelloille verrattuna käsittelemättömän lannan levittämiseen on useita. Lannan mädättäminen vähentää typen huuhtoutumista viljelysmaasta, koska lannan hajotessa suuri osa orgaanisesta typestä muuttuu tai mineralisoituu liukoiseen muotoon ammoniumtypeksi. Kasvit voivat hyödyntää sitä tehokkaammin ja se imeytyy paremmin viljelysmaahan ja on näin helpommin kasvien saavutettavissa. Mädättäminen vähentää myös lannan hajuhaittoja merkittävästi ja tätä kautta parantaa maatalojen yhteisöystävällisyyttä. Lisäksi mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus on alempi kuin lietelannan ja se on tasalaatuisempaa sekä juoksevampaa kuin raakalanta (kuvio 19). Myös ravinnepitoisuuksien vaihtelu on pienempää. Se voidaan levittää pelloille samalla tekniikalla kuin käsittelemätön lanta. (Motiva 2013, 13; Virkajärvi ym. 2016, 11; Jääskeläinen 2020, 9.)



KUVIO 19. Separoimatonta mädätysjäännöstä (Iivonen & Väisänen 2013, 62)

Mädätyksen ansiosta mädätysjäännös sisältää huomattavasti vähemmän rikkakasvien siemeniä ja taudinaiheuttajia verrattuna käsittelemättömään lantaan. Riippuu prosessin lämpötilasta, pH:sta ja syötteen viipymääjasta, kuinka hyvin siemenet ja patogeenit tuhoutuvat. Mädätysjäännöksen käyttö auttaa näin vähentämään kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja tätä kautta saadaan korkeampi-laatuinen sato. (Virkajärvi ym. 2016, 11.) Sitä on mahdollista käyttää lannoitteena myös luomutuotannossa (Iivonen & Väisänen 2013, 60–61).

Samat määräykset ja lainsäädännön rajoitukset typpipäästöjen vähentämiseksi peltoviljelyssä koskevat sekä lannan että mädätysjäännöksen levitystä. Usein lantaa käyttämällä kasvit saavat niiden tarpeisiin nähden liian suuria määriä ravinteita. Mädätysjäännöstä voidaan levittää pelloille noin 7 % enemmän hehtaarille kuin lietelantaa, koska liukoisen typen määrä siinä on suhteessa fosforiin suurempi eli ravinnejakauma mädätysjäännöksessä on kasveille edullisempi. (Motiva 2013, 13; Virkajärvi ym. 2016, 3, 103.) Väkilannoituksen vähentämisen johdosta voidaan mädätysjäännöksen käytöstä saada edullisempaa kuin raakalietteen käytöstä (Jääskeläinen 2020, 4).

Mädätysjäännöksen edut tulevat paremmin esiin ohran kuin nurmen viljelyssä. Eräissä kokeissa ohran lannoitteena mädätysjäännöksen liukoinen typpi vastasi 100-prosenttisesti väkilannoitetyyppeä, kun taas raakalannan typpi vastasi 85-prosenttisesti väkilannoitetyyppeä. Nurmenviljelyssä typen käyttökelpoisuudet olivat samaa tasoa. Mädätysjäännöksen fosfori oli käyttökelpoisempaa kuin raakalannan sekä nurmelle että ohralle. (Virkajärvi ym. 2016, 3–4.)

Eryteisesti mädättäessä runsastyyppistä ja valkuaisainepitoista materiaalia, kuten lantaa, muodostuu suuria määriä ammoniumtyyppeä, jolla puolestaan on pH-arvoa nostava vaikutus. Tämä tarkoittaa, että mädätysjäännöksellä on korkeampi pH-arvo kuin reaktoriin menevällä lannalla. Tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta maan pH-arvoon, mutta ammoniakkin haihtuminen on suurempaa. Tähän tulee kiinnittää huomiota mädätysjäännöksen varastoinnin ja levityksen aikana. (Motiva 2013, 6; Virkajärvi ym. 2016, 3, 11.)

3.6.2 Separointi

Mädätysjäännös voidaan separoida eli erotella kuiva- ja nestejakeeksi. Tällöin saadaan kahdenlaista lannoitusainetta (kuvio 20). Kuivajaetta eli kiinteää osaa voidaan hyödyntää esimerkiksi navetassa parsien kuivitukseen (kts. luku 10.1) tai levittää varsinkin pelloille, joilla on fosforin tarvetta,

sen korkean fosforipitoisuuden ansiosta. Tällaisia peltoja ovat yleensä kauempana tilasta sijaitsevat pellot, ja kuivajae onkin helppo kuljettaa kauemmas sen keveyden ansiosta. Kuivajae muistuttaa kuivalantaa, mutta on erittäin tasalaatuista. Nestejaje eli rejektivesi, joka on vesimäistä lietettä ja raskasta, puolestaan sisältää runsaasti typpeä ja vain vähän fosforia. Sen sisältämä typpi on liukoisessa muodossa eli kasveille paremmin käyttökelpoista. Nestejakeella voidaan korvata osaksi teollisia lannoitteita. (Motiva Oy 2013, 13; Mulari & Viitasalo 2020, 41.)



KUVIO 20. Mädätysjäännöksestä separoitua a) kuiva- ja b) nestejajetta (Virkajärvi ym. 2016, 27)

Separoinnilla on monia hyötyjä. Separoitua nestejajetta voidaan levittää vielä mädätysjäännöstäkin enemmän pelloille ylittämättä fosforirajaa, koska fosforin määrä siinä on huomattavasti pienempi kuin separoimattomassa mädätysjäännöksessä puhumattakaan raakalietteestä. Lisäksi nestejajeen käyttö on osoitettu edullisimmaksi tavaksi saada liukoinen typpi kasvien käyttöön. Kuivajajetta voidaan käyttää fosforiköyhille maille tai esimerkiksi perustettavalle uudelle nurmelle, joka vaatii paljon fosforia. (Jääskeläinen 2020, 4, 9.) Kuivajae on kevyttä, joten sitä on taloudellisesti kannattavampaa kuljettaa kauemmaksikin (Virkajärvi ym. 2016, 3).

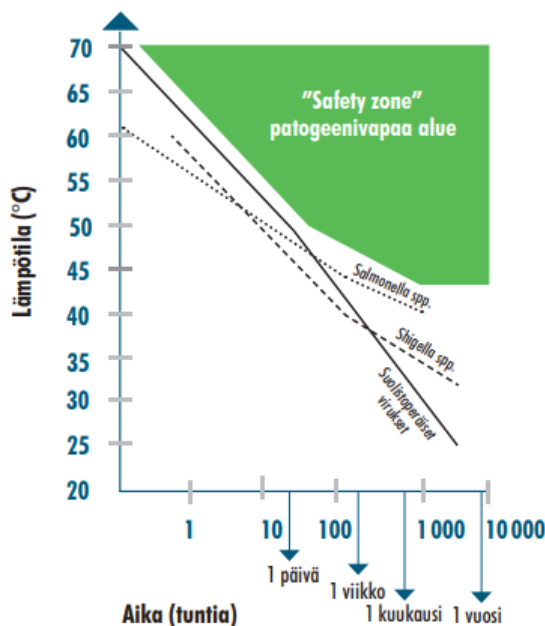
Separointiin on käytössä fysikaalisia menetelmiä sekä saostukseen pohjautuvia kemiallisia menetelmiä. Näillä saadaan hyvinkin erilaisia lopputuotoksia. Yleisesti käytetään muutamia erilaisia laitteistoratkaisuja, kuten ruuvipuristin, dekanterierotin, linko ja nauhasuodatin. Näiden käytettävyyttä maataloilla vaihtelee ja osa on traktorikäyttöisiä ja osa kiinteästi asennettavia. Myös laitteiden hinta, kapasiteetti ja ravinteiden erottelukyky vaihtelevat. Yleensä ruuvipuristimella saadaan hyvin erotettua kiintoainetta kuivajakeeseen, mutta taas fosforia se ei erota kovin hyvin. Tämä johtuu siitä, että suurin osa fosforista on sitoutunut pieniin partikkeleihin, jotka läpäisevät ruuvipuristimen seulan.

Ruuvipuristin on kuitenkin usein käytetty ja edullinen menetelmä separointiin. Tehokkain menetelmä erottaa fosfori kuivajakeeseen on linkoaminen ja saostumista edistävien kemikaalien käyttö yhdessä. Yleisesti mädätysjäännöksen separointi on edullista lannoitustarkoitukseen. (Virkajärvi ym. 2016, 9, 103; Jääskeläinen 2020, 8–9.)

4 HYGIENISOINNIN BIOLOGINEN TAUSTA

Suomessa kasvintuotannon lähtökohdaksi on puhtaan ja turvallisen raaka-aineen tuottaminen sekä ihmisten että eläinten ravinnoksi. Mikäli biokaasun tuotantoprosessista jäljelle jäänyttä mädätysjäännöstä käytetään lannoitteena kasvinviljelyssä osana maatalouden ravinnekiertoa, on sen hygienialaadulla merkitystä. Mädätysjäännöksen käyttämisessä viljelyssä on olemassa erilaisia riskitekijöitä sekä elintarviketurvallisuuden, rehu- ja kasvinviljelyn näkökulmasta riippuen siitä, mitä syöttemateriaaleja on käytetty biokaasuprosessissa. (Iivonen & Väisänen 2013, 60.)

Biomassan mädättäminen anaerobisesti jo itsessään hygienisoi syötteitä tuhoamalla taudinaiheuttajia eli patogeeneja, rikkakasvien siemeniä, tuholaisia ja osan viruksista. Syötteen hygienialaatuun vaikuttaa paljon erityisesti biokaasuprosessin lämpötila sekä viipymäaika. Kuviossa 21 nähdään, että mitä lämpimämpi prosessi on kyseessä, sitä nopeammin esimerkiksi salmonella -bakteerit kuolevat ja päästään patogeenivapaalle alueelle. Kuviossa 21 mainittu spp. tarkoittaa useita kyseiseen ryhmään kuuluvia bakteereita. Lisäksi hygienisoitumiseen vaikuttavat myös käytettävän syötteen kosteus, pH, palakoko sekä käsittelymenetelmän panos- tai jatkuvatoimisuus. Kuvio 21 on näin ollen suuntaa antava, koska patogeenien tuhoutumiseen vaikuttavat myös ympäristöolosuhteet. (Arkima 2015, 45; Paavola & Kapuinen 2015, 96.)



KUVIO 21. Joidenkin taudinaiheuttajien tuhoutuminen lämpötilan ja ajan funktiona (Paavola & Kapuinen 2015, 96)

Termofiilinen biokaasuprosessi on selvästi mesofiilista tehokkaampi hygienisoinnissa. Tutkimuksien perusteella on todettu, että useat patogeenit inaktivoituvat termofiilisessä noin 55 °C:een mädätyksessä 24 tunnissa. Mesofiilisessä noin 35 °C:een prosessissa tähän menee viikoista kuukausiin. (Iivonen & Väisänen 2013, 66.) Monesti termofiilinen mädätys riittääkin jo itsessään tuhoamaan mikrobit, jolloin periaatteessa ei enää tarvittaisi muuta käsittelyä. Jälkimädätys tehostaa myös hygienisoitumista. Kokeissa on havaittu, että mikäli varsinaisesta biokaasureaktorista tullutta mädätysjäännöstä jälkimädätetään vielä 35 vrk jälkikaasualtaassa, sen hygieeninen laatu paranee samalle tasolle hygienisoidun syöteseoksen kanssa. (Luste ym. 20131.)

Mikrobiologisia vaaratekijöitä ja erilaisia tunnettuja tauteja aiheuttavia bakteerisukuja on lukuisia, muun muassa salmonellat, E. coli-kannat (myös EHEC), kampylobakteerit, listeria, yersiniat, bacillukset ja klostridit. Useimmat ovat eläinten lannassa olevia bakteereja, jotka voivat tehdä ihmisen sairaaksi. Lainsäädännössä on asetettu raja-arvot E. colille ja salmonellalle eli ne ovat niin sanottuja indikaattorimikrobeja. (Iivonen & Väisänen 2013, 60–61, 63; Paavola & Kapuinen 2015, 95.) Nämä on katsottu oleellisiksi lainsäädäntöä tehdessä (Retkin 2021a). Taudinaiheuttajina voivat olla myös ihmis- ja kasvipäriset eliöt, kuten virukset, loiset ja myös sienet (Martinen ym. 2013, 31).

Taudinaiheuttajista salmonellan on tutkittu tuhoutuvan 70 °C:een lämpötilassa puolessa tunnissa, mutta on havaittu, että jotkut salmonellatyytit vaativat tunnin kuumentamisen ennen kuin ne tuhoutuvat (Arkima 2015, 45). Tästä syystä lainsäädäntö vaatii biokaasureaktoriin menevien sivutuoteasetuksen luokan 3 eläinperäisten sivutuotteiden kuumentamista eli hygienisointia (1 h, 70 °C, pakoko alle 12 mm), koska termofiilinen prosessi ei riitä takaamaan näiden syötteiden käytön jälkeen mädätysjäännöksen hygieenistä laatua. Hygienisointi voidaan tehdä myös mädätyksen jälkeen, jolloin se edellytetään kaikelle syntyvälle mädätysjäännökselle (Pokka 2021b). Mikäli käsitellään useammanlaisia syötteitä, seos tulee käsitellä vaativimman syötteen mukaisesti (Latvala 2009, 38). Joissakin tapauksissa riittävä hygienisoituminen tapahtuu termofiilisessä mädätyksessä, jolloin ei tarvita erillistä lämpökäsittelyä (ks. liite 1).

Pitää huomioida, että bakteeri-itiöt eivät tuhoudu samanlaisissa olosuhteissa kuin itse bakteerit. Ne ovat yleisesti paljon lämpökestävämpiä. Esimerkiksi klostridia-bakteerit itsessään vähenevät huomattavasti biokaasuprosessissa, mutta ne pystyvät muodostamaan itiöitä, jotka ovat hyvin kestäviä. Itiöt eivät tuhoudu termofiilisessä prosessissa ja onkin mahdollista, että hygienisointikäsittelykään ei ole riittävä. Kuumennuksen on jopa havaittu lisäävä niiden määrää eli aktivoivan niitä. (Luste ym. 2013; Paavola & Kapuinen 2015, 96.) Itiöiden tuhoutumista on tutkinut esimerkiksi EU:n

komissio (EFSA) tiettyjen käsittelyiden osalta ja on huomattu, että tietyt itiöt eivät tuhoudu vaan vaativat korkeat lämpötilat. Ainakin toistaiseksi kuitenkin hygienisoinnin lämpötila on katsottu riittäväksi eikä tämän suhteen ole tulossa tiukennuksia. (Retkin 2021a.)

Biokaasulaitoksen mädätysjäätöksessä voi olla myös muita haitallisia yhdisteitä, kuten erilaisia orgaanisia haitta-aineita sekä lääkeaine-, antibiootti- ja hormonijäämiä. Myös mikromuovit kuuluvat orgaanisiin haitta-aineisiin. Edellä mainitut yhdisteet voivat olla peräisin muun muassa teollisuudesta, kotitalouksista ja liikenteestä. Hygienisointi ei näihin juurikaan vaikuta. Esimerkiksi jätevesilietteiden käyttö syötteenä aiheuttaa mädätysjäätöksen käytön rajoitteita, jotta nämä haitalliset aineet eivät leviäisi ympäristöön ja ravintoketjuun. (Paavola & Kapuinen, 95–98.) Rajoitteista on kerrottu luvussa 10.2. Jäätös voi sisältää myös haitallisia raskasmetalleja, joille on lainsäädännössä annettu raja-arvoja.

5 AINEISTON HANKINTA JA MENETELMÄT

Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajalle käyttökelpoinen selvitys hygienisointiin liittyvästä lainsäädännöstä ja lupamenettelystä sekä selvittää biokaasualaan ja hygienisointiin liittyviä tulevaisuuden näkymiä. Aluksi tehtiin laaja kirjallisuusselvitys viitekehyksen rakentamiseksi. Varsinaista kehittämistehtävää varten etsittiin tietoja kirjallisuudesta ja lainsäädännöstä. Näitä täydennettiin haastattelututkimuksella.

5.1 Kirjallisuusselvityksen lähteiden valinta

Opinnäytetyön tietoperusta sekä viitekehyksen että kehittämistehtävän osalta on kerätty pääasiassa verkosta löytyvien julkaisujen pohjalta. Varsinkin hygienisointiin ja lupiin on haettu ajantasaisinta tietoa viranomaisten verkkosivuilta sekä eri laeista ja asetuksista, niin kansallisesta kuin EU-lainsäädännöstä. Tietoa on kerätty myös YouTube-videoilta sekä yritysten verkkosivuilta. Lähteenä on käytetty myös joitakin kansainvälisiä lähteitä.

Työssä käytettiin apuna myös tietokantoja, joista löytyikin joitakin uusia verkkolähteitä. Lisäksi ohjaava opettaja sekä toimeksiantaja jakoivat opinnäytetyöhön liittyviä sopivia lähteitä ja materiaaleja, joita on työssä hyödynnetty. Myös palaverien keskusteluja ja sähköposteja on käytetty apuna tietoperustan kirjoittamisessa.

Ammattiopisto Lappian Louen biokaasulaitokselle tehtiin myös tutustumiskäynti opinnäytetyön teon aikana, jolloin päästiin näkemään myös siellä oleva hygienisointiyksikkö. Otettuja valokuvia on käytetty tietoperustassa tekstin lomassa. Myös vierailulla käytyä keskustelua Jarmo Saariniemen kanssa on käytetty lähteenä.

5.2 Haastattelututkimus

Opinnäytetyötä varten tehtiin haastattelut puhelimitse viidelle eri taholle liittyen tämän työn aiheeseen. Haastatteluiden tehtävänä oli selvittää teoriaosuuteen jääneitä epäselviä kohtia eli niillä täydennettiin kirjallisuuden pohjalta muodostunutta kuvaa aiheesta. Puhelinhaastatteluihin valittiin ta-

hoja, joilla uskottiin olevan tarvittavia tietoja työssä selvitettävistä asioista. Tutkimuslaitoksia edustava haastateltava valittiin siksi, että hän liittyy hankkeeseen, josta tämä opinnäytetyön aihe sai alkusysäyksen (kts. luku 1). Alan toimijat valikoituivat niillä olevien hygienisointikäsitteilyjen takia. Haastateltavat viranomaiset taas valikoituivat hygienisointiin liittyvän lainsäädännön ja vaatimusten sekä ympäristöluvan hakemisen perusteella.

Ennen haastattelua oltiin yhteydessä haastateltaviin sähköpostilla sopivan haastatteluajankohdan ja myös oikean henkilön löytymiseksi haastatteluun. Haastatteluiden jälkeen oltiin myös yhteydessä useamman toimijan kanssa ja selvitettiin sekä mahdollisia lisäkysymyksiä että epäselvyyksiä puhelinhaastattelun pohjalta tulleiden vastausten avaamisen jälkeen.

Haastateltaville suunnatut kysymykset olivat jokaiselle hieman toisistaan poikkeavia, mutta ne laadittiin perustuen työn teoriaosuuteen. Jokaisesta haastateltavasta tai organisaatiosta otettiin kuitenkin etukäteen selvää verkkosivujen ja julkaisujen kautta, jotta tiedettiin kysyä oikeita asioita eikä niitä, jotka löytyvät jo muualta. Toisaalta täsmennettiin verkosta löytyviä seikkoja tai esitettiin jatkokysymyksiä. Osa kysymyksistä oli sellaisia, joita esitettiin useammalle haastateltavalle. Joillekin haastateltaville taas piti luoda tarkemmat kysymykset. Haastateltavien tahojen verkkosivuja on käytetty myös perustiedon lähteenä.

Haastattelut olivat puolistrukturoituja ja saatiin lupa nauhoittaa jokainen litterointia varten. Tosin ensimmäisestä haastattelusta ei tallentunut haastateltavan puhe. Kysymykset olivat siis etukäteen mietitty valmiiksi jokaiseen haastatteluun, mutta vastaukset olivat avoimia. Puhelut kestivät noin kymmenestä minuutista tuntiin.

Pääasiassa kaikkiin kysymyksiin saatiin vastaukset. Jos ensimmäinen haastateltava ei osannut vastata johonkin kysymykseen, esitettiin sama kysymys muillekin, jotta vastaus saatiin. Haastattelut ovat tallennettuna sähköisesti ja ne poistetaan, kun niiden käytölle ei ole enää tarvetta. Litteroinnissa kerättiin tallenteista tärkeimmät ja työn kannalta oleelliset asiat tekstimuotoon osaksi tätä työtä.

6 LAINSÄÄDÄNTÖ

Tässä luvussa kerrotaan hygienisointiin liittyvästä keskeisimmästä lainsäädännöstä maatalan biokaasulaitoksella sekä lainsäädännön edellyttämät vaatimukset. Eläinperäisten sivutuotteiden käyttö syötteenä ylipäänsä edellyttää hygienisoinnin, vaikka laitos ei tuottaisi markkinoille lannoitevalmisteita. Toisaalta taas hygienisointiin liittyvä lainsäädäntö koskee lannoitetuotteiden valmistamista mädätysjäännöksestä. Hygienisoinnin vaatimus tulee siis joko käytettävien raaka-aineiden kautta tai lopputuotteen laatuvaatimusten kautta. Lannoitteiden käytössä huomioitava lainsäädäntö, kuten nitraattiasetus ja maatalouden ympäristökorvausjärjestelmän ehdot, on rajattu tämän työn ulkopuolelle.

Lannoitteiden valmistamista ja eläinperäisten sivutuotteiden hyödyntämistä säätelee sekä kansallinen että EU-lainsäädäntö. Biokaasulaitoksen tulee ottaa huomioon lannoitevalmisteita valmistettaessa kansallinen lannoitevalmistelaki (539/2006) sekä sitä täydentävien maa- ja metsätalousministeriön asetusten 24/11 ja 11/12 vaatimukset muutoksineen. Lisäksi laitoksen toimintaan vaikuttavat merkittävästi sivutuoteasetus (EY) N:o 1069/2009 ja sitä täydentävä komission asetus eli täytäntöönpanoasetus (EY) N:o 142/2011, jos syötteenä käytetään eläinperäisiä sivutuotteita. Sivutuoteasetus on Suomessa toimeenpantu lailla eläimistä saatavista sivutuotteista (517/2015).

6.1 Lannoitevalmistelainsäädäntö

Lannoitetuotteiden valmistamista sekä markkinointia säätelee kansallinen **lannoitevalmistelaki (539/2006)**, jonka tavoitteena on edistää hyvälaatuisten, turvallisten ja kasvintuotantoon sopivien lannoitevalmisteiden tarjontaa. Tavoitteena on myös edistää lannoitevalmisteiksi soveltuvien sivutuotteiden hyötykäyttöä. Lannoitevalmistelaki edellyttää orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavilta laitoksilta laitoshyväksyntää (kts. luku 7.3) ja kaikilta toimijoilta omavalvonnan järjestämistä. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 1:1, 3:14, 3:13 1§; Iivonen & Väisänen 2013, 61.)

Lannoitevalmistelakiin liittyy **maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11**, joka säätelee muun muassa lannoitevalmisteiden tyyppimiryhmistä, ryhmäkohtaisista vaatimuksista ja yleisesti lannoitevalmisteiden laatu-, merkintä- ja käyttövaatimuksista sekä niiden raaka-aineista (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 1 §). Asetukseen on tehty muutoksia

maa- ja metsätalousministeriön asetuksilla 12/12, 7/13, 12/15, 21/15, 5/16 sekä 12/18. Näistä huomionarvoisia ovat ainakin **asetukset 12/12 ja 7/13**, joissa tärkeimpänä on kerrottu jätevesilietteiden käytöstä maataloudessa.

Toinen lannoitevalmistelakiin liittyvä asetus on **maa- ja metsätalousministeriön asetus 11/12 lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta**, jossa säädetään muun muassa ilmoitus- ja omavalvontavelvollisuudesta sekä laitoksen hyväksynnästä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 11/12 1 §). Myös tähän asetukseen on tehty muutoksia maa- ja metsätalousministeriön asetuksilla 13/15 ja 22/15, jotka tulee huomioida.

Muita kuin kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai EU-lainsäädäntöön kuuluvia lannoitetuotteita ei saa tuoda maahan, saattaa markkinoille tai valmistaa markkinoille saattamista varten (Lannoitevalmistelaki 539/2006 2:6. 1§). Lannoitteen on siis kuuluttava jonkin tyyppinimen alle (kuvio 22).

