



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet biokaasun tuotannossa ja ravinteiden kierrätyksessä

FarmGas-PS 1 -hankkeen loppuraportti

Ville Pyykkönen, Ari-Matti Seppänen, Jukka Markkanen, Saija Rasi, Sari Luostarinen, Elina Virkkunen ja Mikko Järvinen

Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet biokaasun tuotannossa ja ravinteiden kierrätyksessä

FarmGas-PS 1 -hankkeen loppuraportti

Ville Pyykkönen, Ari-Matti Seppänen, Jukka Markkanen, Saija Rasi,
Sari Luostarinen, Elina Virkkunen ja Mikko Järvinen

Pohjois-Savon liitto tukee
maakunnan
menestystä



Rahoitus: Alueiden kestävän kasvun ja elinvoiman tukemisen määräraha (AKKE), Pohjois-Savon liitto ja Luonnonvarakeskus

Viittausohje:

Pyykkönen, V., Seppänen, A.-M., Markkanen, J., Rasi, S., Luostarinen, S., Virkkunen, E. & Järvinen, M. 2021. Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet biokaasun tuotannossa ja ravinteiden kiertäyksessä : FarmGas-PS 1 -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 42 s.

Pääkirjoittajan ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-3623-0284>



ISBN 978-952-380-232-2 (Painettu)

ISBN 978-952-380-233-9 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-233-9>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Ville Pyykkönen, Ari-Matti Seppänen, Jukka Markkanen, Saija Rasi, Sari Luostarinen, Elina Virkkunen ja Mikko Järvinen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2021

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Yrjö Tuunanen/Luke

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Ville Pyykkönen¹, Ari-Matti Seppänen², Jukka Markkanen², Saija Rasi¹, Sari Luostarinen⁴, Elina Virkkunen⁵ ja Mikko Järvinen³

¹Luonnonvarakeskus (Luke), Survontie 9 A, 40500 Jyväskylä

²Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

³Luonnonvarakeskus (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

⁴Luonnonvarakeskus (Luke), Tietotie 4, 31600 Jokioinen

⁵Luonnonvarakeskus (Luke), Manamansalontie 90, 88300 Paltamo

Kun halutaan tavoitella kasvavaa biokaasutuotantoa ja nykyistä tehokkaampaa ravinteiden kierrätystä, puhutaan usein maatalouden biomassojen, eli kotieläintuotannon lantojen ja erilaisten kasvibiomassojen hyödyntämisestä. Tässä taustaselvityksessä koottiin aiempien selvitysten perusteella Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet ja mahdollisuudet biokaasutuotantoon sekä sen yhteydessä ravinteiden kierrättämiseen. Lisäksi selvityksessä on avattu biokaasualan liittyvää lainsäädäntöä ja tukipolitiikkaa.

Selvitysten perusteella Pohjois-Savossa merkittävin biokaasuntuotannossa hyödynnettävä biomassana on nautojen lanta. Maakunnassa ei ole huomattavaa lantafosforin ylijäämää, mutta kunnan lantafosforin saatavuuden ja tarpeen välillä on kuitenkin epätasapainoa. Lantaravinteiden käyttö voisi tehostua osittaisesta lantafosforin ja -typen erottamisesta erillisiin lannoitevalmisteisiin. Mädätteen vähäisempikin jatkojalostaminen ja paikallinen uusjako biokaasulaitosten yhteydessä olisi resurssitehokkuuden ja lannan ympäristövaikutusten kannalta suositeltavaa.

Tilakoon kasvu tulevaisuudessa ja mahdolliset muutokset kasvinviljelyssä (esim. viljelykiertojen monipuolistuminen) voivat parantaa tulevaisuudessa biokaasutuotannon kannattavuutta maatilojen laitoksilla. Yksittäisten nautakarjatilojen biokaasulaitoksissa sähkön ja lämmön yhteistuotannon ongelmana on kuitenkin lämpöenergian heikko hyödynnettävyys. Liikennekaasun haasteena on kaasuautokannan kasvu, kaasun hinnan kehitys ja tarve ratkaista kaasunpuhdistuksen ja -jakelun malli maakunnan olosuhteisiin sopivaksi. Pohjois-Savoon parhaiten soveltuvan biokaasutuotantomallin tarkastelussa on selvitettävä hajautetun biokaasutuotannon mahdollisuudet. Siinä on huomioitava sekä liikennekaasun tuotanto ja jakelu että ravinteiden kierrätys.

Biokaasulaitoksen rakentamista ja toimintaa säädellään ja tuetaan usealla lailla ja asetuksella. Eri mittaluokan ja toimintaperiaatteen laitoksia koskevat eri säädökset, joten biokaasulaitosta harkitsevan on oltava tarkkana, mitkä asetukset koskevat omia suunnitelmia ja millaisia tukia laitoksen rakentamiseen voidaan hakea.

Asiasanat: Biokaasu, biokaasulaitos, investointituki, lainsäädäntö, ravinteiden kierrätys

Sisällys

1. Johdanto	5
2. Pohjois-Savon maatalouden erityispiirteet	6
2.1. Kotieläintuotanto ja lantamäärät	6
2.2. Kasvintuotanto ja lantafosfori	7
2.3. Pohjois-Savon maatilojen kehitysnäkymät 2020–2027	9
2.4. Maatilojen energiantarve	10
2.5. Muut sivuvirrat	12
3. Biokaasun tuotannon mahdollisuudet Pohjois-Savon lypsykarjatuotannossa	13
3.1. Pohjois-Savon aiemmat biokaasuselvitykset	13
3.1.1. Lantaekosysteemi ja ravinteiden kierrätys	13
3.1.2. Biokaasulaitokset	13
3.1.3. Liikennebiokaasun kysyntä ja tankkausasemat	15
3.2. Yhteenveto Pohjois-Savon biokaasutuotannon mahdollisuuksista	16
4. Biokaasutuotannon lainsäädäntö ja tuet	17
4.1. Biokaasulaitoksen perustamiseen ja toimintaan liittyvä lainsäädäntö	17
4.2. Maatilan tai maatilojen yhteisten biokaasulaitosten tuet	20
4.2.1. Maatilojen biokaasulaitosten yksityisrahoitus	21
4.2.2. Maatilojen biokaasulaitosten julkinen tuki	22
Viitteet	25
Liite: Biokaasuraporttipankki	30

1. Johdanto

Suomi tavoittelee kunnianhimoisesti kasvavaa biokaasutuotantoa ja nykyistä tehokkaampaa ravinteiden kierrätystä. Suurin lisäpotentiaali biokaasutuotannossa on maatalouden biomassoissa, eli kotieläintuotannon lannoissa ja erilaisissa kasvibiomassoissa. Myös ravinteiden kierrätyksen kannalta tärkein biomassa on lanta.

Suomen kansallinen biokaasuohjelma julkaistiin 28.1.2021 Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) vetämänä. Työryhmän loppuraportin mukaan biokaasualan kehityksen merkittävimmät haasteet liittyvät toiminnan heikkoon kannattavuuteen. Kannattavuuden pullonkauloja ovat korkeat investointikustannukset, biokaasun (etenkin liikenne- ja teollisuuskäyttö) ja mädätteen tai siitä jalostettujen lannoitevalmisteiden markkinoiden kehittymättömyys. Tuotteiden hinta on alhainen suhteessa tuotantokustannuksiin. Kannattavuushaasteet ovat erityisen suuret maatalouden biomassojen mädätyksessä.

Pohjois-Savossa merkittävimmät biokaasutuotantoon käyttökelpoiset biomassat ovat maataloudessa. Etenkin lypsykarjatuotannon lanta ja kasvintuotannon sivuvirrat voisivat mahdollistaa merkittävän biokaasutuotannon ja tehostaa ravinteiden käyttöä paikallisesti ja alueellisesti.

Tätä taustaselvitystä tehdessä tiedostettiin, että Pohjois-Savossa on toteutettu aikaisempia alueen biokaasutuotannon mahdollisuuksiin liittyviä tutkimuksia ja selvityksiä, kuten Biotila 2008–2012, KierRe 2016–2018, LaLo 2016–2019, Biokaasuapila 2018–2020 ja Biokaasulla liikkeelle 2020–2021. Valtakunnallisesti luonnonvara-alan tutkimushankekuvausten verkkohakemisto Hankehaavi.fi listaa biokaasuun liittyvillä asiasanoilla 33 hanketta 2006–2021, mutta hankkeita on toteutettu merkittävästi enemmän. Hankehaavi.fi ei esimerkiksi listaa ammattikorkeakoulujen hankkeita.

Tämän taustaselvityksen tavoitteena on koota aiempien selvitysten perusteella Pohjois-Savon maakunnalliset erityispiirteet ja mahdollisuudet biokaasutuotantoon sekä sen yhteydessä ravinteiden kierrättämiseen. Raportissa esitetään alueelle soveltuvan biokaasutuotannon reunaehtoja ja mahdollisuuksia. Samalla luodaan tietopohja hankekokonaisuuksille, joiden avulla luodaan Pohjois-Savoon soveltuva hajautettu biokaasutuotantomalli maatalojen laitoksille.

2. Pohjois-Savon maatalouden erityispiirteet

2.1. Kotieläintuotanto ja lantamäärät

Pohjois-Savon maatalous painottuu maidon ja naudanlihan tuotantoon. Pohjois-Savossa on vain 7 % koko maan kaikista maa- ja puutarhatalousyrittäjistä (3186 kpl), mutta 13 % nautakarjatalouden yrityksistä (1133 kpl) ja 14 % koko maan lypsykarjataloista (taulukko 1, SVT 2021a). Pohjois-Savo myös tuottaa 14 % koko maan maitomäärästä (SVT 2021b).

Taulukko 1. Pohjois-Savon ja koko maan maa- ja puutarhayritysten kokonaismäärä sekä karjatalousyrittäjien määrä v. 2020 (SVT 2021a).

	Pohjois-Savo kpl	Koko maa kpl	Pohjois-Savo/ koko maa %
Maa- ja puutarhayritykset	3186	45630	7 %
Lypsykarjatalous	744	5361	14 %
Naudanlihan tuotanto	331	2725	12 %
Muu nautakarjatalous	58	382	15 %
Karjatalous yhteensä	1133	8468	13 %

Naudanlannoissa on merkittävin ravinteiden kierrätyksen ja biokaasutuotannon potentiaali Pohjois-Savossa. Maakunnassa muodostuu tuotantoeläinten lantaa yhteensä 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Lannat sisältävät typpeä 7 200 tonnia ja fosforia 1 200 tonnia (taulukko 2). Lantojen energiapotentiaali biokaasutuotannossa on 394 GWh vuodessa. Naudanlantojen (lietelanta, kuivat lannat ja virtsa) osuus maakunnan lantamäärästä ja lantafosforista on 93 %, lantatyppeä 94 % ja lannan energiapotentiaalista biokaasutuotannossa 92 %.

Toiseksi eniten muodostuu hevosten ja ponien lantoja. Niiden osuus on 3 % lantamäärästä ja -ravinteista sekä 5 % energiapotentiaalista. Sianlannan osuus lantamäärästä ja -ravinteista on samoin 3 %, energiapotentiaali 2 % (lantojen määrä ja ravinteet Suomen normilanta -järjestelmä: Luostarinen ym. 2017a, 2017b; eläinmäärät: MML 2017, paitsi hevoset Suomen Hippos 2016; lannan energiapotentiaali biokaasuna: Luostarinen ym. 2019).

Taulukko 2. Pohjois-Savon lantamäärät sekä niiden ravinteet ja energiapotentiaali biokaasutuotannossa.

	Määrä t/a	Typpi t/a	Fosfori t/a	Energia GWh/a
Naudanlanta	1 382 200	7 176	1 234	362
Hevosten ja ponien lanta	49 200	208	37	21
Sianlanta	44 400	209	44	10
Lampaiden ja vuohien lanta	5 300	38	8	1
Siipikarjan lanta	800	15	5	0,6
Yhteensä	1 481 900	7 646	1 328	394

2.2. Kasvintuotanto ja lantafosfori

Pohjois-Savon viljelty peltoala oli vuonna 2020 noin 135 400 ha. Lisäksi kesantoalaa oli yhteensä 10 500 ha (kesannot, luonnonhoitopellot, viherlannoitusnurmet). Pohjois-Savon karjatalouspainotteisuus näkyy etenkin alle 5-vuotisten nurmien tuotannossa: nurmia viljeltiin 63 %:lla viljelyalasta eli 85 900 hehtaarilla. Nurmea viljeltiin 91 prosentilla Pohjois-Savon tiloista ja näillä tiloilla nurmiala oli keskimäärin 30 ha. Lisäksi Pohjois-Savon viljelyalasta 20 % oli rehuohralla ja sen osuus koko vilja-alasta oli noin 2/3. Koko maassa alle 5-vuotisten nurmien osuus oli keskimäärin 38 % ja viljojen osuus 53 % viljelyalasta (taulukko 3, SVT 2021c).

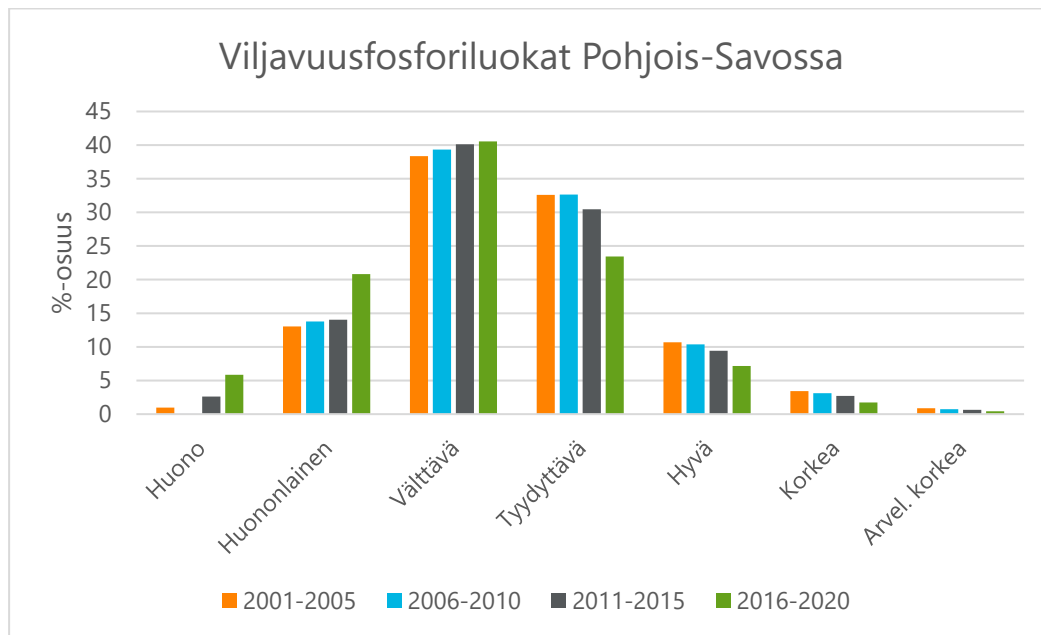
Taulukko 3. Eri kasvien viljelyalaoja Pohjois-Savossa ja koko maassa v. 2020 (SVT 2021c).

