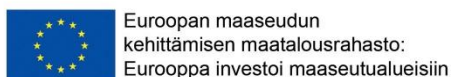


Biokaasulaitoksesta ravinteita, energiaa ja elinkeinotoimintaa maaseudulle

BioRaEE-hanke

Loppuraportti

Susanna Horn, Ari-Matti Seppänen, Erika Winqvist, Anssi Kokkonen, Mika Juvonen, Janna Vänskä



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

Sisällys

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Toteuttajan nimi | 3 |
| 2 | Hankkeen nimi ja hanketunnus | 3 |
| 3 | Yhteenveto | 3 |
| 4 | Raportti | 3 |
| 4.1 | Hankkeen tavoitteet | 4 |
| 4.1.1 | Ylemmän tason tavoitteet..... | 4 |
| 4.1.2 | Projektin tavoitteet..... | 4 |
| 4.2 | Toteutus | 4 |
| 4.2.1 | Toimenpiteet..... | 5 |
| 4.2.2 | Aikataulu..... | 5 |
| 4.2.3 | Toteutuksen organisaatio | 6 |
| 4.2.4 | Kustannukset ja rahoitus | 7 |
| 4.2.5 | Raportointi ja seuranta | 7 |
| 4.2.6 | Toteutusolelutukset ja riskit..... | 7 |
| 4.3 | Yhteistyökumppanit..... | 7 |
| 4.4 | Projektin tulokset..... | 8 |
| 4.4.1 | Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet..... | 8 |
| 4.4.2 | Työpaketti 2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot | 9 |
| 4.4.3 | Työpaketti 3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset | 10 |
| 4.4.4 | Työpaketti 3: Tiedon jakaminen | 12 |
| 5 | Esitykset jatkotoimenpiteiksi | 12 |
| 6 | Allekirjoitukset ja päivämäärä | 13 |
| | Lähteet | 14 |

1 Toteuttajan nimi

Hankkeen päätoteuttajana toimi Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja osatoteuttajina Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia ammattikorkeakoulu ja BioKymppi Oy. Lisäksi hankkeessa hyödynnettiin BioKymppin kautta Koivikon Kartano Oy:n ja Luukkaisen puutarha Oy:n kasvatusmaita.

2 Hankkeen nimi ja hanketunnus

Biokaasulaitoksesta ravinteita, energiaa ja elinkeinotoimintaa maaseudulle (BioRaEE)
Hankenumero: 33535.

3 Yhteenveto

Biokaasun ja sen sivuvirrasta tuotetun kierrätyslannoitteen tuotanto ovat muodostumassa tärkeäksi osaksi suomalaista energian- ja ruoantuotantojärjestelmää. Biokaasun avulla on mahdollista vähentää tehokkaasti energiajärjestelmämme kasvihuonekaasupäästöjä ja täten myötävaikuttaa kansallisiin ilmastotavoitteisiimme pääsyä. Biokaasun tuotannon sivuvirrasta, eli mädätysjäännöksestä tuotettujen kierrätyslannoitteiden avulla voidaan välttää perinteisten mineraalilannoitteiden tuotannon vaatimia uusiutumattomien raaka-aineiden tai muiden tuotantoresurssien käyttöä sekä parantaa maaseudun omavaraisuutta ja maankäytön tehokkuutta. Biokaasun ja siihen liittyvä kierrätyslannoitteen tuotanto voi toimivana kokonaisuutena parantaa maaseutualueiden energiaomavaraisuutta, maatalouden huoltovarmuutta ja kestävää kehitystä. Kestävyyden takaamiseksi on olennaista hyödyntää sekä energia että ravinteet tehokkaasti. Maatilat ja puutarhat hyödyntäisivät mielellään kierrätysravinteita, mutta niiden on oltava toimivia, turvallisia ja helposti kuljetettavia yleistyäkseen laajempaan jakeluun. Kierrätyslannoitemarkkinoiden vakiinnuttamiseksi tuleekin ymmärtää viljelijöiden tarpeet monipuolisemmin.

BioRaEE-hankkeessa on tutkittu kierrätyslannoitteiden tuotantoon ja käyttöön liittyvää kokonaisuutta; mitkä ovat viljelijöiden odotukset, kuinka ne toimivat käytännössä ja mikä on kokonaisuuden taloudellinen ja ympäristöllinen kestävyys. Tätä kokonaisuutta tarkasteltaessa on otettu huomioon, että kierrätyslannoitteita voidaan tuottaa useiden eri teknologioiden avulla ja hyödyntää eri jalostusasteisina. Biokaasuprosessin mädätysjäännös ei sellaisenaan jatkojalostamatta ole käyttökelpoisimmillaan viljelijän tarpeiden kannalta. Ravinnesuhteet eivät usein ole optimaaliset ja jäännös on laimeaa. Vaihtoehtona on jatkojalostus, eli konsentointi, jolloin mädätysjäännöksestä saa väkevämmän, tasalaatuisemman ja helpommin kuljetettavan kierrätyslannoitteen. Biokaasun tuottajilla on kuitenkin ollut haasteena löytää jatkojalostukseen toimivia ja kannattavia teknologioita. Hankkeessa on tehty laboratoriomittakaavan testejä erilaisista jalostusteknologioista ja -prosesseista. Hankkeessa on arvioitu mädätysjäännöksen nestejakeen sekä siitä jalostetun lannoitekonsentraatin taloudellinen ja ympäristöllinen kannattavuus käyttäen esimerkkinä Kiteellä sijaitsevaa BioKymppi Oy:n biokaasulaitosta. Laadun osalta on lisäksi arvioitu, miten jalostamattomat ja jalostetut kierrätyslannoitteet vaikuttavat kasvustoon. Käyttöä helpottaakseen on hankkeessa myös laadittu ohjeistus kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle.

4 Raportti

4.1 Hankkeen tavoitteet

4.1.1 Ylemmän tason tavoitteet

EIP AGRI on uusi tapa edesauttaa innovaatioiden syntyä maa- ja metsätalouden aloilla Euroopassa, eli tukea yhteistyötä ja tiedon ja kokemusten jakamista koko tuotantoketjulle ja tiedeyhteisölle innovatiivisten ratkaisujen kehittämiseksi ja välittömästi käyttöön soveltuvien tutkimustulosten tuottamiseksi. BioRaEE-hanke on osa EIP-verkoston tavoitetta tuottaa tietoa kierrätyslannoitteista ja parantaa kilpailukykyämme. Hankkeella on pyritty edistämään maatalouden tuottavuutta, tehokkuutta ja kestävyyttä, sillä tarkoituksena on ollut tuotteistaa toimivia kierrätyslannoitteita ja löytää parhaat ratkaisut niiden käyttöön. Lyhyet toimitusketjut ja paikalliset markkinat mahdollistuvat, kun ravinteiden tuottaja ja käyttäjät löytyvät samasta maakunnasta.

