

Jukka Kuoppala

# **Mädätysjännöksen käsittelymenetelmät kierrätyslannoitteiden valmistuksessa**

Opinnäytetyö  
Syksy 2018  
SeAMK Ruoka  
Agrologi (AMK)

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Ruoka

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Jukka Kuoppala

Työn nimi: Määtysjäännöksen käsittelymenetelmät kierrätyslannoitteiden valmistuksessa

Ohjaaja: Risto Lauhanen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 39

Liitteiden lukumäärä:

---

Alajärvelle on tehty suunnitelmia keskitetyn biokaasulaitoksen tekemiseksi vuodesta 2005 lähtien. Suunnitelmat ovat sisältäneet laitoksen syötteen saatavuuden, investoinnin kustannusarvion ja kannattavuuslaskelmat. Toteutuksen esteenä on joka kerta ollut hankkeen kannattavuus.

Työssä selvitettiin keskitetyn biokaasulaitoksen määtysjäännöksen jalostusmahdollisuuksia. Määtysjäännös tulee olemaan yksi ratkaiseva tekijä laitoksen kannattavuuteen sekä käytettävän määtysmenetelmän valintaan. Määtysjäännöksen jalostaminen helpottaa biokaasulaitoksen logistiikan järjestelyä sekä mahdollistaa pitemmät kuljetusmatkat.

Työ toteutettiin yhteistyössä Alajärven Kaupungin ja Järvi-Pohjanmaan yrityspalvelu Oy:n kanssa. Opinnäytetyö tukee Järvi-Pohjanmaan yrityspalvelu Oy:llä meneillään olevaa hanketta, jossa selvitetään biokaasulaitoksen toimintaedellytyksiä.

Määtysjäännöksen käyttö kierrätyslannoitteena biokaasulaitokselle säilörehua tuottaneille aloille olisi malli suljetusta ravinnekierrosta. Pitemmälle jalostetut kierrätysravinteet avaavat mahdollisuuden säädellä ravinnetasapainoa.

Avainsanat: Biokaasu, kierrätyslannoite, määtysjäännös

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: SeAMK Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Author/s: Jukka Kuoppala

Title of thesis: Processing Methods of Digestion Residue in the Production of Recycled Fertilizers

Supervisor(s): Risto Lauhanen

Year: 2018                      Number of pages: 36      Number of appendices:

---

Alajärvi has had plans for a centralized biogas plant since 2005. The plans include the availability of feedstock, the investment cost estimation, and the profitability calculations. The barrier to the implementation has been the profitability of the project.

The work was focused on the processing potential of the digestion residue of the biogas plant. The digestion residue will be a decisive factor in the profitability of the plant and in the selection of the digestion method to be used. The refining of the digestion residue facilitates the organization of the logistics of the biogas plant and allows longer transports.

The work was carried out in co-operation with Alajärvi City and Järvi-Pohjanmaan yrityspalvelu Ltd. This thesis supports the ongoing project of Järvi-Pohjanmaa Yrityspalvelu Ltd, which examines the operating conditions of the biogas plant.

The use of the digestion residue as a recycled fertilizer for the silage-producers of the biogas plant would be a model of a closed nutrient cycle. More processed spiral nutrients open up the opportunity to regulate the nutrient balance.

Keywords: Biogas, recycling, fertilizer, digestion residue

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>7</b>
1.1 Työn tausta.....	7
1.2 TAVOITTEET.....	8
1.3 Aineistot ja tutkimusmenetelmä.....	9
1.4 Alajärven maatalous.....	9
1.5 Mäkelä Alu Oy.....	11
<b>2 STRATEGIAT.....</b>	<b>13</b>
2.1 Biotalousstrategia.....	13
2.2 Kiertotalous.....	15
2.3 Ravinnekierto ja ravinteet.....	17
2.4 Biokaasu.....	18
<b>3 KIERRÄTYSLANNOITE.....</b>	<b>22</b>
3.1 Käsittelemätön mädätysjäännös.....	22
3.2 Kiinteän aineen ja nesteen erotus.....	23
3.2.1 Eroteltu kiinteä aine.....	23
3.2.2 Erotellun nesteen käsittely.....	24
3.2.3 Strippaus.....	24
3.2.4 Haihdutus.....	25
3.2.5 Biologinen käsittely.....	25
3.2.6 Kalvotekniikat.....	25
3.2.7 Kehitteillä olevat tekniikat.....	26
3.3 Esimerkkejä.....	27
3.3.1 Gasum Oy.....	27
3.3.2 BioA Oy.....	27
3.3.3 Valio Oy.....	27
3.3.4 Eurooppa.....	28

4 LAINSÄÄDÄNTÖ .....	29
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	31
LÄHTEET .....	34

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Järvi-Pohjanmaan yhteistoiminta-alueen viljelypinta-alat 2018 .....	10
Kuva 2. Suomen biotalousstrategia .....	14
Kuva 3. Kiertotalouden prosessi .....	16
Kuva 4. Ravinnekierron tiekartta .....	18
Kuva 5. Biokaasun muodostumisprosessi .....	19
Kuva 6. Biokaasutuotannon periaatekuva .....	21
Kuva 7. Lannoitevalmisteita ohjaavaa lainsäädäntöä. ....	30
Kuva 8. Suomen biomassat .....	33

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Alajärven biokaasulaitoksen suunnittelun käynnisti Mäkelä Alu Oy:n yhteydenotto vuoden 2005 loppupuolella. Mäkelä Alu Oy:n omistajat Esko ja Petri Mäkelä tiedustelivat Alajärven kaupungin mahdollisuutta selvittää biokaasutuotannon mahdollisuuksia Alajärvellä. Mäkelä Alu Oy:n omistajien ajatuksena oli, että biokaasulla korvattaisiin alumiiniprofiilin valmistuksessa käytettävää nestekaasua.

Vuoden 2006 vuoden alussa pidettiin asiasta ensimmäiset kokoukset. Kokouksissa käsiteltiin biokaasutuotannon mahdollisuuksia sekä suunniteltiin toimintaa. Kokousten lisäksi pidettiin koulutustilaisuuksia, joissa esiintyjinä olivat mm. Erkki Kalmari Metener Oy:stä, Alpo Kitinoja Vaasan yliopistosta ja Jari Luokkakallio ProAgria Etelä-Pohjanmaasta.

Alajärven kaupunki teetti Metener Oy:llä biokaasulaitoksen esisuunnitelman, joka valmistui vuoden 2006 lopussa. Esisuunnitelmaan kerättiin tieto biokaasulaitoksen koosta, tekniikasta, toiminnasta, hinnasta ja kannattavuudesta. Vuoden 2007 aikana hankittiin lisää tietoa sekä tehtiin biokaasumatka Saksaan. Investoinnin suuruutta selvitettiin kysymällä tarjouksia biokaasulaitosinvestoinnista. Vuoden 2008 alussa Alajärven kaupunki oli aloitteellinen ja haki Maa- ja metsätalousministeriöltä avustusta toteutettavuusselvitykseen sekä investointihankkeeseen. Avustuksia ei saatu, mutta suunnittelua ja tiedonhankintaa jatkettiin.

Vuoden 2009 alussa perustettiin Alajärven Biokaasu Oy, jossa osakkaina oli 10 lähialueen viljelijää. Alajärven kaupunki on ollut alusta lähtien selvittämässä viljelijöiden kiinnostusta kasvibiomassojen tuottamiseen. Vahvistukseksi Mika Mäenpää (2010) teki aiheesta ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyön, joka valmistui keväällä vuonna 2010. Tutkimuksen perusteella kiinnostuneita viljelijöitä löytyisi riittävästi. (Mäenpää 2010.) Alajärven Biokaasu Oy teetti toiminnasta kannattavuusselvityksen, jonka tuloksena oli, että nestekaasun korvaaminen biokaasulla ei ole kannattavaa, mutta sähköntuotanto olisi. Tämän jälkeen biokaasulaitoshanke oli jäähyllä muutaman vuoden.

Biokaasulaitostekniikan kehittyminen sekä bio- että kiertotalouden vahva esiintulo virittivät hankkeen uuteen vauhtiin. Mäkelä Alu Oy on entistä kiinnostuneempi korvaamaan nestekaasun biokaasulla. Biokaasulla on huomattavasti pienempi hiilijalanjälki kuin nestekaasulla. Perinteisen maataloustuotannon heikko kannattavuus, alueella toteutetut PuuLiike- ja Cesme kiertotalous -hanke tukivat asiaa. Hankkeiden työpajoissa käsiteltiin peltobiomassan lisäksi puunkuoren käyttöä biokaasun raaka-aineena. Alueella on kaksi keskisuurta sahaa, joiden kuorelle etsittiin uusia käyttökohteita. Puunkuorella on vähän käyttökohteita ja se oli jäädä sahojen varastoon. Hankkeiden avulla hankittiin tietoa biokaasulaitosten uusimmista tekniikoista. Järvi-Pohjanmaan yrityspalvelu Oy:llä on meneillään esiselvityshanke, jossa selvitetään biokaasulaitoksen investoinnin suuruus sekä kannattavuus. Selvityksen perusteella biokaasulaitoksen mädätysjäännös saattaa ratkaista investoinnin kannattavuuden.

## 1.2 TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on hankkia ja koota tietoa Alajärvelle suunnitellun biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen jalostusmahdollisuuksista ja siihen liittyvistä asioista. Biokaasulaitosta on suunniteltu vuodesta 2005 lähtien. Laitoksen tarkoituksena on tuottaa liikennekäyttöön soveltuvaa kaasua 1000 tonnia vuodessa. Suunniteltuna pääsyötteenä laitoksessa olisi säilörehu. Arvioitu säilörehun tarve on lähes 20 000 tonnia vuodessa. Rehun tuottamiseen vaaditaan lähes 1000 hehtaarin pinta-ala.

Biokaasun tuotantoprosessin valinnalla on suuri merkitys syntyvän mädätysjäännöksen määrän ja laatuun. Ensisijainen vaihtoehto on ollut kuivamädätys, mutta todennäköisesti laitos tulee olemaan märkämädätys. Kuivamädätys on kehittynyt viime vuosina, mutta laitosten toimintavarmuus ei ole vielä riittävän hyvää pohjoisissa olosuhteissa.

