

Virve Hyyryläinen

ETELÄ-SAVON
JÄTEVEDENPUHDISTAMOJEN
KIERTOTALOUSPOTENTIAALI

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Maaliskuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 30.3.2016
Tekijä Virve Hyyryläinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia
Nimeke Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen kiertotalouspotentiaali	
Tiivistelmä <p>Opinnäyte tehtiin osana <i>Kiertotalouden mahdollisuudet Etelä-Savossa</i> -hanketta, jonka tavoitteena oli selvittää kiertotalouden potentiaalia Etelä-Savossa eri toimialoilla ja toiminnoissa. Yhtenä osana hanketta oli vesienkäsittely, jossa tarkasteltiin kiertotalouden potentiaalia jätevedenpuhdistamojen osalta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää puhdistamolietteessä olevien ravinteiden hyötykäytön ja jatkojalostuksen nykytilannetta sekä kehittämismahdollisuuksia Etelä-Savon jätevedenpuhdistamoilla. Tavoitteena oli myös tuottaa tietoa siitä, miten lietteenkäsittelyssä voitaisiin paremmin toteuttaa kiertotalouden periaatteita.</p> <p>Työssä tutustuttiin kiertotalouden ja teollisen symbioosin käsitteisiin, jotka loivat pohjan tutkimukselle. Tämän lisäksi tutustuttiin aiheeseen liittyvään lainsäädäntöön sekä kuvattiin erilaisia lietteenkäsittelymenetelmiä ja hyötykäyttömahdollisuuksia.</p> <p>Menetelmänä käytettiin strukturoitua kyselyä ja haastatteluja. Etelä-Savossa sijaitseville jätevedenpuhdistamoille lähetettiin marraskuussa 2015 verkkokysely, jonka tietoja täydennettiin haastattelujen ja muiden dokumenttien avulla.</p> <p>Opinnäytetyön perusteella Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen kiertotalouspotentiaalista voidaan päätellä, että lietteiden hyötykäyttö on Etelä-Savossa tehokkaampaa verrattuna koko Suomen tilanteeseen. Suuremmat Etelä-Savon puhdistamot käyttävät lietteet tehokkaammin hyödyksi verrattuna pienempiin puhdistamoihin. Suuri osa lietteistä kuitenkin jatkojalostetaan biokaasulaitoksilla Etelä-Savon ulkopuolella. Myös tietämystä ja yhteistyötä kiertotalouteen liittyen olisi Etelä-Savossa lisättävä ja julkisen vallan roolia kiertotalouden edistämässä voidaan pitää edelleen suurena.</p> <p>Hankkeen toimijat hyötivät opinnäytteessä kerätystä tiedosta ja tulosten merkitystä voidaan arvioida koko hankkeen kokonaisuuden osana.</p>	
Asiasanat (avainsanat) Kiertotalous, teollinen symbioosi, ravinnekierto, jätevesiliete, hyötykäyttö	
Sivumäärä 48+5	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä)	
Ohjaavan opettajan nimi Hannu Poutiainen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Kiertotalouden mahdollisuudet Etelä-Savossa -hanke

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 30.3.2016
Author Virve Hyyryläinen	Degree programme and option Environmental Engineering
Name of the bachelor's thesis The circular economy potential of sewage treatment plants in South-Savo	
Abstract <p>The thesis was made as part of the potential of circular economy in South-Savo -project (Kiertotalouden mahdollisuudet Etelä-Savossa -hanke). The aim of the project was to find out the circular economy potential in South-Savo. Water treatment was the part of the project, which examined the circular economy potential of sewage treatment plants.</p> <p>The aim of this study was to determine the further processing and utilization of nutrients in sewage of the current situation and potential for development. The aim was also to provide information on how the principles of sludge treatment can be better implemented in circular economy.</p> <p>The basics of the circular economy and industrial symbiosis concepts laid the foundation for research. The study also familiarized with the related legislation and described various methods of sludge treatment and utilization opportunities.</p> <p>The method of this study was inquiry and interviews. Sewage treatment plants in South-Savon were sent an online survey in November 2015. That data was supplemented by interviews and other documentation.</p> <p>On the basis of the thesis of the circular economy potential of sewage treatment plants in South-Savo can be made some conclusions. According to them the utilization of sludge in South-Savo is more effective compared to the overall situation of Finland and the bigger sewage treatment plants in South-Savo are using the sludge more efficiently compared to smaller sewage treatment plants. However, a large part of the sludge is further processed in biogas plants outside South-Savo. Also knowledge and cooperation related to circular economy should be improved and the role of public authorities in promoting the circular economy can still be considered high.</p> <p>The participants of the project benefited from the collected data and the importance of the results can be assessed as part of the overall project.</p>	
Subject headings, (keywords) Circular economy, industrial symbiosis, nutrient cycle, sewage sludge, utilization	
Pages 48+5	Language Finnish
Remarks, notes on appendices	
Tutor Hannu Poutiainen	Bachelor's thesis assigned by Potential of circular economy in South-Savo -project