Eurooppalaisten tavoitteiden lisäksi on hanke tukenut myös kansallisia tavoitteita. Ravinteiden kierrätystä sekä biokaasun tuotantoa ja kulutusta pyritään määrätietoisesti lisäämään Suomessa hallituksen toimesta. Sekä kierrätysravinteet että biokaasu linkittyvät vahvasti toisiinsa ja niiden nähdään olevan osa kestävästä energia- ja ruokajärjestelmästä. Ravinteiden kierrätyksestä ja biokaasusta on tehty kansalliset toimenpideohjelmat, jotka tukevat Suomen elinvoiman kehittämistä ja ilmastotavoitteisiin pääsemistä (Ravinteiden kierrätyksen seurantaryhmä, 2019; TEM, 2020). BioRaEE-hankkeen avulla on lisätty osaamista biokaasulaitoksen mädätysjäätännöksen tuotteistamisesta, lannan käytön ja ravinteiden kierrätyksen osalta. Näin edistetään sivuvirtojen ja jätteiden uudenlaista käsittelyä, monialaisten maatilojen kehittymistä ja maaseutualueiden talouden monipuolistamista.

4.1.2 Projektin tavoitteet

BioRaEE-hankkeen päätavoite oli kehittää yhdessä viljelijöiden kanssa heidän tarpeidensa mukaisia, turvallisia ja tehokkaita kierrätyslannoitteita maatalouden ja muiden sektoreiden orgaanisista jätteistä ja sivutuotteista. Tarkoituksena oli testata erilaisia kierrätyslannoitteita ja varmistaa niiden täyttävän lannoitevalmisteille olennaiset kriteerit, kuten tasalaatuisuus, käyttökelpoisuus kasveille ja toimivat levitystavat. Hankkeen tavoitteisiin kuului tärkeänä osana myös varmistaa testatun toiminnan ympäristöystävällisyys ja taloudellinen kannattavuus verrattuna nykyisiin käytettäviin lannoitteisiin tai siihen, ettei mädätysjäätännöstä jatkojalosteta. Hankkeen avulla pystyttiin lisäämään tietoisuutta myös kierrätysravinteiden käytön tehokkuudesta sekä siitä, miten parhaiten ohjeistetaan viljelijöitä näiden käyttöön. Tämä osaltaan edistää myös jatkossa monialaisten maatilojen kehittymistä ja maaseutualueiden talouden monipuolistamista.

Hankkeen tavoitteena oli myös edistää suomalaista ravinnekierrätyksen osaamista ja jakaa sitä Suomessa sekä muualle Eurooppaan, luoda biokaasu- ja ravinnekierrätysalan osaajien verkostoja ja täten saada suomalaiselle ravinne- ja kiertotalousosaamiselle näkyvyyttä kansallisesti ja kansainvälisesti.

Hankkeessa vastattiin mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Millaisia odotuksia viljelijöillä on uusien kierrätyslannoitteiden laadun ja käytettävyyden suhteen?
- Kuinka uudet kierrätyslannoitteet toimivat käytännössä?
- Mikä on biokaasuprosessin ja mädätysjäätännöksen jatkojalostamiseen pohjautuvan toimintakonseptin kannattavuus ja vaikutus ympäristöön verrattuna mineraalilannoitteiden ja/tai mädätysjäätännöksen käyttöön?

4.2 Toteutus

4.2.1 Toimenpiteet

Hanke toteutettiin projektipartnereiden yhteistyönä neljän eri työpaketin toimenpiteiden kautta.

Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden tarve ja jalostuksen mahdollisuudet

- Selvitys viljelijöiden toiveista ja tarpeista kierrätyslannoitteille, erityisesti liittyen kuljetuksiin, levitykseen, saatavuuteen ja käytettävyyteen.
- Selvitys jalostusteknologioiden kehittämisen tilanteesta ja käytännön kokemuksista, kierrätyslannoitteiden tuotannon ja käytön haasteista ja mahdollisuuksista.
- Kierrätyslannoitteiden käyttösuositukset.
- Tyyppinimen selvitys lannoitevalmistelakiin.

Työpaketti 2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot

- Peltokokeisiin perustuva selvitys konsentraatin lannoitusvaikutuksesta verrattuna muihin kaupallisiin lannoitteisiin
- Kasvihuonekokeisiin perustuva selvitys konsentraatin soveltuvuudesta lannoituksessa
- Ohjeistus lopputuotteiden käsittelylle ja käytölle

Työpaketti 3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset

- Kierrätyslannoitteiden ilmastotarkastelu, jossa arvioidaan mädätysjäännöksen jalostuksen ja lopputuotteiden hyödyntämisen ilmastovaikutuksia verrattuna nykytoimintaan ja mineraalilannoitteisiin
- Kierrätyslannoitteiden kannattavuustarkastelu, jossa arvioidaan jäännöksen jalostuksen ja lopputuotteiden hyödyntämisen kannattavuutta verrattuna nykytoimintaan
- Suodatuskokeet, joiden avulla määritellään erilaisten suodatusteknologioiden erotustehokkuus

Työpaketti 4: Tiedon jakaminen

- Aloitus-, väli- ja loppuseminaari
- Hankkeen nettisivut
- Blogikirjoituksia sopiviin foorumeihin/hankkeen nettisivuille
- Vierailut kotimaassa ja/tai ulkomailla
- Kooste tuloksista EIP AGRI-verkoston
- Biokaasuretki, jossa verkostoidutaan alan toimijoiden kesken, nähdään uusia kehityssuuntia ja käytännön implementointia

4.2.2 Aikataulu

Hankkeen kesto oli 3,5 vuotta ja hanke toteutettiin ajalla 1.2.2017–31.5.2020. Hankkeelle myönnettiin vuonna 2019 puolen vuoden jatko aika (alun perin hankkeen oli suunniteltu loppuvan 30.11.2019).