Mädätysjäännöksen jalostuksella pystytään hyödyntämään sen sisältämät ravinteet paremmin. Kierrätyslannoitteiden valmistajia on jo aloittanut toimintaa ja lisää on



tulossa. Kierrätyslannoitteiden valmistus tukee bio- ja kiertotalouden tavoitteita ja helpottaa logistiikan järjestelyä.

### **1.3 Aineistot ja tutkimusmenetelmä**

Opinnäytteen tietoperusta on koottu tehdyistä tutkimuksista, kirjallisuudesta, ammattilehdistä ja työelämäkokemuksesta unohtamatta internetissä olevaa tietoa. Opinnäytetyön aihetta sivuavia toisia opinnäytetöitä on myös hyödynnetty. Tietoperustaa on ollut kartuttamassa useiden eri kehittämishankkeet ja niiden avulla tehdyt selvitykset. Aineistoa on kertynyt seminaareista ja yritysvierailuista, joihin opinnäytetyön tekijä on osallistunut.

### **1.4 Alajärven maatalous**

Alajärven kaupunki vastaa Alajärven kaupungin, Soinin ja Vimpelin kuntien maaseutu- ja lomitushallinnosta sekä maaseudun kehittämistehtävistä. Tehtävää varten Alajärven kaupunginhallituksen alaisuudessa on maaseututoimi. Maaseututoimi tekee tiivistä yhteistyötä em. kuntien ja 21 yrityksen perustaman Järvi-Pohjanmaan yrityspalvelun Oy:n kanssa.

Alajärven kaupungin maaseututoimi tekee tilastoja alueensa maataloudesta ja tuotannon määrästä. Vuoden 2018 ennakkotiedoista selviää, että Alajärvellä on peltoa viljelyksessä lähes 14000 hehtaaria, Soinissa runsas 3000 ja Vimpelissä 4000 hehtaaria. Pelto pinta-alasta Alajärvellä on 7000 hehtaaria (50 %) säilörehunurmena, Soinissa 1750 hehtaaria (53 %) ja Vimpelissä 1650 hehtaaria (42 %). Nurmia, jotka eivät ole aktiivisessa viljelyksessä on Alajärvellä noin 2000 hehtaaria (14 %), Soinissa 500 hehtaaria (15 %) ja Vimpelissä 450 hehtaaria (12 %). Vilja- ja öljykasveilla Alajärvellä on noin 4200 hehtaaria (30 %), Soinissa 900 hehtaaria (27 %) ja Vimpelissä 1550 hehtaaria (40 %). (Kuva 1.)

## Viljely 2018

	Alajärvi	%	Soini	%	Vimpeli	%	Yhteensä	%
Viljat	3645	26,48	766	23,10	1455	37,16	5866	27,9
herne, härkäpapu, seokset	133	0,96	89	2,67	52	1,32	273	1,30
perunat	155	1,12	1	0,02	147	3,75	302	1,44
rypsi, rapsi	275	2,00	87	2,63	38	0,98	401	1,91
auringonkukka	1	0,01	1	0,03	9	0,23	11	0,05
tattari	53	0,39		0,00		0,00	53	0,25
hamput		0,00		0,00		0,00	0	0,00
ruokohelmi	15	0,11	10	0,30	1	0,03	26	0,12
energiapuu	5	0,04		0,00		0,00	5	0,02
avomaan puutarhakasvit	3	0,02		0,00		0,01	3	0,02
hedelmät ja marjat	32	0,23	0,5	0,02	8	0,20	40	0,19
siemenmaustekasvit	199	1,44	41	1,24	16	0,41	256	1,22
saneerauskasvi	45	0,32		0,00	51	1,30	96	0,46
viherlannoitusnummi	316	2,30	70	2,12	49	1,25	436	2,07
laidun, säilörehu ja siemennurmi	6939	50,42	1752	52,81	1638	41,83	10330	49,1
* pysyvät nurmet, luonnonlaitumet, metsälaitumet ym.	19	0,14	11	0,34	21	0,53	51	0,24
* hunajantuotantoon tarkoitettu kasvusto	5	0,03		0,00		0,00	4,63	0,02
* kesannot	602	4,37	192	5,79	177	4,52	970,97	4,62
* LHP, nurmi	358	2,60	76	2,30	107	2,73	541,3	2,58
* MM-pellot	281	2,04	56	1,68	77	1,96	413,73	1,97
* viljelemättömät	25	0,18	11	0,33	4	0,10	40,31	0,19
* suojavähykkeet	646	4,69	125	3,76	65	1,66	835	3,98
* muut: kasvimaat, ymp-sop alat, erityistukisop. Suojakaista, mv ymp.nurmi	12	0,09	29	0,88	2	0,04	43	0,20
	13763	100	3318	100	3917	100	20998	100

* Muut nurmet yhteensä	1948	14,15	500	15,06	452	11,54	2900	13,81
------------------------	------	-------	-----	-------	-----	-------	------	-------

Kuva 1. Järvi-Pohjanmaan yhteistoiminta-alueen viljelypinta-alat 2018 (Kuoppala)

Alueella on kotieläintiloja yhteensä 105 kappaletta, joista maitotiloja 67. Näiden eläinmäärä muutettuna eläinyksiköiksi on 7000 eläinyksikköä. Soinissa kotieläintiloja on 29 kappaletta ja niistä maitotiloja 21. Soinin eläinyksikkömäärä on 1400 eläinyksikköä. Vimpelissä kotieläintiloja on 24 kappaletta ja maitotiloja 13. Vimpelin eläinyksikkömäärä on 1700. Eläinmäärän muuttaminen eläinyksiköiksi helpottaa niistä syntyvän lantamäärän laskemisessa. Lisäksi Alajärvellä on 15 turkistarhaa ja Vimpelissä kaksi. Lähialueella Lappajärvellä ja Evijärvellä turkistarhoja on enemmän ja ne ovat eläinmäärältään suurempia. Alajärven ja Vimpelin eläinyksikkömäärä on 8700. Yksi eläinyksikkö tuottaa lietelantaa 25,5 m<sup>3</sup> vuodessa eli yhteensä tämä tekee 220 000 m<sup>3</sup>. Turkistarhoilla on kettuja reilu 8000 ja minkkejä 5000. Turkiseläinten lantaa tulee 5000 m<sup>3</sup> vuodessa.

Mika Mäenpää (2010) on tehnyt ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyön Kasvibiomassojen tuottaminen biokaasulaitokselle vuonna 2010. Opinnäytetyössään hän on selvittänyt kyselytutkimuksella Alajärven kaupungin ja Vimpelin kunnan alueen viljelijöiden kiinnostuksen tuottaa säilörehua biokaasulaitoksen syötemateriaaliksi. Kyselystä saadun tiedon mukaan laitoksen tarvitsema säilörehu on saatavissa alueelta. Kyselyssä eikä opinnäytetyössä ei otettu kantaa säilörehun hintaan.

Säilörehun tuottamista keskitetylle biokaasulaitokselle on tehty selvitys Hämeen, Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen alueelle. Selvityksessä on käyty tarkkaan läpi koko säilörehun tuottaminen niin biokaasulaitoksen kuin viljelijän näkökulmasta. Tärkeimpiä selvityksen kohteita ovat olleet säilörehun tuotantokustannus, logistiikka sekä sopimustuotantomalli. Jatkokehittämiskohteiksi on esitytetty säilörehun arvo-komponenttien erottamista ennen biokaasuprosessia ja mädätysjäännöksen ravinteiden tuotteistamista. (Seppälä ym. 2014.)

## **1.5 Mäkelä Alu Oy**

Mäkelä Alu Oy on Alajärven Luoma-aholla toimiva Perheyryitys. Yrityksen juuret ulottuvat vuoteet 1937, jolloin Fredrik ”Reeti” Mäkelä perusti läkkipellin valmistukseen erikoistuneen yrityksen. Läkkipellin tuotannosta siirryttiin maitotonkkien tinaukseen, kiukaiden valmistukseen ja siitä ilmastointijärjestelmiin. Viimeisimpänä tuotteena olivat kattopellit. Henkilökohtaiset kontaktit olivat tärkeitä ja niihin luotettiin markkinoinnissa. Yrittäjältä vaadittiin hyvää alan teknistä tuntemusta, uusien virtausten aistimista ja rohkeutta tehdä investointeja. Yrityksen alkuvaiheista lähtien henkilökunnan kouluttaminen, ammattitaidon lisääminen ja hyvinvoinnista huolehtiminen ovat olleet tärkeitä asioita. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

Yrittäjäneuvos Esko Mäkelä aloitti työt isänsä yrityksessä vuonna 1962. Vuonna 1965 yrityksessä muutettiin tuotantosuuntaa siten, että katto- ja seinäprofiilit olivat päätuotteet. Tuotteita vietiin 1960-luvulla paljon Neuvostoliittoon. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

Alumiinin jatkojalostus sai alkunsa 1980-luvun alkupuolella yritysvierailulla alumiinipuristamoon Norjassa. Ajatus alumiinipuristamon hankkimisesta jäi itämään kymmeneksi vuodeksi. 1990-luvun alussa Mäkelä aloitti alumiiniprofiileiden valmistuksen. Mäkelä Alu Oy on tällä hetkellä Suomen suurimpia alumiiniprofiileiden valmistajia. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

Mäkelä Alun Oy hallituksen puheenjohtaja Petri Mäkelä jatkaa perheyrittäjän toimintaa kolmannessa sukupolvessa. Yrittäjäneuvos Esko Mäkelä toimii edelleen hallituksen jäsenenä. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

Mäkelä Alu Oy panostaa vahvasti ympäristöystävällisyyteen ja on edelläkävijä ympäristöasioissa. Yrityksellä on ympäristöä kunnioittavat ja vastuulliset toimintatavat. Tuotannon päästöjä maaperään, veteen ja ilmaan pyritään minimoimaan ja niitä seurataan jatkuvasti. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

Ympäristöystävällisyys perustuu tuotannon, pintakäsittelyn ja jatkojalostuksen tehokkaaseen logistiikkaan. Tuotannon kierrätykseen kelpaava materiaali kerätään talteen jatkokäsiteltäväksi. Alumiiniprofiilin valmistusprosessissa syntyvä romu sulatetaan yrityksen omassa valimossa uudeksi profiilien raaka-aineeksi, samoin tehdään käytöstä poistetuille alumiiniprofiileille. Mäkelä Alu Oy:llä on käytössä ISO 14001 sertifikaattiin perustuva ympäristöjärjestelmä. Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi käytetään vesivoimalla tuotettua sähköä. (Mäkelä Alu Oy, [viitattu 10.10.2018].)