Tyyppinimi		
1 Lannoitteet	1A Epäorgaaniset lannoitteet	1A1 Epäorgaaniset yksiravinteiset pääravinnelannoitteet
		1A2 Epäorgaaniset moniravinteiset pääravinnelannoitteet
		1A3 Epäorgaaniset sivuravinnelannoitteet
		1A4 Epäorgaaniset hivenravinnelannoitteet
		1A5 Epäorgaaniset lannoitteet, joiden teho perustuu pääosin muihin vaikutuksiin kuin kasviravinteisiin
		1A6 Epäorgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet
		1A7 Tuhkalannoitteet
	1B Orgaaniset lannoitteet	1B1 Orgaaniset eläinperäiset lannoitteet
		1B2 Orgaaniset ei eläinperäiset lannoitteet
		1B3 Orgaaniset lannoitteet, joiden teho perustuu pääosin muihin vaikutuksiin kuin kasviravinteisiin
		1B4 Orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet
	1C Orgaaniset kivennäislannoitteet	1C1 Orgaaniset kivennäislannoitteet
		1C2 Epäorgaaniset orgaanista ainetta sisältävät lannoitteet
1C3 Kalkitsevat orgaaniset kivennäislannoitteet		
2 Kalkitusaineet	2A1 Kalkikivet ja muut kalkitusaineet	
	2A2 Sellaisenaan kalkitusaineena käytettävät sivutuotteet	
3 Maanparannusaineet	3A1 Maanparannusturpeet	
	3A2 Orgaaniset maanparannusaineet	
	3A3 Maan rakennetta parantavat aineet	
	3A4 Biologista aktiivisuutta lisäävät aineet	
	3A5 Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	
4 Mikrobivalmisteet	4A1 Mikrobivalmisteet	
5 Kasvualustat	5A1 Turpeet	
	5A2 Seosmullat	
	5A3 Muut kasvualustat	

KUVIO 22. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 24/11 mukaiset tyyppinimiryhmät (Tampio ym. 2018, 73)

Luettelo on Suomessa lannoitevalmisteiden valvonnasta vastaavan Ruokaviraston verkkosivuilla (suora linkki luetteloon: https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf). Luettelosta löytyvät lannoitevalmistetyypit (1–5) ja tyyppinimiryhmät. Kunkin tyyppinimen kohdalla on kuvaus lannoitteen ominaisuuksista, valmistusmenetelmästä, ravinnepitoisuuksista, sille asetetuista laatuvaatimuksista ja mahdollisista käytön rajoituksista sekä tuoteselosteessa ilmoitettavat tiedot. (Ruokavirasto 2020d.) Vielä tarkempi luettelo lannoitevalmisteiden tyypeistä ja tyyppinimiryhmistä sekä niitä koskevista vaatimuksista on maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 liitteessä I (7–16), ja liitteessä II (17–19) on muun maussa ravinteiden vähimmäispitoisuuksien vaatimukset.

Markkinoitavassa lannoitevalmisteessa tulee olla tuoteseloste, josta käy ilmi tyyppi- ja kauppanimi, ominaisuudet, koostumus, käyttöohjeet, valmistaja ja maahantuojat. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 on annettu tarkemmat ohjeet sisällöstä (8 §) sekä tuoteselosteessa ilmoitettujen ominaisuuksien sallituista poikkeamista (liite III). (Lannoitevalmistelaki 539/2006 2:8. 1§.) Lannoitteisiin ei vaadita merkittävän parasta ennen päivämäärää eikä valmistusajankohtaa (Ruokavirasto 2020c, 11).

Kansallisen lainsäädännön mukaisesti valmistusprosessi saa olla joko meso- tai termofiilinen (ks. liite 1), mutta tyyppinimivaatimusten lisäksi lannoitevalmisteen pitää täyttää lainsäädännössä asetetut yleiset laatu- ja turvallisuusvaatimukset. Lannoitteen käytöstä ei saa aiheutua kasvi- ja eläintautien leviämisen vaaraa eikä myöskään ympäristön pilaantumisen vaaraa. (Ruokavirasto 2020d; Ruokavirasto 2020a.) Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 24/11 liitteessä IV (24–27) esitettävät vaatimukset koskien haitallisia aineita, eliöitä, epäpuhtauksia ja kasviperäisten raaka-ainesten käsittelyä koskevat kaikkia lannoitevalmisteita, mikäli toisin ei ole ilmoitettu.

Haitallisista aineista useille metalleille on annettu enimmäispitoisuuksien raja-arvot, jotka on esitetty kuviossa 23. Sallitut enimmäispitoisuudet voivat olla kuviossa esitetyistä arvoista poikkeavia tietyissä tapauksissa, jotka on kerrottu maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 liitteessä IV taulukon 1 alla. Lannoitteessa, jonka fosforipitoisuus on vähintään 2,2 %, saa olla korkeintaan 50 mg kadmiumia fosforikilogrammassa eikä lannoitetta käytettäessä kadmiumin enimmäiskuormitus saa ylittää 1,5:ttä g hehtaarille vuodessa. Ajanjaksojen pituus, jolloin kadmiumin määrä on ta-sattava, vaihtelee lannoitteen käyttötarkoituksen mukaan. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 5 a §.)

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg kuiva-ainetta	Metsätaloudessa käytävissä tuhkalannoitteissa tai niiden raaka-aineena käytettävässä tuhkassa enimmäispitoisuus mg/kg ka.
Arseeni (As)	25	40
Elohopea (Hg) ¹⁾	1,0	1,0
Kadmium (Cd)	1,5 ²⁾	25
Kromi (Cr)	300 ³⁾	300
Kupari (Cu)	600 ⁴⁾	700
Lyijy (Pb)	100	150
Nikkeli (Ni)	100	150
Sinkki (Zn)	1500 ⁴⁾	4500 ⁴⁾

KUVIO 23. Haitallisten metallien enimmäispitoisuudet lannoitteissa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 liite IV, 24)

Kansallinen lainsäädäntö edellyttää indikaattorimikrobien vähenemisen todentamista lopputuotteesta (Marttinen ym. 2013, 10). Erona EU-lainsäädäntöön (kts. luku 6.2) on se, että sen mukaan salmonellaa ei saa olla todettavissa lopputuotteen varastoinnin aikana tai varastosta otton yhteydessä. Lannoitteen hygieniavaatimukset ovat seuraavat (kuvio 24): mädätysjäännöksessä ei saa olla todettavissa salmonellaa 25 grammassa näytettä ja *Escheria colin* pitoisuus tulee olla alle 1000 pmy/g (pmy=pesäkkeen muodostava yksikkö). Mikäli lannoitevalmistetta käytetään kasvihuoneviljelyssä, joissa syötävä kasvinosa on kosketuksissa kasvualustaan, saa *E. colia* löytyä vain alle 100 pmy/g. (Luste ym. 2013; Ruokavirasto 2020a.)

Taudinaiheuttaja/indikaattori	Enimmäismäärä
Salmonella <i>Escherichia coli</i>	Ei todettavissa 25 grammassa näytettä 1000 pmy/g ja alle 100 pmy/g ammattimaiseen kasvihuoneviljelyyn tarkoitetuissa kasvualustoissa, joissa syötävät kasvinosat ovat suoraan kosketuksissa kasvualustaan
Juuripoltesieni (mm. <i>Fusarium</i> ; todettu viljelytestillä)	Ei todettavissa taimituotannossa käytetyissä kasvualustoissa

KUVIO 24. Sallitut taudinaiheuttajien/indikaattorieliöiden enimmäismäärät lannoitevalmisteissa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 liite IV, 25)

Myös biokaasuprosessissa hyödynnettävissä kasvibiomassoissa on omat kasvitautiriskinsä. Varsinkin peruna-, juurikas- ja juuresteollisuuden sivutuotteissa ja jätteissä voi esiintyä kasvintuhoojia. (Iivonen & Väisänen 2013, 66–67.) Kansallisen lainsäädännön mukaan lannoitevalmisteissa ei saa esiintyä esimerkiksi seuraavia kasvintuhoojia: juuripoltesieni (kuvio 24), ankeroiset, rengasmädät

ja perunasyöpä (kuvio 25). (Tampio ym. 2018, 48). Näiden vaatimusten täyttymiseksi on annettu edellä mainituille kasvimateriaaleille sekä erilliskerätylle biojätteelle käsittelyvaatimuksia, joista yhtenä vaihtoehtona on lämpökäsittely kosteana 70 °C:ssa tunnin ajan partikkelikoon ollessa alle 12 mm (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 liite IV, 26). Tämä vastaa käytännössä sivutuotteen hygienisointikäsittelyä. Käsittelyvaatimusten alla mainitaan myös tapaukset, joissa sitä ei vaadita. Tällöin tulee kuitenkin rajoitteita lopputuotteiden hyödyntämiselle. (Retkin 2021a.)

Kasvintuhooja	Enimmäismäärä
Keltaperuna-ankeroinen (<i>Globodera ros-tochiensis</i>) Valkoperuna-ankeroinen (<i>Globodera pal-lida</i>) Perunan vaalea rengasmätä (<i>Clavibacter michiganensis</i>) Perunan tumma rengasmätä (<i>Ralstonia solanacearum</i>) Perunasyöpä (<i>Synchytrium endobioticum</i>) Juurikkaan nekroottinen keltasuonivirus (Beet necrotic yellow vein virus) "Ritso-mania" Juuriäkämäankeroinen (<i>Meloidogyne</i> spp.)	Ei todettavissa juures-, juurikas- ja peruna-raaka-aineesta tai näiden mukana tehtaalle tai kuorimoon tulevista multajakeista valmistetussa lannoitevalmisteissa.
Muut kasvitauteja aiheuttavat karanteenituhoojat	Ei todettavissa kasvihuonetuotannon kasvijätteestä tai kasvualustoista valmistetuissa lannoitevalmisteissa.

KUVIO 25. Kasvintuhoojien vaatimukset kasviperäisistä raaka-aineista valmistetuille lannoitevalmisteille (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 liite IV, 25)

Kasvihuonetuotannon sivutuotteet ja puutarhaviljelyltä jäävät jakeet kuuluvat mahdollisesti riskittömään kasvimateriaaliin. Niiden käytössä biokaasuprosessissa tulee kartoittaa, minne lopputuote menee. Jos jäännös käytetään pelloille, on suosituksena hygienisointi varmuuden vuoksi. Esimerkiksi ravintoloiden paistorasvat kuuluvat ruokajätteeseen, jolle on hyväksytty kansallinen käsittelyvaatimus eli prosessin ollessa mesofiilinen vaaditaan hygienisointi. Vaihtoehtoisesti termofiilinen kahden viikon mädätys riittää. Ruokajätteen määrittely löytyy sivutuoteasetuksen puolelta. (Retkin 2021a.)

Kuviossa 26 on esitetty epäpuhtauksien enimmäismäärät lannoitevalmisteissa. Lannoitteissa ja kalkitusaineissa ei saa esiintyä rikkakasvin siemeniä. Pakatuissa maanparannusaineissa ja kasvu-alustoissa puolestaan saa esiintyä korkeintaan kaksi itänyttä siementä litrassa. Pakkaamattomissa

saa olla viisi itänyttä siementä litrassa tai maininta tuotteen sisältämistä tuulilevitteisistä rikkakasvinsiemenistä. (Iivonen & Väisänen 2013, 67.) Roskille, kuten lasille, metallille, muoville, luille ja kiville, on myös omat rajansa prosentteina tuorepainosta. Myöskään hukkakauraa ei saa esiintyä. Kasvin osia, joista se voi levitä ja kasvaa edelleen, ei saa olla lopputuotteessa.

Epäpuhtaus	Enimmäismäärä
Rikkakasvinsiemenet	
Lannoitteissa ja kalkitusaineissa	Ei todettavissa
Pakatuissa maanparannusaineissa ja kasvualustoissa	2 itänyttä litrassa
Pakkaamatta myytävissä maanparannusaineissa ja kasvualustoissa	5 itänyttä litrassa tai tuoteselosteessa maininta "tuote sisältää tuulilevitteisiä rikkakasvinsiemeniä"
Roskat (lasi, metalli, muovit, luut, kivet)	
Pakatuissa tuotteissa	0,2 % tuorepainosta
Pakkaamatta myytävissä	0,5 % tuorepainosta
Hukkakaura	Ei todettavissa
Kasvin osat (todettu epäpuhtausanalyysin yhteydessä)	Tuotteessa ei saa olla eläviä juuria, juurakoita tai muita kasvulliseen lisääntymiseen liittyviä osia

KUVIO 26. Epäpuhtauksien sallitut enimmäismäärät lannoitteissa (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 24/11 liite IV, 27)

Vihannesjätteessä on myös omat kasvitautiriskinsä. Niihin kuuluvat esimerkiksi erilaiset homeet, sienet, mädät ja möhöjuuri. Nämä voivat tuottaa hyvinkin kuumaa käsittelyä kestäviä itiöitä ja rihmastoja ja taudit voivat tulla esille vasta varastoinnin yhteydessä. Riskit ovat erilaiset riippuen ovatko vihannekset paikallisesti tuotettuja vai esimerkiksi ulkomaalaista alkuperää. Vihannesjätteen riskien arviointi jää toimijalle, joka aikoo käyttää niitä biokaasulaitoksella. Mädätysjäännöstä koskevat kuitenkin jo aiemmin mainitut vaatimukset. Siitä voidaan ottaa esimerkiksi näytteitä analysoitavaksi ennen peltoon levittämistä. (Iivonen & Väisänen 2013, 68–71.)

Lannoitevalmisteet voivat sisältää myös erilaisia orgaanisia haitta-aineita, mikromuoveja, lääkeaine- ja hormonijäämiä. Näille ei ole toistaiseksi määritelty Suomen eikä EU:n lainsäädännössä raja-arvoja. Ne ovat kuitenkin tulossa mukaan uuteen EU:n lannoitevalmistelainsäädäntöön (Tampio ym. 2018, 50), josta on kerrottu myöhemmin tässä luvussa.

Suomessa sallitun EY-lannoitteen tulee kuulua **lannoiteasetuksen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 2003/2003)** liitteenä I julkaistavaan Euroopan unionin (EU) lannoite-

tyyppien luetteloon (suora linkki asetukseen: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R2003&from=FI>). Suomessa voidaan saattaa markkinoille myös toisessa EU-maassa laillisesti markkinoituja tuotteita vastavuoroisen tunnustamisen periaatteiden mukaisesti. EY-lannoitteita voi valmistaa 15.7.2022 asti. Uuden asetuksen myötä markkinoille tulevat CE-merkityt EU-lannoitevalmisteet 16.7.2022 alkaen. (Lannoitevalmistelaki 539/2006 2:6. 1 §; Ruokavirasto 2020d.) EY-asetus koskee tällä hetkellä vain epäorgaanisia lannoitteita ja osaa kalkitusaineista, ei siis orgaanisia lannoitteita lainkaan (Tampio ym. 2018, 36).

Lannoitevalmistelainsäädäntö uudistuu, kun kesällä 2019 hyväksytyn uuden EU:n lannoitevalmistasetuksen (2019/1009) soveltaminen eli noudattaminen alkaa 16.7.2022. Kyseessä on niin sanottu kiertotalouslainsäädäntö. Tämä asetus korvaa aiemman EU-asetuksen (EY) 2003/2003. Uusi asetus koskee kaiken tyyppisiä lannoitevalmisteita, myös orgaanisia, ja muuttaa niiden valvontaa markkinavalvontapainotteiseksi. Samalla jää voimaan kansallinen lainsäädäntö, jota uudistetaan samanaikaisesti EU:n lannoiteasetuksen toimeenpanon kanssa. (Berlin 2015; Ruokavirasto 2020c, 15–16.)

Uudistamisen tavoitteena on harmonisoida lannoitevalmisteiden myynti ja markkinointi EU:n sisällä ja lisätä valmisteille turvallisuusvaatimus. Muutos koskee orgaanisia lannoitevalmisteita, jotka tulevat saman säätelyn alle kuin epäorgaaniset lannoitevalmisteet. Uuden asetuksen mukaan myös orgaanisia lannoitevalmisteita voidaan markkinoida CE-merkinnällä. Tällöin niiden on kuitenkin täytettävä asetuksen laatu-, turvallisuus- ja merkintävaatimukset, mutta CE-merkinnän saanutta valmistetta saa markkinoida vapaasti EU:n sisällä. Tyyppinimet tullaan korvaamaan asetuksen tuoteluokilla. (Tampio ym. 2018, 44–45.)

Jatkossa tyyppinimet tulevat siis poistumaan ja tulee olemaan listaus sallituista raaka-aineista. Uusia tyyppinimiä ei tällä hetkellä kannata hakea lainsäädännön muutoksen takia. Muutoksella haetaan joustoa lopputuotteiden markkinoille saattamiseen ja raaka-aineisiin. (Retkin 2021a.)

6.2 Sivutuotelainsäädäntö ja sivutuotteiden luokittelu

Eläimistä saatavat syömäkelvottomat sivutuotteet voivat aiheuttaa riskejä ihmisten ja eläinten terveydelle. Niiden vääränlaisesta käytöstä on jo seurannut ongelmia historiassa, esimerkkinä suu- ja sorkkataudin sekä ”hullun lehmän taudin” (BSE) puhkeaminen. Sivutuotteiden vääräläinen käyttö

voi horjuttaa pahasti elintarvike- ja rehuketjun turvallisuutta sekä kuluttajien luottamusta eläinperäisten tuotteiden turvallisuuteen. Näitä riskejä minimoidakseen ja välttääkseen on Euroopan parlamentti ja neuvosto antanut asetuksen **(EY) N:o 1069/2009**: Muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (**sivutuoteasetus**). (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009.)

Tämä niin sanottu sivutuoteasetus vaikuttaa merkittävästi biokaasulaitosten toimintaan. Se asettaa siis vaatimuksia eläinperäisille sivutuotteille, joita ei käytetä suoraan ihmisten ravintona. Säädös määrää, miten näitä eläimistä syntyviä sivutuotteita tulisi käsitellä niiden jatkojalostuksen yhteydessä. Vaatimuksia on myös eläimistä satavien sivutuotteiden kuljettamiselle ja varastoinnille. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009; Iivonen & Väisänen 2013, 61.) Aina kun biokaasulaitoksella käytetään eläinperäisiä sivutuotteita, tulee noudattaa sivutuoteasetuksen vaatimuksia (Marttinen ym. 2013, 8).

Sivutuoteasetusta täydentävässä **komission asetuksessa (EY) N:o 142/2011** kerrotaan täytäntöönpanotoimenpiteet eli muun muassa määritetään sivutuoteluokat, jotka vaativat hygienisoinnin tai painesteriloinnin ennen syötteenä käyttöä biokaasulaitoksessa. Komission asetuksessa esitetään myös vaatimukset hygienialaadulle ja käsittelylle sekä vakiokäsittelymenetelmät.

Sivutuoteasetuksessa sivutuotteet luokitellaan kolmeen luokkaan niihin liittyvien riskien perusteella. Näillä luokilla on erilaiset käsittelyvaatimukset ja luokat säätelevät tuotteiden hävittämistä tai talteenottoa. Kaikkien luokkien sivutuotteet ovat nähtävillä liitteessä 2 ja vielä tarkempi luettelo luokkiin kuuluvista aineksista on sivutuoteasetuksen (EY) N:o 1069/2009 artikloissa 8–10.

Luokan 1 sivutuotteet on hävitettävä, koska niissä on suurin riski terveydelle. Hävittäminen on asetuksen mukaan tehtävä usein polttamalla tai hautaamalla aines maahan. Näitä ei siis voi hyödyntää biokaasuprosessissa. Tähän luokkaan kuuluvat esimerkiksi TSE-riskimateriaali (tarttuva spongiforminen enkefalopatia) ja EU:n ulkopuolinen ruokajäte, joka on peräisin kansainvälisesti toimivista liikennevälineistä (ks. kuvio 27). (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 1:8, 2:12.) Luokkaan 1 kuuluvat myös yli 12 kk:n ikäiset naudat, lampaat ja vuohet (1. kohta, liite 2), joista riskiainesta ei ole erikseen poistettu ja nämä jakeet menevät Honkajoelle käsiteltäviksi luokan 1 linjastolle (Retkin 2021b).

Luokan 2 sivutuotteita voidaan käyttää biokaasulaitoksessa syötteenä, mutta ne on käsiteltävä painesteriloimalla (ks. kuvio 27) ennen sitä (Komission asetus (EU) N:o 142/2011 liite IV luku II & III, liite V luku I.) Tähän luokkaan kuuluvat muun muassa lanta ja ruoansulatuskanavan sisältö, muiden eläintautien kuin TSE-tautien riskimateriaali, itsestään kuolleet tai lopetetut eläimet sekä eläinperäiset tuotteet, jotka eivät kelpaa ihmisravinnoksi epäpuhtauksien takia. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 1:9, 2:13.) Vaikka lanta kuuluu kyseiseen luokkaan, sitä ei tarvitse painesteriloida tietyissä tapauksissa (kts. luku 6.3). Lisäksi kalaperäisistä sivutuotteista kalanviljelylaitoksessa lakisääteisesti vastustettavaan tautiin kuolleet tai sen takia tapetut kalat ja niiden perkeet kuuluvat tähän luokkaan (Ruokavirasto 2021a). Luokkaan 2 kuuluvat myös itsestään kuolleet tai lopetetut eläimet: siat, siipikarja, hevoset, porot, turkiseläimet, alle 12 kuukauden ikäiset naudat, lampaat ja vuohet, mukaan lukien taudintorjuntatarkoituksessa lopetetut eläimet (Ruokavirasto 2021c). Tämän työn lopussa liitteessä 1 on esimerkkejä raaka-ainekohtaisista käsittelyvaatimuksista biokaasulaitoksessa.

Luokan 3 sivutuotteilla on eniten käyttömahdollisuuksia, koska niiden riski on matalin (ks. kuvio 27). Luokan 3 sivutuotteita voi käyttää biokaasulaitoksessa syötteenä, kunhan ne hygienisoidaan ennen sitä (Komission asetus (EU) N:o 142/2011 liite V luku II jakso I). Tähän luokkaan kuuluvat esimerkiksi ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä saadut sivutuotteet, joita ei käytetä enää elintarvikkeina tai sen raaka-aineina. Luokkaan kuuluvat myös muun muassa ruokajäte ravintoloista, kananmunat ja niiden sivutuotteet sekä raakamaito terveistä eläimistä. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 1:10, 2:14.) Lisäksi kalaperäisistä sivutuotteista tähän luokkaan kuuluvat kalanviljelylaitoksista muut kuin edellä mainitut luokkaan 2 kuuluvat kalat ja niiden perkeet sekä luonnosta pyydytyt kalat kaupallisiin tarkoituksiin, jotka ovat terveen näköisiä (Ruokavirasto 2021a).

Hoitokalastuksesta saatu vähempiarvoinen kala ei ole sivutuoteasetuksen alaista, koska luokasta 3 on rajattu ei-kaupalliseen tarkoitukseen kalastettu luonnonvarainen kala pois. Materiaalia saa käyttää biokaasuprosessissa ilman hygienisointia, mutta vastuu riskien hallinnasta siirtyy tilalle eli toimijan tulee itse pohtia, onko käytöllä riskejä. Kalanperkuujäte kuuluu sivutuoteluokkaan 3 silloin, kun se tulee kaupallisesta kalastuksesta ja tällöin se vaatii hygienisoinnin. (Retkin 2021a.)

	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
Materiaali	Sivutuotteet, joissa on TSE-taudin riski, tuntematon riski tai ne sisältävät kiellettyjen aineiden tai ympäristömyrkköjen jäämiä.	Sivutuotteet, joissa on muiden eläintautien kuin TSE-tautien riski tai eläinlääkejäämien riski.	Sivutuotteet, jotka on saatu ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä, joita ei kuitenkaan enää käytetä elintarvikkeissa.
Käsittelyvaatimukset	Ei saa käyttää biokaasulaitoksessa raaka-aineena.	Sterilisointi: 133 °C, 3 bar, 20 min, partikkelikoko <50 mm	Hygienisointi: 70 °C, 60 min, partikkelikoko <12 mm
Esimerkkimateriaaleja	Kansainvälisen liikenteen EU:n ulkopuolelta oleva ruokajäte.	Lanta, kuolleet tai teurastetut siat ja siipikarja	Entiset elintarvikkeet, ruokajäte

KUVIO 27. Eläimistä saatavien sivutuotteiden luokittelu ja käsittelyvaatimukset biokaasulaitoksella (Iivonen & Väisänen 2013, 61)

Sivutuoteasetuksen artikloissa 11–14 säädetään sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden käytöstä ja käytön rajoituksista, mutta **laki eläimistä saatavista sivutuotteista (517/2015)** asettaa poikkeuksia ja helpotuksia niiden käytölle ja hävittämiselle. Poikkeuksien nojalla sallitaan esimerkiksi luokkiin 2 ja 3 kuuluvien maidon, maitopohjaisten ja siitä johdettujen tuotteiden sekä ternimaidon käyttö biokaasulaitoksella raaka-aineena ilman pastörointi- tai hygienisointikäsittelyä (ks. liite 1). (Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015 2:5; 2:19.) Vaatimus on siis kansallinen ja käytännössä hyväksytään termofiilinen mädätys, mutta mesofiilisen mädätyksen kanssa tarvitaan hygienisointi, jotta lopputuotteen hygieniavaatimukset täyttyvät (Retkin 2021a).