Vuosi 2017

- Hankkeen alussa pidettiin aloitusseminaari ja tiedotettiin hankkeesta Suomessa ja EIP AGRI-verkostossa (TP4)
- Verkoston kokoaminen aloitettiin hankkeen alkaessa ja yhteyttä oli suunniteltu pidettävän verkostoon ja sidosryhmiin koko hankkeen ajan (TP4)
- Hankkeen nettisivut perustettiin (TP4); Viljelijöiden toiveet ja tarpeet kierrätyslannoitteille selvitettiin kyselytutkimuksella (TP1)

- Tiedonkeruu vaihtoehtoisista biokaasulaitoksen jäännöksen jatkojalostusmenetelmistä (TP3)

Vuosi 2018

- Ensimmäisen vuoden lannoituskokeet (TP2)
- Työpaketin 3 tiedonkeruu ympäristö- ja talousvaikutusten arviointiin jatkuu ja analysointi alkaa (TP3)

Vuosi 2019

- Toisen vuoden lannoituskokeet jatkuvat (TP2)
- Kierrätyslannoitus-opas valmis (TP1)
- Suodatuskokeet kierrätyslannoitteen optimaalisesti tuotantoprosessista (TP3) - Biokaasuretki (TP4)

Vuosi 2020

- Hankkeen loppuseminaari (TP4)
- Ohjeistus kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle (TP2)
- Ympäristö- ja kannattavuusarviointit valmiina (TP3)
- Suodatuskokeet valmiina (TP3)
- Tietopaketti julkaistaan EIP AGRI –verkostossa (TP4)

4.2.3 Toteutuksen organisaatio

Hanketta ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskuksen lisäksi Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia-ammattikorkeakoulu, BioKymppi Oy, maatila Koivikon Kartano Oy ja Luukkaisen Puutarha Oy.

Suomen ympäristökeskus ja Luonnonvarakeskus ovat tehneet vuosia yhteistyötä useissa eri hankkeissa, joissa on selvitetty maatalouden, teollisuuden ja yhdyskuntien eloperäisten jätteiden ja sivutuotteiden käsittelyn ja hyödyntämisen kehittämistä sekä erilaisten toimintatapojen vaikutuksia ympäristöön ja yhteiskuntaan. Tarkastelut ovat usein olleet alueellisia, minkä vuoksi SYKEllä ja Lukella on vahva käsitys ja kokemus alan toimintaympäristöstä Suomessa. Karelia-ammattikorkeakoulu on puolestaan keskeinen toimija Pohjois-Karjalan maaseudun ja yritystoiminnan kehittämistyössä, ja sillä on pitkä kokemus mm. erilaisista kasvatuskokeista niin metsä- kuin agrobiotalouden saralla. Organisaatioilla on myös laaja kontaktiverkosto kansallisiin ja kansainvälisiin sidosryhmiin, kuten viranomaisiin, muihin tutkimuslaitoksiin, alan yrityksiin, viljelijöihin ja muihin toiminnanharjoittajiin. Hankkeeseen osallistuvat yritykset ovat tuoneet mukaan paikallistuntemuksensa ja verkostonsa. Valittuja menetelmiä testattiin BioKymppi Oy:n täyden mittakaavan biokaasulaitoksen yhteydessä. Laitetoimittajina olivat Doranova Oy yhdessä päämiehensä Landco S.A:n kanssa. Landco S.A. on luxemburgilainen cleantech-yritys, joka on erikoistunut biokaasun tuotantolaitoksiin ja mädätysjäännöksen jatkojalostukseen. Viljelykokeita tehtiin mm. maatila Koivikon Kartano Oy:llä, joka toi hankkeeseen mukaan lannoitetuotteiden loppukäyttäjän näkemyksen ja tarpeet, käytännön kokemuksensa maanviljelyksestä sekä testipellot. Luukkaisen Puutarha Oy on Pohjois-Karjalan suurin kurkun tuottaja, jolla on puutarhaviljelystä yli kolmenkymmenen vuoden kokemus.

Hankkeelle perustettiin vuonna 2017 ohjausryhmä, joka on ohjannut sen toteuttamista ja suunnitelman mukaista etenemistä alusta lähtien. Ohjausryhmään kuuluivat Ville Kuittinen (Karelia), Mika Juvonen (BioKymppi), Kimmo Silvo, pj. (SYKE), Marja Pulkkinen (ProAgria), Saija Rasi (LUKE), Pekka Partanen (viljelijäedustaja, Koivikon Kartano), Sampo Rauma (viljelijäedustaja, Tokki) ja Lassi Hurskainen (ELY).

4.2.4 Kustannukset ja rahoitus

⇒ tähän päivitetään hankkeen loputtua lopullinen kustannuskertymä

4.2.5 Raportointi ja seuranta

Projektin etenemistä on raportoitu projektin ohjausryhmälle 1-3 kertaa vuodessa. Hankkeen toteutumista on raportoitu vuosittain myös rahoittajalle tehtävän kustannus- ja toimintaraportin avulla. Lisäksi, hankkeen sisällöllistä toteutumista on voitu arvioida seuraamalla hankkeen julkaisuja, hankkeen omaa Internet-sivustoa sekä hankkeen seminaarien kautta.