## 2 STRATEGIAT

### 2.1 Biotalousstrategia

Biotaloudella tarkoitetaan taloutta, joka käyttää uusiutuvia luonnonvaroja ravinnon, energian, tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen. Biotalous vähentää riippuvuutta fossiilisista luonnonvaroista, ehkäisee ekosysteemien köyhtymistä sekä luo uutta talouskasvua ja uusia työpaikkoja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018])

Strategian tavoitteena on, että Suomi on kestävän talouden vähähiilinen ja resursitehokas yhteiskunta. Biotaloudella on tässä keskeinen rooli. Suomella on erinomaiset edellytykset olla biotalouden edelläkävijä maailmassa. Näitä edellytyksiä ovat korkeatasoinen osaaminen ja teolliset vahvuudet yhdistettynä runsaasti uusiutuviin luonnonvaroihin. Laadittu biotalousstrategia on Suomen ensimmäinen. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018].)

Biotalouden kestävät ratkaisut ovat Suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn perusta on strategian visio. Strategian tavoite on luoda uutta talouskasvua ja uusia työpaikkoja biotalouden liiketoiminnan kasvulla sekä korkean arvonlisän tuotteilla ja palveluilla, turvaten samalla luonnon ekosysteemien toimintaedellytykset. Johtoajatukseksi strategiasa on luoda Suomessa kilpailukykyisiä ja kestäviä biotalouden ratkaisuja maailmanlaajuisiin ongelmiin ja synnytetään sekä kotimaahan että kansainvälisille markkinoille uutta liiketoimintaa, joka tuo hyvinvointia koko Suomelle. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018].)

Biotalousstrategian tärkeimmät päämäärät ovat:

1. Kilpailukykyinen biotalouden toimintaympäristö
2. Uutta liiketoimintaa biotaloudesta
3. Vahva osaamisperusta biotaloudelle
4. Biomassojen käytettävyys ja kestävyys.

Biotalousstrategiaa ovat olleet luomassa valtioneuvoston kanslia, maa- ja metsätalousministeriö, ympäristöministeriö, opetus- ja kulttuuriministeriö, sosiaali- ja terveysministeriö ja valtiovarainministeriö ja niiden hallinnonalat sekä VTT ja Sitra. Valmisteluun ovat osallistuneet myös biotalouden sidosryhmät. Strategian tavoitteena on nostaa vuoteen 2025 mennessä biotalouden tuotos 100 miljardiin euroon ja luoda 100 000 uutta työpaikkaa. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018].)



Kuva 2. Suomen biotalousstrategia (TEM 2014)

Ruokajärjestelmän uuden liiketoiminnan oletetaan jatkossa perustuvan suljetun kierron, kotieläintuotannon- ja elintarviketeollisuuden sivuvirtojen, peltobiomassan hyödyntämiseen sekä biojalostamoiden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Ruokajärjestelmästä voidaan esimerkiksi tuottaa kemianteollisuudelle uusia biojalosteita elintarviketeollisuuden sivuvirroista. Muista sivujakeista voidaan tuottaa esimerkiksi energiaa. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018].)

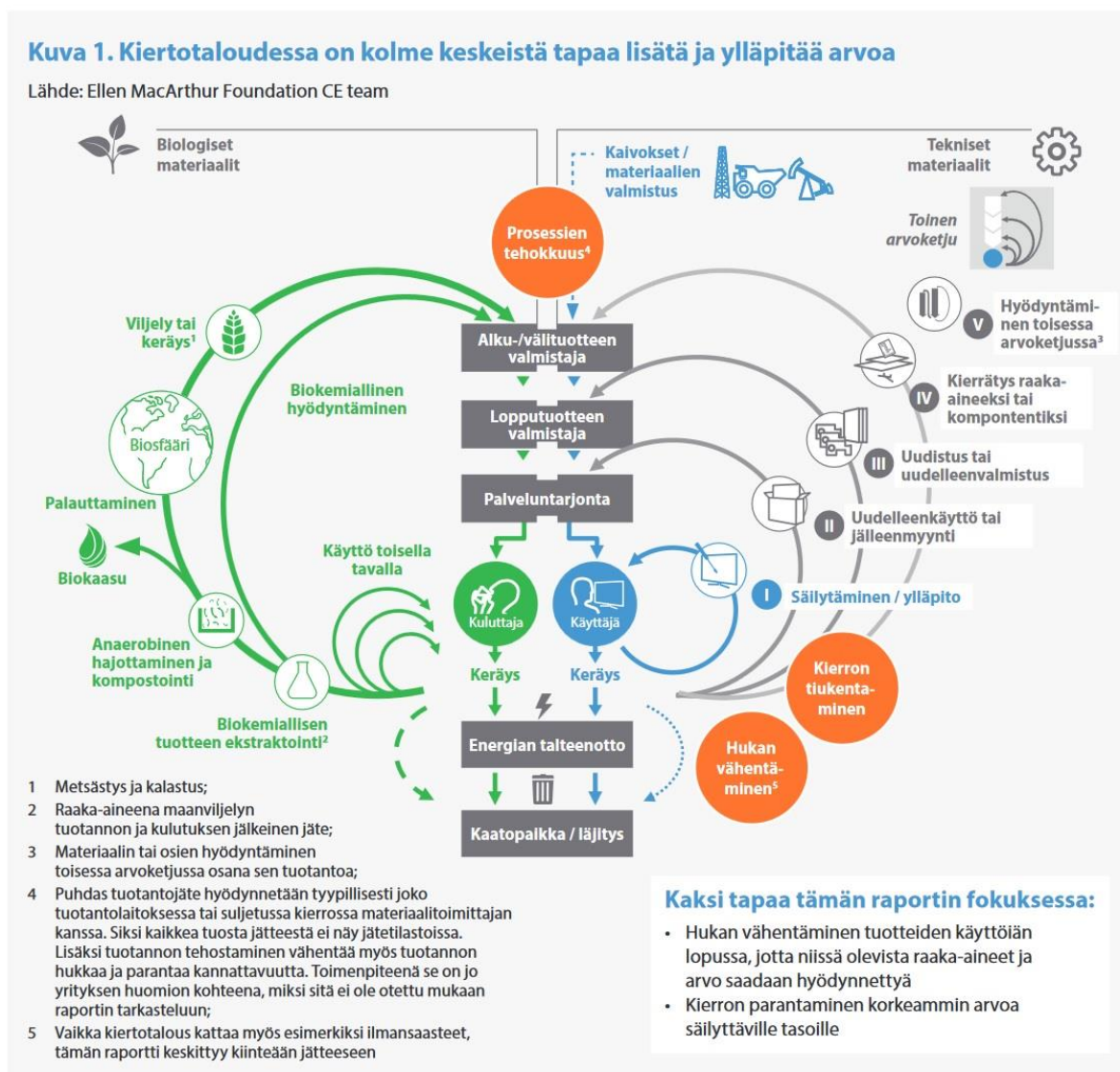
Alueellisten vahvuuksien hyödyntäminen ruoan tuotannossa antaa mahdollisuuden vihreän talouden kasvuun. Lähiruoka lisää alueiden elinvoimaisuutta ja parantaa

työllisyyttä. Paikallisesti tuotettu, sivuvirtoja ja ravinteidenkierrätystä hyödyntävä energia ja lannoitetuotanto parantavat yritystoiminnan omavaraisuusastetta. (Suomen biotalousstrategia 2014 [viitattu 24.11.2018].)

## **2.2 Kiertotalous**

Kiertotaloudessa resurssien käyttö on suunniteltu kestäväksi. Siinä seurataan materiaalien liikkumista ja pyritään minimoimaan jätteiden syntyä. Tarkoituksena on, että materiaalit ja tuotteet kiertävät, vaikka samalla tapahtuu kulumista. Usein tämä tarkoittaa sitä, ettei materiaaleihin lisätä aineita, jotka estävät kierrättämisen. Näin ne ovat hyödynnettävissä vielä elinkaaren lopussa. Hyvällä suunnittelulla tuotteisiin käytetyt materiaalit pystytään vielä erottelamaan. Kiertotalouden periaatteisiin kuuluu myös se, että tuotanto tapahtuu uusiutuvalla energialla. (Arponen ym. 2014, 4.)

Kiertotalouden tavoitteita ovat resurssien ja materiaalien käytön tehostaminen. Tehostamisen ansiosta raaka-aineet pysyvät entistä pidempään kierrossa mukana ja energiatehokkuus lisääntyy. Energiatehokkuus alentaa hiilipäästöjä. Tuotteiden uusiokäytöllä säästetään myös resursseja, energiaa ja materiaalia sekä vähennetään raaka-aineiden tarvetta. (Arponen ym. 2014, 4.)



Kuva 3. Kiertotalouden prosessi (Sitran selvityksiä 84)

Kiertotalouden tarkoituksena on, että biologiset raaka-aineet tulisi ensisijaisesti kohdentaa materiaalikäyttöön eikä polttaa. Biologisten materiaalien käyttöä uudella edellisestä tavasta poikkeavalla tavalla kutsutaan kaskadikäytöksi. Materiaalin hylkäysvaiheessa sen tulisi ohjautua esimerkiksi biokaasun tuotantoon, jonka yhteydessä biologisten materiaalien ravinteet erotellaan uudelleen hyötykäyttöön. (Sepälä ym. 2016, 11.)

Kiertotaloudentuotantoprosessien ja muista toiminnoista syntyvät sivuvirrat sekä jätteet hyödynnetään tehokkaasti. Tarkoituksena on, että tuotannossa yhteistyön kautta päädytään tilanteeseen, jossa toisen jäte on toisen raaka-aine. Toivottavaa



olisi, että yhteistyötä tehtäisiin yli tuotantosektoreiden, jolloin pystytään entisestään tehostamaan tuotantoa sekä materiaalivirtoja. (Seppälä ym. 2016, 19.)