Ala	P-Savo ha	P-Savo kpl tiloja	P-Savo ha/tila	P-Savo % viljelyalasta	Koko maa % viljelyalasta
Viljelty ala	135 400	3 129	43	100	100
Nurmet alle 5 v.	85 900	2 861	30	63	38
Viljat yhteensä	42 300	1 869	23	31	53
• Rehuohra	26 700	1 356	20	20	19
Muut viljelykasvit	7 300	997	7	5	8

Nurmia on usein suunniteltu käytettäväksi lisäsyötteinä, kun karjatilän biokaasulaitoksen perussyöte on lietelanta. Yksi vaihtoehto on tuottaa ylijäämänurmea biokaasulaitosten käyttöön tuotantopanoksia nostamalla (Kässi & Seppälä 2012) tai hyödyntämällä kesantoja, luonnonhoitopelloja ja viherlannoitusnurmia. Nykyisellä nurmialalla voitaisiin tuottaa viljelyä tehostamalla syötettä myös biokaasulaitoksia varten. Peltokasveja käytettäessä biokaasulaitoksen syötteenä on kuitenkin huomioitava RED II -direktiivin kestävyyskriteerit ja päästövähennys vaatimukset (ks. 4.1.).

Pohjois-Savon peltomaiden fosforiluvut ovat pääasiassa luokassa tyydyttävä ja sitä alemmissa luokissa (kuva 1). Viljavuuspalvelun tekemien maa-analyysien tilastojen perusteella vuosina 2016–2020 Pohjois-Savon pelloista 40 % oli viljavuusfosforiluokassa välttävä, 23 % luokassa tyydyttävä, 21 % luokassa huononlainen ja 7 % luokassa hyvä. Luokissa korkea ja arveluttavan korkea oli yhteensä vain 2 % pelloista. Koko Suomen peltomaan fosforiluvut ovat alentuneet 2000-luvun alusta asti Viljavuuspalvelun analyysien mukaan: luokkien huono, huononlainen ja välttävä osuudet ovat kasvaneet ja muiden luokkien osuudet vastaavasti vähentyneet (Eurofins 2021).

Kaikkien maa-analyysijä tehneiden laboratoriodien tuloksien vertailussa vuosina 2005–2009 (Lemola ym. 2018) esimerkiksi sika- ja siipikarjatalousvaltaisessa Varsinais-Suomessa fosforiluvut olivat huomattavasti korkeampia kuin Pohjois-Savossa. Vuosina 2005–2009 kaikkien laboratoriodien tulosaineiston mukaan Varsinais-Suomen pelloista yhteensä lähes 40 % oli luokassa hyvä, korkea ja arveluttavan korkea (Lemola ym. 2018). Alueen sisällä vaihtelu oli suurta korkeiden fosforilukujen painottuessa Vakka-Suomen kuntiin. Luonnonvarakeskus työstää tätä kirjoitettaessa kaikkien laboratoriodien maa-analyysien aineistoja vuosille 2010–2020.

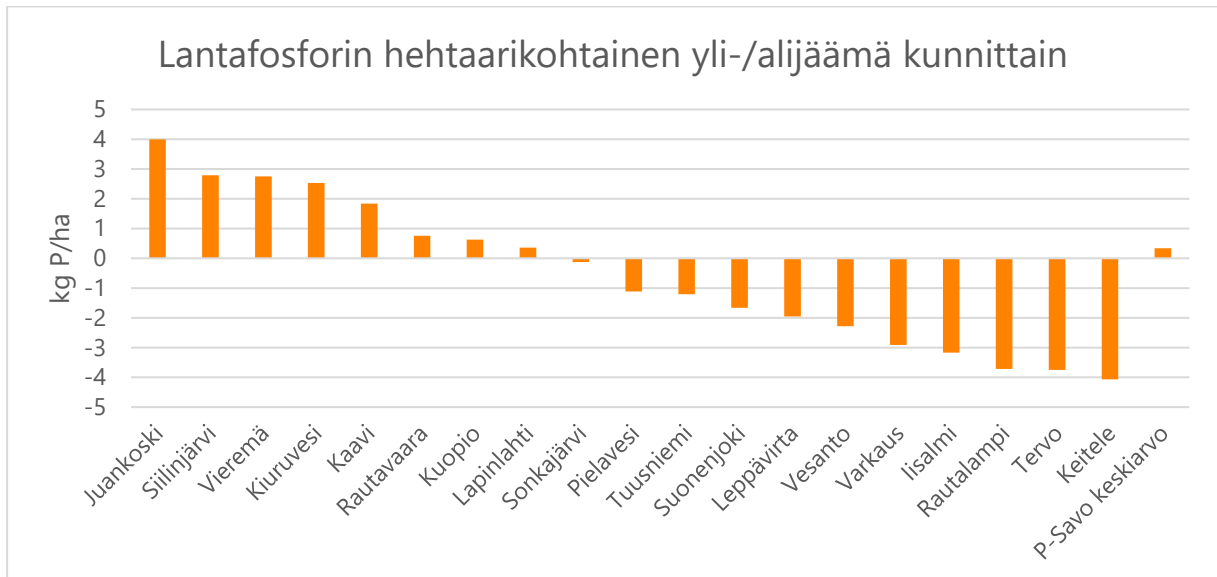


Kuva 1. Viljavuusfosforiluokat viiden vuoden jaksoissa vuosina 2001–2020 (Eurofins 2021).

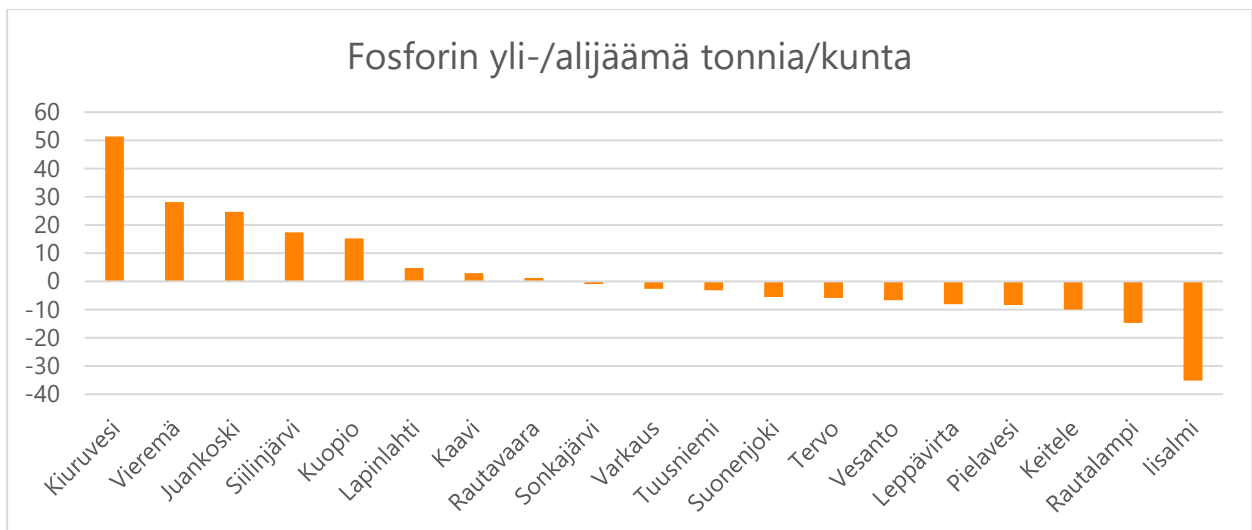
Luonnonvarakeskus tekee arvioita lantaravinteiden alueellisesta riittävyydestä alueen kasvin tuotannon tarpeisiin alueellisen ravinteiden kierrätyksen suunnittelutyökalun, Ravinlaskurin, avulla. Laskuri huomioi alueella muodostuvien lantojen ravinnesisällön, alueen peltomaiden ominaisuudet ja tuotettavat kasvit. Se laskee mahdolliset ali- tai ylijäämät lantaravinteiden saatavuudelle ja tarpeelle.

Jos lannoitus toteutetaan ympäristökorvausjärjestelmän maksimien mukaisesti, Pohjois-Savon lantojen fosfori ei kattaisi kaikkea tarvittua fosforilannoitusta. Jos sen sijaan fosforilannoitus tehtäisiin meta-analyysien osoittaman kasvien tarpeen mukaan (Valkama ym. 2016, Valkama ym. 2011), lantafosforin ylijäämä maakunnassa olisi 45 tonnia. Se on noin 3,4 % lantafosforin kokonaismäärästä ja vastaa 0,3 kg fosforia hehtaaria kohti. Ylijäämä on pienempi kuin Marttisen ym. (2017) esittämä 13 %, mikä johtuu arviossa käytettyjen lannan fosforisisällön, kasvintuotannon tilastojen ja maaperän P-lukujen päivittämisestä.

Kuntakohtainen vaihtelu (kuvat 2 ja 3) osoittaa lantaravinteiden kierrätyksen tehostamiselle ja siten ravinteiden käyttöteholle olevan mahdollisuuksia Pohjois-Savossa. Kuntakohtainen fosforiylijäämä ja hehtaarikohtainen ylijäämä huomioiden suurin lantafosforin ylijäämä on Kiuruvedellä (51 t, 3 kg/ha), Juankoskella (25 t, 4 kg/ha), Siilinjärvellä (17 t, 3 kg/ha) ja Vieremällä (28 t, 3 kg/ha). Näillä kunnilla on siten keskimäärin eniten sekä tarvetta että mahdollisuuksia jalostaa osa lannasta väkevädyiksi lannoitevalmisteiksi. Silloin lantafosforia saataisiin kuljetettua sinne, missä sille on tarvetta, olipa se kunnan sisällä tai toisissa kunnissa. Aiemmat hankkeet ovat suunnitelleet näissä kunnissa (Juankoskea lukuun ottamatta) biokaasulaitoksia, joissa jätkejalostettaisiin mädätettä (ks. 3.1).



Kuva 2. Pohjois-Savon kuntien hehtaarikohtaiset lantafosforin yli- ja alijäämät kasvien tarpeen mukaisessa lannoituksessa.



Kuva 3. Pohjois-Savon kuntakohtaiset fosforin yli- ja alijäämät kasvien tarpeen mukaisessa lannoituksessa.

2.3. Pohjois-Savon maatalojen kehitysnäkymät 2020–2027

Kantar TNS Agri Oy toteutti vuoden 2020 alussa kyselytutkimuksen Pohjois-Savon maatalojen kehitysnäkymistä vuosille 2020–2027 (Pirttijärvi 2020). Pohjois-Savossa oli 344 vastaajaa aktiivimaatiloilta, eri tuotantosuunnat huomioiden. Kyselyssä tehtiin poikkileikkaus nykytilanteesta ja tulevaisuudensuunnitelmista.

Kyselyn perusteella vuonna 2027 Pohjois-Savossa maataloja tulee olemaan 2 270 kpl eli noin 1 000 vähemmän kuin vuonna 2020. Lopettavista kotieläintiloista 25 % jatkaisi kasvinviljelytilana

ja 35 % lopettaisi maataloustuotannon kokonaan (Pirttijärvi 2020). Tilojen lopettaminen ei kuitenkaan välttämättä tarkoita tuotannon vähentymistä, sillä jäljelle jäävien tilojen koko kasvaa, ja tilojen keskipeltoala lisääntyy 45 hehtaarista 65 hehtaariin. Vuonna 2027 yli 100 hehtaarin tiloja arvioidaan olevan 370 kpl ja niillä on käytössään lähes puolet maakunnan peltoalasta. Tilakoon kasvu, tilakohtaisen lantamäärän lisääntyminen ja peltojen keskittyminen suurille tiloille voi lisätä mahdollisuuksia kannattavaan tilakohtaiseen biokaasutuotantoon.

Kyselyn mukaan lähitulevaisuudessa (vuoteen 2022 asti) suurin pellonkäyttömuoto, viljelty nurmiala, pysyisi lähes ennallaan ja ympäristönurmien ala kasvaisi 6 %. Kesantoala vähenee eniten, noin 29 %. Kasvinviljelyn kehittämisessä haluttiin panostaa eniten seuraaviin toimenpiteisiin (vaihtoehdot, joissa vastausten keskiarvo oli Pohjois-Savossa vähintään noin 3 asteikolla 1–5, Pirttijärvi 2020):

- Tuottojen ja tuotantokustannusten tunteminen, €/tn-tasolla
- Markkinakysyntää vastaavan sadon/laadun tuottaminen
- Pellon perusparannusinvestoinnit (ojitus, kalkitus, ym.)
- Hiiltä runsaasti sisältävien kasvien viljely (esim. nurmi, syväjuuriset kasvit)
- Viljelyn monipuolisuus, esim. viljelykierto, uudet kasvit
- Sadon määrän ja laadun parantaminen tehostamalla kasvinsuojelua
- Ravinnekäytön tehokkuuden parantaminen jakamalla lannoitusta kasvukaudella

Näillä kehittämistoimenpiteillä voitaisiin osaltaan edistää biokaasulaitoksen lisäyötteiden tuotantoa.

2.4. Maatilojen energiantarve

Maatilojen energiankäytön jakautumisella sähkön, lämmityksen ja työkonepolttoaineiden välillä on merkitystä esimerkiksi silloin, kun maatilojen biokaasutuotannossa pyritään vastaamaan maatilojen omaan energiantarpeeseen (sähkö ja lämpö sekä mahdollisesti traktorin polttoaine). Tilalla tuotetun energian itse käyttävän biokaasutuotannon kannattavuus heikkenee, jos kaikkea energiaa ei saada hyödynnettyä.