4.2.6 Toteutusolelutukset ja riskit

- 1) Hankkeen toteutukseen liittyi sen sisarhankkeen (Biokaasulaitoksen lietteistä konsentroituja lannoitteita/BioRaKi-hankkeen) toteutumiseen liittyviä riskejä. BioRaKi-hankkeella on ollut tarkoitus rahoittaa mädätysjäätännöksen jalostaminen konsentraatiksi. Hallitukseen tätä riskiä sitoutui BioKymppi vuokraamaan laitteiston muulla rahoituksella ja valmistamaan konsentraattia hankkeessa tarvittavan määrän, mikäli BioRaKi-hanke ei olisi saanut rahoitusta ELY-keskuksesta.
- 2) Hankkeen viljelykokeisiin liittyi riskejä. Viljelykokeita on samalla konseptilla tehty jo useita kertoja, joten riskien viljelykokeiden epäonnistumisista ei uskottu olevan isoja. Peltolohkot valittiin siten, ettei niissä ole tulva- eikä poutimiriskiä. Hankkeen aikana todettiin, että peltokokeita ei pystytty viemään läpi alun pitäen sovitulla Koivikon Kartanon mailla. Tämä johtui siitä, että osa pellostasta olisi pitänyt vertailun mahdollistamiseksi lannoittaa mineraalilannoitteilla, mikä ei luomuviljelijälle olisi ollut mahdollista. Asia ratkaistiin vuokraamalla peltoja lähimailta.
- 3) Hankkeeseen liittyi selvitysten lähtötietojen puutteellisuudesta johtuvia riskejä. Jalostusteknologioiden kehittämisen tilanteesta ja käytännön kokemuksista teknologian käytön osalta oli varsin vähän tietoja käytettävissä. Tämän takia tietojen puutetta kompensoitiin varsin mittavasti Luken koelaboratoriossa. Lisäksi ympäristövaikutusten ja kannattavuuden arviointiin tarvittiin prosessiin ja arvoketjuihin liittyvää tietoa, jota haettiin BioKymppin prosessiasiantuntijoilta pienemmän mittakaavan toiminnasta, joka skaalattiin suuremman mittakaavan toimintaa vastaavaksi.
- 4) Hankkeeseen liittyi tiedonjakamisen epäonnistumisen riski, niin kuin kaikkiin tämän tyyppisiin projekteihin. Hankkeen mukaiset verkostoitumis- ja tiedotustilaisuudet järjestettiin kuitenkin alkuperäisen suunnitelman mukaan ja hankkeesta päästiin tiedottamaan hyvin monen eri verkoston kautta.

4.3 Yhteistyökumppanit

Hankkeen hakijana ja vastuullisena toteuttajatahona toimi Suomen ympäristökeskus (SYKE). Hanketta toteuttivat lisäksi Luonnonvarakeskus (Luke), Karelia-ammattikorkeakoulu (Karelia amk), BioKymppi Oy, Luukkaisen Puutarha Oy sekä maatila Koivikon Kartano Oy.

SYKE on valtion tutkimus- ja asiantuntijalaitos, joka tarjoaa yhteiskunnan kestävä kehityksen kannalta tarpeellista tietoa, osaamista ja palvelua. SYKE on osa valtion ympäristöhallintoa, ja se toimii pääosin ympäristöministeriön, mutta vesivaroihin liittyen maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. LUONNONVARAKESKUS (Luke) on tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka tuottaa tietoon perustuvia ratkaisumalleja ja palveluita asiakkailleen, avaa mahdollisuuksia uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvalla

elinkeinotoiminnalle sekä tukee yhteiskunnan päätöksentekoa. Se toimii maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa. KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU (Karelia-amk) tarjoaa korkeakoulututkintoon johtavaa koulutusta nuorille ja aikuisille ja osallistuu aktiivisesti aluekehitystyöhön sekä tutkimus- ja kehittämistoimintaan. Strategisia painoaloja ovat kestävästi energiatarvikkeiden ja materiaalien, sekä uusiutuvat hyvinvointipalvelut. BOKYMPPI OY kierrättää Itä-Suomen alueelta kerättyjä biojätteitä ja lietteitä energiaksi ja kierrätyslannoitteiksi myös luomutuotantoon ainoana laitoksena Suomessa. Prosessissa syntyvällä biokaasulla sekä Kiteen suljetun kaatopaikan kaasulla tuotetaan lämpöä Kiteen Lämmön kaukolämpöverkkoon. BioKymppi valmisti pelto- ja kasvihuoneviljelykokeisiin tarvittavat kierrätyslannoitteet. KOIVIKON KARTANO OY on Kiteellä toimiva maidontuotantoon erikoistunut maatila. Hankkeessa oli tavoitteena toteuttaa kenttäkokeet Koivikon Kartanon pelloilla, jotka olivat luomutuotannossa. Hankkeen koeasetelmassa oli tarpeen verrata kierrätyslannoitteita väkilannoitteisiin, joten viljelykokeet siirrettiin toisen omistajan pellolle.

Organisaatioilla on myös laaja kontaktiverkosto kansallisiin ja kansainvälisiin sidosryhmiin, kuten viranomaisiin, muihin tutkimuslaitoksiin, alan yrityksiin, viljelijöihin ja muihin toiminnanharjoittajiin. Verkostoja on hyödynnetty tässä hankkeessa ennen kaikkea tarkasteltavien teknisten vaihtoehtojen ominaisuuksien, toimivuuden ja käyttöönoton vaikutusten arvioinnissa ja tuoreimman, vielä julkaisemattoman tiedon saamisessa hankkeen käyttöön. Tuore käytännön tieto tarkasteltavien tekniikoiden käytännön toimivuudesta on oleellisen tärkeää, kun arvioidaan niiden vaikutuksia ja sovellettavuutta aluetarkasteluja laajemmin.

4.4 Projektin tulokset

4.4.1 Työpaketti 1: Kierrätyslannoitteiden käytön reunaehdot ja jalostuksen mahdollisuudet

Työpaketin tavoitteena oli kerätä ja koostaa tietoa mädätysjäätännöksen jatkojalostuksen tilasta sekä selvittää onko kierrätyslannoitteiden markkinoilla mahdollisesti pullonkauloja. Tietoa kerättiin kyselytutkimusten ja kirjallisuuden avulla. Tulokset julkaistiin Luken ja SYKEN julkaisusarjoissa.

Työpaketissa selvitettiin ruoantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista (Myllyviita ja Rintamäki, 2018). Selvitys tehtiin ruoantuottajille suunnatun kyselyn avulla, johon saatiin 649 vastausta ympäri Suomea. Kyselyn tulosten perusteella ruoantuottajat suhtautuivat kierrätyslannoitteiden käyttöön myönteisesti ja olisivat halukkaita lisäämään niiden käyttöä. Erityisesti luomutuottajat olivat kiinnostuneita kierrätyslannoitteiden käytön lisäämisestä. Niiden uskottiin parantavan maan laatua ja rakennetta välilannoitteisiin verrattuna ja edistävän maan kasvukuntoa ja sadontuottokykyä. Kierrätyslannoitteiden arvioitiin myös toimivan hyvin mineraalilannoitteen kanssa rinnakkain. Vastaajat mainitsivat kierrätyslannoitteiden hinnan olevan olennainen kierrätyslannoitteiden käyttöä edistävä tekijä, eli tarpeeksi kilpailukykyinen hinta mahdollistaisi suuremman käytön. Vaikka vastaajat suhtautuivat kierrätyslannoitteiden käyttöön myönteisesti, arvioitiin, että niistä tarvitaan lisää tietoa, mm. käytön ja suunnittelun helppoudesta sekä lääkejäämäpitoisuuksista. Lisäksi suurin osa vastaajista oli sitä mieltä, että viljelijän kierrätyslannoitteiden käyttöä tulisi tukea, esim. käyttöopastuksella tai rahallisen tuen avulla.