Valtioneuvoston raportin 25/2016 esitettyssä skenaariossa on esitetty, että vuonna 2030 Suomessa on otettu tehokkaammin käyttöön maassamme olevat biomassojen energia- ja ravinnepotentiaalit. Vuonna 2030 biokaasua käytettäisiin liikenteessä noin 600 GWh (50 000 öljyekvivalentitonnia). Tämä määrä vähentäisi myös 20 % eläinlannan metaani- ja typpioksiduulipäästöjä. Energiatuotannon lisäksi biokaasulaitokset tuottaisivat lannoituskäyttöön soveltuvaa mädätysjäännöstä. Mädätysjäännöksestä tuotettujen kierrätystypen osuudeksi on arveltu 35 % ja kierrätysfosforin 53 %. (Seppälä ym. 2016, liite 4.)

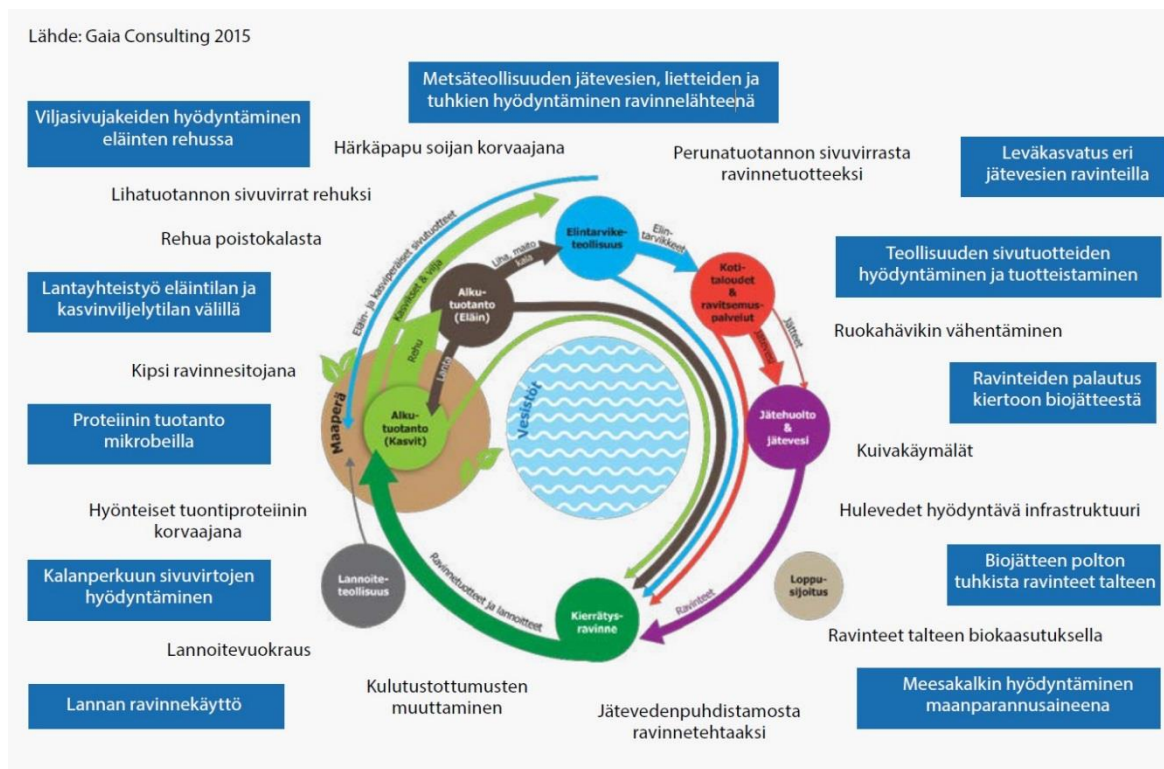
### **2.3 Ravinnekierto ja ravinteet**

Ravinnekierrrossa keskeiset ravinteet ovat fosfori ja typpi. Ne ovat kaikelle elävälle välttämättömiä ravinteita. Fosforia syntyy maaperän rapautuessa, jolloin kasvit pysyvät sitä käyttämään. Kasvit ottavat typen ilmasta ja sitovat sen maaperään. Kasvit hyödyntävät maaperän ravinteet sitomalla ne itseensä. (Aho ym. 2015, 4.)

Maaperässä olevien eri ravinteiden määrä poikkeaa toisistaan samoin niiden käytettävyyks. Maa- ja metsätalous ovat aloja, joissa maaperän ravinnepääomaa käytetään liiketoimintaan. Maan sisältämää ravinnepääomaa lainataan kasvattamaan kasveja. Kasveista voidaan myöhemmässä vaiheessa jalostaa elintarvikkeita, rehuja, kuituja, kemikaaleja tai muita tuotteita. Kasvien hyödyntäminen köyhdyttää maan ravinnepääomaa. Jatkuvan tuoton varmistamiseksi kuluneet ravinteet pitää palauttaa. (Aho ym. 2015, 4.)

Maaperänravinnehuoltoa voidaan tehdä joko luonnollisilla prosesseilla, palauttamalla käytetyt ravinteet tai korvaamalla ne ulkoisilla panoksilla. Maaperän ravinnepääomasta ja sen käytettävyydestä on pidettävä erityisen hyvää huolta, jos halutaan kasvien tuottavan suurempia satoja. Palautumatta jääneet tai korvaamattomat ravinteet köyhdyttävät maaperää ja näin tuotanto ei ole kestävällä pohjalla. Ravinnepääoman jatkuva huolehtiminen mahdollistaa kestävä ja jatkuvan hyödyntämisen.

Ravinnekierto on myös taloudellisesti järkevää ja tarjoaa liiketoimintamahdollisuuksia. (Aho ym. 2015, 6.)



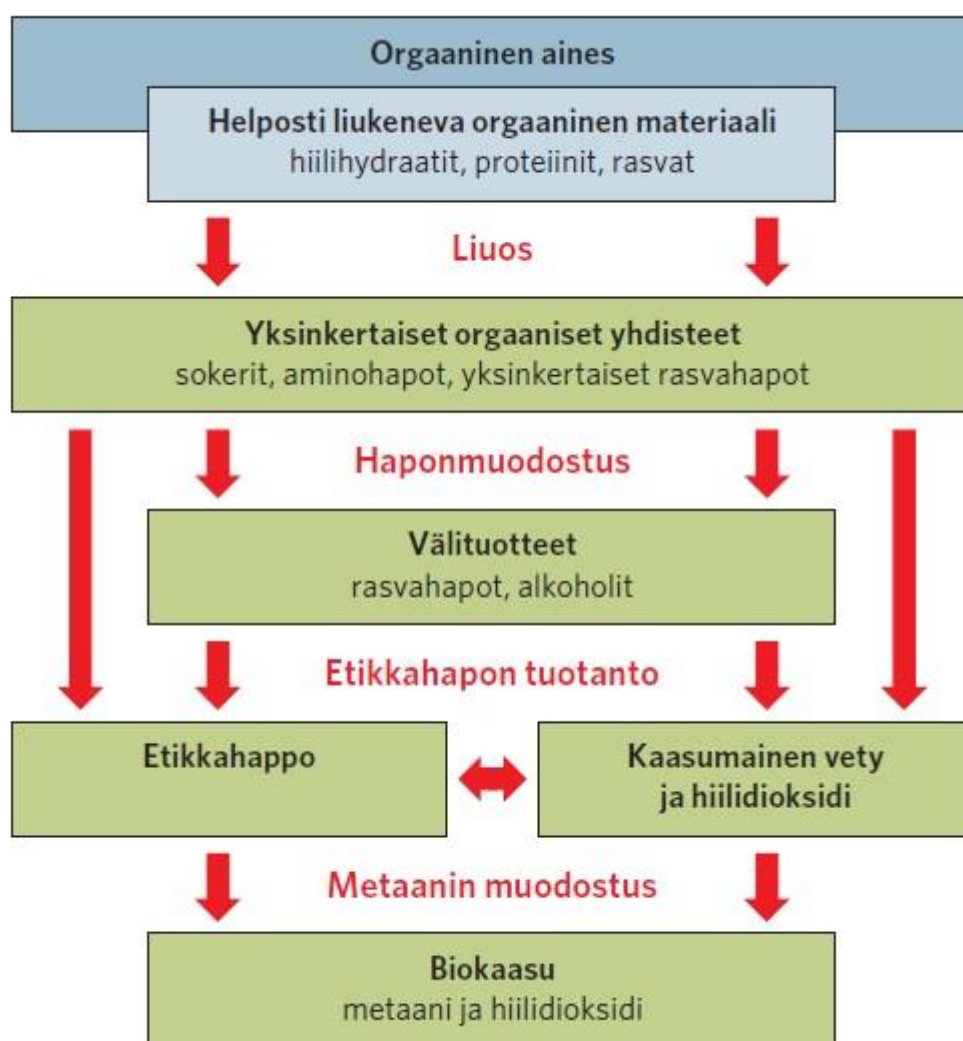
Kuva 4. Ravinnekierron tiekartta (Aho ym. 2015, 43.)

## 2.4 Biokaasu

Biokaasu on biologisen prosessin tulos. Biokaasua syntyy hapettomissa oloissa, jossa mikro-organismit hajottavat eloperäistä ainesta. Biokaasua syntyy luonnossa soilla ja järvien pohjassa sekä märehitijöiden ruoansulatuksessa. Ensimmäisiä viitteitä biokaasun hyödyntämisestä on yli tuhannen vuoden takaa. Intialaiset ovat todennäköisesti rakentaneet ensimmäisen biokaasureaktorin 1800-luvun puolivälissä. Euroopassa Englanti aloitti biokaasun tuotannon jät-vesistä 1900-luvun vaihteessa. Silloin biokaasu käytettiin lämmitykseen ja valaistukseen. Saksassa ja Ranskassa biokaasua tuotettiin toisen maailmansodan aikaan maatalouden jät-teistä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 9.)

Biokaasu muodostuu neljässä vaiheessa. Kaikissa vaiheissa toimivat eri pieneliöt. Liukoistuminen on ensimmäinen vaihe, jossa pieneliöiden erittämien entsyymien ansiosta hiilihydraatit, rasvat ja valkuaisaineet pilkkoutuvat sekä liukenevat veteen.