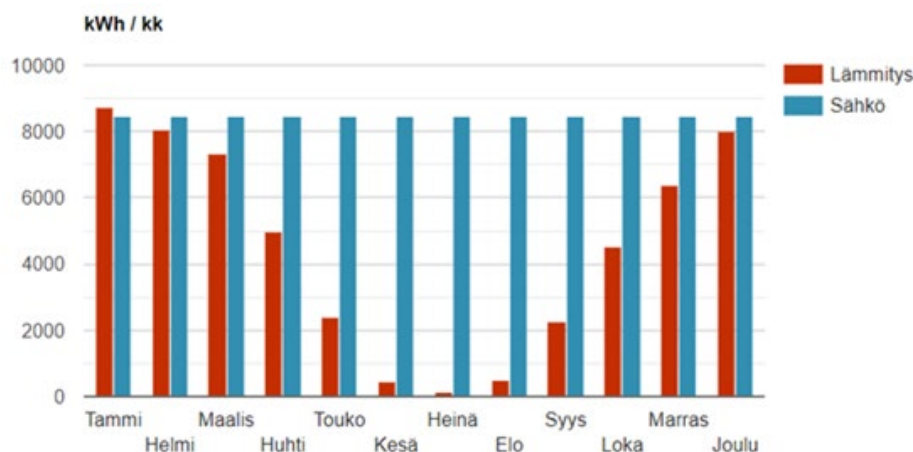
Maitotilojen navetat sekä lihanaudan kylmäkasvattamot kuluttavat vuosikeskiarvona sähköä ja lämpöä suurin piirtein suhteessa 75:25 (taulukko 4, Posio 2010, Lamk 2021). Suhdeluku muuttuu hieman, kun tilan kulutuksessa on mukana asuinrakennus, esimerkiksi kahden lypsyrobotin navetta ja suurehko päärakennus voivat kuluttaa yhdessä sähköä ja lämpöä suhteessa 35:65 (kuva 4, Lamk 2021). Tällöin sähkön ja lämmönkulutuksen suhdeluku voi vuosikeskiarvona vastata biokaasulaitoksen maatilalle tuottamaa energiaa (esim. 36:64, Virkajärvi ym. 2021).

Maatilojen biokaasulaitoksen sähkön- ja lämmön yhteistuotannon ongelmana on kuitenkin edelleen tilojen lämmönkulutuksen suuri kuukausittainen vaihtelu (kuva 4, Lamk 2021). Energian tuoton ja kysynnän epäsuhtaan vuoksi lämpöenergiaa jää hyödyntämättä lämpiminä kuu-kausina, jos CHP-biokaasulaitos tuottaa kaiken maatilan tarvitseman sähkön. Jos taas biokaasulaitoksen nettolämmön tuotto vastaa tilan lämmönkulutusta, merkittävä osa maitotilan tarvitsemasta sähköstä joudutaan ostamaan verkosta (Luostarinen ym. 2016).

Taulukko 4. Nautakarjarakennusten ja sikaloiden sekä rehun peltoviljelyn vuotuisia eläinpaikkakohtaisia laskennallisia energiankulutuksia (Posio 2010^[1], Lamk 2021^[2]).

	Sähkö kWh/e/v	Lämmitys kWh/e/v	Viljely kWh/e/v	Yhteensä kWh/e/v	Sähkö/(sähkö+lämpö) %
Parsinavetta ^[1]	622–1178	267–328	1 634–2 290	2 523–3 796	70–78
Pihattonavetta ^[1]	572–1576	274–349	1 634–2 290	2 480–4 215	68–82
Nautojen välikasvattamo ^[1]	24–117	153–249	269–382	446–748	14–32
Nautojen loppukasvattamo ^[1]	57–329	326–576	760–1 090	1 143–1 995	15–36
Emakkosikala ^[1]	128–216	441–618	629–862	1 198–1 696	22–26
Lihasukkala ^[1]	16–21	44–186	152–229	212–436	10–27
Lypsyasemanavetta 80 lehmää ^[2]	912	250	-	-	78
Kahden robotin navetta ^[2]	786	167	-	-	83
Naudanlihan kylmäkasvattamo ^[2]	75	35	-	-	68
Lihasukkala, 1000 eläinpaikkaa ^[2]	55	250	-	-	18

Perinteisissä, lämmitetyissä lihanautojen tuotantorakennuksissa kuluu sähköä ja lämpöä päinvastaisessa suhteessa kuin maitotilalla (suunnilleen suhteessa 25:75). Sikaloissa sähköä ja lämpöä kuluu suunnilleen suhteessa 20:80 (Posio 2010, taulukko 4). Näissä tuotantorakennuksissa sähkön ja lämmöntarpeen suhde vastaa paremmin biokaasulaitoksen nettoenergian suhdetta, mutta lämmönkulutuksen suuri vuodenaikaisvaihtelu on edelleen ongelma.



Kuva 4. Kahden lypsyrobotin navetan ja suurehkon päärakennuksen yhteinen energiankulutus kuukausittain. Rakennusten yhteinen sähkönkulutus 53,8 MWh ja lämmönkulutus 101,8 MWh vuodessa (suhde 35:65) (Lamk 2021).

Biokaasua voidaan hyödyntää myös työkoneissa, kuten traktoreissa. Jalostus liikennebiokaasuksi vaatii kuitenkin lisäinvestoinnin, eikä siksi ole yleensä kannattavaa yksittäisillä maatiloilla. Nautakarjatilojen tarvitseman rehun (säilörehu ja vilja) peltoviljely kuluttaa polttoainetta esimerkiksi 1 600 – 2 300 kWh eläinpaikkaa kohden vuodessa. Tämä on 54–66 % tilojen kokonaisenergiankulutuksesta (Posio 2010, taulukko 4).

2.5. Muut sivuvirrat

Pohjois-Savossa muodostuu jonkin verran elintarviketeollisuuden sivuvirtoja mm. meijeri- ja maitojätteinä. Niiden määrä ja ravinnesisältö on kuitenkin suhteellisen vähäinen verrattuna lantaan, eivätkä ne useinkaan sovellu tilakohtaisiin biokaasulaitoksiin. Niiden käsittelyyn tarvittaisiin lisäteknikkaa esimerkiksi hygienisointina. Se tarkoittaisi lisää investointi- ja operointikustannuksia sekä laitoksen oman energiankulutuksen nousua. Tilojen yhteisiin laitoksiin voisi mahdollisesti ottaa vastaan joitain vähäisiä sivuvirtoja, mutta niiden merkitys biokaasutuotannossa ja ravinnekiertoissa olisi pieni.

Samoista laitosvaatimusten nousun syistä yhdyskuntien biojäte ei sovellu tilojen biokaasulaitoksiin. Yhdyskuntien puhdistamolietettä ei myöskään kannata mädättää yhdessä maatalouden biomassojen kanssa siihen kohdistuvien laitos- ja lannoitekäytön vaateiden ja rajoitteiden takia.

3. Biokaasun tuotannon mahdollisuudet Pohjois-Savon lypsykarjatuotannossa

3.1. Pohjois-Savon aiemmat biokaasuseelvitykset

Pohjois-Savossa sekä muualla Suomessa on selvitetty biokaasun tuotantomahdollisuuksia ja siihen liittyvää ravinteiden kierrätystä useissa eri hankkeissa, joita on koottu liitteeseen 1. Tähän kappaleeseen on koottu tietoa kolmesta hankkeesta:

- KierRe-hanke (Kiertotalouden ja resurssiviisauden toteuttaminen Pohjois-Savossa, 2016–2019) suunnitteli biokaasulaitoksia Siilinjärvelle ja Ylä-Savoon Kiuruvedelle ja Vieremälle.
- Sinisen biotalouden murrosareenassa (2018–2019) hahmoteltiin ravinteiden kierrätystä ja lantabiokaasun tuotantoa KierRe-hankkeen suunnitelmien pohjalta.
- Biokaasulla liikkeelle -hankkeessa (2020–2021) suunniteltiin keskitettyjä biokaasulaitoksia Suonenjoelle, Sukevalle, Pielavedelle ja Leppävirralle.

Suunnitelmat perustuivat useimmissa tapauksissa ns. lantaekosysteemiin ja keskitettyyn liikennebiokaasun tuotantoon. Lantaan perustuvissa laitoksissa suunniteltiin käytettäväksi pieniä määriä vihermassoja lisäsyötteenä.

3.1.1. Lantaekosysteemi ja ravinteiden kierrätys

Hankkeissa tarkoitettua lantaekosysteemiä maatilat luovuttavat lantansa prosessoitavaksi keskitetyissä laitoksissa. Edellytyksenä lantaekosysteemin toiminnalle on edistynyt lietalannan jatkojalostus. Jalostusteknologian mallina ja kehityksen veturina selvityksissä nähtiin Valio Oy:n kehittämä fraktiointi- ja biokaasulaitosteknologia. Tavoitteena hankkeissa oli saada kuljetettua ravinteet sinne, missä niille on tarvetta. Suunnitelmissa oli huomioitu, että Pohjois-Savon ylijäämävavinteilla voitaisiin korvata muilla alueilla käytettyjä mineraalilannoitteita. Tämä edellyttäisi, että mädätysjäätös jalostetaan korkeatasoisiksi (turvallisiksi ja luomukelpoisiksi) kierrätys- tai seoslannoitteiksi. Pohjois-Savon lannoissa oletettiin Marttisen ym. (2017) mukaisesti olevan 13 % liikaa fosforia, jonka lisäksi kierrätettävää fosforia kertyisi esim. erilliskerätystä biojätteestä. Vain Siilinjärven tapauksessa nähtiin mahdolliseksi hajautettu biokaasutuotanto maatiloilla keskitetyn laitoksen sijasta. Ravinnekierrätyksen ja biokaasulaitosten toteutumisen edistämiseksi nähtiin tarpeelliseksi tuki lantabiokaasun tuotannolle. Varkauteen suunniteltiin muista laitoksista poiketen enimmäkseen jätteesiin ja teollisuuden sivuvirtoihin sekä peltobio-massoihin perustuvaa laitosteknologiaa (Piirala ym. 2019, Envitecpolis Oy 2019, Valve ym. 2019).

3.1.2. Biokaasulaitokset

Pohjois-Savoon KierRe- ja Biokaasulla liikkeelle hankkeissa suunniteltujen laitosten liikennebiokaasun eli biometaanin tuotantomäärä olisi yhteensä 221 GWh vuodessa (taulukko 5). Tämä vastaisi lähes kymmentä prosenttia Pohjois-Savon nykyisestä liikennepolttoaineen kulutuksesta (2315 GWh, Itä-Suomen energiatalasto 2016). Syöttestä keskimäärin 67 % olisi lantoja, 17 %

peltobiomassoja (lähinnä nurmia) sekä 16 % jätteitä ja muita sivuvirtoja. Laitokset hyödyntäisivät noin 27 % koko Pohjois-Savossa muodostuvista lannoista.

Taulukko 5. Pohjois-Savoon KierRe- ja Biokaasulla liikkeelle -hankkeissa suunniteltujen biokaasulaitosten vuotuiset syötteen ja liikennebiokaasun tuottomäärät (jätteet = yhdyskuntajätteet ja teollisuuden sivuvirrat).

Biokaasulaitokset	Syötteen yht. t/v	Lannat t/v	Pelto-biomas-sat	Jätteet t/v	Biome-taania GWh/v
Siilinjärven maatilalaitokset	58 100	52 745	5 357	0	11,6
Kiuruvesi, Vieremä: yht. 3 laitosta	300 000	240 000	45 000	15 000	96,0
Leppävirran laitoskokonaisuus	124 380	10 000	39 300	77 680	89,5
Suonenjoki, Sukeva ja Pielavesi: yht. 3 laitosta	105 000	94 000	7 500	3 500	20,0
• Nurmi-lantalaitos	5 000	1 000	4 000	0	4,0
Yhteensä	592 480	397 745	101 157	96 180	221,1

KierRe-hankkeessa suunniteltiin, että Ylä-Savoon, Kiuruvedelle ja Vieremälle, voisi sijoittaa 2–3 biokaasulaitosta. Kolmen laitoksen yhteenlaskettu kapasiteetti olisi 300 000 t/v. Syöttestä 80 % olisi lantoja, 15 % nurmia ja 5 % elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Nurmen ostohinnaksi oletettiin 15 €/tonni. Lantasyötteen oletettiin saavan Ruotsin mallin mukaista metaanitukea (0,6 €/kg metaania). Lietelannan kuljetuskustannus olisi 1,7 €/t (keskimäärin 5,4 km kuljetus). Lietelannasta separoidun kuivajakeen kuljetuskustannus olisi 1,2 €/t (Envitecpolis Oy 2019). Logistiikkamallinnuksessa selvitettiin myös Vieremän lietalannan pumppausaseman mahdollisuutta. Pumppausasema alentaisi lietalannan kuljetuskustannuksia biokaasulaitokselle (Envitecpolis Oy 2018), mutta toisaalta aiheuttaisi lisäinvestointeja (Taavitsainen 2021a). Elintarviketeollisuuden sivuvirroista saataisiin porttimaksua, mikä lisää laitosten kannattavuutta. Liikennebiokaasun tuotto olisi 96 GWh vuodessa ja investoinnin suuruus 69 milj. € (investointituki 30 %). Laitosten takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta, mutta vuosittainen olisi negatiivinen, noin -367 000 €/v (Envitecpolis Oy 2019).

Siilinjärvelle suunniteltiin sijoitettavaksi pienempiä maatilakohtaisia laitoksia, jotka tuottaisivat liikennekaasua yhteensä 11,6 GWh vuodessa ja joiden investointipotentiali olisi 2–6 milj. € (Piirala ym. 2019). Laitosten syötemäärä olisi yhteensä 58 100 tonnia vuodessa. Syötteistä 91 % olisi lantoja (kunnassa muodostuvista lannoista syötteen puolet) ja 9 % nurmia (viherkesanto-, luonnonhoito- ja suojavyöhykenurmia). Ylä-Savon ja Siilinjärven laitosten yhteistuotto olisi 108 GWh eli 8 milj. € arvosta liikennebiokaasua (noin 86 €/MWh, alv 0 %). Siilinjärvellä muodostuu myös muita mahdollisia syötteitä, esim. juurestuotannon sivutuotteita, joita ei huomioidu laskelmissa (Piirala ym. 2019).

Biokaasulla liikkeelle -hankkeessa suunniteltiin sijoitettavaksi Suonenjoelle, Sukevalle ja Pielavedelle yhteensä neljä biokaasulaitosta. Laitoksista kaksi käyttäisi syötteenään lantaa (93 %) ja nurmea (7 %). Yhden laitoksen syötteenä olisi lantaa (83 %), nurmea (7 %) ja yhdyskuntalietettä (10 %). Kunkin näiden kolmen laitoksen syötekapasiteetti olisi 35 000 t/v eli kapasiteetti olisi

yhteensä 105 000 t/v. Kolmen laitoksen kokonaisuudessa syötteistä keskimäärin 90 % olisi lantoja, 7 % nurmea ja 3 % yhdyskuntalietettä. Neljäs laitos olisi peltobiomassaan perustuva 5000 t/v laitos (syötteestä 80 % nurmea ja 20 % lantaa). Neljä laitosta tuottaisi yhteensä 20 GWh liikennekaasua vuodessa ja niiden investointihinta olisi yhteensä 12–17 milj. €. Lantoja kuljetettaisiin laitoksille 10–25 km etäisyydeltä (Taavitsainen 2021b).