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	1
2	JÄTEVEDENPUHDISTUS OSANA KIERTOTALOUTTA	2
2.1	Kiertotalouden määrittelyä.....	2
2.2	Teollinen ekologia ja teollinen symbioosi	7
2.3	Katsaus jätteitä ja lannoitevalmisteita ohjaaviin säädöksiin	9
3	RAVINNEKIERTO JA LIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖ	14
3.1	Ravinteiden kierto ja talteenotto	15
3.1.1	Fosfori.....	16
3.1.2	Typpi.....	18
3.2	Lietteen käsittelymenetelmät	19
3.2.1	Kompostointi	19
3.2.2	Mädätys.....	19
3.2.3	Kemiallinen kunnostus	20
3.2.4	Poltto.....	21
3.2.5	Terminen kuivaus	22
3.3	Lietteen hyötykäyttö.....	22
3.3.1	Käyttö maataloudessa	22
3.3.2	Käyttö viherrakentamisessa ja maisemoinnissa.....	24
3.3.3	Energiahyötykäyttö.....	25
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	26
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	26
5.1	Lietteen hyötykäyttö Etelä-Savon puhdistamoilla	27
5.1.1	Etelä-Savon jätevedenpuhdistamot.....	27
5.1.2	Lietteen typpi -ja raskasmetallipitoisuudet.....	29
5.1.3	Lietteen määrä, hyötykäyttö ja lopputuotteet	29
5.1.4	Muutoksia prosesseihin ja lietteenkäsittelyyn	32
5.1.5	Ravinteiden kierron edistäminen	33
5.2	Esimerkkejä kiertotalouden innovaatioista	34
5.2.1	Uusi lietteenkäsittelymenetelmä Puumalassa.....	34
5.2.2	Teollisen symbioosin ratkaisuja Forssassa ja Mikkelissä.....	35
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	37

7 POHDINTA	42
LÄHTEET	45

LIITE

1 Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

1 JOHDANTO

Suomen jätehuollossa merkittävä osa jätteistä jää edelleen kierrättämättä. Kulutus kasvaa ja jätettä syntyy entistä enemmän. Uusia ratkaisuja jätemäärän kasvun estämiseen tarvitaan. Jätehuollon tulisi pyrkiä lisäämään jätteiden kierrätystä ja tämän toteutumiseksi tarvitaan lisää tietoa ja uusia toimintamalleja jätteiden kierron edistämiseen.

Kiertotaloudella tarkoitetaan sitä, että jätteen synty minimoidaan ja ravinteet tai muu materiaali käytetään niin, että niiden arvo säilyy mahdollisimman hyvin. Pyrkimyksenä on, ettei materiaaleista tai ravinteista tulisi missään vaiheessa jatkokäyttöön kelpaamatonta jätettä. Ravinteiden kierron kehittäminen tuottaa taloudellisista hyötyä ravinnehukan ja ympäristön saastumisen vähenemisen kautta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua Etelä-Savon alueella oleviin jätevedenpuhdistamoihin ja niiden toimintaan, pohtia puhdistamojen potentiaalia kiertotalouden näkökulmasta sekä löytää kehittämiskohteita ja uusia kehityskelpoisia ratkaisuja lietteen käyttöön. Tavoitteena on selvittää jätevesissä olevien ravinteiden hyötykäytön ja jatkojalostuksen nykytilannetta sekä kehittämismahdollisuuksia osana Etelä-Savon kiertotaloutta.