Vastaavasti myös kierrätyslannoitteiden valmistajille toteutettiin kysely yhteistyössä MaRaHyöty II (Maatalouden ravinteet hyötykäyttöön)-hankkeen kanssa (Tampio ym. 2018). Kysely lähetettiin 65 jätteenkäsittelylaitokselle, jotka ottivat vastaan jätevesilietettä, erilliskerättyä biojätettä, elintarviketeollisuuden sivuvirtoja sekä metsäteollisuuden sivuvirtoja ja peltobiomassoja. Mukana oli biokaasu- ja kompostointilaitoksia sekä muita

kierrätyslannoitevalmisteita tuottavia yrityksiä. Kyselyyn vastasi 26 kierrätyslannoitteiden valmistajaa, joista 16 käytti prosessiketjussaan biokaasutuotantoa.

Ruoantuottajien ja kierrätyslannoitteiden valmistajien kyselyvastauksia verrattiin keskenään ja tuloksia verrattiin EIP AGRI-ryhmän vastaaviin selvityksiin (Seppänen ym. 2018). Viljelijöiden ja laitostoimijoiden vastauksista kyselyihin erottui selkeitä ristiriitoja. Niistä puolestaan muodostuu pullonkauloja, jotka rajoittavat mädätysjäännösperäisten kierrätyslannoitteiden markkinoiden kehittymistä ja jäännöksen jalostamisen yleistymistä. Keskeisimpiä haasteita olivat lannoitteen olomuoto, ravinnesuhteet, varastoitavuus, raaka-aineet, hinta, tunnettavuus ja osaaminen. Molempien osapuolien vastauksissa oli havaittavissa halua pysyä nykyisissä toimissa sen sijaan, että omaa toimintaa oltaisiin valmiita kehittämään. Mädätysjäännöstä jalostetaan harvassa suomalaisessa laitoksessa, eivätkä valmistajat yleensä kiinnitä huomiota lopputuotteen ravinnekoostumukseen. Myös kiinnostus jatkojalostukseen oli rajallinen. Valmistajat näkivät lopputuotteensa nykyhetkessä jalostusasteessaan kilpailukykyisenä väkilannoitteille ja vain kolmannes vastanneista näki tarvetta räätälöidä tuotettaan asiakkaidensa tarpeeseen. Haasteeksi tässä muodostuu se, että mikäli lopputuotteet eivät vastaa käyttäjiensä tarpeita, ei niille toimivia ja kannattavia markkinoita muodostu. EIP AGRI-ryhmän saamat vastaukset olivat vastaavanlaisia. Viljelijät näkevät kierrätyslannoitteiden hinnan keskeiseksi pullonkaulaksi ja laitostoimijat eivät näe tuotteiden kehittämislle markkinapotentiaalia. Näiden pullonkaulojen ratkaisumalleja etsittiin mm. kansainvälisestä kirjallisuudesta.

Viljelijäkyselyssä esiin nousseen selkeän kysynnän myötä työpaketissa päädyttiin myös koostamaan opas kierrätyslannoitteiden käyttäjälle (Seppänen ym. 2019). Oppaan toteutukseen työpaketti löysi yhteistyötahokseen MaRaHyöty II -hankkeen, joka tarjoutui maksamaan oppaan julkaisun graafikon työt ja painotyön. Julkaisun yhteydessä toteutettiin jakelutempaus, jossa painettu opas lähetettiin 320 maatalousneuvojalle, 42 oppilaitokseen ja 69 kierrätyslannoitevalmistajalle. Opasta jaettiin myös 400kpl Okra -maatalousmessuilla sekä 200kpl BSAG hiiliviljely -koulutustilaisuuksissa. Opas käännettiin myös ruotsiksi ja molemmat versiot julkaistiin verkossa.

4.4.2 Työpaketti 2: Kierrätyslannoitteiden käytön demonstraatiot

Työpaketin tavoitteina oli 1) arvioida valittujen kierrätysravinteiden käyttöä lannoitteina käytännön pelto- ja kasvihuonekokeina, eli lannoitevesikonsentraatin lannoitusvaikutuksen selvittäminen vaihtoehtoihin luomulannoitteisiin vertaamalla; 2) testata lannoitekonsentraatin levitysteknologiaa ja selvittää mahdollisia ongelmia käytännön levitystyössä; 3) selvittää sadon laatu- ja määrätekiijöitä lannoitekonsentraattia käytettäessä ja 4) laatia ohjeistus testattujen kierrätysravinteiden käsittelylle ja käytölle.

Testatut kierrätyslannoitteet valmistettiin BioKymppi Oy:n biokaasulaitoksella, jossa on kehitetty mädätysjäännöksestä separoidun nestejakeen kalvosuodatusta tuotantomittakaavassa. Yhteistyössä ovat olleet mukana Doranova Oy ja Landco S.A, joilta laitteisto vuokrattiin. Teknologian testauksesta vastasivat BioKymppi Oy ja Doranova Oy erillisessä BioRaKi -hankkeessa osana Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelmaa.

Kalvosuodatuksessa biokaasulaitoksen rejektiveden nestejakeesta voidaan jalostaa kiinteää struviittia (typpi-magnesium-fosfaatti) ja nestemäistä (typpi)konsentraattia. Prosessissa muodostuu puhdistettua vettä, joka voidaan hyödyntää laitoksessa prosessivetenä tai laskea luontoon (ympäristöluvasta riippuen). Kenttäkokeet tehtiin em. testeistä saaduilla nestemäisillä kierrätyslannoitteilla (konsentraatilla) yhteistyössä Luukkaisen Puutarha Oy:n ja Koivikon Kartano Oy:n kanssa. Struviitin tuotantoa ei lähdetty kehittämään, koska se katsottiin

rakeisena ja hitaana lannoitteena ominaisuuksiltaan kasvihuone- ja peltoviljelyyn sopimattomaksi. Koetoiminnasta vastasi Karelia-ammattikorkeakoulu.