Tuloksena on yksinkertaisempia yhdisteitä kuten sokerit, rasva- ja aminohapot. Toinen vaihe on happokäyminen. Happokäymisen seurauksena rasvahapoista tulee yksinkertaisempia eli propioni-, voi- ja etikkahappoja. Kolmantena vaiheena on etikkahappokäyminen, jossa edellisen vaiheen tuotteet hajoavat vedyksi ja hiilidioksidiksi. Neljäs vaihe on metaanikäyminen, jossa metaani pääsääntöisesti muodostuu. Biokaasun muodostumisvaiheet tapahtuvat samaan aikaan eivätkä erillisinä. (Biokaasun tuotanto maatilalla 2018 [viitattu 5.12.2018].)



Kuva 5. Biokaasun muodostumisprosessi (Motiva Oy viitattu 5.12.2018)

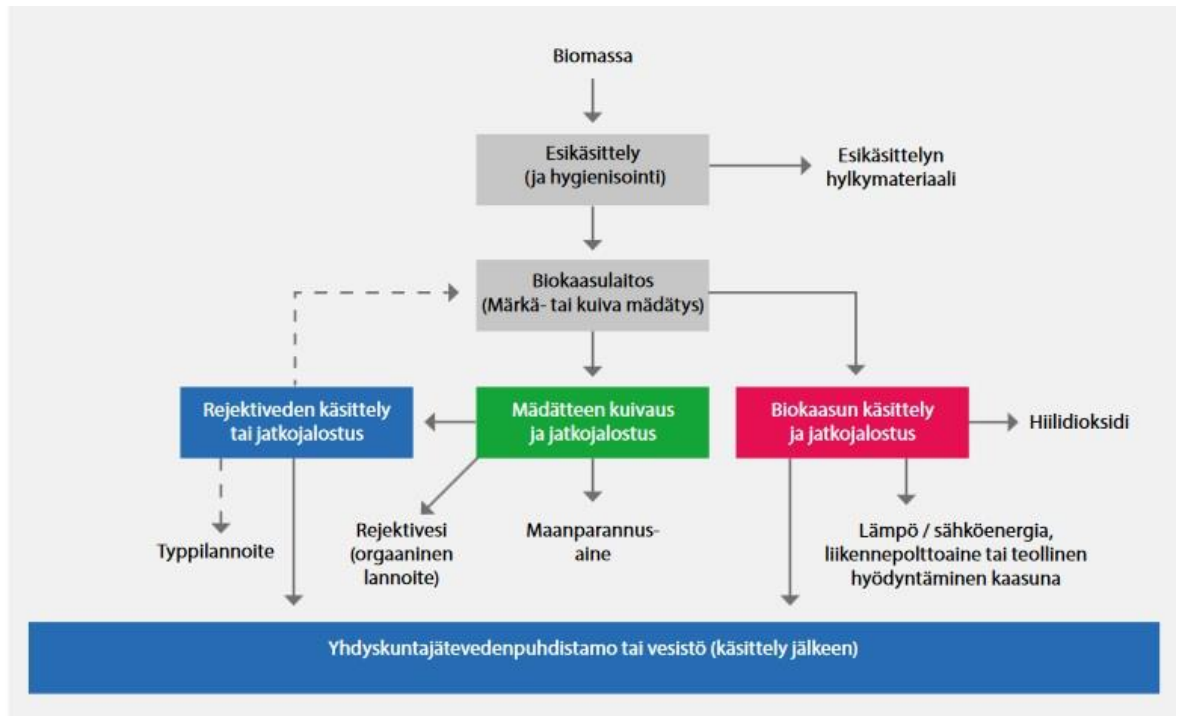
Biokaasu sisältää tavallisesti 50–70 % metaania (CH<sub>4</sub>), noin 30–50 % hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>). Biokaasussa on hiilidioksidin lisäksi vettä (H<sub>2</sub>O), typpeä (N<sub>2</sub>), happea (O<sub>2</sub>),

vetyä ( $H_2$ ), ammoniakkaa ( $NH_3$ ) ja rikkivetyä ( $H_2S$ ). Biokaasu sellaisenaan on käytettävissä sähkön ja lämmön tuotantoon. Biokaasusta useimmiten poistetaan kosteus vedenerottimien avulla ja rikkivety vesipesulla. (Motiva Oy, [viitattu 5.12.2018])

Poistettaessa biokaasusta hiilidioksidi ja epäpuhtaudet sitä voidaan käyttää liikennepolttoaineeksi. Puhdistettua biokaasua kutsutaan biometaaniksi, jonka metaanipitoisuus on yleensä 95–98 %. Puhdistuksen sivutuotteena tulee hiilidioksidia, jota voidaan käyttää kasvihuonetuotannossa lannoitteena. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 17.)

Puhtaan metaanin lämpöarvo on 50 MJ/kg ( $36 \text{ MJ/Nm}^3$ ) eli 10 kWh/Nm<sup>3</sup>. Kuutio puhdasta metaania on lämpöarvoltaan lähes yhtä suuri kuin litra polttoöljyä. (Bioste Oy, [viitattu 1.12.2018])

Mädätyksen aikana kaikki kuiva-aine ei hajoa vaan sitä jää vielä jäljelle. Jäljelle jäävää ainetta kutsutaan mädätysjäännökseksi ja se voi olla joko kiinteää tai nesteistä. Biokaasuprosessi on suljettu, joten mädätysjäännöksessä on jäljellä kaikki raaka-aineen alun perin sisältämät ravinteet. Mädätysjäännöksen sisältämät typpi ja fosfori ovat hyviä lannoitetta. Typpi muuttuu prosessissa nitraattimuodosta ( $NO_3^-$ ) ammonium-muotoon ( $NH_4^+$ ) ja on näin paremmin kasvien käytettävissä. (Bioste Oy, [viitattu 1.12.2018])



Kuva 6. Biokaasutuotannon periaatekuva (Ramboll 2016)

### 3 KIERRÄTYSLANNOITE

Mädätysjäännöksessä on kaikki prosessiin syötetyn materiaalin ravinteet. Ravintosisältö vaihtelee sen mukaan, millaista materiaalia mädätetään. Biokaasutuksessa käytettävä prosessi vaikuttaa mädätysjäännöksen ominaisuuksiin. Typen ja fosforin lisäksi mädätysjäännöksessä on myös muita pääravinteita sekä hivenravinteita. (Motiva Oy, [viitattu 5.12.2018], 13.)

Karjanlanta prosessissa takaa, että siinä on riittävästi hivenaineita. Pelkästään energiakasvien mädätyksessä voi tulla pulaa hivenaineista. Energiakasveissa ei ole tarpeeksi kobolttia, nikkeliä, molybdeeniä tai seleenistä. Hivenaineiden puutos vähentää biokaasun muodostamista. (Motiva Oy, [viitattu 5.12.2018], 7.)

Mädätysjäännös sisältää myös kaikki syötteissä olleet taudinaiheuttajat, haitalliset metallit, lääkeaineet ja muovit. Biokaasutuksessa käytettävä materiaali voidaan hygienisoida joko prosessin alussa tai lopussa. Eniten haitta-aineita esiintyy, kun mädätyksessä raaka-aineena käytetään yhdyskuntien jätevesilietteitä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 97.)

#### 3.1 Käsittelemätön mädätysjäännös

Mädätysjäännös on sellaisenaan arvokasta lannoitus- ja maanparannusainetta ja se voidaan levittää samoilla välineillä kuin karjanlanta. Mädätyksessä syötetystä materiaalista tulee juoksevampaa ja tasalaatuisempaa, mikä helpottaa osaltaan sen levittämistä pelloille. Mädätysjäännöksen typpi muuttuu kasvien helpommin käytettävään ammoniummuotoon, mikä vähentää typen huuhtoutumista. Karjanlannan sisältämät haisevat orgaaniset yhdisteet hajoavat mädätyksen aikana, jolloin päästään eroon niiden aiheuttamista hajuhaitoista. (Motiva Oy, [viitattu 4.12.2018], 7.)

Laitoskoon kasvaessa ratkaisevaksi tekijäksi tulee massa- ja ravinnevirtojen logistiikan järjestäminen. Toimivan logistiikan lisäksi tarvitaan riittävä määrä varastointikapasiteettia. (Mustonen 2018, 44–45.)

## 3.2 Kiinteän aineen ja nesteen erotus

Mädätysjäännöksestä voidaan erottaa kiinteä ja nestemäinen osa. Kiinteä osa sisältää pääosan fosforista ja nesteosa tyyppistä. (Motiva Oy [viitattu 4.12.2018], 7.)

Erotusprosesseja on useita erilaisia ja ne voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden toimintaperiaatteen mukaan: Ominaispainon perusteella erottelu, kokoon perustuva erottelu ja terminen erottelu. Erotusmenetelmä vaikuttaa myös ravintesuhteisiin. Erotusprosesseja voidaan tehostaa käyttämällä apuna kemikaaleja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 99.)

Juoksevan, runsaasti nestettä sisältävää mädätysjäännöksen kiintoaine ja neste voidaan erottaa toisistaan laskeuttamalla. Menetelmä vaatii aikaa ja tilaa. Toisena ominaispainoon perustuvana menetelmänä on linkous. Linkous toimii erityisen hyvin, kun käsiteltävä materiaalissa on paljon nestettä ja kiintoaine hienojakoista. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 100.)

Materiaalin kokoon perustuvia erottelu tapahtuu käyttämällä seulaa, ruuvipuristinta, suotonauhaa tai kalvotekniikoita. Ruuvipuristinta käytetään yleensä ensimmäisenä erottelemaan jakeita toisistaan ja tapauksissa, jossa kyseessä on paljon kuiva-ainetta. Tämän jälkeen kuiva-aineen erottelu nestejakeesta onnistuu paremmin seuloilla, suotonauhoilla ja kalvotekniikoilla. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 100.)

Haihdutus ja kuivaus ovat yleisimpiä termisiä menetelmiä. Kuivattava massa kuumennetaan niin, että siitä erottuu kiinteäaine. Menetelmässä käytettävä lämpötila vaikuttaa lopputuotteen ravinteisiin. Höyrystynyt typpipitoinen neste otetaan talteen jatkokäsittelyä varten. (Tampio ym. 2018, 20.)