Jotta edellä mainitun kahden lantaan ja nurmeen perustuvan laitoksen takaisinmaksuaika olisi 10 vuotta, biometaanin myyntihinta pitäisi olla jakelijalle myytäessä 1,25-1,35 € tai suoraan kuluttajalle myytäessä 1,5-1,6 € bensiinilitraekvivalentti (alv 24 %) (Taavitsainen 2021a). Hinta olisi nykyiseen verrattuna korkea, sillä esimerkiksi kesäkuussa 2021 Gasum Oy:n hinta oli vain noin 0,92-0,95 €/bensiinilitraekvivalentti (alv 24 %) eli 84-86 €/MWh (alv 0 %) (Gasum Oy 2021). Yhdyskuntalietettä osasyötteenä käyttävä laitos olisi kannattavampi: 10 vuoden takaisinmaksuaika voitaisiin saavuttaa, jos myyntihinta jakelijalle olisi noin 1,0 € tai suoraan kuluttajalle noin 1,15 €/bensiinilitraekvivalentti (alv 24 %) (Taavitsainen 2021b).

Biokaasulla liikkeelle -hankkeessa suunniteltiin Leppävirran Riikinnevalle biokaasulaitoskokonaisuus, jossa olisi kolmenlaisia reaktoreita: jatkuvatoimisia märkäreaktoreita, jatkuvatoimisia kuivareaktoreita sekä panostoimisia kuivareaktoreita. Laitoskokonaisuuden syötemäärä oli noin 124 400 tonnia vuodessa. Syöte koostuisi enimmäkseen sekajätteen bioalitteesta (34 %), nurmesta (27 %), ja nollakuidun kuivatusta jakeesta (20 %). Lietelannan osuus olisi 8 % ja muiden syötteiden yhteensä 11 % (olki, elintarviketeollisuuden liete, biojäte, yhdyskuntaliete) (Taavitsainen 2021c).

Leppävirran laitoskokonaisuudessa lannat, jätteet ja sivuvirrat tuottaisivat liikennekaasua 45 GWh vuodessa. Lisäksi viiden kunnan (Rantasalmi, Joroinen, Tervo, Leppävirta ja Varkaus) alueella syntyvistä monivuotisista nurmista ja oljesta tuotettaisiin liikennekaasua 34,2 GWh vuodessa. Tämä edellyttää, että oljesta ja monivuotisista nurmista hyödynnettäisiin 10 % ja lisäksi viherkesanto-, luonnonhoitopeltojen ja suojavyöhykenurmimassoista 40 %. Suuremmalla peltobiomassojen hyödyntämistasteella kasvimassat tuottaisivat 44,5 GWh vuodessa (hyödyntämistasteet: olki 20 %, monivuotiset nurmet 10 %, viherkesanto 80 %, luonnonhoitopellot ja suojavyöhykkeet 50 %). Leppävirran laitos tuottaisi kaikkiaan siis peltobiomassojen hyödyntämistasteesta riippuen 79–90 GWh liikennekaasua vuodessa (Taavitsainen 2021c).

3.1.3. Liikennebiokaasun kysyntä ja tankkausasemat

Hankkeissa todettiin, että maatalojen keskitettyjen biokaasulaitosten ja lantaekosysteemien toteutuminen on kiinni biokaasun ja liikennebiokaasun kysynnästä. Kaasuntankkausasemaverkostoon odotettiin nousevan pääteitä pitkin pohjoiseen. Liikennekaasun kysynnän oletettiin kohdistuvan aluksi paineistettuun biokaasuun henkilöautojen polttoaineena, mutta pidemmällä aikavälillä nesteytettyyn kaasuun raskaalle liikenteelle (Hallenberg ym. 2021). Kunnat voivat edistää biokaasun kysyntää esimerkiksi huomioimalla liikenne- ja kuljetuspalveluiden kilpailutuksessa biokaasun käytön etuna palveluntuottajaa valitessa. Myös kuntien välisellä julkisella liikenteellä voidaan edistää liikennekaasun käyttöä ja kysyntää (esim. Kuopio-Siilinjärvi) (Piirala ym. 2019).

Hankkeissa todettiin myös, että liikennebiokaasun tankkausasemien pitäisi sijaita sellaisella paikalla, jossa autoja ja ihmisiä liikkuu paljon, ja johon tankkausasemat voisivat ottaa vastaan kaasua eri tuotantolaitoksilta. Kaasua liikuteltaisiin tuotantolaitoksilta tankkausasemille

paineistettuna (CBG) pullopattereissa. Tankkausasemia suunniteltiin sijoitettavaksi Pohjois-Savoon seuraavasti:

- Iisalmi nähtiin parhaaksi paikaksi ensimmäiselle tankkausasemalle, kysyntää on etenkin raskaassa liikenteessä (Biokaasulla liikkeelle -hanke, Salminen 2021)
- Siilinjärven tankkausasema tukisi kaasautokannan kasvua Kuopion seudulla ja ympäryskunnissa. Asema palvelisi isojen työllistäjien, Yaran (360 tp) ja Lujabetonin (200 tp) sekä Kuopion välistä työmatkaliikennettä paremmin kuin Kuopion Pieneen Neulamäkeen sijoittuva tankkausasema. Asemalla olisi merkitystä myös VT5:n kaasuauto liikenteelle, etenkin matkailulle, koska etelästä tulevat kaasuautot valitsevat matkareittinsä ja -kohteensa sen mukaan, miten hyvin reitiltä on saatavissa kaasua (KierRe-hanke, Piirala ym. 2019).
- Muut asemat voitaisiin sijoittaa seuraavasti:
 - Leppävirta / Riikinneva (Riikinnevan jäteautot)
 - Suonenjoki / Koskelo (VT9:n autojen taukopaikka Koskelossa)
 - Lapinlahti (raskas liikenne VT5:llä) (Salminen 2021)

3.2. Yhteenveto Pohjois-Savon biokaasutuotannon mahdollisuuksista

Pohjois-Savon maatalouden nykytilasta, tulevaisuuden näkymistä ja aiemmin tehdyistä selvityksistä voidaan vetää seuraavat johtopäätökset:

- Pohjois-Savossa ei ole merkittävää lantafosforin ylijäämää, joka toimisi voimakkaana ravinteiden kierrätyksen tehostamisen veturina ja ajaisi kohti keskitettyä, suuren mittakaavan biokaasutuotantoa. Maakunnassa on kuitenkin epätasapainoa kuntien lantafosforin saatavuuden ja tarpeen välillä. Lantaravinteiden käyttö voisi tehostua osittaisesta lantafosforin ja -typen erottamisesta erillisiin lannoitevalmisteisiin. Mädätteen vähäisempikin jatkojalostaminen ja paikallinen uusjako biokaasulaitosten yhteydessä olisi resurssitehokkuuden ja lannan ympäristövaikutusten kannalta suositeltavaa. Pohjois-Savoon parhaiten soveltuvat ratkaisut voivat olla yhdistelmä eri laitosmittakaavojen toimenpiteistä.
- Maakunnan merkittävin biomassa biokaasutuotantoon on nautojen lanta. Myös alueellisesti tärkeää nurmibiomassaa voi hyödyntää biokaasutuotannossa, kun huomioidaan kestävyyskriteerit ja päästövähennysvaatimukset RED II -direktiivin mukaisesti.
- Ennakoitu tilakoon kasvu ja mahdolliset muutokset kasvinviljelyssä (esim. viljelykiertojen monipuolistuminen) voivat lisätä tulevaisuudessa biokaasutuotannon kannattavuutta maatilojen laitoksilla. Yksittäisten nautakarjatilojen biokaasulaitoksissa sähkön ja lämmön yhteistuotannon kannattavuutta kuitenkin heikentää lämpöenergian heikko hyödynnettävyys.
- Liikennekaasun tuotantoa on pidetty kannattavimpana toimintatapana. Sen haasteena on kaasuautokannan kasvu, kaasun hinnan kehitys ja tarve ratkaista kaasunpuhdistuksen ja -jakelun malli maakunnan olosuhteisiin sopivaksi.
- Pohjois-Savoon parhaiten soveltuvan biokaasutuotantomallin tarkastelussa on selvitettävä hajautetun biokaasutuotannon mahdollisuudet. Siinä on huomioitava sekä liikennekaasun tuotannon ja jakelu että ravinteiden kierrätys.

4. Biokaasutuotannon lainsäädäntö ja tuet

4.1. Biokaasulaitoksen perustamiseen ja toimintaan liittyvä lainsäädäntö

Biokaasulaitoksen rakentamista ja toimintaa säädellään usealla lailla ja asetuksella. Tässä luvussa lainsäädäntökehystä on avattu maatilamittakaavan ja maatilojen yhteisten biokaasulaitosten näkökulmasta kirjoitushetkellä 6/2021. Ajankohtainen lainsäädäntö tulee aina tarkistaa ennen toimien aloitusta.

Ympäristölupa

Ennen maatilalla biokaasulaitoksen rakentamista tulee selvittää, tarvitseeko sille hakea ympäristölupa aluehallintovirastolta (ympäristönsuojelulaki 527/2014). Toiminta, jonka ympäristövaikutukset ovat vähäisiä, on mahdollista ratkaista asia yleisellä ilmoitusmenettelyllä, jolloin ympäristölupaa ei haeta aluehallintoviranomaiselta, vaan kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta. Poikkeuksena tästä ovat yli 1000 m³ kemikaalivarastojen laitokset, joiden ilmoituksia hallinnoi aluehallintovirasto.

Maatilojen massoja käytettäessä ympäristöluvan tarve arvioidaan tapauskohtaisesti, kun taas käsiteltäessä jätteeksi luokiteltuja massoja tilan ulkopuolelta, ympäristölupa on välttämätön. Ympäristölupahakemusta pienempien biokaasulaitoksen tapaukset käsittelee kunnan ympäristönsuojeluviranomainen ja yli 5000 tn vuosittaisen kaasuntuotannon laitokset aluehallintoviranomainen (Ympäristönsuojeluasetus 713/2014). Jos tilan eläinsuojalla on jo ympäristölupa, on myös mahdollista sisällyttää biokaasulaitos osaksi tätä. Jos tilalle ollaan rakentamassa uutta eläinsuojaa, on sille ja biokaasulaitokselle mahdollista hakea yhteistä ympäristölupaa. Myös eläinsuoja voi olla ilmoituksenvarainen. Ympäristölupia valvoo oman toimivaltansa osalta sekä kunta että alueen ELY-keskus.

Rakennuslupa ja laitteistoluvat

Rakennusluvut haetaan kunnalta rakennuslain (132/1999) mukaisesti. Biokaasulaitoksen ja tankkausaseman sijainnin suunnittelussa tulee huomioida vähimmäisetäisyydet mm. asuinrakennuksiin ja muihin tiloihin, joissa oleskellaan säännöllisesti (asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009). Jos laitoksen yhteyteen rakennetaan liikennebiokaasun jakeluasema tai kaasuväylä (yli 5 tn) tulee rakennuslupa hakea Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesilta (laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005). Alle 5 tn puhdistamatonta biometaania varastoiville laitoksille riittää ilmoitus paikalliselle pelastuslaitokselle. Yli 10 tn varastoivilta vaaditaan Tukesin luvan lisäksi toimintaperiaateasiakirja ja yli 50tn varastoivilta Tukesin turvallisuus selvitys.

Laitoksen suunnittelussa on huomioitava, ettei naapurustolle koidu kohtuutonta haittaa mm. melusta tai hajusta (laki eräistä naapurussuhteista 26/1920). Tarvittaville tieliittymille haetaan lupa joko kunnalta tai Väylävirastolta. Jos kaasuputkisto alittaa maantien tai rautatien, tulee lupa hakea Väylävirastolta. Kaasuputkien asentaminen edellyttää myös sijoitusluvan maanomistajalta. Biokaasun käyttöputkistojen, tankkausaseman tai kaasuväylän asentajien tulee

olla Tukesin hyväksymä asennusliike. Hyväksytty tarkastuslaitos tekee Tukesin rakennusluvan alaisille rakenteille käyttöönotto- sekä joka kahdeksas vuosi määräaikaistarkastuksen.

Biokaasulaitoksen rakennuksia, laitteistoja ja muuta infrastruktuuria koskevat lukuisat lait. Laitoksen automatiikka ja sähkölaitteet tulee olla sähköturvallisuuslainsäädännön mukaisia (sähköturvallisuuslaki 1135/2016). Sen lisäksi laitoksen kaasuputkisto, painelaitteisto ja mahdolliset jalostusyksikkö, tankkausasema sekä kuljetussäiliöt ja -säiliökontit tulee olla painelaitelainsäädännön mukaisia (1144/2016). Sähköturvallisuustarkastuksia tekevät pelastuslaitos sekä valtuutetut tarkastajat ja painelaitetarkastuksia valtuutetut tarkastuslaitokset. Myös laitoksen mittauslaitteiden esim. tankkausaseman jakelumittarin tulee täyttää mittauslaitelain vaatimukset (707/2011). Hyväksytyt laitteet voidaan tunnistaa täydennetystä CE-merkinnästä ja laitteen mukana tulevasta vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta.

Lupa kaasun kuljettamiseen

Jos biokaasulaitoksen tuottamaa kaasua kuljetetaan, esimerkiksi nesteytettynä (LBG) tai paineistettuna (CBG), tulee kuljetuksissa noudattaa VAK-lainsäädäntöä (Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994). Vaarallisten aineiden kuljetussäiliöiden tulee täyttää kemikaalikohtaiset vaatimukset, jolloin ehkäistään niiden aiheuttamaa vaaraa onnettomuustilanteissa. Näiden säiliöiden ja pakkausten vaatimustenmukaisuutta valvoo Tukes ja määräaikaistarkastuksia tekevät Tukesin valtuuttamat tarkastuslaitokset. VAK-lainsäädännön koulutuksia järjestää Traficom. Jos biokaasulaitoksella tullaan käsittelemään vaaralliseksi luokiteltuja kemikaaleja esim. rikkihappoa, kuuluu laitos kemikaalivalvonnan piiriin (laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005). Riippuen kemikaalien määrästä ja vaarallisuudesta laskettavasta suhdeluvusta toiminta arvioidaan joko laajamittaiseksi tai vähäiseksi. Laajamittaista toimintaa valvoo Tukes ja vähäistä toimintaa paikallinen pelastuslaitos.