Myös sivutuoteasetus edellyttää tiettyjen indikaattorimikrobien ja taudinaiheuttajien vähenemisen seuranta. Erona kansallisen lainsäädännön vaatimuksiin on se, että sivutuoteasetus edellyttää käsittelymenetelmän riittävyyden varmentamista joko käsittelyn aikana tai heti sen jälkeen. Kansallinen säädäntö edellytti mikrobien vähenemisen todentamista lopputuotteesta (kts. luku 6.1). (Martinen ym. 2013, 10.)

EU-asetuksissa on annettu seuraavat taudinaiheuttajien enimmäismäärät, jotka ovat nähtävillä kuviossa 28. Salmonellaa ei saa olla todettavissa lannoitevalmisteen varastoinnin aikana tai varastosta oton yhteydessä (Komission asetus (EY) N:o 142/2011 liite IV luku III kohta G). Escheria colin tai enterokokkien pitoisuus saa olla enintään 1000 pmy/g. Poikkeuksena ovat muut paitsi lantatuotteet, joissa viidestä näytteestä yhdessä saa esiintyä E. colia alle 5000 pmy/g. (Komission asetus

(EU) N:o 142/2011 liite XI luku I jakso 2 kohta d, liite V luku II jakso 3; Marttinen ym. 2013, 10.) Raakalannassa olevien sulfittia pelkistävien klostridien määrä tulee vähentyä käsittelyn aikana merkittävästi (Iivonen & Väisänen 2013, 61). Tämä vaatimus koskee ainoastaan lantaperäisiä tuotteita.

Taudinaiheuttaja	EY-asetus 1069/2009 ja 142/2011
Salmonella, 25 grammassa näytettä	Ei todennettavissa (varastoinnin aikana tai varastosta oton yhteydessä)
Escherichia coli, pmy/g	Enintään 1000 pmy/g (käsittelyn aikana tai välittömästi sen jälkeen) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Viidestä näytteestä yhdessä saa olla alle 5000 pmy/g. Kyseinen poikkeus ei koske lantatuotteita. ▪ Voidaan analysoida E.coli bakteerin asemasta myös enterokokki-bakteereja samoin laatukriteerein.
Sulfiitteja pelkistävät klostridit	Käsiteltävä itiöitä muodostavien bakteerien ja myrkyllisten aineiden muodostamisen vähentämiseksi, jos ne on todettu merittäväksi vaaraksi (lantatuotteet).

KUVIO 28. EU-lainsäädännön vaatimukset taudinaiheuttajille (muokattu lähteestä Marttinen ym. 2013, 10)

6.3 Lannan ja maatalan omien syötteiden hygieniavaatimukset

Lanta luokitellaan sivutuoteasetuksessa luokkaan 2. Sille ei kuitenkaan vaadita sterilointia eikä hygienisointia käsittelyksi maatilamittakaavan biokaasulaitoksessa, mikäli lanta käytetään itse tilalla tai sitä luovutetaan sopimuksesta toiselle maatilalle lantana. Tällaisia tapauksia ovat oman tilan lannan ja kasvijätteen käsittelevät laitokset sekä useamman maatalan lannan käsittelevät keskitetyt yhteiset biokaasulaitokset. Kyseessä olevilla laitoksilla käsitelty lanta tulee siis palauttaa takaisin sitä luovuttaneelle tilalle tai tiloille, jolloin toiminta katsotaan käsittelemättömän lannan levitykseksi

eikä vaadita hygienisointia (Retkin 2021a). Laitoksella voidaan käsitellä myös ruokajätettä, jonka riski on pieni, ilman hyväksyntä- ja hygienisointivaatimuksia. (Iivonen & Väisänen 2013, 61; Ruokavirasto 2019a.)

Lantaa kutsutaan käsitellyksi lannaksi eli lannoitevalmisteeksi, kun se on käsitelty sivutuoteasetuksen vaatimusten mukaisesti. Käsittelemätön lanta puolestaan on raakalantaa, samoin myös lanta, joka on käsitelty muulla kuin sivutuoteasetuksen mukaisella käsittelyllä, katsotaan raakalannaksi. (Iivonen & Väisänen 2013, 61.) Tosin sanoen maatilamittakaavan biokaasulaitosten lopputuote katsotaan raakalannaksi ja se voidaan levittää tilan omille pelloille. (Paavola & Kapuinen 2015, 96; Ruokavirasto 2019a.)

Sivutuoteluokassa 2 mainittuun lantaan kuuluvat kaikkien tuotantoeläinten lannat, niin naudan, sian, lampaan, kanojen kuin hevostenkin. Sitä vastoin koiranlanta ei kuulu tähän luokkaan, koska siihen luetaan vain tuotantoeläinten lannat. Lannan käsittelylle on annettu kansalliset poikkeukset, joista on kerrottu alempana ja ne ovat nähtävillä myös tämän opinnäytetyön lopussa liitteessä 1. (Retkin 2021a.)

Mikäli tilakohtaiselta biokaasulaitokselta lähdetään luovuttamaan tai markkinoimaan mädätysjäätännöstä lannoitevalmisteena ulkopuolelle, vaaditaan hygienisointi prosessin ollessa mesofiilinen. Tällöin kyseessä ei ole enää tilakohtaisen biokaasulaitoksen toiminta vaan kaupallinen toiminta. (Retkin 2021a.) Esimerkiksi ruokajätteen ja lannan riittävä hygienisoituminen katsotaan tapahtuvaksi sivutuoteasetuksen mukaan termofiilisessä mädätyksessä, joka kestää yli kaksi viikkoa (Tampio ym. 2018, 17). Samanlainen mädätys yhtäläisellä viipymääjällä riittää lopettamaan rikkakasvien siemenien itämiskyvyn (Arkima 2015, 45).

Jos tilakohtainen laitos tai osuuskuntien yhteinen laitos haluaa ottaa ulkopuolisia syötteitä, vaaditaan hygienisointi. Tällöin tautiriski ei ole enää tilan omaa sisäistä hallintaa vaan ulkopuolelta saattaa tulla tautiriskisiä jakeita. Varsinkin eläinperäiset sivutuotteet ja jätevesilietteet vaativat hygienisoinnin, koska sivutuoteasetus näin edellyttää. Tällöin ei ole merkitystä, valmistaaako laitos niistä lannoitevalmisteita kaupalliseen tarkoitukseen. Niiden käyttö prosessissa vaatii hygienisoinnin. (Retkin 2021a.) Jätevesilietteiden käytöstä maataloudessa on kerrottu lisää maa- ja metsätalousministeriön asetuksissa 7/13 ja 12/12.

Markkinoitaessa lantaa ulkopuolisille tilan toimintaa koskevat lannoitevalmistelain mukainen ilmoitusvelvollisuus Ruokaviraston valvontarekisteriin sekä sivutuoteasetuksen mukainen laitoshyväksyntävaatimus. (Paavola & Kapuinen 2015, 96; Ruokavirasto 2019b.) Näistä on kerrottu paremmin tässä opinnäytetyössä luvuissa 7.2 ja 7.3.

Lannan käsittelyvaatimukset riippuvat myös siitä, markkinoidaanko lopputuote vain Suomessa vai myös Suomen ulkopuolelle. Jos tuote markkinoidaan ainoastaan Suomessa, se voidaan käsitellä kansallisten vaatimusten mukaisesti esimerkiksi mädättämällä meso- tai termofiilisessä prosessissa biokaasulaitoksella. Käsittelyn jälkeen lantaa koskevat lannoitevalmistelain vaatimat hygieniavaatimukset (salmonella ja e. coli), jotka on kerrottu tässä opinnäytetyössä. (Ruokavirasto 2019b.)

Mikäli lopputuote markkinoidaan myös ulkomaille, käsittelyn tulee täyttää sivutuotelainsäädännön vaatimukset. Tämä tarkoittaa hygienisointikäsittelyä vähintään 70 °C:ssa tunnin ajan. Tosin lämpökäsittely voidaan validoida myös muille lämpötila- ja aikakriteereille. Lopputuotetta koskevat myös lannoitevalmistelain vaatimat hygieniavaatimukset. (Ruokavirasto 2019b.)

Kaiken kaikkiaan maatilan biokaasulaitos saa helpotuksia omavalvontaan, Ruokaviraston laitoshyväksyntään ja hygienisointiin, mikäli kaikki mädätysjäännös käytetään omilla pelloilla. Jos lannoitevalmistetta toimitetaan muualle, edellytetään hygienisointi. (Pokka 2021b.)

7 HYGIENISOINNIN VAATIMAT LUVAT JA ILMOITUKSET MAATILAMITTA- KAAVASSA

Ennen kuin maatilan biokaasulaitoksella voidaan ottaa käyttöön hygienisointiyksikkö, tulee laitoksen hakea ympäristölupa. Lupa on haettava silloin, kun kyseessä on tilan ulkopuolisten jakeiden käsittely tai toiminnan olennainen muutos tai ne molemmat. Lisäksi tulee tehdä Ruokavirastolle ilmoitus toiminnan aloittamisesta ja hakea tarvittaessa laitoshyväksyntä. Lannoitevalmisteita valmistettaessa pitää valita myös tuotteelle soveltuva tyyppinimi ja laatia tuoteselosteet.

7.1 Ympäristölupa

Maatilan biokaasulaitokselle tulee hakea ympäristölupa ympäristönsuojelulain (527/2014) perusteella, koska laitoksella on ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa. Toiminta on siis luvanvaraista. Kokonaisuudessaan ympäristöluvanvaraiset toiminnot löytyvät kyseessä olevan lain liitteestä 1, jonka taulukossa 1 (direktiivilaitos) ja taulukossa 2 (muut laitokset) on kerrottu toiminnot, joihin on oltava ympäristölupa. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 4:27.1 §.) Tällaisia ovat juuri muun muassa energiantuotanto, tietyn kokoiset eläinsuojat sekä jätteiden ja jätevesien käsittely. Maatilan yhteydessä olevalle, pelkkiä tilan jätteitä käsittelevälle biokaasulaitokselle, voi hakea ympäristölupaa eläinsuojan luvan yhteydessä niiden yhdessä muodostaman toimintakokonaisuuden perusteella (Suomen ympäristökeskus 2013, 30). Ympäristönsuojelulain mukaan samalla toiminta-alueella sijaitsevalle toiminnalle, jolla on sekä tekninen että toiminnallinen yhteys, voidaan hakea lupaa yhteisesti ja niiden ympäristövaikutuksia tai jätehuoltoa tarkastella yhdessä (527/2014 5: 41).

Jos ympäristöluvassa määritetty toiminta muuttuu, esimerkiksi toiminta laajenee, alkaa tuottamaan päästöjä tai tapahtuu joku muu merkittävä muutos, tulee ympäristölupa hakea uudelleen. Ympäristöluvanvaraisen toiminnan päästöjä tai niiden vaikutuksia lisäävän toiminnan tai muuhun toiminnan olennaiseen muuttamiseen on aina oltava lupa. Laitoksen toiminnan muuttuminen direktiivilaitoksen toiminnaksi vaatii aina luvan hakemisen eli on aina olennainen muutos. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 4:29.1 §.) Toimintaa ei saa aloittaa tai muuttaa ennen luvan myöntämistä ja sen tuloa lainvoimaiseksi (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 19:198.1 §).

Ympäristölupaviranomaisena toimii joko kunnan tai valtion ympäristönsuojeluviranomainen. Valtion viranomaisena toimii aluehallintovirasto AVI. Ympäristönsuojeluasetuksessa on valtion ja kunnan viranomaisen välinen toimivaltajako (Bergman 2021a). Kumpi käsittelee asian, riippuu toiminnasta ja sen kokoluokasta. AVI käsittelee esimerkiksi direktiivilaitosten (YSL liite 1, taulukko 1) ympäristöluvat. (Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014 1:1–2.)

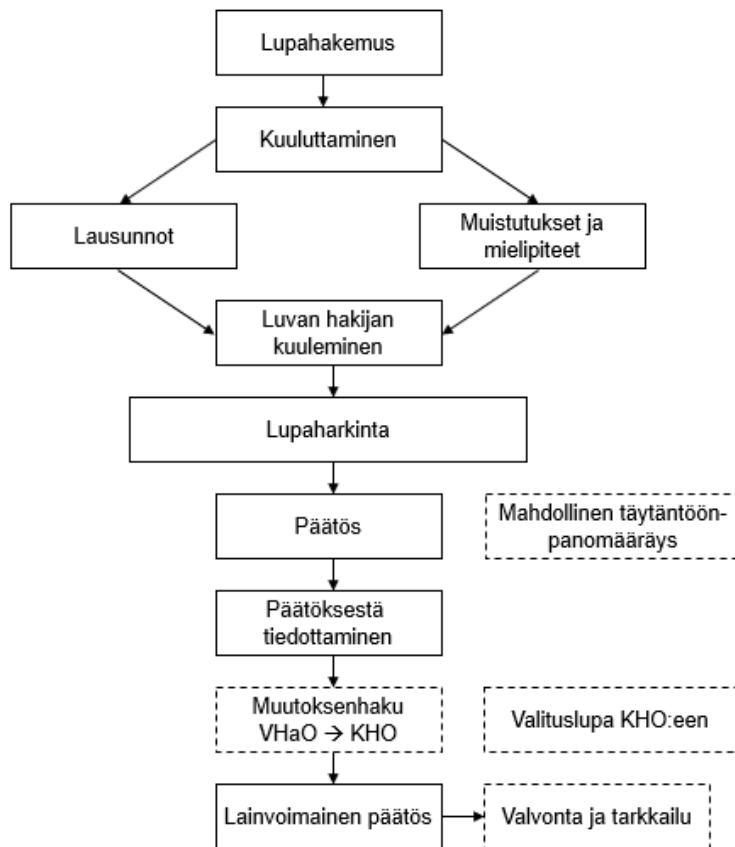
Halutessaan hakija voi pitää ennakkoneuvottelun suunnitelmistaan ja kertoa, mitä laitoksella aiotaan tehdä, jonka jälkeen katsotaan etenemistä ja luvan muuttamisen tarvetta. Jos hakija kuitenkin tietää prosessin kulun ja suunnitelmat ovat valmiina, se voi tehdä lupahakemuksen liitteineen valmiiksi ja toimittaa kunnalle mahdollisimman nopeasti. Mikäli todetaan hakemuksen tulleen väärälle viranomaiselle, se siirretään oikealle. Rakentaa saa omalla vastuulla eli hygienisointilaitteiston olemassaolo asennettuna ei ole ongelma, mutta käyttöönoton saa tehdä vasta luvan myöntämisen jälkeen. Alueelle ei saa aiheutua haittoja toiminnasta. Rakennuslupa hygienisointiyksikön ja sen laittilan rakentamiseen tulee aina tiedustella kunnan rakennusvalvontaviranomaiselta, koska kyseessä on hyvin kuntakohtainen asia. (Bergman 2021b.)

Mikäli toimialakohtaista ympäristölupahakemusta ei ole saatavilla, haetaan lupa yleisellä ympäristölupahakemuksella tai se voidaan tehdä myös vapaamuotoisella hakemuksella. Ymparisto.fi-sivustolta löytyvät hyvät ja kattavat ohjeet kaikkien hakemustyyppien täyttämiseen. Valtioneuvoston asetuksessa ympäristönsuojelusta on säädetty, mitä hakemuksen tulee sisältää (713/2014 2:3–7). Ympäristölupahakemus liitteineen toimitetaan aluehallintovirastoon pääasiassa sähköisesti. Kunnan ympäristöviranomaiselle hakemus toimitetaan kirjallisena, yleensä kolmena kappaleena. (Ymparisto.fi 2021a.)

Luvan myöntämisen edellytyksenä on muun muassa se, että biokaasulaitoksen toiminnasta ei saa aiheutua terveyshaittaa eikä merkittävää ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 6:49). Lupa myönnetään joko määräaikaisena tai toistaiseksi voimassa olevana. Määräaikainen lupa voidaan antaa, jos sille on jokin painava syy, esimerkiksi toiminnan haitallisten vaikutusten arvioinnin vaikeus. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 9:87.1 §.) Luvasta peritään käsitelymaksu (Ymparisto.fi 2021b).

Ympäristölupakäsittelyyn on hyvä varata aikaa reilusti. Koko prosessi sisältää lupahakemuksen jättämisen jälkeen asian vireilläolon kuulutukset ja naapureiden kuulemiset. Pienissä muutoksissa

naapureiden kuuleminen voidaan jättää pois. Tarvittaessa pyydetään lausuntoja muilta viranomaisilta. Päätöksen kirjoittamisen jälkeen asia menee lautakunnan päätettäväksi. Tämän jälkeenkin ennen kuin päätös on lainvoimainen ja toiminnan saisi ottaa käyttöön, tulee odottaa valitusaika. Tähän kaikkeen menee helposti vähintään 3–4 kuukautta. (Bergman 2021b.) Kuviossa 29 on kuvattu koko ympäristölupakäsittely vaihe vaiheelta.



KUVIO 29. Ympäristölupakäsittelyn vaiheet (Ymparisto.fi 2021b)

Vaikka biokaasulaitoksella on useita ympäristöhyötyjä, sen toiminta voi myös aiheuttaa päästöjä. Päästöjen vähentämiseksi ja ympäristöasioiden hallitsemiseksi on tehty BAT-selvitys eli biokaasun tuotannon paras käytettävissä oleva tekniikka (Best Available Techniques), jossa on määritelty biokaasulaitoksille parhaat käytettävissä olevat tekniikat ja menetelmät edellä mainittujen seikkojen minimoimiseksi. Selvityksessä on tarkasteltu erityisesti suomalaisten laitosten tekniikoita ja ympäristönäkökohtia. (Latvala 2009, 3.) Myös ympäristönsuojelulaki edellyttää parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttämistä ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi ja sitä sovelletaan luvanvaraisen toiminnan ympäristölupaprosessissa (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 2:8).

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajan eli Ammattiopisto Lappian Louen koulutilan nautojen eläinsuojalla ja hevostallilla on Lapin ympäristökeskuksen 25.6.2003 myöntämä ympäristölupa. Luvassa myönnettyä toimintaa on muutettu Pohjois-Suomen aluehallintoviraston 20.6.2011 antamalla päätöksellä, kun biokaasulaitos on lisätty eläinsuojan yhteyteen vuonna 2013. Louella tapahtuvien muutosten takia (kts. luku 2), se on jättänyt ilmoituksen eläinsuojan toiminnan laajentamisesta. Laajennus koskee nautojen ja hevosten lisäksi kasvatukseen tulevien Pelson lampaiden lampolan rakentamista. Ilmoitusmenettely on ympäristölupamenettelyn kaltainen, joka toiminnan harjoittajan tulee tehdä ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavasta toiminnasta, jotka puolestaan on kerrottu kyseessä olevan lain liitteessä 4 (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 10a:115a. 1 §). Tässä tapauksessa kyseessä oli ilmoituksenvarainen pienempi eläinsuoja (Ympäristönsuojelulain liite 4, kohta 5). Muutosten jälkeen Louen koulutilan lantatilavuus ei tule kasvamaan lampaiden kesto-kuivikepohjan toimiessa lannan varastointitilana. Ympäristölupa lampolan rakentamiselle ja navetan remontille on saatu ja se korvaa aiemman ympäristölupapäätöksen. (Rovaniemen kaupunki 2021.)

Louen koulutilan biokaasulaitoksen toimintaa siis tullaan laajentamaan hygienisointikäsittelyllä ja sen toiminta muuttuu täten jätteenkäsittelylaitosmaiseksi. Laitos tulee vastaanottamaan jätettä ulkopuolisilta toimijoilta porttimaksuja vastaan (Saariniemi 2021b). Tällöin kyseessä on jätelain (646/2911) soveltamisalaan kuuluva jätteen hyödyntäminen ja loppukäsittely. Louen koulutilan ympäristölupa tulee siis todennäköisesti uusiksi, koska nykyinen lupa ei tätä salli. Riippuu tosin siitä, minkälainen jäte on kyseessä ja kuinka suuria määriä aiotaan käsitellä. (Bergman 2021b.) Valtioneuvoston asetuksen jätteistä koskevassa liitteessä 1 mainittu jätteen käyttö pääasiassa polttoaineena tai muutoin energian tuottamiseksi on jätelaissa tarkoitettua hyödyntämistä. Saman asetuksen liitteessä 2 on mainittu jätelaissa tarkoitettuja loppukäsittelytoimia, joista biologinen käsittely ja lopputuotteiden sijoittaminen maahan koskevat Louen laitosta. (179/2012 1:2.)

Ympäristö- ja jätelainsäädännön mukaisesti, jos biokaasulaitoksella käsitellään muutakin kuin lantaa ja peltobiomassaa, luetaan se jätteen ammatti- ja laitosmaiseksi käsitteijäksi. Tällöin laitoksen tulee hakea uusi ympäristölupa. (Suomen ympäristökeskus 2013, 29–30.) Pelkän lietteen käsittelyyn perustuva biokaasulaitos saa usein toimia eläinsuojan ympäristöluvalla. Ympäristölupaa ei tarvita jätteen ammattimaiseen tai laitosmaiseen käsittelyyn silloin, kun kyseessä on maataloudessa syntyvän luonnonaineksista koostuvan kasviperäisen jätteen hyödyntäminen energiantuotannossa

(Ympäristönsuojelulaki 527/2014 4:32). Jätelakia sovelletaan eläimistä saataviin sivutuotteisiin silloin, kun niitä on tarkoitus käyttää biologisessa käsittelyprosessissa. Muutoin lakia ei sovelleta sivutuoteluokkaan 2 kuuluvaan lantaan. (Jätelaki 646/2011 1:3. 1 § kohta 6.)

Lupaviranomainen jätteenkäsittelyn ja biokaasun osalta alle 20 000 tonnille vuodessa on kunnan ympäristöviranomainen ja sitä suuremmille määrille aluehallintovirasto (Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014 1:1. 2 § kohta 13h, 1:2. 2 § kohta 12f). AVI:n myöntämiä lupia valvovat elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset. ELY-keskukselta pyydetään lausunto myös kunnan ympäristöluvan mukaisiin tapauksiin. (Pokka 2021a.) Lupaviranomaisena toimii kunnan ympäristönsuojeluviranomainen, kun kyseessä on jätteiden ammattimainen tai laitospäinen käsittely sekä jätevesien käsittely, kuten se on ympäristönsuojelulain liitteen 1 taulukossa 2 kerrottu (Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014 1:2. 2 §).

7.2 Ilmoittautuminen valvontarekisteriin

Suomessa Ruokavirasto asettaa vaatimukset hyväksyttävälle biokaasun käsittelylaitoksille ja -prosesseille sekä suorittaa valvonnan ja ylläpitää valvontarekisteriä laitoksista. Valtakunnallisessa lannoitevalmisteiden valvontarekisterissä on luetteloitu kaikki ilmoitusvelvolliset toimijat Suomessa. Luettelosta löytyvät muun muassa yrityksen toimiala ja laitoshyväksyntää vaativien laitosten osalta hyväksyntänumero. (Motiva 2013, 9; Ruokavirasto 2021b.)

Ennen kuin toimija aloittaa lannoitevalmisteen tai sen raaka-aineen valmistuksen, teknisen käsittelyn, markkinoille saattamisen tai maahantuonnin, tulee sen tehdä kirjallinen toiminnan aloitusilmoitus Ruokavirastoon. Samoin tulee toimia ennen toiminnan aloittamista, mikäli biokaasulaitos laajentaa toimintaansa (toiminnan olennainen muutos) tai käsittelee omaan käyttöön eläimistä saatavia sivutuotteita. Tämä ei koske lantaa. (Retkin 2021b.) Ilmoituksesta tulee käydä ilmi muun muassa miten toiminta järjestetään, tiedot raaka-aineista ja tuotteista sekä omavalvontasuunnitelma (Lannoitevalmistelaki 539/2006 3:14). Kaikki kirjallisessa ilmoituksessa vaadittavat tiedot löytyvät maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 11/12 liitteestä I (10). Kun Ruokavirasto on hyväksynyt laitoksen, se lisätään valvontarekisteriin. (Ruokavirasto 2020b; Ruokavirasto 2021b.)