Kehittämistehtävänä on tuottaa tietoa siitä, miten jätevedenpuhdistuksessa voitaisiin toteuttaa kiertotalouden pyrkimyksiä ja mitä käytännön mahdollisuuksia on lietteen jatkojalostamiseen, hyötykäyttöön ja tuotteistamiseen niin, että siitä saisi parhaan hyödyn niin jätevedenpuhdistamoille kuin ympäristölle.

Menetelmänä käytettiin strukturoitua kyselyä ja haastatteluja. Etelä-Savossa sijaitseville jätevedenpuhdistamoille tehtiin marraskuussa 2015 verkkokysely. Sitä täydennettiin haastattelujen avulla. Kysely toteutettiin Google Forms -ohjelmalla laaditulla lomakkeella, joka lähetettiin 29 jätevedenpuhdistamolle. Puhdistamojen ja niiden yhteyshenkilöiden tiedot kerättiin internetistä kuntien ja vesilaitosten verkkosivuilta. Kyselyn käyttöön menetelmänä päädyttiin siitä syystä, että laitoksia oli melko paljon ja kaikkea haluttua tietoa ei ollut saatavissa laitosten ympäristöluvista. Lisäksi haluttiin ajantasaista tietoa.

Opinnäyte tehtiin huhtikuun 2015 ja helmikuun 2016 välisenä aikana osana *Kiertotalouden mahdollisuudet Etelä-Savossa* -hanketta. Sen tavoitteena oli selvittää kiertotalouden potentiaalia Etelä-Savossa eri toimialoilla ja toiminnoissa. Yhtenä osana hanketta oli vesienkäsittely. Siinä osassa tarkasteltiin kiertotalouden potentiaalia jätevedenpuhdistamojen osalta. Opinnäytetyön tekijä osallistui hankkeen tutkimusryhmän sisäisiin kokouksiin hankkeen aikana. Ryhmässä oli Aalto yliopiston, Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston vihreän kemian laboratorion tutkijoita. Vesienkäsittely liittyi viimeksi mainitun yliopiston vastuualueeseen kiertotaloushankkeessa.

2 JÄTEVEDENPUHDISTUS OSANA KIERTOTALOUTTA

Kiertotalouden idea on jätteen synnyn minimoiminen. Materiaalit tulisi käyttää niin, että niiden arvo säilyy ja niitä voidaan käyttää uudelleen prosesseissa. Prosessin eri vaiheissa tulisi muodostua mahdollisimman vähän jatkokäyttöön kelpaamatonta ainesta, eli jätettä. Ravinteiden ja materiaalien kierron kehittäminen tuottaa taloudellista hyötyä, ravinne- ja materiaalihukan sekä ympäristön kuormittumisen vähenemisen kautta.

Jätevedenpuhdistamojen toiminnan kehittämällä voidaan edistää ravinteiden kiertoa ja kiertotaloutta. Jätevedenpuhdistamojen jätevedenkäsittelyprosesseissa syntyvän lietteen ravinteiden tehokkaamman kierrättämisen avulla saataisiin uusiutumattomat luonnonvarat uudelleen kiertoon ja samalla niistä voitaisiin tehdä uusia tuotteita. Lietteessä sisältyvät fosfori ja typpi ovat tärkeitä talteenotettavia ja hyödynnettäviä ravinteita. Ne ovat myös tärkeitä ravinteita ympäristön kestävyuden kannalta. Lietteessä jatkojalostamisessa täytyy ottaa huomioon myös lainsäädäntö, joka asettaa rajoituksia lietteen hyötykäytölle.