Työturvallisuusvaatimukset

Laitostoimijan tulee huolehtia työolosuhteiden turvallisuudesta (työturvallisuuslaki 738/2002) ja tiloissa tulee olla vaaditut turvallisuusmerkit. Esimerkiksi tiloissa, joissa on mahdollisuus räjähdysvaarallisen ilmaseoksen syntymiselle, tulee noudattaa ATEX-työolosuhtesäädöksiä (EU direktiivi 99/92/EY). Räjähdysriskin tilan laitteistojen ja suojausjärjestelmien tulee täyttää niille asetetut vaatimukset (1429/2016). Rakennusten pelastustiet tulee olla esteettömiä, poistumisreitit merkitty asianmukaisesti, palonilmaisimien ja sammutuslaitteiston on oltava toimintakunnossa ja asianmukaisesti tarkastettuna sekä mahdolliset väestönsuojat asianmukaisesti varusteltuna (Pelastuslaki 379/2011). Laitokselle tulee myös laatia toimintaympäristön mukainen pelastussuunnitelma, joka sisältää mm. räjähdysuojasiasiakirjan. Pelastuslain valvonnasta vastaavat paikalliset pelastuslaitokset.

Sähkösojimus

Jos laitoksen on tarkoitus syöttää tuotettua sähköä verkkoon, tulee tehdä sojimus paikallisen verkkoyhtiön kanssa. Laitoksen ja yhtiön välillä tulisi olla liittymissojimus sekä verkkopalvelusojimus. Sähkön myymiseksi laitokselle tehdään myyntisojimus sähkön myyntiyhtiön kanssa. Jos kaasu syötetään maakaasuverkkoon, tulee kaasun olla laadultaan maakaasun veroista. Suomen siirtoverkon haltija Gasgrid Finland Oy edellyttää verkkoon liittyviltä laitoksilta liittymissojimusta ja liittymismaksua (Maakaasumarkkinalaki 587/2017). Biokaasun osalta verkkosojitössä

on käytössä biokaasusertifikaatti, joka myönnetään jokaiselle 1MWh:tä vastaavalle määrälle syötettyä biokaasua. Sertifikaatin avulla biokaasuna myyty osuus maakaasuverkon kaasusta pystytään jäljittämään tuotantokohteeseen ja siirtoverkon haltijalle sertifikaatit toimivat määräkirjanpidon tukena eriteltäessä biokaasua maakaasusta (Verohallinto 2021).

Lannoitelainsäädäntö

Lannoitelainsäädännön kokonaisuudistus on meneillään ja sen voimaantulo on suunniteltu tapahtumaan 16.7.2022. Voimassa oleviin lannoitelainsäädännön velvoitteisiin on siis odotettavissa muutoksia. Kirjoitusajankohtana biokaasulaitoksen mädätysjäännöstä koskevat sääteet vaihtelevat käytettyjen syötteen ja lannoitetuotannon mukaan.

Jos laitos käyttää vain tilan omia syötteenä ja syntyvä mädätysjäännös käytetään tilalla, lannoitevalmistelainsäädäntö ei koske kyseistä biokaasulaitosta. Jos laitoksen syötteenä käytetään tilan ulkopuolista lantaa tai teurasjätteitä (2. ja 3. luokan eläimistä saatavia sivutuotteita) tulee laitoksen hakea Ruokavirastolta laitoshyväksyntä (Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015 & EU:n asetus 1509/2009).

Vastaavasti, jos laitoksen mädätysjäännöstä tai sen jatkojalosteita luovutetaan tai myydään tilan tai tilayhtymän ulkopuolelle kyseessä on lannoitevalmistus, joka on lannoitevalmistelain alasta (539/2006). Markkinoille saatettavilta lannoitteilta edellytetään lannoitetta vastaavaa tyyppinimeä, joko kansallisesta tai EU- lainsäädännöstä (Evara 2019). Lannoitevalmisteelta edellytetään hygienisointia ja sille asetetuissa raskasmetallipitoisuuksien rajoissa pysymistä (MMM lannoitevalmisteasetukset 24/2011, 12/2012 ja 7/2013. Lannoitevalmistajalta velvollisuuksiin kuuluu myös omavalvonta ja tuoteselosteiden laadinta jokaiselle lannoitevalmisteelle.

Mädätysjäännöksen ja siitä jalostettujen kierrätyslannoitteiden varastointi ja käyttö tulee toteuttaa nitraattidirektiivin asettamien ehtojen (asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014). EU:n ympäristötukijärjestelmään sitoutuneilla maataloilla levityksen tulee noudattaa vähimmäisvaatimuksia ja valittuja peltolohkokohdaisia lisätoimenpiteitä, esim. ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättämisen toimenpiteitä (Ruokavirasto 2021a).

Myös EU:n maataloustukijärjestelmän kausi on kirjoitushetkellä siirtymävaiheessa ja uusi tukijärjestelmä tulee voimaan vuoden 2023 alussa. Luomutuotantoon liittyneillä tiloilla tulee lannoitteiden olla Euroopan komission toimeenpanoasetuksen (889/2008) mukaisia. Lannoitteiden soveltuvuutta ja listausta luomuun hyväksytyistä lannoitevalmisteista ylläpitää Ruokavirasto (Ruokavirasto 2021b).

Uusiutuvan energian direktiivi (RED II)

Uusiutuvan energian tuotantoa säädellään myös uusiutuvan energian direktiivillä (RED II). Se julkaistiin vuosille 2021–2030 joulukuussa 2018. Direktiivi sisältää sitovat EU-tason kestävyyskriteerit biomassoille, joita käytetään energian tuotantoon. Kestävyyskriteereillä halutaan varmistaa, että bioenergian lisääntyvä käyttö EU:ssa tuottaa merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna.

Uudessa direktiivissä kestävyyskriteerit laajenevat koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua sähkö-, lämpö- ja jäähdytysenergiaa. Aikaisempi direktiivi koski vain

nestemäisiä ja kaasumaisia liikenteen biopolttoaineita sekä lämmityksessä ja sähköntuotannossa käytettäviä bionesteitä. Kestävyysskriteerit koskevat biomassan alkuperän lisäksi biomassan ja bioenergian elinkaaren aikaisia päästöjä, joista tulee muodostua tietty vähennys fossiiliin polttoaineisiin verrattuna (taulukko 6).

Taulukko 6. RED II -direktiivin edellyttämät biomassan ja bioenergian elinkaaren aikaisten päästöjen vähennykset fossiiliin polttoaineisiin verrattuna.

	Laitoksen käynnistysvuosi	
	2021 tai myöhemmin	2026 tai myöhemmin
Sähkö, lämpö ja jäähdytys	70 %:n päästövähennys	80 %:n päästövähennys
Liikenteen polttoaineet	65 %:n päästövähennys	

Päästökriteerit tulee täyttää, jotta bioenergiatuotteet voidaan laskea mukaan uusiutuvan energian tavoitteisiin ja jotta ne voivat hyötyä uusiutuvan energian tuista. Kriteerit koskevat kokonaislämpöteholtaan yli 2 MW biokaasulaitoksia, jotka tuottavat sähköä, lämpöä tai jäähdytystä. Jäsenvaltiot voivat kuitenkin soveltaa kestävyttä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksiä koskevia kriteerejä laitoksiin, joiden kokonaislämpöteho on pienempi. Kriteerit koskevat biokaasua ajoneuvojen polttoaineeksi tuottavia laitoksia kaikissa kokoluokissa.

Jäsenmaiden tulee saattaa voimaan direktiivin mukaiset kansalliset säädökset viimeistään 30.6.2021. Suomessa hallitus on antanut eduskunnalle 8.4.2021 lakiesityksen, jolla säädetään liikennepolttoaineiden kansallisen jakeluelvoitteen soveltamisalan laajentamisesta. Lakimuutoksen myötä liikennepolttoaineiden jakelija voisi täyttää jakeluelvoitettaan biopolttoaineiden lisäksi myös biokaasulla ja muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoaineilla (RFNBO-polttoaineet, sis. sähköpolttoaineet).

Lakiesityksessä kaasumaisten polttoaineiden jakelijoille on ehdotettu 9 GWh rajaa, mutta esitykseen on jätetty pienemmille toimijoille mahdollisuus vapaaehtoisesti hakeutua jakeluelvoitteen alaisuuteen vahvistusmenettelyn kautta, mikäli ne jakelevat riittävästi biokaasua liikenteeseen. Lait on tarkoitettu tulemaan voimaan 30.6.2021. Jakeluelvoitelain ehdotettujen siirtymäsäännösten mukaisesti biokaasu lisättäisiin jakeluelvoitteeseen 1.1.2022 alkaen.

4.2. Maatilan tai mautilojen yhteisten biokaasulaitosten tuet

Biokaasulaitosinvestointien suuruus mautiloilla on yleensä luokkaa 0,5–3 miljoonaa euroa riippuen laitospuolesta ja tekniikkaratkaisusta. Suurin osa vaadittavasta pääomasta käytetään investoinnin alkuvaiheessa. Lisäksi takaisinmaksuaikaa voi pidentää lopputuotteiden (biokaasun energia, mädäte lannoitteena) matala hinta, minkä vuoksi myös rahoituksen saannissa voi olla haasteita. Biokaasutuotannolla voidaan kuitenkin saavuttaa merkittäviä hyötyjä esimerkiksi maatalouden ympäristövaikutuksissa, sen kannustimeksi on saatavilla ja valmistelussa erilaisia tukia.

Maatilojen laitoksiin voi saada enemmän julkista tukea kuin suuren mittakaavan laitoksiin. Maatilan biokaasuinvestointia koskevat lähinnä maa- ja metsätalousministeriön (MMM) maatilojen ja maaseudun yritysten tuet sekä työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) tuet yritysten innovaatio-toimintaan, kasvuun ja investointeihin.

Yhden maatilan biokaasuinvestointi (tilakohtainen laitos) kuuluu tyypillisesti maatilan yhteyteen, eikä sitä varten välttämättä perusteta erillistä yhtiötä. Osakeyhtiön perustaminen on kuitenkin mahdollista. Jos maatila rakentaa liikennepolttoainetta tuottavan biokaasulaitoksen tai myy sähköä ja/tai lämpöä tilan ulkopuolelle, sen täytyy investointitukea saadakseen perustaa erillinen yhtiö.

Jos perustetaan erillinen osakeyhtiö, biokaasun omaan käyttöön ottamisen siirtohinnoittelussa pitää ottaa huomioon osakeyhtiölain säännökset. Siirtohinnan on oltava markkinahintainen, alihintaan tai ilmaiseksi biokaasua ei voi ottaa.

Useamman toimijan yhteenliittymässä investointi toteutetaan osakastilojen yhteishankkeena, usein osakeyhtiö- tai osuuskuntamuotoisena. Lisäksi hankkeessa voi olla osakkaina muita julkisia tai yksityisiä toimijoita.

Kun biokaasulaitos on kiinteä osa maatilaa, hankkeen rahoitusta ei tarkastella erillisenä, vaan osana koko tilan rahoitusrakennetta. Tilan aikaisemmat velat ovat kokonaisuudessa mukana ja vaikuttavat velanottokykyyn.

Laitostoimittajat voivat tukea maatiloja hankkeiden analysoinnissa. Ne lisäävät ymmärrystä hankkeista ja niiden vaatimuksista esim. referenssikohteiden avulla. Laitostoimittajat voivat tukea tilaa rahoituksen hankkimisessa mm. koneiden ja laitteiden leasing- ja osamaksujärjestelyjen avulla.

4.2.1. Maatilojen biokaasulaitosten yksityisrahoitus

Biokaasuhanke tarvitsee omaa pääomaa laitoshankinnan kokoluokasta riippumatta. Oman pääoman ehtoiset rahoittajat kantavat suurimman riskin hankkeen rahoituksesta. Siten heidän tuottovaatimuksensa on todennäköisesti korkeampi kuin vieraan pääoman ehtoisten rahoittajien. Oman pääoman ehtoisen rahoituksen lähteet ovat hanketoimijan oma pääomasijoitus yhtiöön sekä muilta toimijoilta tai sijoittajilta kerätty rahoitus, esim. osakeannin kautta hankittu pääoma tai muut osakasjärjestelyt.

Maatila voi myös sijoittaa osakepääomaa laitokseen, tai rahoitusta voidaan hakea toisen yrityksen sijoittamana pääomana. Esimerkiksi paikalliset energiayhtiöt, elintarviketeollisuuden toimijat tai muu teollisuus voivat olla potentiaalisia osakkaita biokaasulaitoksissa. Osakas pohjaa voi laajentaa keräämällä hankkeeseen mukaan sijoittajia, jotka odottavat siltä tuottoja tulevaisuudessa. Myös pääomalainaa voi hakea, jos julkista tukea ylittävää rahoitusta ei saada kokonaan katettua osakepääomalla ja pankkilainalla.

Maatilan biokaasuinvestoinnissa pankkilaina on useimmiten välttämätön hankkeen toteutumisen kannalta. Useimmiten pankkien rahoitettavaksi on jäänyt noin puolet koko investoinnista. Pankit tutkivat lainapäätöksessään maatilan kokonaiskannattavuutta ja sen aikaisempaa lainahistoriaa. Tämän takia pankin näkökulmasta on keskeistä, ettei investointi vaaranna maatilan taloudellista asemaa ja lainanmaksukykyä.

4.2.2. Maatilojen biokaasulaitosten julkinen tuki

Maatilojen investointituen ja maaseudun yritysrahoituksen tukea biokaasulaitoksille nostetaan juuri kirjoitushetkellä väliaikaisesti. Korotetut tuet ovat seuraavat:

Maatilan investointituki, 50 % (aiemmin 40 %), mikäli biokaasuinvestointi tehdään vain maatilan omaan käyttöön, voimassa 2021–2022, haettavissa 3.5.2021 alkaen.

Maaseudun yritysrahoitus, 50 % (aiemmin 30 %), mikäli valtaosa (80 %) biokaasusta myydään ulkopuoliselle asiakkaalle, voimassa 2021–2022. Tuen väliaikainen korotus liittyy EU:n elvytyspakettiin ja siten myös ulos myytävän kaasun prosenttimäärästä ei ole lopullista päätöstä ennen kuin muutettu asetus on lopullisesti hyväksytty poliittisesti. Virkamiesten esitys on 80/20 %, jotta luvut olisivat yhdenmukaiset TEM energiatuen kanssa. Yritystuen haku avautunee syksyn 2021 aikana.

Maatilan investointituki

Laki maatalouden rakennetuista (1476/2007) määrittelee, että maatalousyrittäjälle voi myöntää tukea tehokkuuden ja laadun kehittämiseen maatalouden tuotantotoiminnassa.

Maatilan investointitukea voi hyödyntää maatilan energiantuotannossa tarvittaviin rakentamisinvestointeihin. Tukea haetaan ELY-keskuksesta. Tukea voi hakea viljelijä, yksityisoikeudellinen yhteisö tai maatalousyrittäjien yhteenliittymä, jotka elinkeinonaan harjoittavat tai ryhtyvät harjoittamaan maatilalla maataloutta. Tuen myöntämisen edellytyksenä on, että energialaitoksessa hyödynnetään uusiutuvaa energialähdettä.