Kaikkia lannoitevalmisteita tuottavia toimijoita koskee omavalvontasuunnitelma. Se on laadittava siis jo ennen toiminnan aloittamista ja liitettävä kirjalliseen ilmoitukseen Ruokavirastolle. Biokaasulaitoksen ollessa toiminnassa Ruokavirasto valvoo sen toteutumista. Suunnitelmassa kuvataan käsittelyn kriittiset vaiheet eli vaarat ja niiden hallinta. Mikäli laitoksella käsitellään eläinperäisiä sivutuotteita, tulee omavalvontajärjestelmän perustua HACCP-järjestelmään (Hazard Analysis and Critical Control Points). (Tampio ym. 2018, 43.) Kokonaisuudessaan toiminnanharjoittajan omavalvontasuunnitelmassa vaadittavat tiedot löytyvät maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 11/12 liitteestä II (11).

Ilmoittautumista rekisteriin ei vaadita lannan luovuttamisesta tai myymisestä tilalta tai yhteislantalan piiriin kuuluvilta tiloilta. Tämä koskee sekä käsittelemätöntä että esimerkiksi mädättämällä käsiteltyä lantaa. Luovutettava lanta ei saa kuitenkaan sisältää minkään vakavan tartuntataudin leviämisen riskiä. Mikäli lantaa luovutetaan käsittelyyn tilan ulkopuolelle, lannan käsittelijää koskevat lainsäädännön mukaiset ilmoitus- ja hyväksyntävaatimukset. (Ruokavirasto 2019b.)

7.3 Laitoshyväksyntä

Maatilakohtaisille ja osuuskuntakohtaisille biokaasulaitoksille ei vaadita laitoshyväksyntää, mikäli laitoksessa käytetään syötteenä vain tilan tai osuuskuntalaisten omaa lantaa ja kasvijätteitä sekä lopputuote käytetään oman tilan tai osuuskuntalaisten pelloilla lantana eikä myydä eteenpäin. Jos lannoitteita markkinoidaan eteenpäin, vaaditaan hyväksyntä lannoitelainsäädännön vaatimusten mukaisesti. (Ruokavirasto 2019a; Retkin 2021a).

Tilakohtainen biokaasulaitos, jolle otetaan syötteenä tilan ulkopuolisia tautiriskisiä jakeita selvästi enemmän, tarvitsee laitoshyväksynnän. Hyväksyntää ei vaadita, mikäli tilakohtainen laitos käsittelee pieniä määriä ulkopuolista lantaa, nurmimassaa, ruokajätettä tai vastaavaa, jossa tautiriski on pieni. Suuremmissa määrissä voi keskustella Ruokaviraston kanssa, tuleeko laitoshyväksyntävaatimusta. Tähän ei ole vedetty tarkkaa rajaa, vaan tilanne voidaan katsoa tapauskohtaisesti. (Retkin 2021a.)

Mikäli laitoksella käsitellään sivutuoteluokan 3 jakeita, vaaditaan laitoshyväksyntä aina sivutuotelainsäädännön alaisena toimintana. Tällöin ei ole väliä, markkinoidaanko jäännöstä lannoitevalmis-

teena. Hyväksyntävaatimus voi tulla siis joko sivutuotelainsäädännön kautta tai lannoitelainsäädännön kautta. Asia riippuu siitä, mitä jakeita käsitellään ja myydäänkö lannoitetta ulos. (Retkin 2021a.) Myös lannoitetuotteiden orgaanisten raaka-aineiden valmistaja tai niitä teknisesti käsittelevä toimija tarvitsee hyväksynnän (Ruokavirasto 2019a).

Laitoshyväksyntä myönnetään tuotantolaitos- tai tuotantolinjakohtaisesti. Se perustuu lannoitevalmistelakiin (539/2006) sekä eläimistä saatavien syötteiden osalta lisäksi sivutuoteasetukseen (EY) N:o 1069/2009. Laitoshyväksynnän myöntää Ruokavirasto, josta se myös haetaan lomakkeella (ks. liite 3). Hyväksytyt laitokset merkitään valvontarekisteriin hyväksyntänumeroilla. Ruokavirasto ylläpitää myös EU:n komission edellyttämää luetteloa sivutuoteasetuksen mukaisesti hyväksytyistä laitoksista. (Ruokavirasto 2019a.)

Lannoitevalmistelain mukainen hyväksyntä koskee orgaanisten lannoitteiden valmistusta, jotka kuuluvat seuraaviin kansallisen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelossa mainittuihin tyyppinimiryhmiin: 1B1 Orgaaniset eläinperäiset lannoitteet, 1B2 Orgaaniset ei eläinperäiset lannoitteet, 3A2 Orgaaniset maanparannusaineet, 3A5 Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet sekä 5A2 Seosmullat, jos valmistusprosessin osana on lantaa, orgaanisia jätteitä tai teollisuuden sivutuotteita. (Ruokavirasto 2019a.)

Sivutuoteasetuksen mukainen laitoshyväksyntä koskee laitoksia, mikäli niissä käsitellään eläimistä saatavia sivutuotteita tai ne varastoivat sivutuotteista valmistettuja tuotteita. Lannoitetuotteita valmistavissa laitoksissa voidaan käyttää syötteenä sivutuoteluokkaan 2 kuuluvaa lantaa sekä luokkaan 3 kuuluvaa ainesta. Luokkaan 2 kuuluva tartuntavaaran sisältävä materiaali on painesteriloitava ennen laitokseen toimittamista. Sivutuoteasetuksen mukaisessa laitoksessa tulee olla hygienisointikäsitely ($70\text{ °C} > 60\text{ min}$ palakoko $< 12\text{ mm}$) tai vaihtoehtoisesti joku validoitu hygienisoiva käsitely. (Ruokavirasto 2019a.)

Kun laitoshyväksyntää haetaan Ruokavirastosta, sen saamisen edellytyksenä on, että laitoksen toiminta täyttää lannoitevalmistelaisissa asetetut vaatimukset. Eläimistä saatavia sivutuotteita käsittelevien laitosten on lisäksi täytettävä sivutuoteasetuksen asettamat vaatimukset. Laitoshyväksyntää hakevalla toimijalla on myös oltava vireillä tai voimassa oleva ympäristölupa, mikäli se on toiminnalta vaadittu. Hakijan tulee osoittaa, että laitoksessa syntyy turvallista sekä käyttötarkoituksensa sopivaa lannoitevalmistetta tai sen raaka-ainetta. (Ruokavirasto 2019a.)

Laitoshyväksynnän hakemuksessa on maininta elinkeinoilmoituksesta. Osa toimijoista on toimittanut elinkeinoilmoituksen laitoshyväksyntähakemuksen mukana ja osa ei, mutta sitä ei kuitenkaan erikseen vaadita (Retkin 2021b).

8 HYGIENISOINTILAITTEET JA KÄYTÄNNÖT

Hygienisointilaitteita on markkinoilla monenlaisia ja useilta eri laitevalmistajilta. Tässä luvussa esitellään muutama eurooppalainen laitevalmistaja ja tämän työn lopussa liitteenä 4 on listattuna lisää laitevalmistajia. Toisilla hygienisointi tapahtuu säiliössä ja toisilla putkistoissa, mutta kummassakin on sama periaate eli materiaalin kuumennus 70 °C:een lämpötilaan ja siinä pitäminen tunnin ajan.

Laitteet on kohdennettu maatilan biokaasulaitoksille ja siten maatilamittakaavassa, mutta samoja laitteita voidaan käyttää suuremmillekin biokaasulaitoksille isommaksi skaalattuna tai sijoittamalla useampi säiliö vierekkäin. Markkinoilla on myös hygienisointilaitteita, jotka on kohdennettu enemmän erilaisille jätevesilietteilte. Yleensä hygienisointi tehdään ennen mädätystä, mutta se voidaan suorittaa myös mädätyksen jälkeen kaikelle syntyvälle materiaalille (kts. luku 8.3).

Kotimaisista biokaasulaitoksia valmistavista yrityksistä ainakin Metener Oy:llä on oma toteutus hygienisointiin. Yritys voi tarjota koko laitteiston alusta loppuun tai vaihtoehtoisesti myös sen suunnittelun maatilalle, jolla on jo toisen firman toimittama tai maatilan itse tekemä olemassa oleva biokaasulaitos. (Kalmari 2021b.) Biokaasulaitosvalmistaja Demecalla on myös olemassa hygienisointiin laitteet (Demeca 2021c) sekä Jahotec Oy:llä on tällainen tulossa. Jahotec Oy on kehittänyt oman tuotteen hygienisointiin ja se on tarkoitus suojata ja saattaa markkinoille seuraavan puolen vuoden aikana. Tämän jälkeen sitä voidaan myydä muillekin laitoksille eteenpäin. Kyseessä on myös tunnin kuumennus 70 °C:ssa. (Pokka 2021b; Pokka 2021a.)

8.1 Hygienisointi säiliössä

Hygienisointi voidaan suorittaa omassa säiliössä eli hygienisointiyksikössä. Tässä hygienisointitavassa säiliö on täyssekoitteinen eli sisältöä sekoitetaan prosessin aikana. Seuraavissa luvuissa on kerrottu säiliössä tapahtuvasta hygienisointitavasta käyttäen kahta laitevalmistajaa esimerkkinä.

8.1.1 Landia

Ammattiopisto Lappian Louen toimipisteen maatilakohtaisen biokaasulaitoksen hygienisointiyksikkö on yksi esimerkki säiliössä tapahtuvasta panostyyppisestä hygienisoinnista. Sen on valmistanut tanskalainen laitevalmistaja Landia A/S. Yhtiön ratkaisu hygienisointiin biokaasulaitoksilla on nimeltään BioChop Hygienization System. Se on korkealaatuisista, yksinkertaisista ja luotettavista komponenteista rakennettu järjestelmä, jossa voidaan hygienisoida sivutuotteita tunnin ajan 70 °C:ssa (kuvio 30). Säiliö on tilavuudeltaan 2,5 m³. Luvussa 9.2 on esitetty Landian muiden säiliötilavuuksien hintoja. Kyseinen laitevalmistaja valikoitui ainakin edullisemman hintatason sekä sijainnin perusteella. Laite on itse noudettu Tanskasta Lemmin tehtaalta. (Landia A/S 2021; Saariniemi 2021c.)



KUVIO 30. Landian hygienisointiyksikkö Louen biokaasulaitoksella (Kuva: Elisa Lääkkölä)

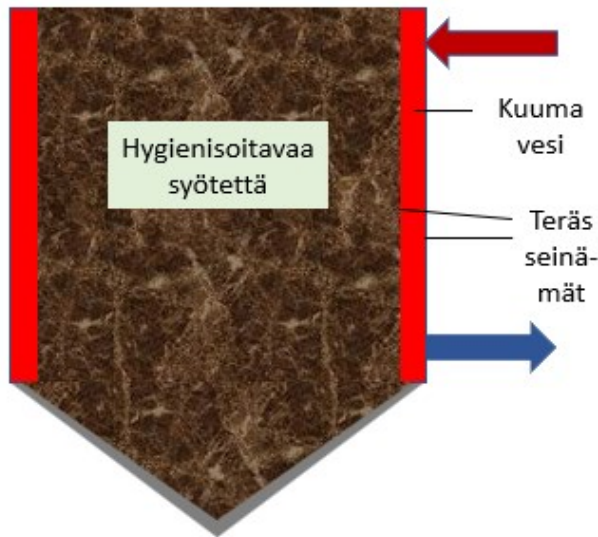
Ennen hygienisointia Louen biokaasulaitoksella syöte hienonnetaan murskaimella alle 12 mm:n palakokoon ja varastoidaan esisäiliöön, joka on tilavuudeltaan myös 2,5 m³. Palakoon pienentämisellä varmistetaan tehokas hygienisointi sekä myöhemmin mädätys. Murskain sijaitsee esisäiliön

yläpuolella (kuvio 31), josta murskattu syöte tippuu alas säiliöön. Esisäiliöstä materiaali pumpataan hygienisointiyksikköön putkea pitkin. Esisäiliö ja murskain sekä hygienisointiyksikkö sijaitsevat samassa laitetilassa. Murskaimeen on tulossa mahdollisuus kaataa syöte siihen suoraan traktorin kauhasta. (Saariniemi 2021a.)



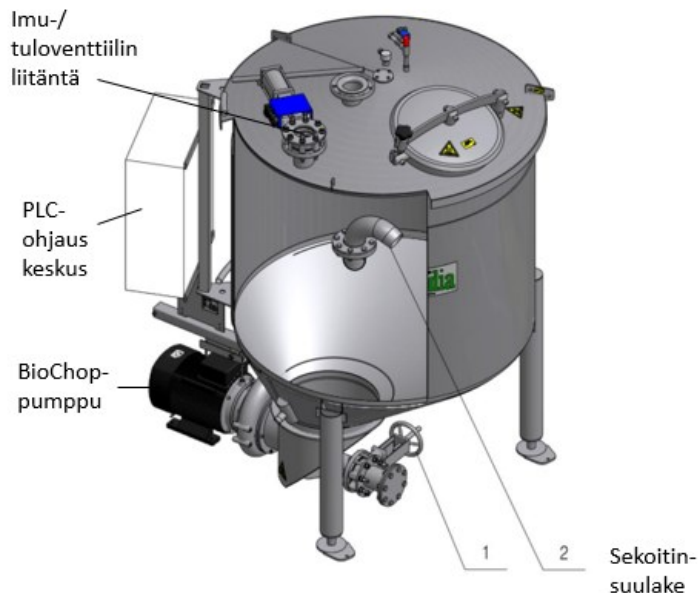
KUVIO 31. Esisäiliö ja murskain Louen biokaasulaitoksella (Kuva: Elisa Lääkkölä)

Itse hygienisointiyksikkö eli BioChop Hygienisation Unit on varustettu kaksinkertaisella ruostumattomasta teräksestä valmistetulla seinämällä. Säiliötä ympäröi lieriön mallisessa osassa kuumavesivaippa näiden kahden seinämän välissä (kuvio 32). Vaipassa kierrätetään kuumaa vettä, joka lämmittää sisällä olevan materiaalin 70-asteiseksi. Louella syötteen hygienisointiin käytettävä vesi kuumennetaan laitoksen itse tuottamalla lämpöenergialla. Kuumaa vettä tulee säiliön yläosan tuloletkännän kautta vaippaan (kuviossa 32 punainen nuoli) ja lämpö siirtyy pikkuhiljaa vaipassa alaspäin. Alaosasta poistuu jäähtynyttä vettä (kuviossa 32 sininen nuoli). Tällainen lämmitysjärjestelmä on yksinkertainen ja heti valmis käyttöön toimituksen jälkeen. Säiliö on myös eristetty ulkopuolelta. (Landia A/S 2015, 2; Landia A/S 2021; Saariniemi 2021a.) Joillakin laitevalmistajilla lämmitykseen tarvitaan esimerkiksi erillinen lämmönvaihdin, mikä todennäköisesti näkyy myös laitehinnoissa.



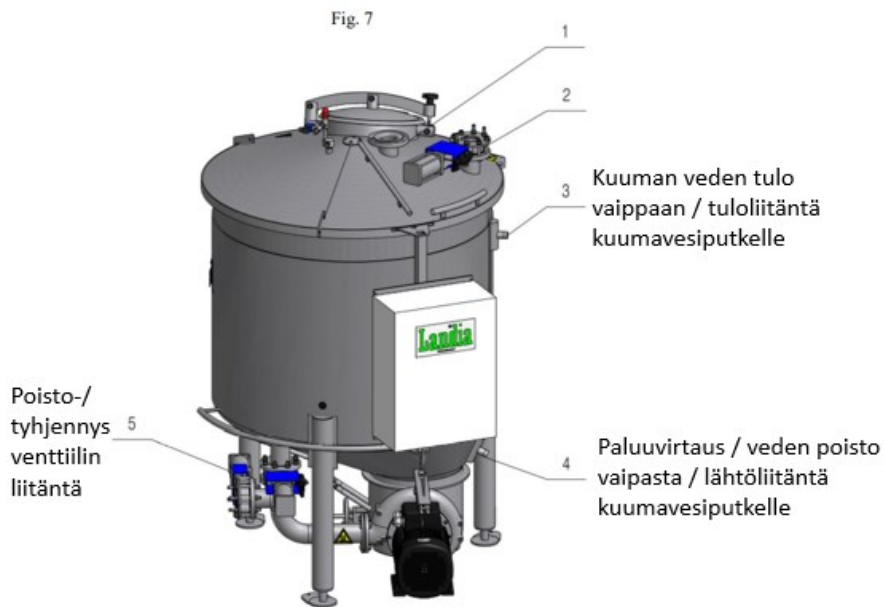
KUVIO 32. Syötteen kuumennuksen periaate hygienisointiyksikössä

Hygienisointiyksikön yläosaan imu-/tuloventtiiliin (kuvio 33) liitetään esisäiliöstä tuleva putki, josta kerralla hygienisoitava annos syötettä pumpataan yksikköön. Täytön aikana murskaava BioChop-pumppu sekä sekoitinsuulake säiliön sisällä pohjassa ovat toiminnassa. Yksikköön voidaan myös lisätä vettä kuumennettavien syötteiden kuiva-ainepitoisuudesta riippuen. Tällä taataan seoksen liikkuvuus ja laitteiston toimiminen. (Landia A/S 2015, 2–3; Saariniemi 2021a.)



KUVIO 33. Hygienisointiyksikön eri osia (Landia A/S 2015, 8)

Kun säiliö on täytetty maksimitasolle, alkaa hygienisointivaihe, jolloin tuloventtiili sulkeutuu eikä säiliöön pääse mitään sisälle eikä myöskään ulos. Pumppu toimii koko ajan riittävän sekoituksen varmistamiseksi ja sekoitinsuulake aika-ajoin. Vaipassa olevan kuuman veden avulla materiaalin lämpötila nousee 70 °C:een. Kun tämä lämpötila on saavutettu, materiaali pidetään yksikössä tunnin ajan ja pumppu toimii vain ajoittain. (Landia A/S 2015, 2–3; Landia A/S 2021.)



KUVIO 34. Hygienisointiyksikön liitäntöjä (Landia A/S 2015, 7)

Tunnin aikana PLC-ohjauskeskus (ks. kuvio 33) rekisteröi sisäänrakennettuun tiedonkeruu- ja tallennuslaitteeseen lämpötilan, ajan ja venttiilien asennon todisteeksi hygienisoinnin vaatimusten täyttymisestä. Tunnin jälkeen säiliö tyhjenetään pumpun avulla poistovenntiiliin (kuvio 34) liitetyn putken kautta biokaasureaktoriin vähitellen, jonne kuuma materiaali tuo lisälämpöä (kuvio 35). Edellä kuvatun prosessin jälkeen yksikkö on taas valmis uuteen hygienisointiin. Kaikki vaiheet toimivat automaattisesti PLC:n valvoessa ja säädellessä hygienisointiprosessia. (Landia A/S 2015, 2–3, 8; Landia A/S 2021; Saariniemi 2021a.)



KUVIO 35. Hygienisoitavan syötteen kulku biokaasuprosessissa

Säiliötä tulee huoltaa säännöllisesti, johon myös Landia tarjoaa apua. Sen sisustan pesu voi olla myös tarpeen ajoittain esimerkiksi rasvaisten syötteiden jälkeen (Saariniemi 2021a). Tämän opinäytetyön lopussa liitteessä 5 on nähtävillä Landian 2,5 m³ hygienisointiyksikön tarkat mitat.

8.1.2 TEWE

Toinen esimerkki säiliössä tapahtuvalle hygienisoinnille on saksalaisen TEWE Electronicin tuote "Hygienisation process". Siinäkin syöte hygienisoidaan 70 °C:ssa vähintään tunnin ajan. Hygienisointi voidaan tehdä myös mädätyksen jälkeen, mutta silloin se on tehtävä kaikelle lopputuotteelle. Yritys valmistaa myös laitteita painesterilointiin. (TEWE Electronic 2021.)

Hygienisointisäiliön osat, jotka tulevat kosketuksiin syötteen kanssa, sekä ulkokuori, on valmistettu korkealaatuisesta ruostumattomasta teräksestä. Säiliö on eristetty joka puolelta puhallusvillalla ja siinä on kartiomainen pohja. Sekoitin hämmentää sisältöä koko lämmityksen ajan hitaasti. Säiliön sisälle keskelle on sijoitettu kuumennuskäämi. Säiliöitä on olemassa eri kokoisia, ainakin 3 m³ (kuvio 36) ja 10 m³, joka on suurin koko vakiona. (Ervasti 2021a; TEWE Electronic 2021.)



KUVIO 36. Säiliöratkaisu hygienisointiin, tilavuus 3 m³ (TEWE Electronic 2021)

Säiliöt valmistetaan tilaustyönä, joten hintakin vaihtelee. Hinta riippuu useista muuttujista, esimerkiksi säiliön tilavuudesta ja haluaako asiakas ostaa lämmönvaihtimet säiliön kanssa. Lämmönvaihtimet nostavat kokonaishintaa huomattavasti. On myös otettava huomioon, että materiaalin tulee olla pumpattavaa ja partikkelikoon alle 12 mm. (Ervasti 2021a; Ervasti 2021b.) Yhtiön nettisivuilta ei käy ilmi, kuuluuko tuotteeseen partikkelikoon ja pumpattavuuden varmistava murskain tms.

Lämmitykseen tarvittava energia saadaan yleensä olemassa olevasta tuotantoyksiköstä. Materiaali lämmitetään lämmön vaihdon periaatteella eli poistuvan hygienisoidun materiaalin lämpöä käytetään lämmittämään tulevaa syötettä. Säiliön katolla on tulo- ja poistoventtiilien liitännät, joihin asiakas yhdistää lämpöputket. Hygienisointisäiliössä on myös lämpötila- ja ylitäyttöanturit. Lisäksi sinne on asennettu sähköinen painotunnistin, jonka avulla saadaan tietoja prosessoitujen syötteiden painosta ja määrästä. Hygienisointiin menevät syötteet varastoidaan esisäiliössä, joka on huolella varustettu. Ohjauskeskuksessa olevan laitteen avulla voidaan säädellä prosessia ja rekisteröidä kaikki tärkeät parametrit esimerkiksi valvontaa varten. (Ervasti 2021a; TEWE Electronic 2021.)

Tewen mukaan turvallinen prosessi on panosluonteinen, jolloin seos kuumennetaan säiliössä ja pidetään siellä vaadittu aika koko ajan sekoittaen. Käytössä on myös menetelmä, jossa itsenäinen lämmönvaihdin kuumentaa materiaalin ja sen jälkeen tuote kerätään tankkiin. (TEWE Electronic 2021.)

8.2 Hygienisointi putkissa

Hygienisointi voidaan suorittaa myös putkimaisissa laitteistoissa. Tässä hygienisointitavassa hygienisoitavaa materiaalia ei tarvitse sekoittaa. Seuraavissa luvuissa on kerrottu putkimaisissa laitteistoissa tapahtuvasta hygienisointitavasta käyttäen kahta laitevalmistajaa esimerkkinä.

8.2.1 BioG

Itävaltalainen kestävän energian tuotantoon erikoistunut yritys nimeltä BioG (Solutions for Green Energy) tarjoaa yhtenä tuotteenaan hygienisointilaitteiston, jossa hygienisointi tapahtuu säiliön sijaan putkissa (kuvio 37). Yritys on erikoistunut putkihygienisoinnin konseptiin ja kehittänyt sitä entistä paremmaksi. Konsepti perustuu suljettuun, jatkuvaan kiertoon tai ”putki putken sisällä” järjes-

telmään ja muistuttaa lämmönvaihtimien toimintaa. Hygienisoidun materiaalin hukkalämpöä käytetään siis lämmittämään käsittelyyn menevää materiaalia. Kun materiaali saavuttaa 70 °C:een, se pysyy kierrossa tunnin ajan, jonka jälkeen se poistuu hygienisointiprosessista mikrobivapaana. Näin taataan erittäin alhainen lämmön- ja sähkönkulutus. (BioG 2021.) Kyseessä on todennäköisesti samankaltainen tekniikka kuin kuviossa 38 on esitelty.



KUVIO 37. Hygienisointiputkia (BioG 2021)

8.2.2 BioConstruct

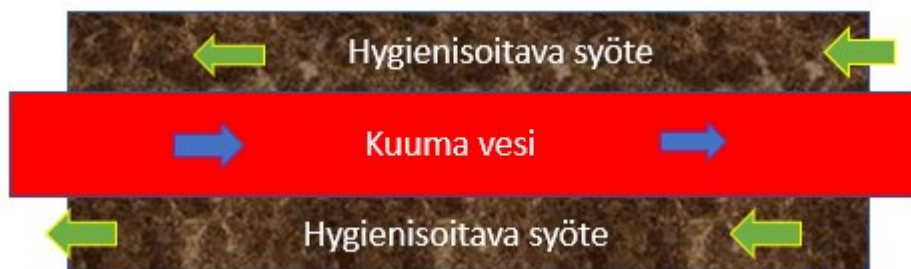
Saksalainen uusiutuvaan energiaan erikoistunut perheyrittäjä BioConstruct valmistaa sekä maatalouden biokaasulaitoksia että teollisuuden laitoksia (BioConstruct 2015). Yritys ei ainakaan mainitse verkkosivuillaan olevansa varsinaisesti hygienisointilaitteiden valmistaja, mutta videosta ”Functionality of a biogas plant” käy ilmi, että heillä on järjestelmä ja laitteisto tähän.