2.1 Kiertotalouden määrittelyä

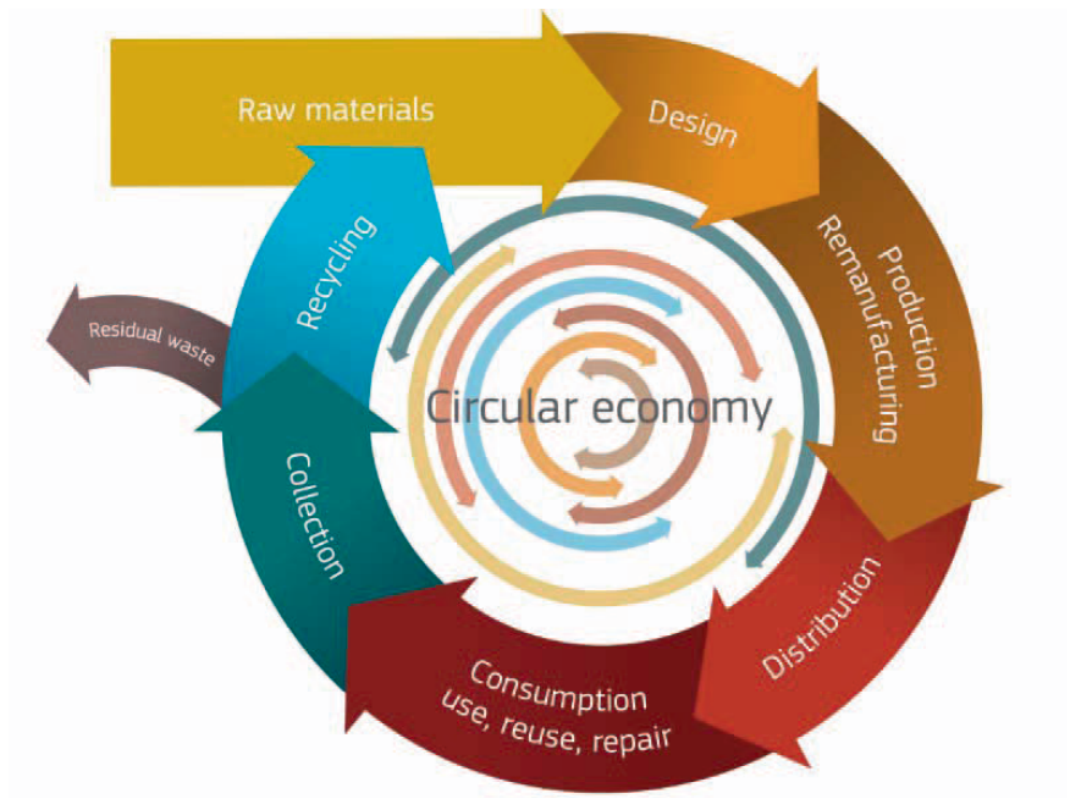
Kiertotalous on tehokkaan kierrättämisen ja uudelleenkäytön lisäksi uusi talousmalli. Talousmallin pyrkimyksenä on, että jätteet hyödynnetään uudelleen raaka-aineena. Kiertotalouden toteutus alkaa jo tuotteen suunnittelemisesta. Tuotteet suunnitellaan niin, että ne voidaan käyttää uudelleen ja kierrättää. Lisäksi uusiutumattomia luon-

nonvaroja voidaan korvata uusiutuvilla ja lopputuotteita voidaan vuokrata omistamisen sijaan. (Sitra 2014, 1.)

Materiaalin ja jätteen hyödyntäminen raaka-aineena ovat vain osa kiertotaloutta. Laitteiden huoltoon sekä uudelleenvalmistukseen ja -käyttöön liittyvät tekijät ovat myös tärkeitä kiertotaloudessa. Näin varmistetaan jätteen synnyn minimointi ja tehokas kierto. Pyrkimyksenä on, ettei materiaali missään vaiheessa päätyisi jätteeksi. Kierrätys tapahtuu vasta, kun materiaalilla ei ole enää muuta käyttöarvoa. Nykyisillä tuotannon toimintamalleilla tämä ei useinkaan onnistu, koska tuotantoa on harvoin suunniteltu niin, että jätettä syntyisi mahdollisimman vähän ja tuotteet olisi kierrätettävissä. (Sitra 2014, 3–4.)