Koska rakennetuet kohdistuvat maataloustoimintaan, on investointi EU-lainsäädännön mukaisesti tukikelpoinen vain siltä osin, kuin energia käytetään maatalouden tuotantotoiminnassa. Pysyvyysselvityksen takia investoinnin on täytettävä tämä edellytys kolme vuotta tuen viimeisestä maksuerästä. Energian myynti ulos on mahdollista vasta kolmen vuoden jälkeen.

Avustusten lisäksi investointituki voidaan myöntää valtiontakauksena, korkotukena taikka näiden yhdistelmänä. Investointituki myönnetään prosentuaalisena osuutena tuettavan toimenpiteen hyväksyttävistä kustannuksista. Biokaasulle investointiavustus on kirjoitushetkellä kaikilla tukialueilla 50 %. (Ruokavirasto 2021c).

Maaseudun yritysrahoitus

Maaseudun yritysrahoitus on luokitusten perusteella maaseutualueella toimiville yrityksille tarkoitettu avustus. Sitä voidaan myöntää mikro- ja pienyrityksille sekä maatilayrityksille, jotka harjoittavat maatalouden lisäksi muuta yritystoimintaa saman Y-tunnuksen alla. Maatilojen ja niiden yhteenliittymien on mahdollista hakea maaseudun yritysrahoitusta, jos tuotettava energia myydään pääasiassa (80 %) ulos. Biokaasulaitosten avustus nousee määräaikaisesti (2021–2022) 50 % maaseuturahaston elpymisvälineen avulla. Maaseudun yritysrahoitusta voi hyödyntää lisäksi investointien toteutettavuustutkimuksiin. Niissä avustus on 50 % selvityksen kustannuksista. (Ruokavirasto 2021d)

Maaseudun yritysrahoituksen avustuksia haetaan ELY-keskukselta tai Leader-ryhmiltä. Avustuksiin on jatkuva haku. Hakijalla pitää olla edellytykset kannattavaan liiketoimintaan ja riittävä ammattitaito.

Valtion takaus

Avustusten rinnalla investoinnille voidaan myöntää valtiontakaus. Takausta haetaan ELY-keskukselta. Valtiontakaus myönnetään täytetakauksena, mikä tarkoittaa sitä, että valtio vastaa velasta vain siltä osin kuin suoritusta ei saada muusta vakuudeksi annetusta omaisuudesta. Valtiontakauksen enimmäismäärä investointia kohden on 500 000 euroa, ja se voi koskea enintään 80 % takauksen kohteena olevan lainan määrästä koko laina-aikana.

Valtiontakaus voi erityisestä syystä olla suurempi kuin 30 % toimenpiteen kokonaisrahoituksesta. Avustus ja valtiontakaus ei kuitenkaan yhteensä saa ylittää 70 % tuen kohteena olevan investoinnin kokonaisrahoituksesta. Yhtä maatilaa kohden saa olla valtiontakauksia voimassa enintään 2,5 miljoonaa euroa (Ruokavirasto 2021c).

Energiatuki

Energiatukea voivat saada kaiken kokoiset yritykset. Tuen myöntää TEM. Energiatukea ei myönnetä maataloille tai niiden yhteydessä toteutettaville hankkeille, paitsi jos tuotettavasta biokaasusta 80 prosenttia käytetään kyseisen maatalon ulkopuolella. Energiatuen avustuksen suuruus määräytyy hankkeen tyyppin mukaan. Perustuki on 20 prosenttia, minkä lisäksi tukeen voi saada pienen korotuksen, mikäli hankkeessa hyödynnetään uutta teknologiaa tai markkinariskit ovat tavallista korkeampia (TEM 2021).

Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelma

Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamasta ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen koordinoimasta uudesta biomassojen ravinteiden kierrätystä edistävä kokeiluohjelmasta rahoitetaan biomassoihin ja ravinteiden kierrätykseen liittyviä kehityshankkeita (voimassa kirjoitushetkellä vuoteen 2022 saakka). Rahoitushakemukset jätetään Etelä-Pohjanmaan ELY-keskukseen.

Avustusta ei myönnetä biokaasulaitosinvestoinneille, mutta sitä voidaan käyttää mädätteiden jalostamiseen. Avustuksen kohteena ovat koneet, laitteet ja rakennukset. Investointiavustuksen perustukitaso on 35 %, johon tulee pienille yrityksille 20 %:n ja keskisuurille 10 %:n korotus. Käytännössä investointiavustus on siis investoinneille 45–55 %.

Finnveran lainat ja takaukset pk-yrityksille

Finnvera-laina on niin kutsuttu investointi- ja käyttöpääomalaina. Se on tarkoitettu pk-yrityksille kotimaisten rakennus-, kone- ja laiteinvestointien, energia- ja ympäristöhankkeiden käyttöpääomatarpeiden sekä erilaisten omistusjärjestelyiden rahoittamiseen. Lainan vähimmäismäärä on 50 000 euroa. Useimmiten sitä käytetään osana pankin myöntämää kokonaisrahoitusta.

Finnveralta saa myös takauksia, joita yritys voi käyttää vakuutena pankeilta tai muilta rahoittajilta saamilleen luotoille ja muille vastuusitoumuksille. Finnveran myöntämistä takauksista vastaa Suomen valtio (Finnvera 2021).

Muut tuet

MMM on lisäksi valmistellut kahta Sanna Marinin hallitusohjelmassa mainittua uutta kansallista biokaasu- ja ravinnekierrätystukea:

- Biokaasulaitosinvestointien ja uusien lannankäsittelytekniikoiden tukeminen (v. 2020–2021, yht. 7,5 Meur)
- Ravinnekiertoon perustuvan biokaasun tuotantotuki. Valmistelussa. Tuki on mainittu hallitusohjelmassa ja biokaasuohjelmassa. Sopivaa muotoa haetaan tämä raportin kirjoitushetkellä.

Viitteet

- Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
- Envitecpolis Oy 2018. KierRe-hanke: Vieremän ja Kiuruvesi-Pielavesi alueen logistiikkamallinnus 30.11.2018. Pdf tiedosto. <https://navitas.fi/download.php?id=177>
- Envitecpolis Oy 2019. Keskitetyn biokaasulaitoksen alustavat kannattavuustarkastelut. KierRe-hanke; Skenaariolaskelma 16.8.2019. YHTEENVETORAPORTTI. Pdf-tiedosto. <https://navitas.fi/download.php?id=170>
- Euroopan komission asetus 889/2008. [viitattu: 31.5.2021] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R0889-20210101&qid=1531988730599&from=EN>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 92/1999 [viitattu: 24.5.2021] <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:023:0057:0064:fi:PDF>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1069/2009 [viitattu: 28.5.2021] <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:fi:PDF>
- Eurofins 2021. Eurofins Viljavuuspalvelu Oy, Viljavuustilastot. Viitattu 27.5.2021. Saantitapa: www.tuloslaari.fi
- Evara 2019. Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf
- Finnvera 2021. Finnvera-laina. <https://www.finnvera.fi/tuotteet/lainat/finnvera-laina>
- Hallenberg, T. (toim.), Leppänen, L., Savolainen, K., Huerta, E., Lappalainen, J., Kuuluvainen, M. & Paavilainen, J. 2021. Positiivisessa kierteessä Pohjois-Savossa. KIERTOTALOUDEN JA RESURSSIVIISAUDEN TOTEUTTAMINEN POHJOIS-SAVOSSA -HANKKEEN LOPPUJULKAISU. <https://www.iisalmi.fi/loader.aspx?id=56e64bdc-e9cc-4bf3-b426-ac7cd182a8fa>
- Itä-Suomen energiatilasto 2016. Oulun yliopisto. Kajaanin yliopistokeskus. <https://www.pohjois-karjala.fi/documents/78304/750788/It%C3%A4-Suomen+energiatilasto+2016.pdf/295fc216-6820-e266-1d3f-97828249eed8>
- Kässi, P. & Seppälä, A. 2012. Production cost of excess silage for bioenergy in Finnish cattle farms. Teoksessa: Proceedings of the XVI international silage conference, Hämeenlinna, Finland, 2-4 July 2012 / Edited by K. Kuoppala, M. Rinne and A. Vanhatalo. Jokioinen, Helsinki: s. 462–463. https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Artturi/artturi_web_service/xvi_international_silage_conference/ISC2012_Proceedings_5July2012.pdf
- Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015. [viitattu: 24.5.2021] <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150517>
- Laki eräistä naapuruussuhteista 26/1920. [viitattu: 21.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1920/19200026>

- Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta 719/1994 [viitattu: 24.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940719>
- Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005. [viitattu: 21.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>
- Lamk 2021. Lahden ammattikorkeakoulu. InforME-energiasovellus. Viitattu 31.5.2021. Saantitapa: <http://informe.lamk.fi/>
- Lannoitevalmistelaki 539/2006 [viitattu: 28.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539>
- Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. & Turtola, E. 2018. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus. Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 209 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/541851/luke-luobio_17_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Luostarinen, S., Pyykkönen, V. Winqvist, E., Kässi, P., Grönroos, J., Manninen, K. & Rankinen, K. Maatilojen biokaasulaitokset. Mahdollisuudet, kannattavuus ja ympäristövaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 11/2016. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 60 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=1
- Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 75 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544244/luke-luobio_40_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maakaasumarkkinalaki 587/2017 [viitattu: 24.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170587>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. [viitattu: 18.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiaho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A & zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 46 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/540214>
- Mittauslaitelaki 707/2011. [viitattu: 24.5.2021] <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20110707>
- MMM, asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 24/2011 [viitattu: 28.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/37638>

- MMM, asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 12/2012 [viitattu: 28.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/39202>
- MMM, asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen muuttamisesta 7/2013 [viitattu: 28.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/40969>
- Painelaitelaki 1144/2016 [viitattu: 24.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144>
- Pelastuslaki 379/2011. [viitattu: 26.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>
- Posio, M. 2010. Kotieläintilojen energiankulutus. Pro gradu -tutkielma. Maataloustieteiden laitos. Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Maataloustieteiden laitos, Helsinki. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/17573>
- Ruokavirasto, 2021a. Viljelijätukien hakuopas 2021. [viitattu: 31.5.2021] https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/opaat/hakuopaat/viljelijatukien-hakuopas-2021/viljelijatukien-hakuopas_etusivu/viljelijatukien-hakuopas-2021/
- Ruokavirasto, 2021b. Luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvat lannoitevalmisteet, "Luomulannoiteluettelo". päivitetty 30.4.2019. [viitattu: 31.5.2021] <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/luomutilat/lannoite-ja-torjunta-aine/luomulannoiteluettelo-5-2019.pdf>
- Ruokavirasto 2021c. Maatalouden investointituet. [viitattu: 31.5.2021] <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>
- Ruokavirasto 2021d. Maaseudun yritystuet. [viitattu: 2.6.2021]. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/tuet/maaseudun-yritystuet/>
- Salminen, H. 2021. Wega Oy. Biokaasulla liikkeelle kysyntäkartoitus 25.3.2021. Pdf-tiedosto. http://www.savogrow.fi/files/1132/WEGA_-_2021_03_25_Info_paattajille.pdf
- SVT 2021a. Suomen virallinen tilasto (SVT): Maatalous- ja puutarhayritysten rakenne [verkkajulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 26.5.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/matira/index.html>
- SVT 2021b. Suomen virallinen tilasto (SVT): Alueittainen maidontuotanto [verkkajulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 25.5.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/almaidt/index.html>
- SVT 2021c. Suomen virallinen tilasto (SVT): Käytössä oleva maatalousmaa [verkkajulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 26.5.2021]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kaoma/index.html>
- Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 [viitattu: 21.5.2021] <https://tukes.edilex.fi/fi/lainsaadanto/20161135>

- Taavitsainen, T. 2021a. Envitecpolis Oy. Henkilökohtainen tiedonanto Ville Pyykköselle. Puhe-
linkeskustelu 14.6.2021.
- Taavitsainen, T. 2021b. Envitecpolis Oy. Biokaasu aluetalouden näkökulmasta. Biokaasuinfo
päättäjille 25.3.2021. [http://www.savogrow.fi/files/1131/ENVITECPOLIS_-
_2021_03_25_Info_paattajille.pdf](http://www.savogrow.fi/files/1131/ENVITECPOLIS_-_2021_03_25_Info_paattajille.pdf)
- Taavitsainen, T. 2021c. Envitecpolis Oy. Biokaasulla liikkeelle, Kehittämisyhtiö Savogrow Oy. Rii-
kinnevan alueen biokaasulaitos. Pdf-tiedosto 15.3.2021.
- TEM 2021. Energiatuki. <https://tem.fi/energiatuki>
- Työturvallisuuslaki 738/2002 [viitattu: 24.5.2021] [https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-
tasa/2002/20020738](https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2002/20020738)
- Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Salo, T., Kapuinen, P. & Turtola, E. 2016. Nitrogen fertili-
zation of grass leys: Yield production and risk of N leaching. Agriculture, Ecosystems
and Environment 230: 34–352. [https://www.sciencedirect.com/science/arti-
cle/pii/S0167880916302869?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880916302869?via%3Dihub)
- Valkama, E., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2011. A meta-regression analysis of Finnish phosphorus
fertilizing trials, and the economy of phosphorus fertilizer applications. Nutrient Cycling
in agroecosystems 91: 1–VNA 15.
- Valve, H., Lukkarinen, J., Matikka, V., Auvinen, H., Lähteenoja, S. & Marttila, T. 2019. Kohti sinisen
biotalouden murrosta Pohjois-Savossa. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja
1/2019. Savonia-ammattikorkeakoulu. Grano Oy, Kuopio. ISBN: 978-952-203-258-4
(PDF). [https://blueadapt.fi/wp-content/uploads/2019/03/blueadaptweb_Pohjois-
Savo.pdf](https://blueadapt.fi/wp-content/uploads/2019/03/blueadaptweb_Pohjois-Savo.pdf)
- Verohallinto, 2021. Energiaverotus – Verohallinnon ohjeet. [viitattu: 26.5.2021]
<https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus2/>
- Virkajärvi, P., Shurpali, N., Pyykkönen, V., Kykkänen, S., Korhonen, P. & Luostarinen, S. 2021.
Maatilan ilmastopäästöt ja ravinnekierrot parempaan hallintaan biokaasun ja apilanur-
men tuotannon yhdistämisellä – BIOKAASUAPILA 2018-2020. Loppuraportti 5.5.2021.
Luonnonvarakeskus.
- VNA 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien
päästöjen rajoittamisesta [viitattu: 29.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250>
- VNA 551/2009. Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009. [vii-
tattu: 21.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090551>
- VNA 1439/2016. Valtioneuvoston asetus räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettu-
jen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta 1439/2016. [viitattu:
26.5.2021] <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161439>
- VNA 713/2014 Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 713/2014. [viitattu: 18.5.2021]
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. [viitattu: 18.5.2021] <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Liite: Biokaasuraporttipankki