Kenttäkokeissa seurattiin mädätysjäännöksen lannoitusvaikutusta tyypillisillä suomalaisilla viljelykasveilla (nurmet, kevätvehnä) ja kasvihuonekurkulla. Konsentroiduilla kierrätyslannoitteilla tehtiin kaksivuotiset nurmiviljelykokeet Kiteellä mv. Jari Toivosen hietapelloilla ja viljan osalta vain yhtenä vuonna (MTY Barck). Kurkkukokeista vastasi Luukkaisen Puutarha Oy Kiteellä.

Lannoituskokeet tehtiin v. 2018 kahdella peltolohkolla: toinen nurmella ja toinen rehuviljalla (kevätvehnä). Vuonna 2019 kokeet tehtiin vain nurmella. Kokeissa verrattiin naudan lietteen, mädätysjäännöslannoitteen ja lannoitekonsentraatin lannoitusvaikutuksia. Kokeet tehtiin peltomittakaavassa urakointikokoluokan koneilla ruutukokeena. Ruuduilla tehtiin kasvustohavaintoja pitkin kasvukautta, mm. tiheys- ja väriarviointeja sekä pituuskasvumittauksia. Laboratorioanalyysit ostettiin alihankkijalta (Eurofins Viljavuuspalvelu). Tarkemmat päätökset kokeiden yksityiskohdista tehtiin levitettävän lannoitevalmisteen olomuodon ja pitoisuuksien perusteella.

Tavoitteena konsentraatin lannoituksessa oli testata se kahdella typpitasolla (40 kg/ha ja 80 kg/ha) niin kuin väkilannoitekin. Levitystasaisuuden hallinnassa ilmeni jonkin verran laitteistoon liittyviä haasteita nurmella etenkin konsentraatin osalta, minkä vuoksi tavoiteltuja typpitasoja ei kokeissa täysin saavutettu.

Viljalla (kevätvehnä) tehdyissä lannoituskokeissa ei kokonaiskuiva-ainesatoihin saatu tilastollisesti merkitsevää eroa eri käsittelyjen välille. Huomionarvoista viljakokeissa oli, että lannoitteet tuottivat pienemmällä liukoisen typen tasolla tilastollisesti merkitsevästi enemmän kuiva-ainesatoa kuin suuremmalla liukoisen typen tasolla. Vuoden 2018 kokeiden perusteella nurmella konsentraatin lannoitusvaikutus oli yhtä hyvä tai jopa parempi kuin väkilannoitteella. Yhtenä syynä lienee ollut poikkeuksellisen kuiva kesä ja kuiva maa, joka hidasti väkilannoiterakeiden liukenemistä. Vuoden 2019 lannoituskokeissa väkilannoite tuotti nurmella tilastollisesti merkitsevästi suuremmat kuiva-ainesadot muihin koelannoitteisiin verrattuna. Syynä tähän lienee ollut sään suhteen tavanomaisempi kesä. Osasyynä olivat myös lannoitekonsentraatin laimeneminen varastointivaiheessa ja tästä johtuneet poikkeamat typen määrän tasoissa sekä levitystekniset haasteet.

4.4.3 Työpaketti 3: Vaihtoehtoisten toimintatapojen ympäristö- ja taloudelliset vaikutukset

Työpaketissa arvioitiin esimerkkilaitoksen mädätteen jatkojalostuksen ja muodostuvien kierrätysravinteiden hyödyntämisen vaihtoehtojen ympäristövaikutuksia soveltamalla elinkaariarviointiin (LCA) perustuvia menetelmiä. Lisäksi arvioitiin samoilla oletuksilla kierrätysravinteiden hyödyntämisen vaihtoehtojen kannattavuutta. Tapaustarkastelussa keskityttiin BioKymppi Oy:n tuotantolaitokseen Kiteellä, Pohjois-Karjalassa.

Tarkastelussa huomattiin, että nykyinen menettely, jolla kalvosuodatus on saatu Kiteellä toimimaan ongelmitta, ei ole yritystaloudellisesti kannattavaa. Nykyisessä tilanteessa laitoksen rejektivesi separoidaan ruuvipuristimella neste- ja kuivajakeeseen. Nestejäte johdetaan edelleen konsentroiduun kalvosuodatuslaitteistolle. Nestejäte on kuitenkin sisältänyt liikaa hienojakoista orgaanista ainesta, joka on tukkinut suodatuskalvot. Ongelman ratkaisemiseksi laitoksen rejektivesi on kuljetettu asiakastilojen lietealtoiin laskeutumaan, josta se on palautettu laitokselle 3kk jälkeen suodatettavaksi. Tällöin kuljetuskustannukset kasvavat ja konsentroitavat typpimäärät vähenevät haihtumisen vuoksi. Osana työpakettia päädyttiinkin etsimään ratkaisuja tehostaa prosessia Luken toimesta. Laboratoriokokeissa selvitettiin sekä separoinnin tehokkuuden parantamista eri menetelmin että kalvosuodatuksen

tehostamista kalvovalinnoin. Lupaavimpia tuloksia saatiin lisäämällä linkoseparointi osaksi prosessia.

Sekä ympäristö- että taloudellisessa tarkastelussa rajattiin biokaasun tuotanto arvioitavasta tuotantjärjestelmästä ulos, sillä vaikka biokaasun tuotanto on tärkeä osa myös kierrätysravinteiden tuotantoa, olisi taloudellisten ja ympäristövaikutusten allokointi näiden kahden eri hyödykkeen välillä ollut vaikea perustella. Jotta tämä päätös voitaisiin välttää, päätettiin jättää biokaasun tuotanto tarkastelun ulkopuolelle ajatuksella, että biokaasu tuotettaisiin joka tapauksessa ja ravinteiden jatkokäyttö toisi prosessille vain mahdollisia lisähyötyjä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kierrätysravinteiden tuotanto pystyttiin tekemään ilman raaka-ainekustannuksia, raaka-aineen tuotannon ei oletettu aiheuttavan lisäympäristövaikutuksia eikä lisäinvestointeja biokaasun tuotantoon tarvittu.