Nyky-yhteiskunta toimii yksinkertaisen lineaarisen talouden mallin mukaan. Mallissa materiaa tuotetaan, kulutetaan ja jätettä synnytetään ottamatta huomioon ympäristön saastumista. Lineaarisen mallin ensisijainen tavoite on tuottaa taloudellista hyötyä, eikä ekologisiin tai sosiaalisiin tekijöihin tai niistä aiheutuviin kustannuksiin kiinnitetä huomiota. Kiertotalouden mallissa ympäristön kuormitusta, jätteiden syntyä ja neitseellisten raaka-aineiden käyttöä pyritään vähentämään kierron jokaisessa vaiheessa. (Bernard ym. 2015.) Kuvassa 1 on esitetty Euroopan komission raportin mukainen visuaalinen kuvaus kiertotalouden ideasta.

Figure 1 European Commission CE diagram



Source: European Commission (2014a, p. 5).

KUVA 1. Kiertotalouden malli Euroopan Komission (2014) mukaan

Lineaarisen mallin halpa ja nopea tuotanto tulisi korvata kiertotalouden mukaisella tuotannolla, jossa tuotetaan pitkäkestoisia tavaroita, jotka on helppo korjata, kierrättää ja purkaa. Näin tuotteen käyttöikä voidaan kasvattaa. Tarkoituksena ei kuitenkaan ole tuotannon ja kulutuksen vähentäminen, vaan edistää tuottavuutta ottamalla huomioon tuotantoprosessin ulkopuoliset tekijät. (Bernard ym. 2015.)

Useilla yrityksillä onkin edessä uusien toimintamallien etsiminen ja toteuttaminen. Tarve lisätuotannolle syntyy, kun maapallon väkiluku kasvaa, elintaso nousee ja kaupungistuminen edistyy. Kysynnän vuoksi raaka-aineiden hinnat nousevat ja sillä on vaikutus myös kehittyneiden maiden talouteen. Raaka-aineiden hinnan nousun takia yritysten on panostettava energia- ja materiaalitehokkuuteen yhä enemmän. (Sitra 2014, 6.)

Suomi tuottaa vuodessa jätettä noin 90 miljoonaa tonnia, joista kotitalouksien osuus on vain noin 2,8 miljoonaa (Tilastokeskus, 2015). Jätteestä kierrätetään 34 % ja 12 % menee energiakäyttöön. Kehittyneet maat kierrättävät keskimäärin 40 % jätteistään. Lukuja vääristää kuitenkin hieman se, että Suomessa kaivosteollisuuden jätteet laske- taan jätteeksi, kun suurimmassa osassa muita maita näin ei tehdä. Suomessa kiertota- loutta on toteutettu jo esimerkiksi energia- ja resurssitehokkuudessa tuotannossa. Muutoksia kuitenkin tarvitaan, jotta kaikki kiertotalouden osa-alueet saataisiin toteu- tettua. (Sitra 2014, 7–9.) Taulukossa 1 on kuvattu viisi tapaa, jolla voidaan edistää tuotteiden ja raaka-aineiden kiertoa.

TAULUKKO 1. Viisi tapaa, jolla edistetään tuotteiden ja raaka-aineiden kier- toa (Sitra 2014, 4.)

Ylläpidä:	Tuote valmistetaan niin, että se kestää ilman korjauksia, sekä luodaan ylläpito- palveluita.
Käytä uudestaan ja jakele:	Tuote jälleenmyydään samalla tarkoituk- sellalla kuin alkuperäinen tuote.
Uudelleenvalmista tai uudista:	Useamman elinkaaren luominen tuotteel- le, sekä tuotteiden myynti uudistuksen tai uudelleenvalmistuksen jälkeen.
Kierrätä:	Tuotteiden materiaalit kierrätetään ja ne suunnitellaan niin, että kierrätys on help- poa: Ravinteiden kierrossa huomioitava se, että ne palautetaan hyödyntämisen jälkeen turvallisesti ja kestävästi osaksi ravinnekiertoa.
Hyödynnä toisessa arvoketjussa:	Materiaalien hyödyntäminen osana toista arvoketjua, kun niitä ei voida enää hyö- dyntää alkuperäisellä sektorilla.