Raporttisarja	Kirjoittajat	Raportin nimi	Vuosi	Verkkolinkki	Asiasanat
Vesihallitus	Niiranen, Osmo	Anaerobisen biokaasureaktorin soveltuvuus perunateollisuuden jätevesien puhdistukseen	1982	http://hdl.handle.net/10138/304091	Jäteveden puhdistus
Vesihallitus	Isoaho, Simo; Luonsi, Antero; Rantala, Pentti; Wilrola, Hannu	Anaerobisten puhdistustekniikoiden tutkimus ja soveltuvuus metsäteollisuusjätevesien käsittelyssä	1983	http://hdl.handle.net/10138/153334	Tekniikat; Metsäteollisuuden jätevedet
VTT	Matti Kytö, Nils-Olof Nylund	Neste-, maa- ja biokaasu moottoripolttoaineena: Kirjallisuuskatsaus	1985	-	
MTT	Sankari, Hannele	Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit -kirjallisuuskatsaus	1993	https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/442209/maatut8_93.pdf?sequence=1	Peltobiomassa
VTT	Petri Halonen, Satu Helynen, Martti Flyktman, Esa Kallio, Markku Kallio, Teuvo Paappanen, Pirkko Vesterinen	Bioenergian tuotanto- ja käyttöketjut sekä niiden suorat työllisyysvaikutukset	2003	http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2219.pdf	Työllisyysvaikutukset
VTT	Mäkinen, Tuula; Sipilä, Kai; Nylund, Nils-Olof	Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa: Taustaselvitys	2005	http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2288.pdf	Kehityspolut
Savonia	Taavitsainen, Toni	Maatalouden biokaasulaitoksen perustaminen ja turvallisuustarkastelu	2006	http://webd.savonia.fi/projektit/markkinointi/koeko_poistettu201009/MaLa2%20hankkeen%20loppuraportti.pdf	Laitosinvestointi
SYKE	Antikainen, Riina; Tenhunen, Jyrki; Ilomäki, Mika; Mickwitz, Per; Punntila, Pekka; Puustinen, Markku; Seppälä, Jyri; Kauppi, Lea	Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. Nykytilakatsaus	2007	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/39770	Markkinat
Tampereen yliopisto	Lauttamäki, Ville	Kestävän energiankulutuksen ja-tuotannon Varsinais-Suomi	2008	https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/147601/eTutu_2008-3.pdf?sequence=1	Alueellinen biokaasupotentiaali

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

MTT	Hannukkala, Antti	Lappiin soveltuvia bioenergiakasveja	2008	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/442258	Peltobiomassa
Turun yliopisto	Makkonen, Teemu	Biovakka Oy:n biokaasulaitoksen hajujen leviämiselvitys hajupaneelin avulla	2008	https://docplayer.fi/7014676-Biovakka-oy-n-biokaasulaitoksen-hajujen-leviamisselvitys-hajupaneelin-avulla.html	hajuhaitat
SYKE	Latvala, Markus	Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT): Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä	2009	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37998	Tekniikat
VTT	Rättö, Marjaana; Vikman, Minna; Siika-aho, Matti	Yhdyskuntajätteen hyödyntäminen biojalostamossa	2009	https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2494.pdf	biojalostamot
Ympäristöministeriö	Ympäristöministeriö	Biohajoavista jätteistä enemmän energiaa	2010	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41450	Toimenpiteet
MTT	Luostarinen, Sari; Paavola, Teija; Ervasti, Satu; Sipilä, Ilkka; Rintala, Jukka	Lannan ja muun eloperäisen materiaalin käsittelyteknologiat	2011	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/438229	Kierrätyslannoitteet; jatkojalostus
Envitecpolis Oy	Taavitsainen, Toni	1Biokaasuteknologian edistäminen Pohjois-Savossa-Kestävä uusiutuvan energian tuotanto ja ravinteiden kierrätys (BIOTILA –hanke) LIIKETOIMINTAOSA-ALUEEN LOPPURAPORTTI	2011	https://docplayer.fi/1168112-Biokaasuteknologian-edistaminen-pohjois-savossa-kestava-uusiutuvan-energian-tuotanto-ja-ravinteiden-kierratys-biotila-hanke.html	Kannattavuus
OAMK	Impola, Ritva; Sankari, Toni	Pohjois-Pohjanmaan biokaasupotentiaalin arviointitutkimus : BioG – Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla -hanke	2011	http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019091127846	Alueellinen biokaasupotentiaali
Kainuun ELY	Turunen, Tatu; Salo, Tapio; Virkkunen, Elina; Nikkari, Saara Pekka Heikkinen	Kompostipiireissä opittua Eloperäiset jätteet kiertoon –hanke	2011	https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/88069/Kainuun_ELY-keskuksen_julkaisuja_1_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y	Laitosinvestointi
HAMK	Heikkinen, Pekka	Biokaasulaitoksen huoltokirja	2012	http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201307024124	Laitoshuolto

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

MTT	Rasi, Saija; Havukainen, Jouni; Uusitalo, Ville; Andersson, Reetta; Manninen, Kaisa; Aro-Heinilä, Esa; Rintala, Jukka	Suunnitelma liikennebiokaasun tuotannon ja käytön edistämiseksi Helsingin seudulla	2012	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/438251	Liikennebiokaasu
MTT	Rasi, Saija; Lehtonen, Eeva; Aro-Heinilä, Esa; Höhn, Jukka; Ojanen, Hannu; Manninen, Kaisa; Heino, Erja; Teerioja, Nea; Pyykkönen, Ville; Ahonen, Saana; Marttinen, Sanna; Pitkänen, Sanna; Hellstedt, Maarit; Rintala, Jukka	Suunnitelma liikennebiokaasun tuotannon ja käytön edistämiseksi Turun, Salon ja Kymenlaakson seuduilla	2012	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/438252	Liikennebiokaasu
Kyamk	Mylläri, Mikko; Juhani, Jouni	Biokaasun liikennekäyttö Kymenlaakossa	2012	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-5963-42-7	Liikennebiokaasu
Motiva	Motiva Oy	Biokaasuntuotanto maatilalla	2012	https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun tuotanto maatilalla.pdf	Maatila-mittakaava
MTT	Luostarinen, Sari (toim.)	Biokaasuteknologiaa maataloilla 1 : Biokaasulaitoksen hankinta, käyttöönotto ja operointi - käytännön kokemuksia MTT:n maatalakohtaiselta laitokselta	2013	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/481263	Maatila-mittakaava; Tutkimus
MTT	Marttinen, Sanna; Lehtonen, Heikki; Luostarinen, Sari; Rasi, Saija	Biokaasuyrittäjän toimintaympäristö Suomessa : Kokemuksia MMM:n investointiavustusjärjestelmästä 2008–2010	2013	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/481097	Kannattavuus; Investoinnit; Tuet

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

MTT	Marttinen, Sanna; Paavola, Teija; Ervasti, Satu; Salo, Tapio; Kapuinen, Petri; Rintala, Jukka; Vikman, Minna; Kapanen, Anu; Toriainen, Merja; Maunuksela, Liisa; Suominen, Kimmo; Sahlström, Leena; Herranen, Mirkka	Biokaasulaitosten lopputuotteet lan- noitevalmisteina	2013	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/438289	Kierrätyslannoitteet; jatkojalostus
SYKE	Pelkonen, Riina	Maatalouden biokaasulaitoksen ympäristölupa – Opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille	2013	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/42289	Ympäristölupa
Laurea AMK	Al-Wattar, Anida; Brommels, Patrick; Hyrsky, Katarina; Jaalama, Juha; Jylhämäki, Niilo; Lindfors, Joel; Pimiä, Jukka; Pöyhölä, Sonja; Toivonen, Topi; Äikäs, Susanna	Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksestä liiketoimintaa -Tuotteistamistyöpajat	2013	https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/07/Tuotteistamisty%C3%B6pajat.pdf	Mädätysjäännös; Jatkojalostus
Ruralia	Iivonen, Sari; Jäppinen, Eero; Laihanen, Mika; Luste, Sami; Nykänen, Arja; Ranta-Korhonen, Tuija; Seppäläinen, Sari; Seuri, Pentti; Soininen, Hanne; Tontti, Tiina; Väisänen, Hanna-Maija	Energiaomavarainen maatila	2013	http://hdl.handle.net/10138/228147	Energiaomavaraisuus

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

MTT	Seppälä, Arja; Kässi, Pel- lervo; Lehtonen, Heikki; Aro-Heinilä, Esa; Niemelä- inen, Oiva; Lehtonen, Eeva; Höhn, Jukka; Salo, Tapio; Keskitalo, Marjo; Nysand, Matts; Winqvist, Erika; Luostarinen, Sari; Paavola, Teija	Nurmesta biokaasua liikennepolttoai- neeksi. Bionurmi-hankkeen loppura- portti	2014	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/484391	Nurmibiokaasu
MTT	Lehtonen, Eeva; Anttila, Perttu; Haapanen, Ari; Huo- pana, Tuomas; Joensuu, Ilona; Juntunen, Risto; Ko- lehmainen, Mikko; Kymen- vaara, Matti; Lehtinen, Harri; Leskinen, Pekka; Lilja-Rothsten, Saara; Meri- lehto, Kirsi; Myllymaa, Tuuli; Myllyviita, Tanja; Nousiainen, Riikka; Rasi, Saija; Sikanen, Lauri; Stocker, Markus; Valpola, Samu	Biomassa-atlas. Biomassojen kestä- vän käytön työväline. Esiselvityksen loppuraportti.	2014	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/485234	Biomassat
Ruralia	Reini, Kaarina; Törmä, Hannu; Männistö, Tuomas; Peura, Pekka; Kannonlahti, Jouni; Hyttinen, Timo; Haa- panen, Ari	Uusiutuvat energian lähteet ja hajau- tetun energian tuotannon aluetalou- dellinen vaikuttavuus Pietarsaaren ja Kaustisen seutukunnissa	2014	http://hdl.handle.net/10138/228379	Alueellinen biokaasupotentiaali; aluetalous
Oulu uni	Niskanen, Tuomas; Karja- lainen, Timo	Biopolttoaineiden tuotantomahdollisuudet Kainuussa	2014	https://www oulu.fi/sites/default/files/content/files/Biopolttoaineiden%20tuotantomahdollisuudet%20Kainuussa_Final.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali
Savon ammatti- ja aikuisopisto	Lundgren, Kati; Malaska, Kirsi	Pohjois-Savon biotalousosaajat	2014	http://www.ekocentria.fi/resources/public/Aineistot/Pohjois-Savon%20biotalousosaajat%20loppujulkaisu.pdf	työpajatyöskentely

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Winqvist, Erika; Luostarinen, Sari; Kässi, Pellervo; Pyykkönen, Ville; Regina, Kristiina	Maatilojen biokaasulaitosten kannattavuus ja kasvihuonekaasujen päästövähennys	2015	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/486091	Maatila-mittakaava; Kannattavuus
LUKE	Marttinen, Sanna; Tampio, Elina; Sinkko, Taija; Timonen, Karetta; Luostarinen, Sari; Grönroos, Juha; Manninen, Kaisa	Biokaasulaitokset - syötteistä lopputuotteisiin	2015	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/485744	Laitostyypit
LUKE	Rikkonen, Pasi (toim.)	Maatalouden energia- ja ilmastopolitiikan suuntia vuoteen 2030. Hillintäkeinojen analyysi tilatason vaikutuksista ja keinojen hyväksyttävyydestä	2015	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/486057	Tulevaisuus
LUKE	Tontti, Tiina; Kapuinen, Petri; Ojajärvi, Johanna; Joki-Tokola, Erkki; Laurila, Marika; Ikäläinen, Tanja; Kekkonen, Jarkko; Veijalainen, Anna-Maria	Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu	2015	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/518969	Kierrätyslannoitteet
ProAgria	Pulkkinen, Marja	Liikennebiokaasua energiatiloilta	2015	https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/loppuraportti_2015_valmis_942015.pdf	Maatilamittakaava; Investoinnit; maatilojen yhteiset laitokset
LUKE	Manninen, Kaisa; Grönroos, Juha; Luostarinen, Sari; Saastamoinen, Markku	Hevoselannan energiakäytön ympäristövaikutukset	2016	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/535278	Hevoselantabiokaasu
LUKE	Luostarinen, Sari; Pyykkönen, Ville; Winqvist, Erika; Kässi, Pellervo; Grönroos, Juha; Manninen, Kaisa; Rankinen, Katri	Maatilojen biokaasulaitokset : Mahdollisuudet, kannattavuus ja ympäristövaikutukset	2016	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/532222	Maatila-mittakaava; Kannattavuus

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Virkajärvi, Perttu; Hyrkäs, Maarit; Rätty, Mari; Pakarinen, Terhi; Pyykkönen, Ville; Luostarinen, Sari	Biokaasuteknologiaa maataloilla II : biokaasulaitoksen käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitteena	2016	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/536848	Kierrätyslannoitteet; jatkojalostus
LUKE	Paavola, Teija; Winquist, Erika; Pyykkönen, Ville; Luostarinen, Sari; Grönroos, Juha; Manninen, Kaisa; Rankinen, Katri	Lantaravinteiden kestävä hyödyntäminen tiloilla ja keskiteytissä biokaasulaitoksessa	2016	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/535836	Lantabiokaasu; investoinnit
Ympäristöministeriö	Manninen, Kaisa; Judl, Jáchym; Myllymaa, Tuuli	Mädätyksen, energiahyödyntämisen ja biopoltoaineen tuotannon elinkaarenaikaiset ympäristövaikutukset	2016	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/159940	Ympäristövaikutukset
ProAgria	Häkkinen, Pekka; Saastamoinen, Niina; Savikurki, Riitta; Kurki, Päivi; Kari, Maarit	Lannoitteita ja energiaa biomassoista -Keskitetyn biojalostamon toimintamalli, raaka-aineet ja mädätejäännöksen käyttökohdet -raportti.	2016	https://etela-savo.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lannoitteita_ja_energiaa_biomassoista_raportti_s_0.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali; maatalojen yhteiset laitokset
ProAgria	Kari, Maarit; Häkkinen, Pekka	Maatalouden biomassat biokaasulaitoksessa	2016	https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas_s.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali; maatalojen yhteiset laitokset
Sitra	Mutikainen, Mirja; Sormunen, Kai; Paavola, Heli; Haikonen, Turo; Väisänen, Mirva	Biokaasusta kasvua - Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet	2016	https://docplayer.fi/17913733-Biokaasusta-kasvua-biokaasuliiketoiminnan-ekosysteemien-mahdollisuudet-sitran-selvityksia.html	Biokaasuliiketoiminta