Osatehtävä 1: Ympäristötarkastelut

Elinkaariarvioinnissa vertailtiin kolmea eri lannoitevaihtoehtoa toisiinsa ympäristön kannalta: 1) mineraalilannoitteen käyttö; 2) mädätteen nestejakeen käyttö; 3) mädätteen nestejakeesta jalostetun lannoitekonsentraatin käyttö. Elinkaarivertailussa otettiin huomioon ravinteiden tuotanto ja peltokäyttö sekä näiden vaatimat kuljetukset. Näin ollen sisällytettiin laskentaan vain ravinteiden tuotannon vaatimat lisäprosessit. Mineraalilannoitteen osalta käytettiin globaalia teollisen tuotannon keskiarvoa (ecoinvent-tietokannasta). Ympäristövaikutusten laskennan osalta työ eteni neljässä eri vaiheessa: 1) tarkasteltavien järjestelmien kuvaukset ja toiminnallisen yksikön määrittely; 2) tietojen keruu tuotanto- ja käyttötiedoista (syötteet sekä päästöt/jätteet); 3) elinkaaristen ympäristövaikutusten laskenta tuotanto- ja käyttötiedoista; 4) tulosten laskenta.

Ympäristön kannalta kierrätyslannoitteet osoittautuivat näillä oletuksilla mineraalilannoitteita paremmiksi ravinteiden lähteeksi. Sen sijaan mädätteen nestejakeen ja konsentraatin käytön välillä ei ollut suurtakaan eroa. Mädätteen nestejakeelle laskettiin hiilijalanjäljeksi 9,3 kg CO₂eq/kg liuk N ja konsentraatille 8,9 kg CO₂eq/kg liuk N. Kaikista tärkein elinkaaren vaihe hiilijalanjäljen kannalta on suorat kasvihuonekaasupäästöt pellolta. Konsentraatin peltopäästöjen osuus on 69% koko elinkaaren aikaisista päästöistä, mädätteen nestejakeessa osuus on 77% ja mineraalilannoitteen käytössä osuus on 38%. Pellon suorat kasvihuonekaasupäästöt liittyvät levitetyn liukoisen typen määrään. Lisäksi tarkastelussa tehtiin herkkyysanalyysi kolmelle eri muuttujalle: käytetyn sähkön päästöille, kuljetusetäisyyksille sekä varaston tyyppille. Herkkyysanalyysin avulla voitiin todeta, että jos kierrätyslannoitteen kuljetusetäisyys on alle 30 km tuotantolaitokselta pellolle, on mädätteen nestejake parempi vaihtoehto, kun taas 30 km-370 km etäisyyksille konsentraatti on parempi vaihtoehto. Jos kuljetusetäisyydet ovat yli 370 km lannoitteen tuotantolaitokselta käyttökohteeseen, on ympäristön kannalta järkevintä käyttää mineraalilannoitetta. Lisäksi, jos kierrätyslannoitetuottaja ei pysty käyttämään omaa sähköä, vaan joutuu ostamaan esimerkiksi keskimääräistä suomalaista verkkosähköä (CO₂e-päästöt noin 184 g/kWh), tulee konsentraatin valmistuksesta hiili-intensiivisempää ja päästöt nousevat keskimäärin 17%. Varastoinnin osalta voidaan sanoa, että jos kierrätyslannoitetta varastoidaan avovarastossa, nousevat varastoinnin suorat päästöt n. 0,7 kg CO₂eq liukoista tyyppikiloa kohden, mikä kuitenkin kompensoituu lähes kokonaan suorissa peltopäästöissä. Suljetun varastoinnin tapauksessa jää enemmän liukoista typpeä kasvien käyttöön.

Osatehtävä 2: Kannattavuustarkastelut

Työpakedin 2 tulosten perusteella ravinnekonsentraatin valmistuksen kannattavuuden arvioinnissa lähdettiin liikkeelle oletuksesta, että ravinnekonsentraatti vastaa lannoitusominaisuuksiltaan mineraalilannoitteita ja että sen tasainen levitys onnistuu tätä varten kehitetyllä levityslaitteistolla. Näin ollen myös viljelijän maksuhalukkuuden oletettiin olevan samaa luokkaa mineraalilannoitteiden kanssa. Nykykäytännön mukaisesti BioKympin

oletettiin saavan tuloa ravinnekonentraatista sen ravinnepitoisuuksien mukaan: 1 €/kg liukoista ravinnetta (N, P, K) peltoon levitettyinä.

Ravinnekonentraatin valmistuksen kannattavuutta verrattiin nestejakeen valmistuksen kannattavuuteen. Valmistuksen oletettiin tuovan säästöjä tuotteen varastoinnissa, kuljetuksessa ja levityksessä. Kannattavuustarkastelussa nämä säästöt osoittautuivatkin merkittäviksi, mutta vastaavasti lisää kustannuksia aiheutui sähkön ja kemikaalien kulutuksesta, työstä, laitteiden huolloista ja korjauksista sekä laiteinvestoinneista. Tällä hetkellä keskimääräinen kuljetusetäisyys laitokselta pelloille on n. 50 km. Kuljetusetäisyyden tulisi olla vähintään 80 km, jotta ravinnekonentraatin valmistus olisi kannattavaa. Myös prosessissa on kuitenkin vielä paljon parannettavaa. Merkittävimmät parannukset saavutettaisiin tehostamalla mädätteen separointia neste- ja kuivajakeeseen sekä nestejakeen kalvosuodatuksen ravinteiden erotustehokkuuden parantaminen. Näillä toimilla olisi mahdollista nostaa etenkin ravinnekonentraatin typpipitoisuutta ja siten tuotteesta saatavaa hintaa.

4.4.4 Työpaketti 3: Tiedon jakaminen

Työpaketissa 4 tiedotettiin hankkeen etenemisestä ja saavutetuista tuloksista. Hankkeessa järjestettiin tilaisuuksia, verkostoiduttiin alan toimijoiden kanssa ja järjestettiin opintomatkoja. Hankkeessa järjestettiin kaksi suurempaa seminaaria; puoliväliseminaari marraskuussa 2018 sekä loppuseminaari tammikuussa 2020. Lisäksi järjestettiin biokaasuretki Turun seudulle, jossa päästiin tutustumaan paikallisiin teollisiin biokaasutoimijoihin, biokaasukouluttajiin sekä innovatiivisiin uusiin teknologioihin. Hankkeessa tuotettiin useita eri raportteja, esimerkiksi ruoantuottajien näkemyksistä, kierrätyslannoituksen suunnittelusta, käytännöistä ja mahdollisuuksista sekä myös raportti kierrätysravinteiden teknisestä kehityksestä, ympäristövaikutuksista ja kannattavuudesta. Sidosryhmistä tavoiteltiin erityisesti suomalaisia biokaasuyrittäjiä, viljelijöitä tai alueen kiertotaloutta suunnittelevia tahoja. Lisäksi EIP AGRI-verkoston kansainvälisiä sidosryhmiä pyrittiin tavoittelemaan mahdollisuuksien mukaan ja tähän tarkoitukseen tuotettiin myös englanninkielistä materiaalia.