Tämän yrityksen hygienisointi perustuu myös putkissa tapahtuvaan ”putki putken sisällä” -järjestelmään. Ohessa on kuvattu tekniikkaa, jossa hyödynnetään laitoksen itse tuottamaa lämpöenergiaa hygienisointiin. Biokaasureaktoriin menevä syöte siis hygienisoidaan kuumalla vedellä tunnin ajan 70 °C:ssa putkimaisissa lämmönvaihtimissa (kuvio 38) käyttäen ”vastavirtaprosessia”. (BioConstruct 2015.)



KUVIO 38. Putkimaiset lämmönvaihtimet (BioConstruct 2015)

Yllä olevassa kuviossa näkyvien putkien sisällä kulkee myös toinen putki. Kuten kuviossa 39 on esitetty, läpimitaltaan suuremmissa, eli ulommissa, putkissa kulkee hygienisoitavaa syötettä. Putken keskellä sisemmässä ja läpimitaltaan pienemmässä putkessa puolestaan kulkee kuumaa vettä toiseen suuntaan. Kuuma vesi lämmittää ympärillä olevan materiaalin. Hygienisoinnin jälkeen syöte pumpataan reaktoriin. (BioConstruct 2015.)



KUVIO 39. Syöteen hygienisointi putkissa kuuman veden avulla

8.3 Hygienisointi mädätyksen jälkeen

Materiaalin hygienisointi voidaan suorittaa myös mädätyksen jälkeen. Esimerkkinä maatilakokoluokan biokaasulaitoksesta, jolla näin tehdään, on Juvan Bioson Oy. Tämä Juvalla sijaitseva maatilojen yhteinen biokaasulaitos oli vuonna 2015 Suomen suurin maatilakokoluokan laitos. Se tuottaa

lämpöä ja sähköä naudat- ja siipikarjanlannasta, kasvijätteestä sekä elintarviketeollisuuden jätteistä. Laitos tuottaa myös mädätysjäätännöstä, joka palautetaan osakastiloille peltolannoitteeksi. Laitoksella hygienisointi tapahtuu vasta mädätyksen jälkeen, jolloin kaikki käsittelyjäätännös lämmitetään +71 °C:een. Laitoksen lämmönvaihtimien kautta otetaan talteen lämpöä hygienisoidusta mädätteestä ja siirretään sitä reaktoriin menevään lietteeseen. (Teittinen 2014; Juvan Bioson 2015.) Myös Jahotecin laitoksella hygienisointi tehdään prosessin loppupäässä mädätyksen jälkeen kaikelle materiaalille (Pokka 2021a).

Hygienisoinnissa mädätyksen jälkeen on kyse enemmän mädätteen eli tuotteen jatkojalostamisesta (Tampio ym. 2018, 19). Tästä syystä nämä hygienisointikäytännöt koskevat enemmän suurempia kaupallisia lannoitevalmisteita valmistavia biokaasulaitoksia kuin maatilakokoluokan laitoksia.

9 PROSESSIN HYÖDYT JA HAASTEET

Tällä hetkellä tiedetään, että pelkällä lannalla tuotetun biokaasun kannattavuus on heikko, joten kannattavuutta pitäisi saada jotenkin paremmaksi. Maatilan ulkopuolisilla syötteillä saadaan lisättyä huomattavasti metaanin tuotantoa, mutta moniin syötteisiin vaaditaan hygienisointi. Hygienisointiyksikkö taas on investointina kallis ja siihen kuuluu muitakin kuluja sekä epävarmuustekijöitä. Kuitenkin yleensä hygienisoiduilla raaka-aineilla päästään parempaan kannattavuuteen kuin pelkällä lannalla tuotetulla biokaasulla. (Lepojärvi 2020.)

Sama asia käy ilmi myös Luken tutkimuksesta, jossa tarkasteltiin hygienisointiyksikön merkitystä kannattavuuslaskelmien avulla. Yksikön kannattavuudelle ilmenikin muutamia edellytyksiä, muun muassa riittävän suuri laitoskokoluokka (syötemäärä), lisäsyötteiden saaminen, investointituet sekä melko korkea tuotetun energian hinta ja hyödyntämisaste. (Ervasti ym. 2021, 3, 40).

9.1 Hygienisoinnin hyötyjä

Hygienisointi mahdollistaa useampien syötteiden käytön maatilan biokaasulaitoksella. Lisäsyötteiden saaminen tilan ulkopuolelta taas voi parantaa toiminnan kannattavuutta, mikäli laitos saa porttimaksuja eli niin sanottua vastaanottomaksua sinne käsiteltäväksi tuodusta materiaalista. Tämä koskee erityisesti laitoksia, jotka käsittelevät myös elintarviketeollisuuden biohajoavia massoja. Lisäsyötteiden hyötykäyttö taas edistää muuten heikosti hyödynnettyjen sivuvirtojen kierrättämistä ravinteina ja energiana. Tällaisia ovat esimerkiksi Lapissa alueelleen ominaiset poro- ja kalatalouden sekä matkailun sivuvirrat. Tämä lisää myös resurssitehokkuutta ja toiminnan kestävyttä, jos lisäsyöte on aiemmin päätynyt kaatopaikalle tai maahan haudatuksi. (Motiva 2013, 26; Ervasti ym. 2021, 5–6, 11–12.)

Hygienisoitavien lisäsyötteiden käyttö biokaasulaitoksessa lisää metaanintuotantoa ja sitä kautta energiantuottoa. Tämä johtuu siitä, että tyypilliset hygienisoitavat lisäsyötteet ovat jo itsessään biokaasupotentiaaliltaan parempia kuin lanta eli vähän vettä ja paljon helposti hajoavaa orgaanista materiaalia sisältäviä. Myös syötteen hygienisointi prosessina parantaa kaasusaantoa estämällä kilpailevien mikrobien toiminnan. Hygienisointi ennen mädätystä toimii esilämpökäsittelyinä, jolloin kiinteää orgaanista ainesta hajoaa eli hydrolysoituu liukoiseen muotoon pienemmiksi molekyyleiksi.

Tällöin anaerobiset mikro-organismit voivat hyödyntää materiaalin tehokkaammin. Hygienisoinnilla on siis positiivisia vaikutuksia biokaasulaitoksen toimintaan ja onkin tutkittu, että se voi lisätä biokaasuntuottoa jopa 40 %. Lisäksi hygienisoinnin on todettu pidentävän biokaasun aktiivista tuottovaihetta noin 1–2 vuorokautta. (Luste ym. 2013; Posio 2018; Ervasti ym. 2021, 3, 11.)

Kun mädätetään vähemmän vettä sisältävää sekä biokaasupotentiaaliltaan korkeampaa materiaalia, kuten teuras- tai biojätettä, pienenee prosessin kuluttama energian määrä (Motiva 2013, 24). Tällainen materiaali vaatii hygienisoinnin esikäsitteilynä ja sen yhteydessä voidaan ottaa myös talteen lämpöä ja käyttää sitä tehokkaammin. Siispä vaikka syötteen hygienisointiin joudutaan käyttämään paljon lämpöenergiaa, se ei mene hukkaan, kun hygienisoitu materiaali syötetään biokaasureaktoriin heti, kun se on lämmitetty 70 °C:seen. Tällöin se lämmittää myös reaktoria ja näin vähentää reaktorin lämmitystarvetta ja tuo lisää lämpöenergiaa reaktoriin. Tällöin hygienisointi ei lisää lämpöenergian tarvetta biokaasulaitoksella. (Luostarinen 2015, 84; Ervasti ym. 2021, 38.)

Hygienisointi tuhoaa muun muassa rikkakasvien siemenet ja patogeenejä mädätysjäännöksestä (TEWE Electronic 2021). Mädätysjäännös sisältää edellä mainittujen lisäksi huomattavasti vähemmän myös tuholaisia ja viruksia verrattuna käsittelemättömään lantaan jo pelkän mädätyksen ansiosta. Mikäli syöte on lisäksi hygienisoitu, ei se sisällä juuri yhtään taudinaiheuttajia. Tämä tekee lopputuotteesta turvallisemman lannoitteena. (Arkima 2015, 45; Virkajärvi ym. 2016, 11.)

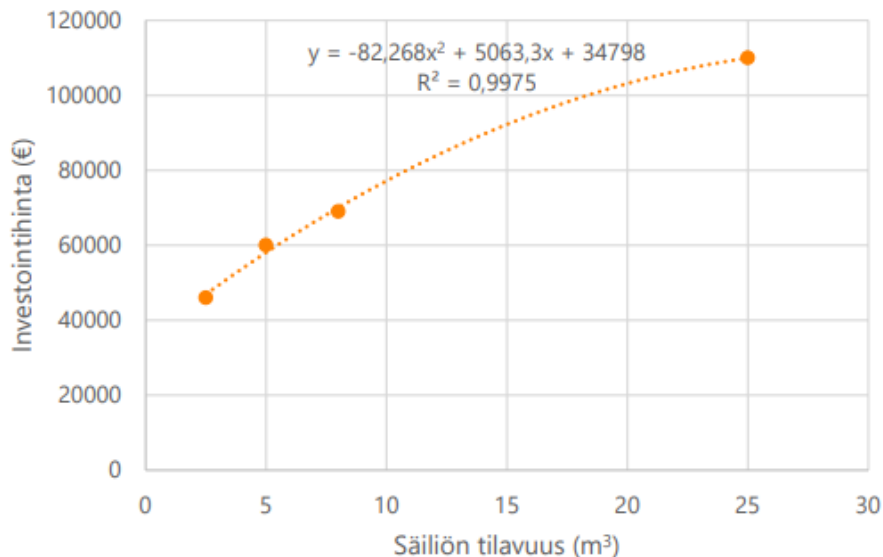
Mädätys siis jo sinänsä hygienisoi syötteitä ja tuhoaa hajua aiheuttavia yhdisteitä. Orgaanisen jätteen ja eläinten lannan epämiellyttävä haju johtuu niiden sisältämistä haihtuvista orgaanisista yhdisteistä. Mädätyksessä ja hygienisoinnissa nämä haisevat yhdisteet hajoavat. Hajun merkittävä väheneminen tai jopa kokonaan poistuminen verrattuna käsittelemättömään lantaan voi jopa olla yksi tärkeimpiä hyötyjä varsinkin hygienisoidun mädätysjäännöksen peltolannoitteena käyttämisessä. (BioConstruct 2015; Arkima 2015, 44.)

Lannan lisänä käytetyt hygienisoidut syötteet parantavat myös lannoitteena käytettävän mädätysjäännöksen ravinnemääriä. Niiden sisältämä typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudet parantavat mädätyksen ominaisuuksia lannoitteena verrattuna pelkkään käsittelemättömään lantaan. Sen lannoitusarvo paranee, kun liukoisen typen osuus kokonaistypestä kasvaa. Tämä mahdollistaa pienemmän mädätteen levitysmäärän typpilannoituksessa. (Ervasti ym. 2021, 11, 21, 31.)

9.2 Hygienisoinnin haasteita

Mikäli maatila aikoo investoida laitokselleen hygienisointiyksikön, se vaatii monenlaista selvitystä ennen kuin toiminta päästään aloittamaan. Lupa-asiat tulee hoitaa kuntoon ja tehdä tarvittavat ilmoitukset viranomaisille (kts. luku 7). Tietenkin myös rahoituksen tulee olla järjestettynä ja laitevalmistajan valittuna.

Hygienisointi itsessään vaatii investointina kalliit laitteet. Tästä esimerkkinä on luvussa 8.1.1 mainittu Ammattiopisto Lappian Louen toimipisteen Landian hygienisointiyksikkö, jonka hinta oli noin 50 000 e. Hygienisointilaitteiden hinnat ovat aina hyvin tapauskohtaisia, koska laitteistot voivat olla jopa mittatilaustyönä tehtyjä. Hinnat ovat laitevalmistajien tarjousten mukaisia eikä niitä ilmoiteta yleiseen tietoon. Landian tuotteen voidaan kuitenkin sanoa olevan edullisemmasta päästä eli on olemassa huomattavasti kalliimpiakin hygienisointilaitteita. Hygienisointiyksikön hinta voi riippua esimerkiksi hygienisointisäiliön tilavuudesta, kuten Landia A/S:n tapauksessa. Kyseisen valmistajan säiliötilavuudet ovat 2,5, 5, 8 ja 25 m³. Kuviosta 40 voidaan laskea myös laitevalmistajan ilmoittamia kokoluokkia pienemmän tai suuremman hygienisointiyksikön hinnat. (Ervasti ym. 2021, 37.)



KUVIO 40. Landia A/S:n hygienisointiyksikön hinta säiliön tilavuuden mukaan (Ervasti ym. 2021, 37)

Hygienesointiin voidaan myös liittää monenlaisia kuluja ja epävarmuustekijöitä. Lisäsyötteiden kuljettaminen laitokselle käsittelyyn voi aiheuttaa merkittäviä kustannuksia. Esimerkiksi Lapissa välimatkat ovat pitkiä ja lisäsyötteen kuljettaminen käsittelypaikalle voi maksaa. Lisäksi hygienesointiyksikön ylläpito maksaa ja se kuluttaa myös sähköä. (Ervasti ym. 2021, 12, 15, 38.)

Jotkin hygienesoinnin vaatimat lisäsyötteet ovat vain osan vuodesta saatavilla, koska niiden muodostuminen maaseudulla on kausittaista. Lannan kanssa käytettävä lisäsyöte voi siis muuttua usein ja olla koostumukseltaan rasvojen, proteiinien ja sokereiden suhteen hyvin erilainen tilan perussyötteisiin verrattuna. Tämä voi aiheuttaa reaktorissa mikrobitoiminnan häiriöitä ja kaasutuotannon laskua. Haasteita voikin tulla kannattavuuden kanssa, koska laitos toimii ympäri vuoden ja vaatii myös syötteitä koko vuoden ajan. Myös prosessin tottumisen kanssa erilaisiin syötteisiin voi tulla haasteita. (Ervasti ym. 2021, 11, 18.)

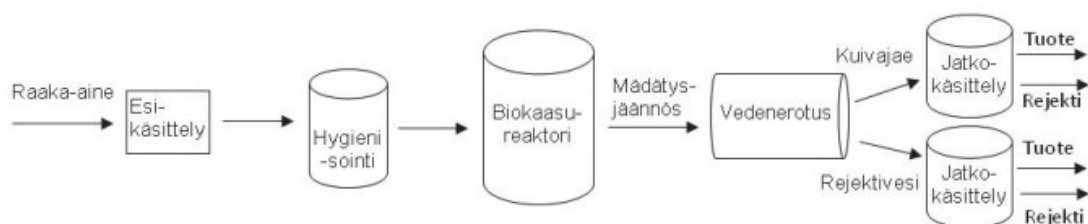
Hygienesointi käsittelynä saattaa lisätä inhiboivien välituotteiden määrää tasolle, joka häiritsee metaanintuottoa. Tämä saattaa johtua tehostetusta hajoamisesta, jolloin liukoisia välituotteita, kuten rasvahappoja, voi vapautua liikaa, jolloin ne saattavat inhiboida metaania muodostavia bakteereita. Samoin monet lisäsyötteet sisältävät runsaasti typpeä, joka voi olla liian suurina määrinä haitaksi biokaasuprosessissa inhiboimalla mikrobien toimintaa. (Luste ym. 2013; Ervasti ym. 2021, 21.)

10 LOPPUTUOTTEEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Hygienisoidulla mädätysjäännöksellä on useita käyttömahdollisuuksia. Sitä voidaan käyttää lannoitteena joko sellaisenaan tai jatkojalostaa siitä hyvinkin erilaisia lannoitevalmisteita. Seuraavissa luvuissa on kerrottu hygienisoidun mädätysjäännöksen separoinnista ja separoitujen jakeiden jatkojalostamisesta sekä lopputuotteen käytön mahdollisuuksista. Lisäksi seuraavissa luvuissa on kerrottu käytön rajoitteista, soveltumisesta luomutuotannon lannoitteeksi sekä hieman lannoitevalmisteiden laadusta ja niiden valvonnasta Suomessa.

10.1 Käyttö erilaisina lannoitteina ja eläinten kuivikkeena

Biokaasuprosessista jäljelle jäävä hygienisoitu mädätysjäännös voidaan yleensä hyödyntää sellaisenaan lannoituksessa pelloille. Se luokitellaan usein maanparannusaineeksi, joka on tyyppinimiluettelossa kohta 3A5. Jatkokäsittely voi olla kuitenkin apuna massa- ja ravinnevirtojen hallinnassa varsinkin laitokseen kasvaessa. Jatkokäsittelyllä voidaan myös varmistaa, että lannoite täyttää asetetut laatu- ja turvallisuusvaatimukset sekä ravinnepitoisuudet (Tampio ym. 2018, 19). Esimerkkinä jatkokäsittelystä on mädätteen separointi neste- ja kuivajakeeksi (kts. luku 3.6.2). Näillä voidaan kohdentaa paremmin lannoitusta kasvien tarpeen mukaisesti maataloudessa. (Paavola & Kapuinen 2015, 99, 114.) Separoitua neste- ja kuivajaetta voidaan taas edelleen jatkojalostaa ja valmistaa niistä hyvinkin erilaisia lannoitetuotteita (kuvio 41).



KUVIO 41. Tyypillinen biokaasuprosessi ja mädätteen jatkokäsittelyt (Marttinen ym. 2013, 13)

Huomioitavaa on kuitenkin, että myöhemmin tässä luvussa mainitut erilaiset mädätysjäännöksen jatkokäsittelyt ja prosessoinnit voivat olla kalliita ja näin heikentää biokaasutuotannon kannattavuutta entisestään. Lisäksi kallis prosessointi nostaa kierrätysravinnevalmisteiden hintaa, joten ne eivät useinkaan pärjää hintakilpailussa mineraalilannoitteiden kanssa. (Winqvist ym. 2018, 15, 18).

Separoitua nestejakeita (rejektivesi) voidaan käyttää lannoitteena sellaisenaan, mutta sille voidaan tehdä myös edelleen erilaisia jatkokäsittelyjä, jolloin saadaan markkinoille erilaisia typpi- ja fosforilannoitevalmisteita. Suomessa isommilla biokaasulaitoksilla on käytössä tällaisia käsittelyjä. Niitä ovat esimerkiksi strippaus, haihdutus ja biologinen käsittely sekä kalvotekniikka. Jatkokäsittelyillä saadaan nestejakeesta väkevempiä liuoksia typen talteenotolla ja ravinteet pienempään nestetilavuuteen. Tuotetuilla typpiliuoksilla voidaan korvata esimerkiksi ureaa. Niitä voidaan käyttää myös maataloudessa kasviravinteena. Kalvotekniikalla pystytään erottelemaan nesteestä hyvin pieniä epäpuhtauksia, kuten bakteereita, viruksia ja kemiallisia yhdisteitä. (Paavola & Kapuinen 2015, 102, 105, 108.)

Separoitu kuivajae voidaan luokitella sellaisenaan maanparannusaineeksi. Sitä voidaan myös jatkokäsitellä edelleen erilaisilla menetelmillä, jolloin saadaan jalostettua erilaisia lannoitusaineita pussitettavaan ja helposti levitettävään muotoon. Esimerkiksi tietyllä käsittelyllä saadaan edelleen hajuttomampaa ainetta, mikä mahdollistaa kuivajakeen jatkokäytön mullan raaka-aineena viherrakentamisessa. Termisen kuivaamisen avulla puolestaan saadaan kuivajakeesta pellettejä rakeistamalla. Tällaisessa muodossa kuivajae on helposti varastoitavissa ja vie huomattavasti vähemmän varastotilaa kuin lähtöaineena. (Paavola & Kapuinen 2015, 110–111.)

Hygienisoidusta mädätysjännöksestä voidaan siis saada hyvin erityyppisiä lannoitevalmisteita (taulukko 1). Ne voivat olla kiinteitä, multamaisia, nesteitä tai kirkkaita nesteitä ja niiden kuivaainepitoisuudet voivat vaihdella noin 1 %:sta 90 %:iin. Myös ravinnepitoisuuksissa on suuria eroja. (Paavola & Kapuinen 2015, 112.)

TAULUKKO 1. Muutama esimerkki lannoitevalmisteista (muokattu lähteestä Paavola & Kapuinen 2015, 113)

Raaka-aineet	Olo-muoto	Kaupp-nimi	TS (%) = kuiva-aine	N = kokonais-tyyppi	P = kokonais-fosfori	Käyttökohde
Puhdistamoliete, biojäte	Kiinteä, kasassa pysyvä	Stormosseinin nurmik-komulta	76	3	1,9	Viherrakentamiseen, nurmikon perustamiseen
Biojäte, eläin- ja kasvipoh-jaiset jät-teet, lanta	Kiinteä, kasassa pysyvä	Luomu Kymppi B	24	5,1	1,5	Kaikkeen kasvintuotan-toon, myös luomutuotan-toon, mullan raaka-ai-neeksi viherrakentami-seen
Lanta, elin-tarviketeol-lisuuden lietteet, vi-hermassat, biojätteet	Neste	Jepuan kasvuvoima	3	3,7	0,8	Kaikkeen kasvintuotan-toon
Puhdistamoliete, biojäte	Pelletti	RANU-maanparan-nusrae	90	30	27	Eryisesti syyslannoituk-seen ja fosforia vaativille maille ja kasveille

Mädätysjäännöksestä separoitua kuivajaetta voidaan käyttää myös eläinten kuivikkeena. Ruokaviraston antamassa lausunnossa eräaseen ympäristölupaan liittyen jäännöksen kuivikekäyttöön sanotaan, että vain oman tilan eläinten lannasta valmistettu kuivike oman tilan eläimille ei vaadi sivutuoteasetuksen mukaista hyväksyntää. Käyttö on siis sallittu vain tällaisessa tapauksessa. Käyttöön ei tarvita erillistä lupaa tai hyväksyntää Ruokavirastolta tai kunnaneläinlääkäriltä. Jos useilta tiloilta kerätään lantaa, tai yhden tilan lantaa käytetään muille tiloille kuivikkeena, toiminnassa on eläintautien leviämisen riski. Riskin arviointiin tarvitaan sivutuoteasetuksen 1069/2019 mukainen niin sanottu cascade-arviointi. Tässä arvioinnissa hakijan tulee osoittaa, ettei kuivikekäytöstä aiheudu riskejä. Kyseessä on hyvin haastava riskienarviointi sekä todennäköisesti kallis, joten sitä ei kovin moni ala edes tekemään. (Retkin 2021a.)

Jos biokaasuprosessin syötteeksi otetaan mitä tahansa muita eläinperäisiä sivutuotteita kuin tilan omia lantoja, ei kuivikekäyttö ole sallittua, vaikka olisi suoritettu hygienisointi. Tämä johtuu mädätysjäännöksessä olevasta eläintautien leviämisen riskistä. Luokkaan 3 tai 2 kuuluvia sivutuotteita ei voida hyödyntää kuivikkeena minkäänlaisen käsittelyn jälkeen. (Retkin 2021a.) Käytännössä on siis melko vähän tapauksia, joissa voitaisiin hyödyntää mädätysjäännöksestä separoitua kuivajetta kuivikkeena, kun biokaasulaitoksella on käytetty hygienisoinnin vaatimia raaka-aineita.

Joka tapauksessa separoidun kuivajakeen (sekä suoraan lietelannasta että mädätysjäännöksestä) hyötykäyttäminen kuivikkeena on melko yleistä ulkomailla, mutta Suomessa se ei ole vielä levinnyt laajempaan käyttöön. Syynä voi olla muiden kuivikkeiden hyvä saatavuus sekä toisaalta lannan kuivikekäytön tutkimattomuus ja huoli sen vaikutuksista eläinten terveyteen. Lietelannasta separoitu kuivajae voidaan käsitellä kompostoimalla, jolloin siitä saadaan kuivempaa sekä tautiriskittömämpää kuiviketta. Aiheesta on luettavissa lisää esimerkiksi Taija Taavon opinnäytetyössä ”Lehmälannan hygienisoituminen kompostoinnissa” sekä Luken tekemässä tutkimuksessa ”Lietteestä separoitu kuivajae kuivikkeena, Lilli Frondelius”. Näissäkään pääaiheena ei ole siis mädätysjäännöksestä vaan lietelannasta separoitu kuivike.

Suomessa esimerkiksi Demeca ja Metener Oy valmistavat separointilaitteita, joilla saadaan kuiviketta mädätysjäännöksestä. Mädätteen käyttöä kuivikkeena halutaankin edistää, mutta ei ole aivan yksinkertaista saada turvetta vastaavaa kuiviketta. (Demeca 2021b; Kalmari 2021b.)