### 3.2.1 Eroteltu kiinteä aine

Mädätysjäännöksestä erotettu kiinteäaine on sellaisenaan hyödynnettävissä fosforipitoisena lannoitteena. Useimmiten kuiva-aine käsitellään jatkossa termisin menetelmin. Termisten menetelmien käyttäminen edellyttää korkeaa kuiva-ainepitoisuutta. Poltossa menetetään orgaaninen aine ja samalla heikennetään fosforin käyt-

tökelpoisuutta. Fosforin talteenotto tuhkasta vaatii suuren laitoksen. Toisena terminä menetelmänä on pyrolyysi, jossa aine kuumennetaan hapettomissa olosuhteissa. Kuivemmista massoista tai kuivatuista voidaan tehdä pellettejä. Rakeistus soveltuu hienojakoiselle materiaalille. Rakeistus voidaan tehdä rumpu-, puristus- tai sekoitusmenetelmillä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 111.)

### **3.2.2 Erotellun nesteen käsittely**

Mädätysjäännöksestä erotetun nesteen jatkokäsittelyn yksikertaisin keino on käyttää se sellaisenaan lannoitevalmisteena. Isommissa laitoksissa neste on varastoitava. Pohjoinen ilmasto asettaa varastoinnille on haasteensa. Varastointia helpottaa nesteen jatkokäsittely. Jatkokäsiteltyä nestettä voidaan käsitellä strippaamalla, haihduttamalla, biologisesti tai kalvotekniikoilla. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 102.)

### **3.2.3 Strippaus**

Strippauksen tarkoituksena on ottaa nesteessä oleva typpi talteen. Talteenotossa ammoniumtyppi erotetaan nestefaasista. Strippauksessa nesteen lämpötila on 60–80 °C ja pH noin 10, kun siihen puhalletaan ilmaa niin, että tuloksena on kaasumaista ammoniakkia. Ammoniikki otetaan talteen ilmavirrasta rikkihapon avulla. (Tampio ym. 2018, 20.)

Strippauksella nestejakeesta saadaan ammoniakkia talteen 80–95 %. Strippauksen varjopuolina on laitteiston herkkyys ja suuri energiankulutus. Talteen saatua typpeä voidaan käyttää maataloudessa lannoitteena tai teollisuudessa korvaamaan ureaa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 105.)



### 3.2.4 Haihdutus

Haihdutusprosessi tapahtuu alipaineella noin 80 °C:n lämpötilassa. Alipaineessa neste kiehuu ennen 100 °C lämpötilaa. Haihdutettavaan nesteeseen lisätään rikkihappoa niin, että sen pH on 5–6 välillä. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 106.)

Haihduttamalla saadaan nestejakeen tyydestä talteen 80–98 %. Typen lisäksi nesteessä oleva fosfori ja kalium saadaan talteen. Prosessissa poistettu vesi otetaan talteen jatkokäyttöä varten. Happamuuden laskulla estetään typen haihtuminen prosessin aikana. (Tampio ym. 2018, 21.)

### 3.2.5 Biologinen käsittely

Mädätysjäätös voidaan käsitellä aerobisilla jätevesien käsittelytekniikoilla. Käsittelyssä pyritään hajottamaan nesteessä vielä oleva orgaaninen aines. Hajottaminen tapahtuu käyttämällä erilaisia ilmastusprosesseja. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 110.)

Perinteinen biologinen typen talteenotto prosessi on ensin saada aikaan nitraattia ja sen jälkeen typpikaasua. Muissa menetelmissä perustana on anaerobinen hapettaminen. Biologisten menetelmien etuna on vähäisempi energiankulutus. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 110.)

### 3.2.6 Kalvotekniikat

Tekniikan perustana ovat huokoiset puoliläpäisevät kalvot. Kalvotekniikan käytön edellytyksenä on, ettei nesteessä ole paljoa kuiva-ainetta. Erottelun tehoa lisätään lisäämällä lämpötilaa, painetta tai käyttämällä konsentraatio- ja sähköpotentiaalieroja. Kalvon syöttöpuolelle jäävä neste on nimeltään retenaatti ja läpimennyt, puhdas neste on permeaatti. Kalvotekniikat on jaettu ultra-, mikro- ja nanosuodatukseen sekä käänteisosmoosiin. (Tampio ym. 2018, 21.)

### 3.2.7 Kehitteillä olevat tekniikat

Tampio ym. (2018, 23.) esittelevät useita kehitteillä olevia tekniikoita. Niistä osa on jo käytössä enemmän, mutta osa vasta hakee hyvää käytäntöä.

**Hydrotermisessä hiiltämisessä** käytetään painetta (yli 50 bar) ja korkeaa lämpötilaa (180–250) orgaanisen aineen hajottamiseen biohiileksi. Biohiili kuivataan 70% kuiva-ainepitoisuuteen mekaanisesti. Tekniikka soveltuu märille massoille, joiden kuiva-ainepitoisuus on 5–15%. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Hydrotermisessä nesteytyksessä** käytetään myös korkeaa painetta (100–250 bar) ja lämpötilaa (280–370) orgaanisen aineen hajottamiseksi bioöljyksi. Tekniikka soveltuu märille massoille. Laitteet ovat pilot-asteella. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Suora osmoosi** on kalvotekniikkaa, jossa paineen ja puoliläpäisevän kalvon avulla erotetaan ja väkevöitetään nesteen ravinteet. Tekniikka vaatii erittäin hyvin esikäsitellyn nesteen. Menetelmä ei ole herkkä tukkeutumisille. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Membraalituslaus** on kalvotekniikkaa, jossa aineet erotellaan höyryn paine-eron avulla hyväksi käyttäen kalvojen läpäisyeroja. Tekniikka vaatii hyvin esikäsitellyn nesteen. Tekniikka on vielä kehitysvaiheessa. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Bektrodialyysi** on myös kalvotekniikkaa, jossa erotukseen käytetään sähkövirtaa. Tämä tekniikka vaatii esikäsitellyn nesteen. Haittapuolena on korkea energiankulutus ja kalvojen tukkeutuminen. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Ioninvaihdossa** ionit kiinnittyvät epäorgaanisen aineen pintaan. Ioninvaihtotekniikka vaatii hyvin esikäsitellyn nesteen ja on jo nyt kaupallista tekniikkaa, jota käytetään vedenpuhdistuksessa. (Tampio ym. (2018, 23.)

**Mikrobipolttokennot** käyttävät nesteen ravinteet mikrobiologiseen sähköntuotantoon. Polttokennoissa mikrobit muuttavat kemiallisesti sitoutuneen energian sähköksi. Menetelmä on laboratorioasteella. (Tampio ym. (2018, 23.)

### **3.3 Esimerkkejä**

#### **3.3.1 Gasum Oy**

Gasum Oy on Suomen suurimpia mädätysjäännöksen käsittelijöitä. Honkajoen, Huittisten, Kuopion ja Oulun laitoksissa mädätysjäännös käytetään käsittelemättömänä lannoitukseen tai lingottuna kuivajakeena. Pisimmällä jatkojalostus on Vehmaan laitoksella. (Tampio ym. 2018, 26.)

Vehmaalla hygienisoitu mädätysjäännös lingotaan. Kiinteä jäännös menee suoraan mautiloille lannoitteeksi. Rejktivesi menee uudentyyppisen haihturikäsittelyn läpi. Käsittelyssä erotetaan rejktivedestä vesi sekä ravinteet konsentroituna. Vesi käsitellään käänteisosmoosin avulla, jonka jälkeen se on täysin puhdasta ja voidaan laskea takaisin luontoon. Syntynyt ravinnekonentraatti menee maatalouden lannoitteeksi ja metsäteollisuuteen selluloosan jätevesipuhdistamoiden ravinteeksi. (Gasum Oy, [viitattu 7.12.2018])

#### **3.3.2 BioA Oy**

Kotkalainen BioA on kehittänyt uuden tuotantokonseptin hybridilannoitteen tekemiseen. Perusrae syntyy biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä puristamalla kuivaamalla. Rakeeseen lisätään kemiallista typpeä. Lopputulos päällystetään metsäteollisuuden tuhalla. Valmis tuote on verrattavissa markkinoilla oleviin kemiallisiin lannoitteisiin. (Niittymaa 2018, 7.)

#### **3.3.3 Valio Oy**

Elintarvikeyritys Valio Oy on patentoinut vuonna 2017 menetelmän, jolla lietelanasta saadaan puhdasta vettä sekä fosfori- ja typpijakeet. Ensimmäinen laitos on tulossa Nivalaan, jossa karjataloudesta tuleva liete käsitellään biokaasulaitoksessa. Menetelmä erona on veden erottaminen ennen biokaasutusta. Fosforin ja typen tal-

teenotossa hyödynnetään maidon käsittelyssä käytettäviä menetelmiä. Valion tarkoituksena on kehittää menetelmää yhteistyössä eri toimijoiden kanssa. (Kailio 2018 [viitattu 9.12.2018].)

Suunniteltu laitos käsittelisi noin 50 000 m<sup>3</sup> lietelantaa vuodessa. Käsittelyn tuloksena saadaan 12 000 tonnia fosforilannoitettua ja 6 000 tonnia typpilannoitettua. Vettä laitoksessa syntyy 28 000 m<sup>3</sup>, joka voidaan laskea luontoon tai käyttää teknisenä vetenä. (Rantanen 2018, 52.)