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Marttinen, Sanna; Venelampi, Olli; Iho, Antti; Koikkalainen, Kauko; Lehtonen, Eeva; Luostarinen, Sari; Rasa, Kimmo; Sarvi, Minna; Tampio, Elina; Turtola, Eila; Ylivainio, Kari; Grönroos, Juha; Kauppila, Jussi; Koskiaho, Jari; Valve, Helena; Laine-Ylijoki, Jutta; Lantto, Raija; Oasmaa, Anja; zu Castell-Rüdenhausen, Malin	Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa : Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa	2017	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/540214	Biomassat; Jatkojalostus
Xamk	Lehesvaara, Marjatta; Karhinen, Tommi	Haitta-aineiden vaikutus biokaasun tuotantoon	2017	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-053-1	Haitta-aineet
VTT	Söderena, Petri	Kehityspolut työkoneiden biokaasutekniikkaan	2017	https://cris.vtt.fi/files/35379405/VTT_CR_01044_17.pdf	Polttoainekäyttö
XAMK	Tanskanen, Riikka	Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana	2017	https://www.theseus.fi/handle/10024/123007	Hevosenlantabiokaasu
Valtioneuvoston kanslia	Pöyry Management Consulting Oy	Hajautetun uusiutuvan energiantuotannon potentiaali, kannattavuus ja tulevaisuuden näkymät Suomessa	2017	https://vnk.fi/documents/10616/3866814/5_2017_Hajautetun+uusiutuvan+energiantuotannon+potentiaali%2C+kannattavuus+ja+tulevaisuuden+n%C3%A4kym%C3%A4t+Suomessa.pdf/f7fa0126-2880-452d-954b-f52ea5f0a9a0/5_2017_Hajautetun+uusiutuvan+energiantuotannon+potentiaali%2C+kannattavuus+ja+tulevaisuuden+n%C3%A4kym%C3%A4t+Suomessa.pdf?version=1.0&t=1498033092000	Hajautettu biokaasuntuotanto; Tulevaisuus
Ympäristöministeriö	Helenius; Juha; Koppelmäki; Kari; Virkkunen, Elina	Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisessa ruoantuotannossa	2017	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4716-6	Kuivamädätys; Symbioosit

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Seppänen, Ari-Matti; Laakso, Johanna; Luostari- nen, Sari	Sivuvirrasta väkilannoitteen kor- vaajaksi : Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdol- lisuudet Suomessa	2018	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542095	Kierrätyslannoitteet; jatkojalostus
LUKE	Pyykkönen, Ville; Rasi, Saija; Virkkunen, Elina	Biokaasulaitoksen hankinta ja tar- jouspyyntö	2018	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/543255	Investointi
LUKE	Winquist, Erika; Rikkinen, Pasi; Varho, Vilja	Suomen biokaasualan haasteet ja mahdollisuudet	2018	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542787	Kannattavuus
LUKE	Tampio, Elina; Vainio, Markku; Virkkunen, Elina; Rahtola, Mikko; Heinonen, Sampsa	Opas kierrätyslannoitevalmistei- den tuottajille	2018	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/542240	Kierrätyslannoitteet
SYKE	Myllyviita, Tanja; Rintamäki, Heidi	Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoittei- den käytöstä ja kehitystarpeista	2018	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/276964	Viljelijät; Kierrätyslannoitus
HAMK	Michelson, Annika; Kekko- nen, Piia	Ravinne- ja energiatehokas maatila : Ravinne- ja energiate- hokas maatila -hankkeen jul- kaisu	2018	http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-809-1	Symbioosi; Maatila-mittakaava
VTT	Laurikko, Juhani; Paakki- nen, Marko	Sähkö- ja kaasuautojen markki- nanäkymät Suomessa: GASELLI -väliraportti 2	2018	http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2288.pdf	Kehityspolut
Tampereen yli- opisto	Aro, Kalle; Rautiainen, Antti; Talus, Kim; Pääkkö- nen, Anna; Aalto, Pami; Kojo, Matti; Rönkkö, Topi	Voiko raskas tieliikenne siirtyä biokaasuun?	2018	https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/104443/978-952-03-0879-7.pdf?sequence=1	Liikennebiokaasu
MMM	Rautio, Erkki	Biokaasua tankkiin - selvitys maatalouden liikennebiokaasun tuotannosta ja jakelusta	2018	https://mmm.fi/documents/1410837/5810863/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta/97ecbe1d-322d-4e4a-973f-81e38d540945/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta.pdf	Liikennebiokaasu ; Alueellinen bio- kaasupotentiaali

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Seppänen, Ari-Matti; Luostarinen, Sari; Pesonen, Liisa	Kierrätyslannoitus : Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa	2019	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544071	Kierrätyslannoitteet; jatkojalostus
LUKE	Rasi, Saija; Timonen, Karetta; Joensuu, Katri; Regina, Kristiina; Virkajärvi, Perttu; Pulkkinen, Hannele; Tampio, Elina; Pyykkönen, Ville; Luostarinen, Sari	Nurmi biokaasun raaka-aineena : RED II direktiivin mukainen kasvihuonekaasupäästöjen laskenta	2019	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544351	Kestävyysskriteerit; Tuet
LUKE	Luostarinen, Sari; Tampio, Elina; Niskanen, Olli; Koikkalainen, Kauko; Kauppila, Jussi; Valve, Helena; Salo, Tapio; Ylivainio, Kari	Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot	2019	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544244	Tuet; Lantabiokaasu
SYKE	Paavola, Teija; Lehtoranta, Suvi; Luostarinen, Sari; Akujärvi, Anu; Grönroos, Juha	Agrisymbiooseilla kohti kestävämpää sianlihantuotantoa	2019	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/308051	Symbioosi; Maatila-mittakaava
VTT	Söderena, Petri; Suomalainen, Marjut; Kajolinna, Tuula; Melin, Kristian	Biometaanin välivarastointi ja varastointi ajoneuvossa: Tulevaisuuden mahdollisuudet	2019	https://cris.vtt.fi/en/publications/biometaanin-v%C3%A4livarastointi-ja-varastointi-ajoneuvossa-tulevaisuu	Biokaasun varastointi
Envitecpolis Oy	Piirala, Joonas; Taavitsainen, Toni	AES-verkotot Hajautetun biokaasun tuotannon verkoston suunnittelu.	2019	https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2019/09/AES-verkotot-TP1.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali; Investoinnit; maatilojen yhteiset laitokset
Xamk	Saario, Tiina; Mörsky, Sami	Biokaasulaitosten monitorointi Suomessa ja ulkomailla	2019	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-226-9	Monitorointi
SeAMK	Laasasenaho, Kari; Lauhanen, Risto; Lensu, Anssi; Rintala, Jukka	Menikö metsään? – Maankäyttö- ja omistajuuskysymykset vaikeuttavat biomassojen optimaalista kuljetusta keskitetyissä biokaasulaitoksissa	2019	http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019121848831	Alueellinen biokaasupotentiaali; Logistiikka
VTT	Söderena, Petri; Suomalainen, Marjut; Kajolinna, Tuula; Melin, Kristian	Biometaanin välivarastointi ja varastointi ajoneuvossa: Tulevaisuuden mahdollisuudet	2019	https://cris.vtt.fi/files/26400504/Biometaanin_v_livarastointi_ja_varastointi_ajoneuvossa_Tulevaisuuden_mahdollisuudet.pdf	Kaasun säilöntä; Varastointi

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

VTT	Koponen, Kati; Sokka, Laura	REDII -direktiivi: Kasvihuonekaasupäästövähennemää koskevat kestävyyskriteerit: (päivitys raporttiin VTT-R-04453-17)	2019	https://cris.vtt.fi/files/26329817/REDII_raportti_p_ivi-tys_final.pdf	Tuet; Lantabiokaasu
Savonia	Pulkka, Eeva-Kaisa; Rantala, Teija; Antikainen, Sanna; Eskelinen, Pasi; Partanen, Jarkko	LANTA LIIKKEELLE JA RAVINTEET KIERTOON	2019	https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/261495/Ravinnerenki.pdf?sequence=1	Kierrätyslannoitteet; Biomassat
Pyhäjärvi-Instituutti	Maijala, Pekka; Kirkkala, Teija; Jori, Marko	Satakunnan bio- ja kiertotalouden kasvuhjelma, Osahanke: Kiertotalouden symbioosien mallin luominen biokaasulaitosten ympärille loppuraportti.	2019	https://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/bkkasvu/loppuraportti%20final.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali
Helsingin yliopisto	Helenius, Juha; Unbohn, Mari	HYKERRYKES—HYVÄN SADON KIERRÄTYSLANNOITUS-HANKE 2016-2019 LOPPURAPORTTI	2019	https://blogs.helsinki.fi/hykerrykkes-hanke/files/2021/03/HYKERRYKES-hankkeen-loppuraportti-2019-1-1.pdf	Kierrätyslannoitteet
Envitecpolis Oy	Envitecpolis Oy	Keskitetyn biokaasulaitoksen alustavat kannattavuustarkastelut -Kierre Hanke	2019	http://siilinjarvi.oncloudos.com/kokous/20193498-1-3.PDF	Alueellinen biokaasupotentiaali; maatilojen yhteiset laitokset
Hankejulkaisu	Hallenberg, T. (toim.)	Positiivisessa kiertteessä Pohjois-Savossa	2019	https://navitas.fi/kierre	Kiertotalous; Kunta
Savonia	Valve, Helena; Lukkarinen, Jani; Matikka, Ville; Auvinen, Harri; Lähteenoja, Satu; Mattila, Tatu	Kohti kestävän sinisen biotalouden murrosta pohjois-savossa	2019	https://www.theseus.fi/handle/10024/302952	Lantabiokaasu; Ravinteiden kierrätys
LUKE	Timonen, Karetta; Ervasti, Satu; Salo, Tapio; Katajuuri, Juha-Matti; Rasi, Saija	Kierrätyslannoitevalmisteiden ilmastopäästöt : tapaus Demotekdas	2020	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545917	Kierrätyslannoitteet; ilmastopäästöt

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

LUKE	Ruuttunen, Pentti; Kapuinen, Petri	Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa : Glyfosaatin ja muiden rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö tankkiseoksena ammoniumsulfaatin kanssa – Nesteravinne -hankkeen loppuraportti	2020	https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545633	Kierrätyslannoitteet; kasvinsuojelu
SYKE	Horn, Susanna; Seppänen, Ari-Matti; Winquist, Erika; Lehtoranta, Suvi; Luostarinen, Sari	Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuudet – vaihtoehtojen ilmastovaikutukset ja taloudellisuus	2020	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/321266	Jatkojalostus; Kannattavuus; Ilmastovaikutukset
Centria	Mwacharo, Fiona; Bhandar, Suraj; Othman, Ahmed; Rautio, Anne-Riikka	Biogas drying and purification methods	2020	https://www.theseus.fi/handle/10024/356234	Biokaasun jalostus
Centria	Jääskeläinen, Kari	Naudan lietalannan biokaasupotentiaali ja ravinnetarkastelu – Kannus, Lestijärvi ja Toholampi	2020	http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020052739357	Alueellinen biokaasupotentiaali
Ympäristöministeriö	Seppänen, Ari-Matti; Koppelmäki, Kari; Kujala, Susanna; Virkkunen, Elina; Winquist, Erika; Helenius, Juha	Agroekologisten symbioosien verkostot. Loppuraportti RAKI II-ohjelman (Ympäristöministeriö) hankkeesta.	2020	https://blogs.helsinki.fi/palopuronsymbioosi/files/2020/06/AES-Verkostot-loppuraportti-2020.pdf	Kuivamädätys; Symbioosit
Xamk	Saario, Tiina; Soininen, Hanne	Gasopti – Kaasujen hallinnan älykkäät sovellukset biojalostamo- ja vesiprosesseissa	2020	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-344-251-1	Optimointi; Syöte seokset
VTT	Söderena, Petri; Melin, Kristian; Pettinen, Rasmus	BioMet2020 project final report	2020	https://cris.vtt.fi/files/43693446/BioMet2020_Project_Final_Report.pdf	Kaasun jalostus
Karelia AMK	Huttunen, Markku; Kokkonen, Anssi; Kilpeläinen, Juha	Ohjeistus testattujen kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle	2020	http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-307-6	kierrätyslannoitteet
Pyhäjärvi-Instituutti	Priztech Oy ja Pyhäjärvi-instituutti	Satakunnan biokaasulaitokset osana tehokasta ravinteiden kierrätystä	2020	https://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/bioraki/satakunnan-biokaasulaitokset-osana-tehokasta-ravinteiden-kierratysta-2020.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2021

HAMK	Kymäläinen, Maritta; Suojala-Ahlfors, Terhi	Puutarhatuotannon kasvisperäiset sivuvirrat hyödyksi : Puutarhatuotannon uusi kiertotalous - hankkeessa kertyneitä tuloksia ja kokemuksia	2020	http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-824-4	Puutarhabiomassa
Oamk	Oulun ammattikorkeakoulu	BIOKAASUA! : Käsikirja kaasukäyttöisten ajoneuvojen hankinnan ja käytön tueksi	2020	http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-597-196-8	Kaasuajoneuvot
Oamk	Oulun ammattikorkeakoulu	KAASUKÄYTTÖISEN KALUSTON TEKNISTALOUELLISET HANKINTA- JA MUUNNOSMAHDOLLISUUDET	2020	https://circvol.fi/wp-content/uploads/2020/05/Kaasuk%C3%A4ytt%C3%B6inen-kalusto.pdf	Kaasuajoneuvot; raskasliikenne
HAMK	Nummela, Jarkko; Kymäläinen, Maritta; Kivimäki, Satu; Malin, Riina; Pihlanto, Anne; Nurmi, Markus; Marnila; Pertti; Taskila, Sanna; Sotaniemi, Ville-Hermanni, Ahola, Juha	Alueellinen biokierto malli ravinekierrätyksen tehostamiseksi – BioKierto	2020	https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2020/09/BioKierto_loppuraportti_2020.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali; Symbioosi
SYKE	Lehtoranta, Suvi; Malila, Riikka; Fjäder, Päivi; Laukka, Vuokko; Mustajoki, Jyri; Äystö, Lauri	Jätevesien ravinteet kiertoon turvallisesti ja tehokkaasti	2021	https://helda.helsinki.fi/handle/10138/328632	Jäteveden puhdistus; jatkojalostus
Keski-Suomen liitto	Envitecpolis Oy	Biokaasun nykytilaselvitys Keski-Suomessa	2021	https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/sites/3/2021/02/2021-02-01-Keski-Suomen-Liitto-Nykytilaselvitys.pdf	Alueellinen biokaasupotentiaali; maatalojen yhteiset laitokset
Savogrow	Kehitysyhtiö SavoGrow Oy	Biokaasulla liikkeelle -selvityshanke	2021	http://www.savogrow.fi/files/1061/Biokaasuhanke-suunnitelma_2020_a.pdf	Biokaasuverkosto; Markkinat



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000