5 Esitykset jatkotoimenpiteiksi

Hankkeen tulosten perusteella voidaan esittää muutamia jatkotoimenpide-ehdotuksia. Nämä liittyvät peltokokeiden tuloksiin, suodatinkokeisiin, ympäristövaikutusten arviointiin ja kannattavuustarkasteluun.

1) Peltokokeet

Kaksivuotisten peltokokeiden perusteella konsentraatti on nopeavaikutteinen typpilannoite, jonka lannoitusvaikutus parhaimmillaan vastaa väkilannoitteen lannoitusvaikutusta. Koetulosten perusteella konsentraatti voikin olla erittäin kilpailukykyinen lannoite väkilannoitteeseen verrattuna. Konsentraatin tuotannon automatisointi vaatii kehitystä ja tuotetta jouduttaneenkin odottamaan markkinoilla vielä joitakin vuosia. Tuotantokustannus lienee silloinkin vielä niin suuri, että konsentraatti pystyy hyödyttämään vain pientä osaa kasvintuotantoyrityksiä, esimerkiksi puutarhayrityksiä. Ajan mittaan tuotantokustannuksen uskotaan kuitenkin alenevan ja tuotteen hyödynnettävyyden parantuvan myös peltoviljelyssä. Toisena haasteena on markkinoilla olevan levityskaluston sopimattomuus pienten nestemäärien (< 10 tn/ha) levitykseen peltoviljelyssä. Multainvaunujen teknisiä ominaisuuksia tulisi kehittää siten, että laitteistolla pystyttäisiin levittämään tarkasti nestemäistä lannoitetta. Konsentraatin virtaavuuden ja väkevyyden vuoksi kokeissa tulee kiinnittää huomiota levitystarkkuuteen ja levitysteknologiaan. Levitysteknologiset ongelmat ovat kuitenkin pienempi haaste kuin konsentraatin tuotantokustannusten alentaminen. Levityskaluston

testausta on saatu vietyä eteenpäin hankkeessa, ja BioKymppi jatkaa kehitystyötä edelleen BioRaKi-jatkohankkeen turvin.

Vaikka luomulannoitteeksi erinomaisesti soveltuva typpikonsentraatti vaikuttaakin tällä hetkellä lupaavalta kierrätyslannoitteelta, ei sen valmistaminen ole teknistaloudellisesti vielä mahdollista. Prosessi ei vielä toimi riittävän hyvin, esimerkiksi suodattimet tukkeutuvat liuenneesta orgaanisesta kiintoaineesta. Tämän ongelman poistamiseksi etsitään parhaillaan (BioKymppi Oy) taloudellisesti toimivaa tekniikkaa. Konsentraatin levitys on kuitenkin saatu toimimaan ja se on ollut yksi suurimmista BioRaEE -hankkeen ja sen sisarhankkeen (BioRaKi, 2016–2018) saavutuksista.

2) Suodatinkokeet

Prosessin ongelmien ratkaisemiseksi kehitystoimia tulisi jatkaa. Linkoseparointi- ja kalvosuodatuskokeita on tarpeen tehdä suuremmassa mittakaavassa ennen

linkoinvestointia. Tavoitteena on paitsi prosessin teknisen toimivuuden varmistaminen, myös lopputuotteena saatavan ravinnekonsentraatin liuennan tyypin pitoisuuden nosto. Samalla olisi tarpeen selvittää entistä tarkemmin tekniikan potentiaalit lannoitetuotannossa ja kustannustehokkuus.

3) Ympäristövaikutukset

Jotta ympäristövaikutuksista saataisiin kokonaisvaltaisemmat tulokset, olisi hyvä kehittää menetelmiä allokaatio-ongelmiin. Asian parissa on esimerkiksi Helsingin yliopistossa käynnissä tutkimusta. Lisäksi, koska esimerkiksi multavuutta ja maaperän hiilensidontaa ei nykyisellään sisällytetä elinkaarimenetelmiin, voitaisiin näidenkin vaikutuksia jatkossa ottaa osaksi arviointia.

4) Kannattavuus

Ravinnekonsentraatin valmistuksen kannattavuudessa osoitettiin olevan haasteita. Kannattavuutta voisi parantaa sekä tehostamalla prosessia ja nostamalla lopputuotteen liuennan tyypin pitoisuutta mutta myös löytämällä sopivia käyttökohteita, joissa ravinnekonsentraatin ominaisuuksista on etua, ja joissa viljelijöiden maksuhalukkuus on mineraalilannoitteiden markkinahintoja korkeampi.

6 Allekirjoitukset ja päivämäärä

Lähteet

Myllyviita, T. & Rintamäki, H. 2018. Ruuantuottajien näkemyksiä ja kokemuksia kierrätyslannoitteiden käytöstä ja kehitystarpeista. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 31/2018.

Ravinteiden kierrätyksen seurantaryhmä. 2019. Ravinteiden kierrätyksen toimenpideohjelma 2019-2030, "Kokeiluista tuloksiin – ravinteiden kierrätyksen arkea". Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Työ- ja elinkeino-ministeriö, Valtiovarainministeriö. <https://www.ymp.fi/download/noname/%7BD7F9043A-0090-4785-B029-9C119B566BDD%7D/146284> [Viitattu 1.3.2020]

Seppänen, A-M., Laakso, J., Luostarinen, S. 2018. Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäätännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2018.

Seppänen, A-M., Luostarinen, S.; Pesonen, L. 2019. Kierrätyslannoitus: Suunnittelu, käytännöt ja mahdollisuudet tulevaisuudessa

Tampio, E., Vainio, M., Virkkunen, E., Rahtola, M., Heinonen, S. 2018. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2018.

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö) 2020. Biokaasuohjelmaa valmistelevan työryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:3. ISBN 978-952-327-482-2.

Valtioneuvosto. 2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019. Valtioneuvosto, Helsinki. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:23. 2014. 978-952-287-756-7. http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161662/Osallistava_ja_osaava_Suomi_2019_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y