### **3.3.4 Eurooppa**

Euroopassa suurimpia orgaanisten lannoitteiden valmistusmaita ovat Saksa, Italia ja Ranska. Italia, Hollanti ja Belgia valmistavat orgaanisia lannoitteita yli oman tarpeen ja harjoittavat niiden vientiä. Euroopassa kehitetään ja käytetään samoja valmistustekniikoita kuin Suomessa. Käytetyin tekniikka on kalvosuodatus. Useissa pilotihankkeissa pyritään saamaan aikaan väkilannoitteisiin verrattavia tuotteita lisäämällä niihin esimerkiksi lihaluujauhoa. (Seppänen ym. 2018, 29–35)

## 4 LAINSÄÄDÄNTÖ

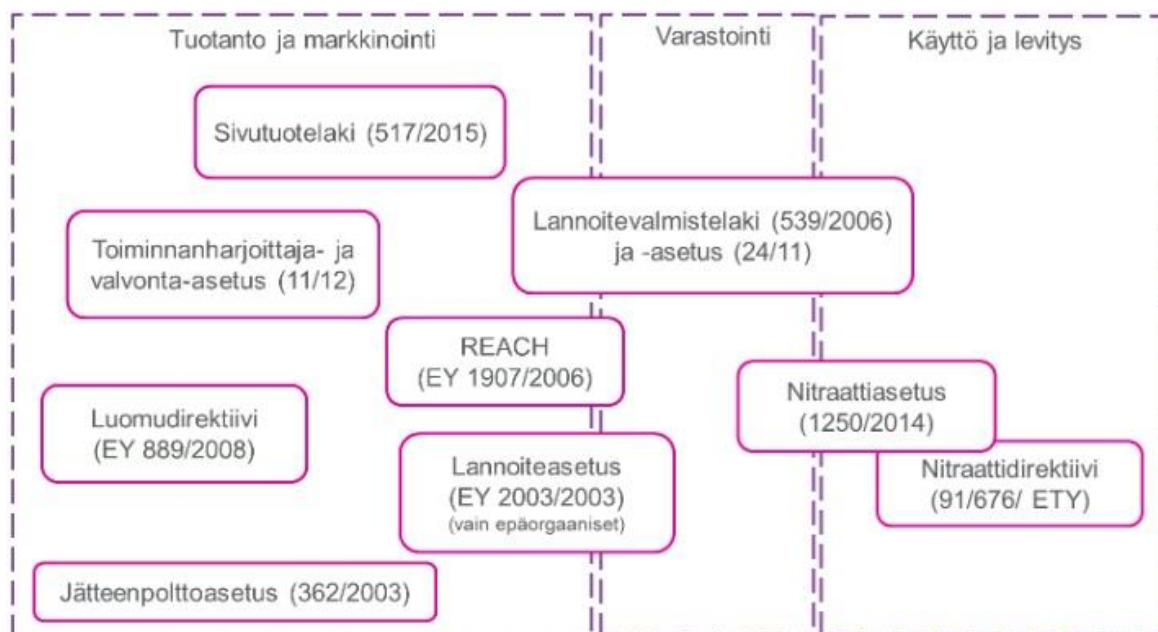
Käytettävät tekniikat ja menetelmät vaikuttavat oleellisesti biomassojen jalostukseen ja kierrätyslannoitteiden valmistukseen. Lannoitevalmisteita koskee lannoitevalmistelain ja asetusten mukaiset raja-arvot. Raja-arvot koskevat raskasmetalleja, hygieniaa ja epäpuhtauksia. Myös käyttöä ja varastointia ohjataan asetuksilla.

Lannoitevalmisteita koskevat niin EU:n kuin kansallinenkin lainsäädäntö. Lainsäädännön avulla turvataan ympäristön, kasvituotannon ja elintarvikkeiden tila. Kierrätyslannoitteiden osalta keskeisin laki on lannoitevalmistelaki (539/2006). Lakia täydentää maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista (24/11). Maa- ja metsätalousministeriö ohjaa lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamista ja sen valvontaa (11/12) asetuksella.

Lannoitevalmisteiden raaka-aineista, tyyppinimistä ja käytännön toimista säädetään lannoitevalmisteasetuksella. Käytännön toimia, jota asetuksella ohjataan ovat lannoitevalmisteiden turvallisuus, laatu ja merkintävaatimukset. Lannoitteiden käsittely, käyttö, tuonti ja vienti kuuluvat myös asetuksen piiriin. (Tampio ym. 2018, 36.)

EU-tasolla lannoitteita koskevat useat asetukset. EU:n asetukset mahdollistavat lannoitteiden vapaan liikkumisen EU:n sisämarkkinoilla. EU:n lannoitusasetusten ulkopuolella oleviin tuotteisiin sovelletaan ensisijaisesti kohdemaan kansallista lainsäädäntöä. (Tampio ym. 2018, 36.)

Kierrätyslannoitteiden käyttöä säädellään nitraatti- ja ympäristökorvausjärjestelmän asetuksilla. Myös lannoitteiden varastointia ohjataan asetuksella. (Tampio ym. 2018, 36.)



Kuva 7. Lannoitevalmisteita ohjaavaa lainsäädäntöä. (Tampio ym. 2018, 36.)

Elintarvikevirasto valvoo lannoitevalmisteiden valmistusta, markkinoita, markkinointia, kuljetusta, varastointia, käyttöä ja käsittelyn eri vaiheita. Valvonnan tarkoituksena on tehdä lannoitevalmisteiden eri vaiheista läpinäkyvää ja jäljitettävää. Viranomaisvalvonnan lisäksi lannoitevalmistajilla pitää olla omavalvontasuunnitelma. Omavalvontasuunnitelma, missä kuvataan tuotannon eri vaiheet, vaaditaan ennen toiminnan aloittamista. Tuotteiden viralliset valvontaan liittyvät laboratorio- ja hygienia-analyysit tehdään elintarvikeviraston hyväksymissä laboratorioissa. (Tampio ym. 2018, 44.)

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää keskitetyn biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen jalostusmahdollisuuksia. Työ vei useamman kerran tekijänsä biokaasutuotannon mielenkiintoisille alueille pois varsinaisesta opinnäytetyön aiheesta. Nämä mielenkiintoiset asiat auttavat ja antavat uutta pohjatietoa Alajärvelle suunniteltuun laitokseen. Yllätys oli myös se, miten paljon biokaasuun ja biokaasutuotantoon liittyy ohjausta. Lannoitteiden valmistusta, kauppaa, varastointia ja käyttöä ohjataan niin EU tasolla kuin kansallisesti. Bio- ja kiertotalouteen liittyvä poliittinen ohjaus on monissa maissa voimakasta eikä Suomi tee siinä poikkeusta. Juha Sipilän hallitusohjelmassa bio- ja kiertotalous ovat kärkihankkeita. Biokaasutuotannolla on keskeinen rooli kärkihankkeissa. Maaseudun kasvupolussa on tavoitteena, että yhä useampaan tuotteen voitaisiin laittaa merkki ”Valmistettu suomalaisella biokaasulla”. Tavoite sopii hyvin Alajärvelle suunniteltuun laitokseen, koska se on ollut tavoitteena koko ajan ja se tukee pääkäyttäjän tavoitteita.

Kierrätyslannoitteiden valmistukseen liittyvien menetelmien selvittäminen oli haastavaa. Ensimmäinen haaste oli se, että mädätysjäännös on erilaista lähes kaikissa biokaasulaitoksissa. Erilaisuus johtuu biokaasulaitoksissa käytetyistä raaka-aineista ja menetelmistä.

Helpoin ja samalla yksinkertaisin kierrätyslannoite on mädätysjäännös. Hygienisoituna se voidaan levittää sellaisenaan peltoon. Mädätysjäännöksen ongelmana on varastoinnin ja logistiikan järjestäminen. Märkämädätystä käytettäessä mädätysjäännöksessä on vettä 85–95 %. Vesipitoisen mädätysjäännöksen varastointi, kuljetus ja levitys pellolle aiheuttavat paljon kustannuksia sekä rasittavat että tiivistävät peltoja.

Kiinteän aineen ja neste erottaminen on toinen yleinen tapa käsitellä mädätysjäännöstä. Eroteltu kiinteä-aine on sellaisenaan hyödynnettävissä fosforipitoisena lannoitteena. Kuivemmista tai kuivatuista massoista voidaan tehdä pellettejä ja hienojakoisista rakeita rumpu- puristus- tai sekoitusmenetelmillä. Kiinteä-ainetta voidaan polttaa tai käyttää pyrolyysiä. Poltossa menetetään orgaaninen aine ja samalla heikennetään fosforin käyttökelpoisuutta.

Mädätysjäännöksestä erotettu massa on myös käytettävissä sellaisenaan lannoitevalmisteena. Typpipitoisen nesteen käsittelyyn on olemassa paljon menetelmiä ja uusia kehitetään. Käsittelyn tarkoituksena on erottaa typpi ja muut aineet niin, että jäljelle jää lähes puhdasta vettä, joka on mahdollista käyttää uudestaan tai laskea luontoon. Erotettu typpipitoinen neste voidaan levittää kasvustoon. Nestettä voidaan käyttää lannoitteiden valmistuksessa, kun yhdistetään muita ravinteita. Nestettä voidaan käyttää muuhun tarkoitukseen, kuten teollisuudessa korvaamaan ureaa.

Mädätysjäännöksen käsittelytavan valinta laitoksen perustamisvaiheessa olisi ihaneratkaisu, jolloin pystyttäisiin ratkaisemaan monta asiaa. Vaihtoehtojen määrä ja uusien kehitteillä olevien menetelmien runsaus ei ainakaan auta asiaa. Erityisesti Valio Oy:n kehittämä ja soveltama kalvosuodatusmenetelmä, jossa vesi erotetaan ennen biokaasutusta, herättää erityistä mielenkiintoa.

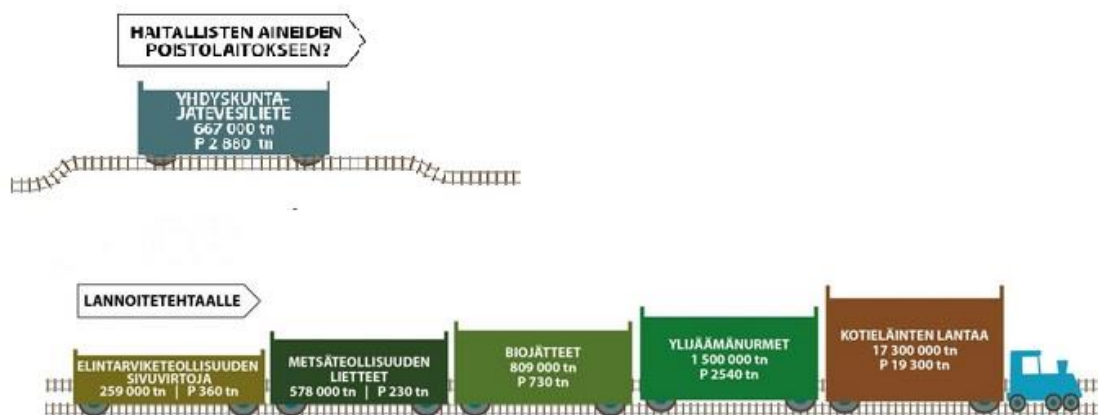
Biokaasun tuottaminen ja mädätysjäännöksen hyödyntäminen on herättänyt isoja toimijoita. Esimerkkinä UPM:n yhteistyö Yaran kanssa (Segersven-Sted 2017, 39), Valio Oy ja Atria Oy. Toiminnan kehittäminen vaatii rahaa ja kokemusta ja näitä isoilta toimijoilta löytyy paremmin kuin pieniltä. Tärkeää olisi suunnata kehittämis- ja investointitukea myös pienemmille toimijoille.