10.2 Käytön rajoitteet

Sekä nestemäiset että kiinteät lopputuotteet soveltuvat yleensä kasviravinnekäyttöön. Kuitenkin mikäli syötteenä on käytetty ihmisperäisiä raaka-aineita, kuten puhdistamolietteitä (jätevesilietteitä) yli 10 % raaka-aineista, tulee kuivajakeen käytölle rajoituksia. Ihmisperäisiä raaka-aineita yli 10 % sisältäviä lopputuotteita ei saa käyttää nurmilla korjuuvuosina, sellaisenaan tuoreena syötävillä vihanneksilla ja kasveilla eikä taimituotannossa. Niitä saa kuitenkin käyttää vilja- ja öljykasvien sekä sokerijuurikkaan lannoitteena ja nurmelle sen perustamisen yhteydessä multaamalla huolellisesti. Käytön jälkeen varoaika on viisi vuotta, jonka aikana viljelymaalla ei saa kasvattaa perunaa, juureksia, vihanneksia eikä juuri- ja yrttimausteita. Niiden käyttö velvoittaa seuraamaan haitallisten metallien kuormitusta sekä määrittämään ne ja pH levitysalueelta ennen lopputuotteen levittämistä.

Mikäli metallien pitoisuus tai pH eivät ole säädetyissä raja-arvoissa, on tuotteen levittäminen kielletty. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 12/12 11 a §; Maa- ja metsätalousministeriön asetus 7/13 11 a §, liite I kohta 3A5; Paavola & Kapuinen 2015, 112, 115; Tampio ym. 2018, 48.) Ohjeet näytteenottoon ovat maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 12/12 liitteessä VI ja jätevesilietteen käytöstä aiheutuvat viljelymaan suurimmat sallitut haitallisten metallien pitoisuudet sekä vuotuinen kuormitus ovat saman asetuksen liitteessä V.

Mädätysjäännöksestä separoitua rejektivettä, jonka raaka-aineena on ollut yli 10 % tuorepainosta jätevesilietettä, ei voida käyttää lannoitetuotteena (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 7/13 liite I kohta 1B4; Retkin 2021a). Sen käyttö sellaisenaan on mahdollista vain, mikäli raaka-aineet ovat olleet elän- tai kasviperäisiä (Marttinen ym. 2013, 11). Ruokaviraston lannoitevalvonnan raportista 2019 (2020c, 3) käy ilmi, että puhdistamolietteiden käyttö maataloudessa on vähentynyt. Esimerkiksi Keski-Euroopassa, kuten Saksassa, jätevesilietteet poltetaan. Toki siellä voi olla erilainen jätevesikoostumus kuin Suomessa. Täällä kotimaassa isot myllyt eivät anna sopimusviljelijöidensä käyttää jätevesilietepohjaisia lannoitevalmisteita pelloilla (Retkin 2021a).

Puhdistamolieteperäisten lannoitteiden käytön rajoitukset johtuvat niiden sisältämistä orgaanisista haitta-aineista, joista vain osa hajoaa biokaasuprosessissa. Myöskään hygienisointi ei näihin juuri vaikuta, ne voivat säilyä pilkkoontumattomina kuumennuksesta huolimatta. Edellä mainittuja ovat esimerkiksi antibiootti- ja hormonijäämät sekä raskasmetallit ja mikromuovit. Kun lainsäädäntöä on tehty, ei oltu varmoja, kuinka paljon syötteisiin sisältyy mitäkin ainetta ja kuinka paljon niitä siirtyy maaperästä kasveihin lannoituksen kautta (Retkin 2021a). Asiasta on siis vielä ristiriitaista tietoa. Kierrätyslannoitteiden yleistyessä asiaa olisi aiheellista tutkia lisää ja selvittää haitta-aineiden esiintymistä niissä sekä mahdollisia riskejä (Winqvist ym. 2018, 15, 18). Suomessa Luke tekee aiheesta tutkimusta. Joka tapauksessa edellä mainitut aineet puhuttavat nykyisin raskasmetalleja enemmän, koska metallien pitoisuudet ovat selkeästi laskeneet lietteissä. Haitta-aineiden yhteisvaikutuksia ei myöskään tunneta vielä. (Tampio ym. 2018, 49.)

Sivutuoteasetuksessa on mainittu 21 vuorokauden varoaika käytettäessä lannoitteena muuta kuin lantaa olevia orgaanisia lannoitteita ja maanparannusaineita. Tämän varoajan jälkeen on vasta sallittua päästää tuotantoeläimet laiduntamaan maaperälle tai tehdä niille rehua pellosta, johon on levitetty eläimistä saatavista sivutuotteista eli luokista 2 ja 3 valmistettuja lannoiteaineita. Tämä varoaika takaa ihmisten ja eläinten terveyteen kohdistuvien riskien riittävän torjunnan. (Euroopan

parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009 2:11.) Varoikaa tulisi noudattaa. Mikäli biokaasulaitos markkinoi lannoitetuotteita eteenpäin, tuoteselosteessa tulee myös lukea tämä varo-
aika sekä käytön rajoitteet. (Retkin 2021a.)

10.3 Käyttö luomutuotannossa

Myös luonnonmukaisessa kasvintuotannossa saa käyttää hygienisoituja (luokka 2 ja 3) aineksia sekä lantaa biodynaamisten preparaattien valmistamiseen ja maahan levittämiseen (Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015 2:15). Suomessa ei ole olemassa erillistä hyväksyntää luomutuotannossa käytettäville lannoitevalmisteille ja maanparannusaineille. Mikäli tuote ei löydy Ruokaviraston ylläpitämästä luettelosta luomutuotantoon soveltuvista lannoitteista, sen soveltuminen luomutuotantoon voidaan arvioida erikseen sen koostumuksen ja raaka-aineiden perusteella. Tästä kannattaa olla yhteydessä Ruokaviraston luomuasiantuntijoihin (Retkin 2021a). Luomutuotannon lannoitusta säätelee myös sama lainsäädäntö kuin tavanomaista tuotantoa koskien lannoitevalmisteita sekä lantaa ja sen käsittelyä (Ruokavirasto 2019c).

Lannoitevalmisteen raaka-aineiden tulee olla luomukelpoisia eli täyttää luomulainsäädännön vaatimukset, jotta lannoitetta voi käyttää luomulannoitteena (Paavola & Kapuinen 2015, 112). Käytettävät valmisteet eivät saa olla muuntogeenisiä eivätkö sisälitä muuntogeenisten organismien avulla tuotettuja ainesosia (Ruokavirasto 2019c). Mikäli raaka-aineena on käytetty jätevesi- ja puhdistamolietettä, lannoitevalmiste ei voi saada luomuhyväksyntää (Retkin 2021a).

10.4 Lannoitevalmisteiden valvonta ja laatu Suomessa

Ruokavirasto tekee tarkastuksia lannoitevalmistajille ja julkaisee tältä pohjalta lannoitevalvonnan raportteja sekä tuotevalvonnan analyysituloksia vuosittain. Molemmat ovat nähtävillä verkossa. Kierrätyslannoitevalmisteet sekä kompostointi- että biokaasulaitoksilta ovat olleet joka vuosi tarkastusohjelmassa. Lannoitevalmistajan tulee ottaa mädätysjäännöksen jokaisesta erästä hygienian osoittava testi siinä vaiheessa, kun se on valmista lannoitteeksi. Mikäli tässä mikrobiologiassa testissä e. coli-arvo ylittyy tai löytyy salmonellaa, täytyy Ruokavirastolle tehdä poikkeava ilmoitus. (Pokka 2021a.)

Hygieniarvojen lisäksi tarkastuksissa kiinnitetään huomiota sivutuoteasetuksen mukaisen hygienisointikäsitteilyn 12 mm partikkelikoon toteutumiseen. Valvonnoissa tarkistetaan myös haitallisten aineiden pitoisuuksia ja laadullisia ominaisuuksia. Näihin kuuluvat muun muassa ravinteet ja muut ominaisuudet, joiden tulee vastata tuoteselosteessa ja muissa pakkausmerkinnöissä ilmoitettuja tietoja. Tyyppinimen vastaavuus ja mahdolliset käytön rajoitteet ja varoajat tarkistetaan niin ikään. Tarkasteltavana on myös laitoksen omavalvontasuunnitelman sisältö ja sen toteuttaminen. (Ruokavirasto 2020c, 3–4, 6, 12.)

Kunhan biokaasulaitoksen lopputuote on asianmukaisesti käsitelty ja hygienisoitu, voidaan sen olettaa olevan hygieenisuuden perusteella turvallista lannoite- ja maanparannusainetta (Paavola & Kapuinen 2015, 97). Silloin kun hygienisointikäsitteily toimii kuten sen kuuluu toimia sekä omavalvonta on hyväksytty, ei pitäisi lannoitevalmisteista löytyä poikkeamia (Pokka 2021a). Tämän vahvistavat myös Ruokaviraston tekemän lannoitevalvonnan tulokset. Niiden perusteella voidaan sanoa, että Suomessa valmistetut ja myynnissä olevat lannoitteet sekä muut valmisteet täyttävät pääosin niiden turvallisuutta ja laatua koskevat lainsäädännön vaatimukset. Valvonnassa huomattavat vakavat puutteet ovat olleet vähäisiä. (Ruokavirasto 2020c, 3.)

Pääsääntöisesti lannoitevalmisteiden hygieeninen laatu on Suomessa hyvä. On tullut vain muutamia yksittäisiä tapauksia vuodessa, joissa löytyy salmonellaa. Nämä ovat tulleet esiin jo omavalvonnan kautta, joten kyseiset erät on pystytty laittamaan sivuun ja ne on käytetty yleisesti muussa hyötykäytössä kuin lannoitteena. E. coli -määrän ylityksiä on tullut jonkin verran enemmän pääasiassa kompostoinneissa. Näitä on jälkikompostoitu lisää, jolloin hygieeninen laatu on saavutettu. Näissä ei ole vuositason tasolla tapahtunut suuria muutoksia. (Retkin 2021a.)

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Maatilan biokaasulaitoksella tulee tehdä hygienisointikäsittely aina käytettäessä sivutuoteasetuksen mukaisia eläinperäisiä sivutuotteita syötteenä. Tällöin ei ole väliä, valmistako laitos lannoitteita, vaan kyseessä olevien syötteiden käyttö vaatii aina hygienisoinnin. Poikkeuksena ovat lanta, vähäriskinen ruokajäte, maito, maitopohjaiset ja siitä johdetut tuotteet sekä ternimaito, joille riittää termofiilinen mädätys. Edellä mainituille ja muillekin syötemateriaaleille voidaan joutua kuitenkin tekemään hygienisointi, mikäli biokaasuprosessin lopputuotetta eli mädätysjäännöstä markkinoidaan tilan ulkopuolelle lannoitevalmisteena. Tämä johtuu lannoitelainsäädännön tyyppinimi-, laatu-, turvallisuus- ja hygieniavaatimuksista lannoitteille, jotka markkinoitavan lannoitetuotteen tulee täyttää. Prosessi saa olla meso- tai termofiilinen, mutta edellä mainitut vaatimukset lopputuotteelle tulee olla kunnossa ja tähän ei yleensä mesofiilisen mädätyksen lämpötilassa päästä.

Käsiteltäessä peruna-, juurikas- ja juuresteollisuuden sivutuotteita ja jätteitä sekä erilliskerättyä biojätettä, tulee eteen kansallisen lainsäädännön käsittelyvaatimukset, joista yhtenä vaihtoehtona on sivutuoteasetuksen hygienisointikäsittelyä vastaava käsittely. Muun muassa vihannesjätteen ja ei-kaupallisen kalajätteen riskien arviointi on jätetty toimijalle.

Mahdollisesti ympäristöluvan uusimisen tarve tulee maatilan biokaasulaitoksella, jos siellä aletaan käsittelemään hygienisoinnin vaativia tilan ulkopuolisia jakeita eli laitoksen toiminta voidaan katsoa jätteiden ammattimaiseksi käsittelyksi tai laitoksen toiminnassa tapahtuu jokin olennainen muutos. Tämä tulee koskemaan toimeksiantajan biokaasulaitosta, jonka tulee laittaa hakemus vireille tai ottaa yhteyttä kunnan ympäristöviranomaiseen. Mahdollisten muiden tarvittavien lupien kohdalla niistä täytyy tiedustella kunkin luvan myöntävältä viranomaiselta.

Lisäksi biokaasulaitostoimijan tulee tehdä Ruokavirastolle ilmoitus toiminnan aloittamisesta ennen kuin aloittaa lannoitevalmisteen tai sen raaka-aineen valmistuksen, teknisen käsittelyn, markkinoille saattamisen tai maahantuonnin. Ilmoitus tulee tehdä myös, mikäli biokaasulaitos laajentaa toimintaansa olennaisesti tai käsittelee omaan käyttöön eläimistä saatavia sivutuotteita, paitsi lantaa. Ilmoitukseen tulee laatia muun muassa omavalvontasuunnitelma, joka on tärkeässä roolissa puutteiden havaitsemisessa ajoissa. Maatilan biokaasulaitoksen tulee hakea myös laitoshyväksyntä Ruokavirastolta, mikäli biokaasulaitoksella käsitellään sivutuoteluokan 3 jakeita tai lannoitevalmisteita markkinoidaan eteenpäin. Hyväksynnän mukana voi toimittaa elinkeinoilmoituksen niin

halutessaan. Edellä mainitut koskevat myös toimeksiantajaa joko lannoitteiden valmistuksen tai sivutuotteen käsittelyn kautta.

Hygienisointi yksittäisten maatilojen biokaasulaitoksilla ei ole yleistä, kuten eivät ylipäänsä Suomessa eikä varsinkaan Lapissa maatioilla olevat biokaasulaitoksetkaan. Kuitenkin uusien investointien vuoksi näyttää biokaasulaitosten tulevaisuus valoisammalta myös Lapissa. Keskitettyjä yhteiskäsittelylaitoksia sekä useiden maatilojen yhteisiä biokaasulaitoksia on Suomessa enemmän. Näissä hygienisointikin on yleisempää. Tällaisissa laitoksissa on omat etunsa. Osakkaina olevat erilaiset kasvinviljely- ja eläintilat saavat ravinteiltaan parempaa ja sopivampaa lannoitetta kukin tahoilleen, kun kummankin syötteet mädätetään yhdessä. Tähän voidaan vielä lisätä hygienisoitavia ulkopuolisia syötteitä, joilla on parempi kaasupotentiaali. Suurimmat haasteet liittyen hygienisointiin ovat kannattavuus ja lisäsyötteisiin liittyvät epävarmuustekijät.

Hygienisointilaitteita on olemassa monenlaisia ja hintaisia. Toimeksiantajan hygienisointiyksikön valmistaja Landia A/S vaikuttaa järkevältä valinnalta. Hygienisointiyksiköiden valmistajilta saa varmaan paremmin hintatietoja, jos tiedusteltaessa on oikea tapaus kyseessä. Myös kotimaisia laitevalmistajia löytyy, esimerkiksi Demeca ja Metener Oy. Jahotecilla on myös tulossa markkinoille hygienisointiin toteutus.

Hygienisointi voidaan suorittaa vaadittaville syötteille ennen mädätystä tai vaihtoehtoisesti kaikelle tuotetulle materiaalille mädätyksen jälkeen. Käytäntöä valitessa joudutaan miettimään muun muassa hygienisoinnin kannattavuutta ennen tai jälkeen mädätyksen. Kummassakin on puolensa. Ennen mädätystä tehtäessä siihen joutuu käyttämään paljon energiaa, joka tosin on usein itse tuotettua ja kierrätettyä. Lämmitetty syöte vie kuitenkin lämpöenergiaa reaktoriin, jossa se pienentää lämmitystarvetta. Jos taas hygienisointi tehdään mädätyksen jälkeen ja kylmä materiaali syötetään suoraan reaktoriin, sitä pitää lämmittää enemmän. Mädätyksen jälkeen kaikki materiaali kuumentetaan. Tällöin tarvittavan lämmitysenergian määrän ero verrattuna ennen mädätystä tehtävään hygienisointiin voi olla pienempi. Tähänkin varmaan vaikuttaa prosessin lämpötila (meso- vai termofiilinen), hygienisoinnin lämmön talteenotto ja niin edelleen.

Tietoperustan ja haastatteluiden pohjalta voidaan sanoa, että jätevesilietteiden käyttö biokaasulaitoksessa, silloin kun lannoitteita käytetään maataloudessa, on ongelmallista niissä esiintyvien haitallisten yhdisteiden takia. Näitä ovat jo aiemmin tässä työssä mainitut erilaiset orgaaniset haitta-aineet, mikromuovit, lääkeaine-, antibiootti- ja hormonijäämät. Vaikka hygienisointi on käsittelynä

tehokas poistamaan monia taudinaiheuttajia mädätysjäännöksestä, se ei kuitenkaan vaikuta kovin paljoa edellä mainittuihin. Haitallisten aineiden yhteisvaikutuksia ei vielä tunneta eikä tiedetä, missä määrin ne jäävät maaperään ja kulkeutuvat ravintoketjuun ja niin edelleen. Mahdollisiin erilaisten haitallisten aineiden aiheuttamiin ongelmiin on jo reagoitu ja esimerkiksi puhdistamolietteiden käyttö on vähentynyt maataloudessa. Niille ei kuitenkaan vielä ole määritelty Suomen eikä EU:n lainsäädännössä raja-arvoja. Tosin tähän on tulossa muutos lannoitelainsäädännön uudistuksen myötä. Lannoitevalvonnan tulosten perusteella lannoitevalmisteiden voidaan kuitenkin sanoa olevan turvallisia Suomessa. Hygienisoidusta mädätysjäännöksestä valmistetut lannoitteet sisältävät vähemmän rikkakasvin siemeniä, tuholaisia ja niin edelleen.

Mädätysjäännöksestä separoidun kuivajakeen käyttäminen kuivikkeena ei ole mahdollista, jos käytetään muita eläinperäisiä sivutuotetta kuin oman tilan lantaa syötteenä. Kuivikekäyttö on sallittua vain oman tilan eläinten lannasta oman tilan eläimille. Tällöin toimeksiantajan suunnittelema kuivikekäyttö ei ole mahdollista toteuttaa. Haastatteluiden ja kirjallisuusselvityksen pohjalta ilmeni, että nimenomaan mädätysjäännöksestä separoidun kuivajakeen kuivikekäytöstä ei löydy kovin monia julkaisuja vielä, lietelannasta separoidusta kylläkin. Kuivikekäytössä on sekä etunsa että riskinsä, mutta se voi onnistua tietyin edellytyksin.

Tulevaisuuden näkymistä saatiin tietoon, että hygienisointikäsitteilyyn ei ole tulossa tiukennuksia eli 70 °C tunnin ajan tulee olemaan edelleen jatkossa riittävä käsittely. Myös lannoitevalmistelainsäädännön uudistukset tuovat muutoksia lannoitteiden valmistajille lähitulevaisuudessa.

12 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutustuttiin hygienisointiin osana maatilalan biokaasulaitoksen prosessia. Työn tavoitteena oli selvittää ja muokata ymmärrettävään muotoon hygienisointiin liittyvät lainsäädännön vaatimukset. Toisena tavoitteena oli käydä läpi ympäristölupamenettely ja kolmantena tavoitteena oli lisäksi selvittää biokaasualan ja hygienisointiin liittyviä tulevaisuuden näkymiä. Työn tarkoituksena oli saada kasaan selvitystyö toimeksiantajalle edistämään hygienisoinnin käyntiin saamista. Lisäksi tarkoituksena oli tarjota tietoa yleensä aiheesta kiinnostuneille, esimerkiksi Louen laitoksen kanssa samankaltaisessa tilanteessa olevalle, toiminnan laajentamista miettivälle maatilalan biokaasulaitokselle.

Tietoperustan aineistoa kerättiin kirjallisuusselvityksellä, jossa haettiin tietoa aiheeseen liittyvistä julkaisuista, laeista, asetuksista sekä monista muista lähteistä. Aineiston hankinnassa käytettiin myös laadullista tutkimusmenetelmää, jossa teoriaosaa täydennettiin puhelinhaastatteluilla eri tahoille liittyen työn aiheeseen. Haastatteluilla selvitettiin tietoperustaan jääneitä epäselviä kohtia ja näin täydennettiin kirjallisuuden pohjalta muodostunutta kuvaa aiheesta.

Mielestäni työn tavoitteet saavutettiin suurelta osin. Työssä on selvitetty hygienisointiin liittyvät lainsäädännön vaatimukset sekä avattu ne ymmärrettävään muotoon. Myös ympäristölupamenettely on käyty läpi ja selvitetty, miten toimeksiantajan tulisi edetä sen kanssa. Tulevaisuuden näkymistä ei saatu ehkä toivotunlaista tulosta, mutta joitakin asioita kuitenkin. Uskon työn auttavan toimeksiantajaa, koska siinä on selvitetty vaatimukset ja tehtävät toimenpiteet sivutuoteasetuksessa mainittuja syötteitä käsiteltäessä sekä mahdollisten lannoitevalmisteiden valmistuksen ja markkinoinnin kanssa huomioitavat asiat. Työhön on selvitetty myös lopputuotteiden käyttömahdollisuudet ja rajoitteet.

Työssä on kattavasti tietoa myös muille asiasta kiinnostuneille, koska opinnäytetyössä on käyty läpi koko maatilakokoluokan biokaasulaitoksen tuotantoprosessi aina syötteiden valinnasta lopputuotteiden käyttöön. Hygienisoinnista on kerrottu sen biologinen tausta, lainsäädännön vaatimukset niin tilan omilla kuin ulkopuolisilla syötteillä sekä siihen liittyvät luvat ja ilmoitukset. Lisäksi tässä työssä on käyty läpi hygienisointilaitteita ja käytänteitä, hygienisoinnin hyötyjä ja haasteita sekä lopputuotteen käyttömahdollisuuksia ja rajoitteita.

Toimeksiantajan tulevaisuuden visioista CHP-tuotannon luulisi olevan järkevää sen energiatehokkuudesta johtuen. Riippuu toki myös siitä, mistä sähkö tulee nyt laitokselle ja ammattiopistolle. Liikennepolttoaineen jalostus olisi myös varmasti vaihtoehto, mutta jalostus vaatii laitteet ja tietenkin polttoaineelle käyttäjiä sekä biometaanilla toimivia kulkuneuvoja. Tulevaisuudessa tämä voikin olla todella hyvä vaihtoehto, mikäli biometaanilla autoilu yleistyy.

Lannoitteiden valmistaminen mädätysjäännöksestä voisi olla myös mahdollista, mutta separointi ja jatkojalostuslaitteet maksavat. Lannoitetuotteille pitää olla myös kysyntää ja käyttäjiä. Lannoitelainsäädännön uudistuksen ollessa tuloillaan, kannattaa ehkä odottaa, miten se vaikuttaa käytännössä. Tulee myös selvittää Ruokavirastosta, soveltuuko toimeksiantajan laitoksella tuotettu lannoite luomulannoitteeksi. Jos syötteenä käytettäisiin jätevesi- tai puhdistamolietettä, ei lannoite voi saada luomuhyväksyntää. Mädätysjäännöksestä separoidun kuivajakeen käyttö kuivikkeena ei ole mahdollista käyttöön suunniteltujen syötteiden jälkeen. Kuivikekäyttö olisi ollut hyvä vaihtoehto myös Louen koulutilalla tulevaisuudessa, mikäli turpeen saatavuus hankaloituu entisestään.

Opinnäytetyön edetessä nousi esiin muutamia kysymyksiä liittyen toimeksiantajan tilanteeseen. Kun hygienisointi saadaan käyntiin, saadaanko lisäsyötteitä varmasti ja tarpeeksi? Kuinka kausiluonteista lisäsyötteiden saanti on ja tuleeko prosessissa ongelmia erilaisen syötekoostumuksen takia? Mietin lisäksi teurastamoiden halukkuutta ja taloudellista kannattavuutta toimittaa jätteensä biokaasulaitokselle. Koska Lappi kuuluu syrjäiseen alueeseen, siellä saa haudata jätteet maahan. Kumpi on siis teurastamolle parempi, haudata vai toimittaa biokaasulaitokselle?

Ovatko laitoksella käytännön asiat kunnossa, esimerkiksi syötteiden siirto pienen näköiseen murskaimeen traktorin kauhasta kuulostaa hankalalta. Entä miten mahdollisten syötteiden epäpuhtauksien poisto on ajateltu hoidettavan? Tällä hetkellä Louen biokaasulaitoksella mädätysjätevarastoon eli katettuun lietesäiliöön menee moninaista ainesta, koska sinne pääsee materiaalia suoraan liete-kaivosta, reaktorista ja jälkikaasualtaasta. Mikäli lannoitevalmisteita aletaan valmistaa, tulee varmaan tähän tehdä muutos, jotta tuote täyttää vaatimukset.

Tuleeko biokaasuprosessiin menevä lannan määrä pienemään karjan vaihtumisen myötä vai kompensoivatko mahdolliset maatilan ulkopuoliset lisäsyötteet tätä? Pohdin myös, olisiko mahdollista tai halua käyttää laitoksen syötteenä lampaiden ja hevosten lantaa. Lainsäädännön puolesta tämän pitäisi onnistua. Jatkossa voitaisiin selvittää koirien jätösten käytön mahdollisuuksia biokaasulaitoksella. Louella toimii rekikoirayrittäjä, joten tällaistakin raaka-ainetta olisi tarjolla. Jätösten

käyttö biokaasulaitoksessa voisi tuoda rekikoirayrittäjälle helpotusta jätösten hävittämiseen. Kuten jo edellä mainitsin, pitäisi selvittää muun muassa lainsäädännön kanta tähän.

Olisi hienoa, että Louella saataisiin lähialueen jätteet hyötykäyttöön ja ravinteet kiertoon. Yleisesti Suomessa maatilojen biokaasulaitostoiminta ja sivutuotteiden hyödyntäminen tulisi tehdä kannattavaksi ja kehittää laitteita ja osaamista siihen. Kuten toimeksiantaja on sanonut, tulevaisuudessa voi joka maatilalla olla navetan jatkona biokaasulaitos. Biokaasuprosessin hyötyjä ympäristön näkökulmasta on kiistatta lukuisia, kuten kuviosta 3 nähtiin. Jos päättäjillä on oikeasti halua vähentää vaikkapa päästöjä, tulisi biokaasun tuottaminen tehdä kannattavaksi.

Tulevaisuudessa olisi hyvä selvittää mädätysjäätöksessä esiintyviä haitta-aineita. Niitä on lukuisia ja ottaen huomioon ihmisten lääkkeiden ynnä muiden käytön lisääntymisen, voisi olla aiheellista jatkossakin olla käyttämättä jätevesilietteitä maataloudessa. Niissä voi olla myös viruksia, koska ne ovat bakteereja paljon pienempiä ja kulkeutuvat helposti jäteveteen. Hygienisoinnin vaatimat lisäsyötteet eivät saisi vaarantaa puhtaan ja turvallisen raaka-aineen tuottamista ihmisten ja eläinten ravinnoksi. Haasteellisia ovat myös erilaiset itiöt, jotka voivat olla todella lämmönkestäviä. Indikaattorimikrobeja, joita näytteistä tutkitaan tällä hetkellä, on vain salmonella ja e. coli, vaikka taudinaiheuttajia on lukuisia.

Tästä työstä ulkopuolelle rajattiin lannoitteiden käytössä huomioitava lainsäädäntö, kuten nitraattiasetus ja maatalouden ympäristökorvausjärjestelmän ehdot sekä esimerkiksi lietemädättämöt ja kaatopaikkakaasun keräyslaitokset, vaikka hygienisointi voi koskea niitäkin. Työssä ei myöskään kerrota hygienisointiyksikön hankintaan saatavilla olevista rahoitusmahdollisuuksista kuten tuista ja hankkeista. Näistä voisi jatkossa tehdä selvityksiä, jos kiinnostusta löytyy.

Opinnäytetyötä aloittaessani en olisi arvannut pääsuunnan kääntyvän lainsäädännön ja lupien selvittämiseen. Toki työssä on paljon muutakin ja se paisui aika laajaksi. Esimerkiksi luku 3 olisi voitu pitää paljon suppeampana, mutta toisaalta hyvä perehtyminen biokaasun perusteoriaan antoi hyvän pohjan tutkia hygienisointia syvemmin ja laajemmin. Lakeihin perehtyminen oli varsinkin alussa hyvin haastavaa ja puuduttavaa. Työn etenemisessä olikin ajoittain haasteita. Haastatteluiden literointi ja vastausten lisääminen teoriaosuuteen oli yllättävän aikaa vievää. Haastatteluiden jälkeen kävi ilmi, että olin hakenut hygienisointilaitteiden valmistajia väärällä hakusanalla, mutta onneksi oikean löydyttyä nekin selvisivät. Motivaatiota työn loppuunsaattamiseen koeteltiin useasti. Toisaalta oli kuitenkin mielenkiintoista tutustua ja syventyä aiheeseen sekä saada ideoita ja uusia

kysymyksiä, joita voidaan jatkossa selvittää ja niiden kautta kehittää alaa. Aiheen avaaminen kehitti myös minua valtavasti ammatillisessa mielessä ja uskon sen tuovan hyötyjä työelämään siirryttäessä.

Lopuksi haluan kiittää kaikkia opinnäytetyön teossa mukana olleita tahoja, haastateltavia sekä varsinkin työn ohjaajia, jotka autoitte opinnäytetyön valmiiksi saattamisessa. Kiitos kuuluu myös opinto-ohjaajalleni positiivisista sanoista ja kannustuksesta vaikeampina aikoina sekä eteenpäin ohjauksesta. Erityissuuri kiitos kuuluu perheenjäsenilleni heidän kärsivällisyydestänsä sekä kaikenlaisesta mahdollisesta avusta ja tuesta.

LÄHTEET

Ammattiopisto Lappia 2022. Kuvakaappaus. Loue (Tervola). Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.lappia.fi/toimipisteet/loue-tervola/>.

Arkima, Svetlana 2015. Naudanlanta biokaasulaitosraaka-aineena, käsittely ja logistiikka. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Hakupäivä 4.8.2021. https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/104287/fi_Arkima.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

Autoalan Tiedostuskeskus 2022. Bio- ja maakaasu. Hakupäivä 10.5.2022. https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bio-ja_maakaasu.

Bergman, Tarja 2021a. Haastattelu maatilän biokaasulaitoksen ympäristölupaan liittyen. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 17.11.2021.

Bergman, Tarja 2021b. Ympäristötarkastaja. Rovaniemen kaupunki, ympäristövalvonta. Puhelinhaastattelu 18.11.2021.

Berlin, Titta 2021. Lannoitelainsäädännön uudistus. Maa- ja metsätalousministeriö. Lannoitevalmistelain kokonaisuudistuksen esittelytilaisuus 25.5.2021. Hakupäivä 21.9.2021. <https://mmm.fi/documents/1410837/1898467/Lannoitevalmistelain+uudistus+250521.pdf/72d1456a-51f5-4e33-a4a3-dbf1b87f6961/Lannoitevalmistelain+uudistus+250521.pdf?t=1621946732070>.

BioConstruct 2015. Biogas plants – Design, construction, and operation. Hakupäivä 13.10.2021. <https://www.bioconstruct.com/biogas-plants/>.

BioG 2021. Hygienization. Specialist for pipe Hygienization units in a continuous flow process. Hakupäivä 23.11.2021. <https://biog-biogas.com/en/hygienization/>.

Demeca 2021a. Biokaasulaitos Jurvan maatilalle. Hakupäivä 22.1.2021. <https://demeca.fi/biokaasulaitos-jurvan-maatilalle/>.

Demeca 2021b. Lannankäsittely ja lietepumput. Hakupäivä 22.11.2021. <https://demeca.fi/lannan-kasittely-ja-lietepumput/>.

Demeca 2021c. Referenssit. Hakupäivä 22.11.2021. <https://demeca.fi/referenssit/>.

Ervasti, Satu 2021a. Haastattelu hygienisointiin liittyen. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 18.11.2021.

Ervasti, Satu 2021b. Tutkija. Luonnonvarakeskus Luke, tuotantojärjestelmät, Biopaja. Puhelinhaastattelu 16.11.2021.

Ervasti, Satu, Tampio, Elina & Pyykkönen, Ville 2021. Maatilojen biokaasuntuotannon mahdollisuudet Lapissa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 34/2021. Helsinki: Luonnonvarakeskus (Luke). Hakupäivä 24.9.2021. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/547515/luke-luobio_34_2021.pdf?sequence=7&isAllowed=y.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009, annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuoteluokkien ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä sekä asetuksen (EY) N:n 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus). Euroopan unionin virallinen lehti 14.11.2009. Hakupäivä 13.8.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=FI>.

Haverinen, Tiina 2014. Maatilojen omatoimirakennetut biokaasulaitokset. Toteutus ja kustannukset. Oulun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinot. Opinnäytetyö. Hakupäivä 22.11.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/83234/Haverinen_Tiina.pdf?sequence=1.

Iivonen, Sari & Väisänen, Hanna-Maija 2013. Mädätysjäännösten hyödyntämiseen liittyvät riskit kasvinviljelyssä. Teoksessa Energiaomavarainen maatila (toim. Sari Iivonen, Eero Jäppinen, Mika Laihanen, Sami Luste, Arja Nykänen, Tuija Ranta-Korhonen, Sari Seppäläinen, Pentti Seuri, Hanne Soinen, Tiina Tontti & Hanna-Maija Väisänen). Julkaisuja 29. Helsingin yliopisto: Ruralia-instituutti, 60–74. Hakupäivä 12.8.2021. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228147/Julkaistu29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Juvan Bioson 2015. Yritys. Hakupäivä 28.10.2021. <http://www.bioson.fi/yritys.html>.

Jätelaki 646/2011. Hakupäivä 6.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>.

Jääskeläinen, Kari 2020. Naudan lietalan biokaasupotentiaali ja ravinnetarkastelu - Kannus, Lestijärvi ja Toholampi. Centria-ammattikorkeakoulu. Raportteja ja selvityksiä, 44. Hakupäivä 31.7.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/340334/978_952_7173_52_7.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Kalmari, Johanna 2021a. Toimitusjohtaja. Metener Oy. Puhelinhaastattelu 17.11.2021.

Kalmari, Johanna 2021b. Haastattelu hygienisoinnista maatilan biokaasulaitoksella. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 22.11.2021.

Komission asetus (EU) N:o 142/2011, annettu 25 päivänä helmikuuta 2011, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveys-säännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1069/2009 täytäntöönpanosta sekä neuvoston direktiivin 97/78/EY täytäntöönpanosta tiettyjen näytteiden ja tuotteiden osalta, jotka vapautetaan kyseisen direktiivin mukaisista eläinlääkäriltä tarkastuksista rajatarkastusasemilla. Euroopan unionin virallinen lehti 26.2.2011. Hakupäivä 13.8.2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0142&from=en>.

Kymäläinen, Maritta 2015. Anaerobinen hajoaminen ja sen hallinta biokaasureaktorissa. Teoksessa BIOKAASUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 59–81. Hakupäivä 15.9.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Bio-kaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015. Hakupäivä 20.11.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2015/20150517>.

Lampinen, Ari & Rautio, Erkki 2015. Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa BIOKAA-SUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 124–172. Hakupäivä 27.9.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Landia A/S 2015. Service instruction. Manual for operation and maintenance, BioChop hygienization unit 2,5 m³. Lem.

Landia A/S 2021. BioChop Hygienization System. Hakupäivä 28.11.2021. <https://www.landia.co.uk/solutions/biogas/biochop-hygienization-system>.

Lannoitevalmistelaki 539/2006. Hakupäivä 1.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539>.

Latvala, Markus 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) - Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 24/2009. Hakupäivä 23.11.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Lemvig Biogas 2008. Biogas Handbook. Hakupäivä 10.5.2022. <https://www.lemvigbiogas.com/Bio-gasHandbook.pdf>.

Lepojärvi, Tommi 2020. Projektipäällikkö. Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappia. AC-keskustelu 27.3.2020.

Luostarinen, Sari 2015. Biokaasuprosessit ja laitostaseet. Teoksessa BIOKAA-SUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 82–93. Hakupäivä 8.9.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Luostarinen, Sari & Jaakkola, Urpo 2015. Biokaasutuotannon raaka-aineiden esikäsittely. Teoksessa BIOKAASUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 48–58. Hakupäivä 8.9.2021.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK Bio-kaasun tuotanto 2015 ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Bio-kaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Luste, Sami, Seppäläinen, Sari & Soininen, Hanne 2013. Etelä-Savossa saatavilla olevien orgaanisten materiaalien soveltuvuus biokaasulaitoksen raaka-aineeksi - metaanintuottopotentialit, yhteismädätys ja hygienia. Teoksessa Energiaomavarainen maatila (toim. Sari Iivonen, Eero Jäppinen, Mika Laihanen, Sami Luste, Arja Nykänen, Tuija Ranta-Korhonen, Sari Seppäläinen, Pentti Seuri, Hanne Soininen, Tiina Tontti & Hanna-Maija Väisänen). Julkaisuja 29. Helsingin yliopisto: Ruralia-instituutti, 27–40. Hakupäivä 11.8.2021. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228147/Julkaisuja29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. Hakupäivä 10.12.2021. <https://finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/37638>.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 12/12. Hakupäivä 10.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/39202>.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 7/13. Hakupäivä 11.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/40969>.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12. Hakupäivä 12.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/39201>.

Marttinen, Sanna, Paavola, Teija, Ervasti, Satu, Salo, Tapio, Kapuinen, Petri, Rintala, Jukka, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Tornainen, Merja, Maunuksela, Liisa, Suominen, Kimmo, Sahlström, Leena & Herranen, Mirkka 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteina. MTT Jokioinen. MTT Raportti 82. Hakupäivä 13.12.2021. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti82.pdf>.

Marttinen, Sanna, Luostarinen, Sari, Winqvist, Erika & Timonen, Karetta 2015. Rural biogas: feasibility and role in Finnish energy system. Helsinki: Cleen Oy. Research report no 1.1.3-4. Hakupäivä 23.11.2021. <http://bestfinalreport.fi/files/Rural%20biogas%20-%20feasibility%20and%20role%20in%20the%20Finnish%20energy%20system.pdf>.

Michelson, Annika 2018. Biokaasu. Teoksessa Ravinne- ja energiatehokas maatila (toim. Piia Kekkonen). Ravinne- ja energiatehokas maatila -hankkeen julkaisu. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 8. Hakupäivä 8.7.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/159426/REM-julkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Motiva Oy 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. Hakupäivä 6.4.2020. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf.

Mulari, Antti & Viitasalo Pietari 2020. Biometaanin hyödyntäminen maaseudulla. Oulun ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Hakupäivä 25.5.2021. <https://www.theseus.fi/handle/10024/339567>.

Niemi, Antti 2017. Maatilan biokaasulaitos Pohjois-Karjalassa. Poveria Biomassasta-hanke. Hakupäivä 22.11.2021. <https://docplayer.fi/105839099-Maatilan-biokaasulaitos-pohjois-karjalassa.html>.

Paavola, Teija & Kapuinen, Petri 2015. Mädätysjäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa BIOKAASUTEKNOLOGIA Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen (toim. Outi Pakarinen). Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 94–123. Hakupäivä 30.9.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Pokka, Soili 2021a. Talouspäällikkö. Jahotec Oy. Puhelinhaastattelu 17.11.2021.

Pokka, Soili 2021b. Haastattelu hygienisointiin liittyen. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 16.11.2021.

Posio, Mikko 2018. Biokaasun syötteen ja lainsäädäntö. Teoksessa Ravinne- ja energiatehokas maatila (toim. Piia Kekkonen). Ravinne- ja energiatehokas maatila -hankkeen julkaisu. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 18–19. Hakupäivä 15.7.2021. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/159426/REM-julkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Rantamartti, Tiinamaija 2021. Tornioon on suunnitteilla biokaasulaitos - investointipäätöstä odotetaan jo ensi vuoden alkupuolella. Ylen uutinen 10.8.2021. Hakupäivä 23.9.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-12053098>.

Retkin, Risto 2021a. Ylitarkastaja. Ruokavirasto, lannoitevalvonta, kasvinterveysyksikkö. Puhelinhaastattelu 19.11.2021.

Retkin, Risto 2021b. Haastattelu hygienisointiin liittyen maatilan biokaasulaitoksella. Henkilökohdalliset sähköpostiviestit 23.11. ja 17.12.2021.

Rovaniemen kaupunki 2021. § 84 Päätös Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappian Louen koulutilan eläinsuojaa koskevasta ilmoituksesta, Tervola. Ympäristölautakunta, kokous 26.5.2021. Hakupäivä 5.12.2021. [https://rovaniemi.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Ympaumlristoumlautakunta/Kokous_2652021/Paatos_KemiTornionlaakson_koulutuskuntay\(135970\)](https://rovaniemi.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Ympaumlristoumlautakunta/Kokous_2652021/Paatos_KemiTornionlaakson_koulutuskuntay(135970)).

Ruokavirasto 2019a. Laitoshyväksyntä. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/laitoshyvakysynta/>.

Ruokavirasto 2019b. Lannan käyttö ja käsittely. Hakupäivä 20.9.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/kierratysravinteet/lannan-kaytto-ja-kasittely/>.

Ruokavirasto 2019c. Luomuun soveltuvat lannoitevalmisteet. Hakupäivä 17.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/luomumaatilat/luomukasvit/Luomun-tuotantopanokset/luomulannoitteet/>.

Ruokavirasto 2020a. Haitalliset aineet. Hakupäivä 17.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/haitalliset-aineet-ja-hygienia/>.

Ruokavirasto 2020b. Ilmoitukset ja kirjanpito. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/valmistus/>.

Ruokavirasto 2020c. Lannoitevalmisteiden valvonnan raportti 2019. Viitattu 1.12.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-meista/mika-on-ruokavirasto/elintarviketurvallisuus/lannoitevalvonnan-raportti-2019.pdf>.

Ruokavirasto 2020d. Lannoitteet ja lannoitevalmisteet. Hakupäivä 17.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/>.

Ruokavirasto 2021a. Kalaperäisten sivutuotteiden luokittelu, hävittäminen ja käyttö. Hakupäivä 15.12.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/elaintenpito/kuolleet-elaimet/tuotantoelaimet/kalat/>.

Ruokavirasto 2021b. Lannoitevalmisteiden valvontarekisteri. Hakupäivä 18.8.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu--ja-lannoiteala/lannoitevalmisteet/valvonta/valvontarekisteri/>.

Ruokavirasto 2021c. Sivutuotteiden luokittelu. Hakupäivä 10.12.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elainala/elaimista-saatavat-sivutuotteet/sivutuotteiden-luokittelu/>.

Ruokavirasto 2021d. Lannoitevalmisteisiin liittyvät lomakkeet ja ohjeet. Hakupäivä 22.1.2021. <https://www.ruokavirasto.fi/tietoa-meista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/lannoitevalmisteet/>.

Saariniemi, Jarmo 2021a. Toimipaikkapäällikkö. Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappia, Ammattiopisto Lappia, Louen toimipiste. Louen biokaasulaitoksen toimintaan tutustuminen paikalla ja toimintaa koskeva keskustelu 14.10.2021.

Saariniemi, Jarmo 2021b. Opparin ja haastattelujen tilanne. Henkilökohtaiset sähköpostiviestit 18. ja 23.11.2021.

Saariniemi, Jarmo 2021c. Toimipaikkapäällikkö. Kemi-Tornionlaakson koulutuskuntayhtymä Lappia, Ammattiopisto Lappia, Louen toimipiste. Teams-kokoukset 25.8. ja 30.8.2021.

Saariniemi, Jarmo 2021d. Skannattu liite. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 25.10.2021.

Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021a. Biokaasu ja maatilat. Hakupäivä 8.9.2021. <https://biokierto.fi/biokaasu/biokaasu-ja-maatilat/>.

Suomen Biokierto & Biokaasu ry 2021b. Biokaasulaitokset kartalla 2021. Hakupäivä 5.11.2021. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ZHpWSB6Av2QQIZSGySCriDCW7piuX-nBM&ll=62.5482948976898%2C25.394411712074206&z=6>.

Suomen Kaasuyhdistys 2020. Biokaasun turvallisuusohje. Hakupäivä 10.5.2022, <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/biokaasun-turvallisuusohje/>.

Suomen ympäristökeskus 2013. Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa, opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 33/2013. Helsinki: Syke. Hakupäivä 5.12.2021. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42289/SYKEEra_33_2013.pdf?sequence.

Söderena, Petri, Suomalainen, Marjut, Kajolinna, Tuula & Melin, Kristian 2019. Biometaanin väli-varastointi ja varastointi ajoneuvoissa – Tulevaisuuden mahdollisuudet. Teknillinen tutkimuskeskus VTT Oy. Tutkimusraportti 02/2019. Hakupäivä 10.5.2022. https://energiayrittajyys.fi/sites/energia-tehokkaasti/files/biometaanin_varastointi_ajoneuvossa_002.pdf.

Tampio, Elina, Vainio, Markku, Virkkunen, Elina, Rahtola, Mikko & Heinonen, Sampsa 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. Luonnonvarakeskus (Luke). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2018. Hakupäivä 28.10.2021. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y.

Teinilä, Timo 2018. Biokaasun tuottaminen Tuorlan opetusmaatilalla. Teoksessa Ravinne- ja energiatehokas maatila (toim. Piia Kekkonen). Ravinne- ja energiatehokas maatila -hankkeen julkaisu. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 20–22. Hakupäivä 19.7.2021. <https://www.theus.fi/bitstream/handle/10024/159426/REM-julkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Teittinen, Heikki 2014. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos. Teoksessa Maatilojen biokaasulla energiaa, päästövähennyksiä ja ravinnekiertoja (toim. Sari Luostarinen ja Ville Pyykkönen). Ilmastonmuutokseen varautuminen maataloudessa 2021. Hakupäivä 28.10.2021. <https://www.ilmastovii-sas.fi/maatilojen-biokaasulla-energiaa-paastovahennyksia-ja-ravinnekiertoja/>.

TEM 2020. Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:3. Hakupäivä 23.10.2021. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162032/TEM_2020_3_Biokaasuohjelmaa%20valmisteleavan%20tyoryhman%20loppur%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

TEWE Electronic 2021. Hygienisation process. Hakupäivä 24.11.2021. <https://www.tewe.com/en/products/biogas-technology/hygienisation-process/>.

Valio 2021. Valio ja St1 tuottamaan biokaasua lannasta – uusi pelinavaus liikenteen päästöjen pienentämiseksi. Hakupäivä 6.8.2021. <https://www.valio.fi/yritys/media/uutiset/valio-ja-st1-tuottamaan-biokaasua-lannasta-uusi-pelinavaus-liikenteen-paastojen-pienentamiseksi/>.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. Hakupäivä 14.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>.

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. Hakupäivä 14.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>.

Virkajärvi, Perttu, Hyrkäs, Maarit, Räty, Mari, Pakarinen, Terhi, Pyykkönen, Ville & Luostarinen, Sari 2016. Biokaasuteknologiaa maataloilta II. Biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena. Luonnonvarakeskus (Luke). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2016. Hakupäivä 3.8.2021. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/536848/luke-luobio_37_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Winquist, Erika, Rikonen, Pasi & Varho, Vilja 2018. Suomen biokaasualan haasteet ja mahdollisuudet. Luonnonvarakeskus (Luke). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2018. Hakupäivä 8.11.2021. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542787/luke-luobio_47_2018.pdf.

Ymparisto.fi 2021a. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Miten ympäristölupa haetaan – ohjeet ja lomakkeet. Hakupäivä 5.12.2021. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/ymparistolupa/Miten_ymparistolupa_haetaan_ohjeet_ja_lomakkeet.

Ymparisto.fi. 2021b. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Ympäristölupa. Hakupäivä 6.12.2021. https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi/luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Hakupäivä 13.12.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>.