Kierrätyslannoitteet ovat yllättävän uutta koko Euroopassa. Kierrätyslannoitteiden kehitys ei ole siellä kovin paljon Suomea edellä. Belgia ja Hollanti tulevat varmaan olemaan täysillä mukana kierrätyslannoitteiden kehitystyössä, koska heillä ravinteita kertyy reilusti yli oman tarpeen.

Jalostettavaa materiaalia Suomesta löytyy riittävästi, mutta ne jakautuvat epätasaisesti. Kotieläintalouseläinten tuottamat ravinteet pitää saada levitettyä laajemmalle alueelle. Ravinteita tulee myös teollisuudesta ja asutuskeskuksista.

Suomessa jalostettavia biomassoja on yli 21 miljoonaa tonnia. Nämä biomassat sisältävät kierrätyslannoitteiden raaka-aineeksi 26 000 tonnia fosforia. Määrä on enemmän kuin Suomen kasvituotanto tarvitsee. Teollisuuden ja jätevesipuhdistamoiden ravinteet eivät ole hyväksytyjä peltoviljelyyn, joten niiden käyttäminen muihin tarkoituksiin vaatii lisää kehitystyötä. (Järki-hanke, [viitattu 6.12.2018])





Kuva 8. Suomen biomassat (Järki-hanke, [viitattu 6.12.2018])

Alajärvelle suunnitellun laitoksen pääsyötteenä on säilörehu eikä siinä ole aikomus käyttää jätevesipuhdistamoissa syntyvää lietettä. Jos Alajärvellä päädytään märkämädätykseen, tarvitaan säilörehun lisäksi karjataloudesta saatavaa lietettä. Lietteen käyttö lisäisi tarvetta miettiä mädätysjäännöksen käsittelymenetelmiä. Laitoksen Mädätysjäännöksen Tämä opinnäytetyö ei anna vastausta suunnitellun laitoksen mädätysjäännöksen hintatasosta, joten se olisi hyvä selvittää.

Suurimpia ongelmia kierrätyslannoitteiden kehitykselle on niiden alhainen hintataso. Hintatason lisäksi kierrätyslannoitteiden pitää voittaa periteiset väkilannoitteet. Väkilannoitteiden helppo käyttö ja siihen liittyvä tekniikka on toimivaa. Suomessa ei ole esimerkiksi totuttu käyttämään nestemäisiä lannoitteita. Kierrätyslannoitteiden käytön edistäminen vaatii paljon tekemistä tuotekehityksessä, teknologiassa, tiedonvälityksessä ja markkinoinnissa.

Alan kehittyminen vaatii laajaa yhteistyötä eri toimijoiden kesken. Kehittämisessä pitää olla rohkeita avauksia, jotka vievät asiaa eteenpäin. Biokaasutoimintaan liittyviä selvityksiä ja strategioita on tehty paljon. Viitoitettuja kehityspolkuja toimenpidehdoiksi on tehty. Biokaasu- ja kierrätyslannoitteiden liiketoiminnan edistyminen vaatii poliittisia päätöksiä ja rahaa, jolla saadaan toiminta kunnolla käyntiin ja kannattavaksi.

## LÄHTEET

A 1.9.2011 24/11 maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista.

A 3.5.2012 maa- ja metsätalousministeriö asetus lannoitevalvonnasta.

Aho, M., Pursula, T., Saario, M., Miller, T., Kumpulainen, A., Päällysaho, M., Kontiokari, V., Autio, M., Hillgren, A., Descombes, L. & Consulting, G. 2015. Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle: Sitran selvityksiä 99. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sitra. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://media.sitra.fi/2017/02/27174934/Selvityksia99-2.pdf>

Arponen, J., Granskog, A., Pantsar-Kallio, M., Stuchtey, M., Törmänen, A. & Vanthournout, H. 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle: Sitran selvityksiä 84. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Sitra. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://media.sitra.fi/2017/02/23221555/Selvityksia84.pdf>

Biokaasu. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Bioste Oy: Bioenergia. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <http://bioste.fi/bioenergia/biokaasu/>

Biokaasun tuotanto maatilalla. 2013. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Motiva Oy. Työ- ja elinkeinoministeriön tilaama opas. Saatavana: [https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun\\_tuotanto\\_maatilalla.pdf](https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf)

Gasum Oy. Ei päivitystä. Kaasusta: Vehmaan biokaasulaitos. [Verkkosivu]. Espoo: Gasum Oy. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasulaitokset/vehmaan-biokaasulaitos/>

Järki-hanke. 2009–2017. ISKU 20: Kierrätyslannoitteet – Hinta ja sisältö ratkaisevat. BSAG ja Luonnon- ja riistanhoitosäätiö: yhteishanke. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://www.jarkei.fi/fi/isku/hinta-ja-sisalto-ratkaisevat>

Kailio, A. 2018. Valio haluaa Suomeen lantaekosysteemin - lietelantaa voi hyödyntää esimerkiksi biokaasun valmistuksessa. [Verkkosivu]. Helsinki: Alma Media OYJ. Tekniikka&talous. [Viitattu 9.12.2018]. Saatavana: [https://www.tekniikkatalous.fi/talous\\_uutiset/luonnovarat/valio-haluaa-suomeen-lantaekosysteemin-lietelantaa-voi-hyodyntaa-esimerkiksi-biokaasun-valmistuksessa-6732637](https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/luonnovarat/valio-haluaa-suomeen-lantaekosysteemin-lietelantaa-voi-hyodyntaa-esimerkiksi-biokaasun-valmistuksessa-6732637)

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia: raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. [Verkkajulkaisu]. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. E-julkaisu. Opinnäytetyö. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK\\_Biokaasun\\_tuotanto\\_2015\\_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104180/HAMK_Biokaasun_tuotanto_2015_ekirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

L 29.6.2016 539/2006 lannoitevalmistelaki.

- Mustonen, E. 2018. Ravinteet palautuvat peltoon. Käytännön maamies 7/2018, 44–45.
- Mutikainen, M., Sormunen, K., Paavola, H., Haikonen, T. & Väisänen, M. 2016. Biokaasusta kasvua: Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet: Sitran selvityksiä 111. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Sitra. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://www.sitra.fi/julkaisut/biokaasusta-kasvua/>
- Mäenpää, M. 2010. Kasvibiomassojen tuottaminen biokaasulaitokselle. [Verkojulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Maa- ja metsätalouden yksikkö, Maaseudun kehittämisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 13.11.2018]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201005047678>
- Mäkelä Alu Oy. Ei päiväystä. Dynaaminen 80-vuotias perheyrittäjä. [Verkkosivu]. Alajärvi: Mäkelä Alu Oy. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://www.makelaalu.fi/yritys/tarina/>
- Niittymaa, V. 2018. BioA aikoo mullistaa markkinat uudella hybridilannoitteella. Maaseuduntulevaisuus 17.8.2018, 7.
- Oikari, R. 2015. Keskitetyn biokaasulaitoksen logistiikka. [Verkojulkaisu]. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöalan yksikkö, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 13.11.2018]. Saatavana: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93049/Oikari\\_Reima.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/93049/Oikari_Reima.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rantanen, K. 2018. Kiertolannoite haastaa väkilannoitteet. [Verkkolehtiartikkeli]. Kemia-lehti 6/2018, 52–55. [Viitattu 9.12.2018]. Saatavana: [http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2018/10/Kiertolannoite\\_haastaa\\_vakilannoitteet\\_Kemia-lehti\\_03\\_10\\_2018.pdf](http://www.kemia-lehti.fi/wp-content/uploads/2018/10/Kiertolannoite_haastaa_vakilannoitteet_Kemia-lehti_03_10_2018.pdf)
- Rikkinen, P. 2015. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 35/2015 Maatalouden energia- ja ilmastopolitiikan suuntia vuoteen 2030: Hillintäkeinojen analyysi tilatason vaikutuksista ja keinojen hyväksyttävyydestä. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus (Luke). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 35/2015. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-044-3>
- Segersven-Sted, G. 2017. Yara ja UPM: hanke ravinteiden kierrätyksestä. Leipä levämmäksi 3/2017, 39.
- Seppälä, A., Kässi, P., Lehtonen, H., Aro-Heinilä, E., Niemeläinen, O., Lehtonen, E., Höhn, J., Salo, T., Keskitalo, M., Nysand, M., Winqvist, E., Luostarinen, S. & Paavola, T. 2014. Nurmesta biokaasua liikennepolttoaineeksi: Bionurmi-hankkeen loppuraportti. [Verkojulkaisu]. Jokioinen: MTT:n raportti 151. Saatavana: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti151.pdf>

Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J. Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H. Alhola, K., Kauppila, J. & Salminen, J. 2016. Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, politiikkatoimet ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. [Verkojulkaisu]. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 25/2016. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. Saatavana: [https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25\\_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0](https://tietokayttoon.fi/documents/10616/2009122/25_Kiertotalous+Suomessa.pdf/5a942ae7-9ec8-4b54-a079-f99c8ba2f8f1?version=1.0)

Suomen biotalousstrategia: kestävää kasvua biotaloudesta. 2014. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Biotalous-fi -palvelu, Ollas, T. (vast.toim.). Saatavana: [http://biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/07/Julkaisu\\_Biotalous-web\\_080514.pdf](http://biotalous.fi/wp-content/uploads/2014/07/Julkaisu_Biotalous-web_080514.pdf)

Tampio, E., Vainio, M., Virkkunen, E., Rahtola, M. & Heinonen, S. 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. [Verkojulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus (Luke). Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2018. Saatavana: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-606-3>