LIITTEET

LIITE 1 Eräiden raaka-aineiden käsittelyvaatimuksia ja perusteena oleva lainsäädäntö

LIITE 2 Sivutuotteiden luokittelu

LIITE 3 Laitoshyväksyntähakemus

LIITE 4 Hygienisointilaitteiden valmistajia

LIITE 5 Mitoituskuva Landian 2,5 m³ hygienisointiyksiköstä

ERÄIDEN RAAKA-AINEIDEN KÄSITTELYVAATIMUKSIA JA
PERUSTEENA OLEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

LIITE 1

Raaka-aine	Käsittelyvaatimus	Vaatimuksen peruste
Jätevedenpuhdistamoliete	Meso- tai termofiilinen biokaasuprosessi. Lopputuotteen on täytettävä lainsäädännön hygieniavaatimukset	Lannoitevalmistelainsäädäntö* lannoitevalmistelaki 539/2006 MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11
Riskitön kasvimateriaali esim. säilörehu (ei sisällä kasvitautin aiheuttajia)	Meso- tai termofiilinen biokaasuprosessi. Lopputuotteen on täytettävä lainsäädännön hygieniavaatimukset	Lannoitevalmistelainsäädäntö lannoitevalmistelaki 539/2006 MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11
Peruna-, juurikas- ja juuresteollisuuden, -kuorimoiden ja -pakkaamoiden sivutuotteet ja jätteet sekä erilliskerätty biojäte	Kuumennuskäsittely (70°C, 1 h, partikkelikoko 12 mm) tai muu kasvin-suojeluviranomaisen hyväksymä menetelmä. Kuumennuskäsittely voidaan tehdä ennen tai jälkeen biokaasuprosessia.	Lannoitevalmistelainsäädäntö MMM asetus lannoitevalmisteista 24/11
Eläimistä saatavat sivutuotteet, <u>luokka 2</u> esim. tuotteet, jotka sisältävät sallittujen aineiden tai vieraiden aineiden jäämiä yli sallitun tason ravinnoksi kelpaamattomat epäpuhtauksia sisältävät eläinperäiset tuotteet lopetetut tai itsestään kuolleet eläimet, mukaan lukien tautitorjunnan takia lopetetut eläimet	Painesterilointi (133°C, 20 min, 3 bar, palakoko 50 mm), painesterilointi (vaatimusta ei sovelleta lantaan, maitoon tai ternimaitoon). Painesterilointi on tehtävä ennen biokaasuprosessia. Painesteriloinnin jälkeen voidaan käyttää raaka-aineena biokaasulaitoksessa.	EYasetus 1069/2009 ja EU asetus 142/2011
Poikkeukset; lanta maito tai ternimaito	Hygienisointi (70°C, 1 h) ja biokaasuprosessi tai kansallisesti* hyväksytty käsittely ilman hygienisointia meso- tai termofiilisessä prosessissa.	*Kansallinen käsittelyvaatimus, voidaan käyttää lannoitevalmisteena vain Suomessa.
Eläimistä saatavat sivutuotteet, <u>luokka 3</u> esim. entiset eläinperäiset elintarvikkeet (mm. kaupan erilliskerätty biojäte) lihantarkastuksen läpikäyneet teuraseläinten osat, jotka on todettu ihmisravinnoksi kelpaaviksi/kelpaamattomaksi, mutta joita eivät kaupallisista syistä tai muutoin soveltu ihmisravinnoksi ante mortem-tarkastettujen muiden kuin märehitijöiden veri tuotteet, jotka saatu elintarvikkeiden tuotannosta, mm. rasvan poistossa syntyvä proteiinijäännös, luut, joista poistettu rasva raakamaito eläimistä, joilla ei ole kliinisiä merkkejä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista kaupallisista syistä ravinnoksi soveltumaton rehu, jossa ole todettu terveysriskiä kala-alan laitoksista ja kalastusaluksista mm. kalanperkuujäte munapakkaamoista ja munavalmistelaitoksista mm. hautomoiden sivutuotteet, muni- en kuoret ja munajäte	Hygienisointi (70°C, 1 h, palakoko 12 mm), voidaan soveltaa myös muita asetuksen sallimia käsittelyvaatimuksia tai validoida prosessi. Hygienisointiyksikkö voi olla ennen tai jälkeen biokaasuprosessin.	EY asetus 1069/2009 ja EU asetus 142/2011
Poikkeukset; ruokajäte (mm. kotitalouksien erilliskerätty biojäte)	Hygienisointi (70°C, 1 h) ja biokaasuprosessi tai kansallisesti* hyväksytty käsittely ilman hygienisointia termofiilisessä prosessissa. Lopputuotteen on täytettävä lainsäädännön hygieniavaatimukset.	*Kansallinen käsittelyvaatimus, voidaan käyttää lannoitevalmisteena vain Suomessa.

Lähde: Marttinen ym. 2013, 9.

Luokan 1 sivutuotteita

- erikseen määritelty riskiaines ja eläimet, joista riskiainesta ei ole poistettu (yli 12 kk ikäiset kokonaiset naudat, lampaat ja vuohet)
- sivutuotteet, joissa on tarttuvien spongiformisten enkelopatioiden riski (nk. TSE-taudit, esim. BSE eli hullun lehmän tauti)
- sivutuotteet, joissa on kiellettyjä aineita (esim. hormonit tai beetasalpaajat) yli lainsäädännössä sallitun rajan
- sivutuotteet, joissa on ympäristömyrkkyjä (dioksiinit, PCB jne.) yli lainsäädännössä sallitun rajan
- luonnonvaraiset eläimet, jos niiden epäillään sairastavan ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa tautia
- lemmikkieläimet, eläintarhaeläimet ja sirkuseläimet
- TSE-riskiainesta erottavien teurastamoiden, teurastuspaikkojen ja leikkaamojen jätevedestä erotettu eläinperäinen aines
- kansainvälisesti toimivista liikennevälineistä peräisin oleva ruokajäte
- luokan 1 ja 2 tai luokan 1 ja 3 sivutuotteiden seokset

Luokan 2 sivutuotteita

- eläimet, joissa on muiden kuin TSE-tautien riski
- itsestään kuolleet tai lopetetut eläimet: siat, siipikarja, hevoset, porot, turkiseläimet, alle 12 kuukauden ikäiset naudat, lampaat ja vuohet, mukaan lukien taudintorjuntatarkoituksessa lopetetut eläimet
- sivutuotteet, joissa on antibioottien tai muiden eläinlääkkeiden jäämiä yli lainsäädännössä sallitun tason (esim. antibioottimaito)
- lihantarkastuksessa hylätyt ruhon osat (esim. märkäinen niveltulehdus, mätäpaise)
- muiden kuin TSE-riskiainesta erottavien teurastamoiden ja teurastuspaikkojen (esim. sika- ja siipikarjateurastamot) jätevedestä erotettu eläinperäinen aines
- lanta ja ruoansulatuskanavan sisältö
- sivutuotteet, jotka eivät kuulu luokkiin 1 ja 3
- sikiöt, jotka ovat peräisin muista, kuin luokkaan 1 tai 3 kuuluvista eläimistä
- kuoriutumattomana kuollut siipikarja
- luokan 2 ja 3 sivutuotteiden seokset

Luokan 3 sivutuotteita

- ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä saatavat sivutuotteet, joita ei kuitenkaan käytetä elintarvikkeiksi (esim. keuhkot, mahat, likaantuneet osat, vertymät)
- elävänä tarkastuksessa (ante mortem) hyväksytyjen eläinten veri, vuodat, nahat, sorkat, kaviot, sarvet, sianharjakset, höyhenet, sulat, siipikarjan päät
- ravintoloiden, pitopalvelujen ja keittiöiden (mm. keskuskeittiöt ja kotitalouksien keittiöt) ruokajäte, kun se on tarkoitettu eläinten ruokintaan tai käsiteltäväksi biokaasu- tai kompostointilaitoksessa
- entiset eläinperäiset elintarvikkeet (peräisin esim. tukku- ja vähittäiskaupasta ja elintarviketeollisuudesta), kuten liha ja lihatuotteet sekä kala ja kalatuotteet, joita ei ole enää tarkoitettu ihmisravinnoksi valmistuksessa tai pakkauksessa esiintyneiden ongelmien vuoksi ja jotka eivät aiheuta vaaraa ihmisille tai eläimille
- elintarvikkeiden käsittelyssä ja valmistuksessa syntyvät sivutuotteet
- vesieläimistä saatavat sivutuotteet, joita saadaan ihmisravinnoksi tarkoitettuja tuotteita valmistavilta laitoksilta
- **vesieläimet ja niiden osat**, merinisäkkäitä lukuunottamatta, joissa ei ole ilmennyt merkkejä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista
- vedessä tai maalla elävät selkärangattomat, muut kuin eläimille tai ihmisille patogeeniset lajit
- hautomoiden sivutuotteet, munat ja munien sivutuotteet, kuten munankuoret
- kaupallisista syistä tapetut untuvikot

Lähde: Ruokavirasto 2021c.

Tulosta



RUOKAVIRASTO
Livsmedelsverket • Finnish Food Authority

HAKEMUS

1 (3)

Laitoshyväksyntä - Lannoitevalmisteen valmistus

TOIMIJAN PERUSTIEDOT

Hakijan nimi		Osasto/laitos
Postiosoite Suomessa	Postinumero ja postitoimipaikka	Y-tunnus
Yhteyshenkilö		Puhelinnumero
Sähköpostiosoite		Ruokaviraston asiakastunnus T-
Verkkolaskutusosoite tai laskutusosoite		

HAKEMUKSEN KOHDE

Merkitse rastilla <input type="checkbox"/> Toiminnassa oleva laitos, ei aiempaa hyväksyntää <input type="checkbox"/> Uusi tuotantolaitos tai toiminta <input type="checkbox"/> Uusi toiminta aiemmin hyväksytyin laitoksen yhteydessä <input type="checkbox"/> Hyväksytyin toiminnan muutos <input type="checkbox"/> Muu, mikä?
--

TOIMINNAT

Valmistuspaikka ja osoite (jos eri kuin postiosoite)		
Valmistuspaikan yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite
Toiminnan aloitusajankohta tai muutoksen ajankohta		
Valmistettavan tuotteen MMM:n asetuksen 24/11 liitteen I mukainen tyyppinimiryhmä		
<input type="checkbox"/> IB1 orgaaninen eläinperäinen lannoite	<input type="checkbox"/> 3A5 maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	
<input type="checkbox"/> IB2 orgaaninen ei eläinperäinen lannoite	<input type="checkbox"/> SA2 seosmullat, raaka-aineena multajakeet elintarviketeollisuudesta	
<input type="checkbox"/> 3A2 orgaaninen maanparannusaine		
Valmistettavien tuotteiden kansallisen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon mukaiset tyyppinimet		
Käsiteltävät raaka-aineet -yksityiskohtainen kuvaus liitteelle		
<input type="checkbox"/> Luokan 3 ruokajäte	<input type="checkbox"/> Yhdyskuntajätevesiliete/sakokaivoliete	
<input type="checkbox"/> Muu luokan 3 eläinperäinen sivutuote	<input type="checkbox"/> Teollisuusliete	
<input type="checkbox"/> Lanta	<input type="checkbox"/> Kasvijäte	
<input type="checkbox"/> Käsitelty luokan 2 tai 3 sivutuote, käsittelylaitoksen hyväksyntänumero mainittava	<input type="checkbox"/> Teollisuuden ei eläinperäinen jäte	
<input type="checkbox"/> Muu, mitä?		
Lyhyt kuvaus toiminnasta ja laitoksesta (esim. käytetyt raaka-aineet, tuotannon/myynnin arvioitu laajuus, valmistusprosessi – yksityiskohtainen kuvaus erilliselle liitteelle)		

Hakemus palautetaan alla olevaan osoitteeseen.

Ruokavirasto | Lannoitejaosto | PL 200, 00027 RUOKAVIRASTO | Vaihde 029 530 0400 | ruokavirasto.fi | Y-tunnus 2911686-7
lannoite.ilmoitukset@ruokavirasto.fi

ID 1260803

09/2021



LIITTEET

Pakolliset laitoshyväksyntähakemuksen liitteeksi vaadittavat tiedot
<input type="checkbox"/> Yksityiskohtainen kuvaus toiminnasta ja laitoksesta
<input type="checkbox"/> Omavalvontasuunnitelma on tämän hakemuksen liitteenä
<input type="checkbox"/> Omavalvontasuunnitelma toimitetaan _____ mennessä
<input type="checkbox"/> Omavalvontasuunnitelma on toimitettu aiemmin elinkeinoilmoituksen liitteenä
<input type="checkbox"/> Ympäristölupa tai ympäristölupahakemus
Muut laitoshyväksyntähakemuksen liitteet
<input type="checkbox"/> Elinkeinotoiminnan aloitusilmoitus tai muutosilmoitus, mikäli hakemukseen kohteena olevasta toiminnasta ei aiemmin ole tehty ilmoitusta Ruokavirastoon
<input type="checkbox"/> Prosessikaavio
<input type="checkbox"/> Asemapiirros
Muut liitteet. Mitkä?

Laitoshyväksyntähakemuksen käsittely on maksullista. Hinta määräytyy Ruokaviraston maksuista säädettyä maa- ja metsätalousministeriön asetuksen mukaisesti. Ajantasaiset käsittelyyn liittyvät hinnat voitte tarkistaa osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/rehu-ja-lannoiteala/lannoitevalmisteen/lannoitealan-toiminta/hinnasto/>.

Tällä lomakkeella ilmoitetut tiedot ovat asian vireille tulon jälkeen julkisia. Ruokavirasto voi julkaista tiedot sellaisenaan tai osittain ja luovuttaa tietoja sen mukaan mitä asiakirjojen julkisuudesta on viranomaisen toiminnan julkisuudesta annetussa laissa säädetty. Hakijan salassa pidettäviksi tarkoittamat tiedot tulee ilmoittaa liitteissä. Kyseiset osiot täytyy merkitä liitteisiin selkeästi. Harkintavalta siitä, sisältävätkö liitteet salassa pidettävää tietoa, säilyy kuitenkin Ruokavirastolla, joka tekee päätöksen tiedon salassapidosta tai julkisuudesta viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain mukaisesti.

Vakuutan edellä annetut tiedot oikeiksi.

Aika ja paikka	Hakijan allekirjoitus ja nimenselvennys
----------------	---

Tulosta

Hakemus palautetaan alla olevaan osoitteeseen.

Ruokavirasto | Lannoitejaosto | PL 200, 00027 RUOKAVIRASTO | Vaihe 029 530 0400 | ruokavirasto.fi | Y-tunnus 2911686-7
lannoite.ilmoitukset@ruokavirasto.fi



LOMAKKEEN TÄYTTÖOHJEET

Yleistä

Ruokavirasto on lannoitevalmistevalvonnan toimivaltainen viranomaisen lannoitevalmistelain 539/2006 mukaisia lannoitevalmisteita valmistavien laitosten hyväksynnässä ja valvonnassa. Hakemuslomakkeessa ja hakemuksen liitteissä tulee antaa riittävät tiedot hakemuskäsittelyä varten. Tarvittaessa Ruokavirasto voi pyytää täydentämään hakemusta.

Laitoshyväksyntä koskee laitoksia, jotka valmistavat markkinoille saatettaviksi seuraavia orgaanisia lannoitevalmisteita: orgaaniset maanparannusaineet, maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet ja seosmullat. Kasvualustojen raaka-aineena käytetty puhdistamoliete, lanta, tai muu eläinperäinen sivutuote ja teollisuudesta peräisin oleva kasvimateriaali on käsiteltävä hyväksytyssä laitoksessa. Laitoshyväksyntä koskee seosmullien valmistusta, kun raaka-aineena käytetään elintarviketeollisuudesta, esim. kuorimoilta, peräisin olevia multajakeita. Maatilaalla omaan käyttöön valmistettaessa hyväksyntävaatimus koskee tilalla syntyvän sivutuoteasetuksen luokkaan 3 kuuluvan aineksen käsittelyä ja tilan ulkopuolisten jätteiden käsittelyä.

Laitosten tulee olla hyväksytyjä ennen tuotteiden markkinoille saattamista. Hyväksytyin laitoksen on haettava uutta hyväksymistä, jos se muuttaa toimintaansa huomattavasti.

TOIMIJAN PERUSTIEDOT

osassa tulee ilmoittaa yrityksen virallinen nimi ja yrityksessä hakemuksen kohteena olevasta toiminnasta vastaavan henkilön yhteystiedot.

Rekisteriin merkitsemisen diaarinumero ja Ruokaviraston asiakastunnus kohtiin tulee merkitä Ruokaviraston valvontarekisteriin merkitsemisen yhteydessä ilmoittama diaarinumero ja asiakastunnus. Mikäli rekisteriin merkitsemiseen liittyvä käsittely on kesken tai ilmoitus toimitetaan samanaikaisesti tämän hakemuksen kanssa, kohdat voidaan jättää täyttämättä. Laitoshyväksyntähakemusta ei oteta käsitelyyn, ellei toiminnanharjoittajaa ole merkitty Ruokaviraston lannoitevalmistelain 29 § mukaan pitämään valvontarekisteriin.

HAKEMUKSEN KOHDE

osassa merkitään onko kyseessä toiminnassa oleva tuotantolaitos, jolla ei ole aiempaa hyväksyntää, kokonaan uusi tuotantolaitos tai toiminta, liittykö hakemuksen kohde aiemmin hyväksytyyn toimintaan vai onko kyseessä muutos hyväksytyyn toimintaan.

TOIMINNAT

osassa tulee ilmoittaa **valmistuspaikan käyntiosoite**, yhteyshenkilö tai henkilöt valmistuspaikalla.

Toiminnan aloitusajankohdansa ilmoitetaan aika, jolloin toiminta tai toiminnan muutos on tarkoitus ottaa käyttöön.

Valmistettavat tuotteet on eriteltävä MMM:n asetuksen mukaisin tyyppinimiryhmiin ja lisäksi on mainittava tuotteiden kansallisen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon mukaiset tyyppinimet.

Käsiteltävien raaka-aineiden osalta lomakkeella on valmiiksi lueltu hyväksynnän kannalta keskeiset raaka-ainetyypit. Näihin ryhmiin lukeutuvat raaka-aineet on ehdottomasti ilmoitettava riippumatta käsiteltävän aineksen määrästä tai alkuperästä. Lisäksi lomakkeella tulee ilmoittaa muut määrältään merkittävät aineet. Hakemuksen liitteenä toimitettavassa kuvauksessa on lisäksi ilmoitettava yksityiskohtaisesti kaikki käsiteltävät raaka-aineet ja niiden alkuperä.

Toiminnan ja laitoksen kuvauksessa tulee käydä ilmi keskeiset toimintaan liittyvät asiat. Toiminnan ja laitoksen yksityiskohtainen kuvaus on aina toimitettava erillisenä liitteenä, koska lomakkeella ilmoitetut tiedot ovat julkisia.

LIITTEET

Hakemuksen liitteeksi on toimitettava lomakkeelle pakollisiksi merkityt liitteet. Liitteiden puuttuessa tai niiden ollessa puutteelliset, hakemusta ei oteta käsitelyyn. Hakemuslomakkeelle tulee merkitä myös muut toiminnanharjoittajan hakemukseen liittämät asiakirjat. Toimintakuvauksesta tulee käydä ilmi mm. oleelliset prosessiparametrit, kuten materiaalivirtojen määrät, viipymääjat prosessin eri vaiheissa ja käsittelyolosuhteet, yksityiskohtainen kuvaus käytettävistä raaka-aineista (määrät ja alkuperä) ja tuotannon/myynnin arvioitu laajuus.

Lomakkeen palautus

Hakemuslomakkeen voi lähettää joko postitse tai sähköpostitse yrityksen nimenkirjoitusosoikeuden omaavan henkilön allekirjoittamana. Yhteystiedot löytyvät lomakkeen alalaidasta. Sähköpostiosoitteesta on käytävä selkeästi ilmi, että lähettäjänä on sama yritys, jota ilmoitus koskee.

Virallinen posti, kuten valvontapäätökset toimitetaan valintanne mukaisesti joko sähköisesti tai postitse. Sähköisesti toimitettavat asiakirjat tulevat noudettavaksi sähköiseen asiointipalveluun Toukoon. Postitse toimitettavat asiakirjat toimitetaan perustiedot kohdassa ilmoitettuun yrityksen päätoimipaikkaan. Muista käytännöistä on sovitava erikseen Ruokaviraston lannoitejaoston kanssa. Toimipaikan yhteystiedot - kohdassa ilmoitetaan ilmoitusta koskevan toimipaikan tiedot. Mikäli toimipaikkoja on useita, ilmoitetaan jokainen toimipaikka omana ilmoituksenaan. Toimipaikan yhteyshenkilön tiedot tarvitaan mm. tarkastusten sopimista varten.

Hakemus palautetaan alla olevaan osoitteeseen.

Ruokavirasto | Lannoitejaosto | PL 200, 00027 RUOKAVIRASTO | Vaihde 029 530 0400 | ruokavirasto.fi | Y-tunnus 2911686-7
lannoite.ilmoitukset@ruokavirasto.fi

ID 1260803

09/2021

Lähde: Ruokavirasto 2021d.

OPINNÄYTETYÖSSÄ MAINITUT:

Landia – BioChop: <https://www.landia.co.uk/Industry-and-biogas/Products/Hygienisation/BioChop>

TEWE - Hygienisation Process: <https://www.tewe.com/en/products/biogas-technology/hygienisation-process/>

BioG: <https://www.biog.at/en/hygienization/>

BioConstruct: <https://www.bioconstruct.com/biogas-plants/>

MUITA:

PlanET- Hygienisation Container: <http://en.planet-biogas.com/hygienisation/>

HoSt: <https://www.host.nl/en/biogas-plants/hygienisation/>

(laitteet sekä hygienisointiin että painesterilointiin)

Veolia- BioPasteur™:

<https://www.veoliawatertechnologies.com/en/solutions/products/biopasteur>

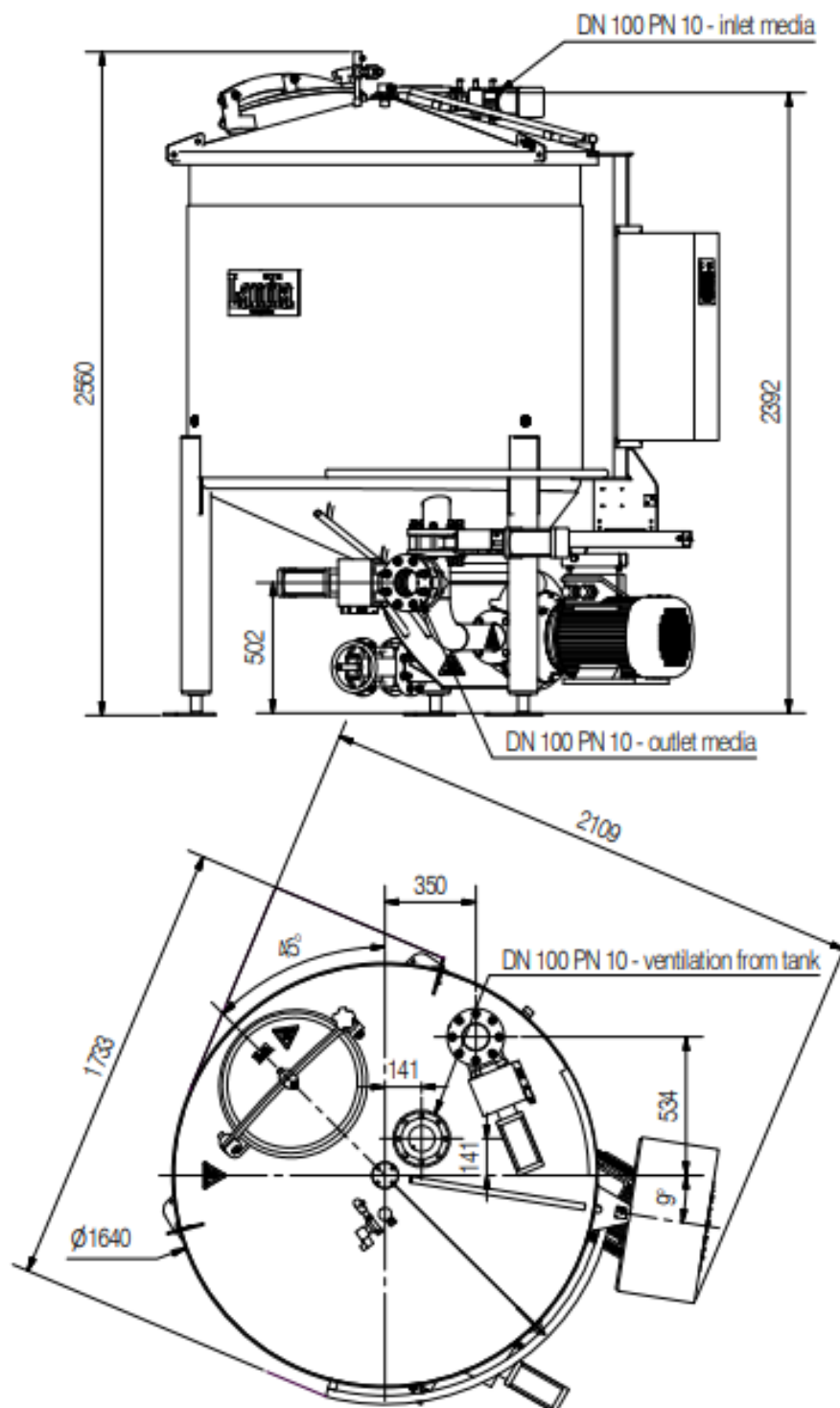
(lämmönvaihtimissa hygienisointi, enemmän suunnattu lietteille)

EMO: <https://www.emo-water-sludge-treatment.com/products/stabilisation-hygienisation/>

(kohderyhmä jätevesilietteet)

HUBER: <https://www.huber.de/solutions/sludge-treatment/sludge-disinfection.html>

(kohderyhmä jätevesi- ja puhdistamolietteet)



Lähde: Jarmo Saariniemi