Suomessa useiden eri jätteiden kierrätysaste on korkea, mutta tämä ei silti tarkoita kiertotalouden toteutumista. Pelkkä kierrättäminen ei aina riitä täyttämään kiertota- louden periaatteita. Kiertotalouden periaatteiden täytyminen vaatii, että kierrättämi-

nen vaikuttaa myös tuotannon määrään. Esimerkiksi PET-muovipullojen kierrättämisestä pieni osa menee raaka-aineeksi uusien pullojen valmistukseen. Vaikka pullojen kierrätysaste on suuri, ei uuden muovin tuottamisen määrä vähene samassa suhteessa. Tämä johtuu siitä, että kierrätetty PET-muovi kierrätetään suurelta osin muiden muovituotteiden raaka-aineeksi. PET-muovipulloja kierrätettiin vuonna 2010 yhteensä 4,8 miljoonaa tonnia, mutta tästä vain 0,6 miljoonaa päätyi suljettuun kiertoon uusien PET-muovipullojen tuotantoon. Vaikka pullojen raaka-aineena käytetään osin kierrätysmateriaaleja, niin suljetun kierron avulla kierrätysmateriaalin käyttöä voisi lisätä entisestään, jolloin myös uuden PET-muovin tuotanto pienenis. Kiertotalous toteutuu, kun kierrättämistä hallitaan ja alkuperäisen tuotteen valmistaja toimii osana uudelleenvalmistusta ja uudelleenkäyttöä. (Sitra 2014, 8–9.)

Kiertotalouden toteuttamisessa täytyy aina ottaa huomioon maan talouden ja tuotannon luonne. Suuri osa Suomessa tuotetusta raaka-aineista, kuten paperi- ja kaivosteollisuuden tuotteista päätyy jatkojalostuksen jälkeen ulkomaille. Tämän takia Suomen talouden kannalta on olennaisempaa keskittyä tuotannossa syntyvien sivuvirtojen hyödyntämiseen, kuin siihen mitä lopputuotteelle tapahtuu. Kulutustavaroista ruoka on ainut, mikä tuotetaan ja kulutetaan pääasiassa Suomessa. Tämä mahdollistaa sen, että tuotteen kiertoa voidaan hallita ja siinä voidaan toteuttaa kiertotalouden arvoja. Teollisessa tuotannossa kiertotaloutta voidaan hyödyntää lähinnä parantamalla kansainvälistä kilpailukykyä, koska tuotanto on suurelta osin siirtynyt ulkomaille. (Sitra 2014, 10.)

Kaikkia sektoreita, eli yrityksiä, julkista sektoria sekä kuluttajia tarvitaan kiertotalouden omaksumiseksi ja sen toimeenpanemiseksi yhteiskunnassa. Yksityisillä yrityksillä on edessään liiketoimintamallien uudistaminen. Yritysten tulisi tuotteiden kierrättämisen lisäksi hallita materian kiertoa niin, että tuotteet palautuisivat käytön jälkeen takaisin osaksi kiertoa. Yritykset tarvitsevat myös lisää tietoa erilaisten materiaalien arvosta ja hyödyntämismahdollisuuksista. Yhteistyö muiden yritysten ja sektorien kanssa onkin tärkeässä roolissa. Yrityksillä tulee olla selkeä kuva siitä, miten materiaalille luodaan uutta arvoa, jotta kiertotalouden käytännön soveltaminen on mahdollista. (Sitra 2014, 64–65.) Kuvassa 2 on esimerkki siitä, miten yritys voi rakentaa brändiä kiertotalouden periaatteita hyödyntäen.



KUVA 2. Lassila & Tikanojan asiantuntijabrändissä näkyy kiertotalouden sanoma (Normisuorittaja 2014)

Julkisella sektorilla on tärkeä rooli kiertotalouden toteutumisessa. Lainsäädännön kehittäminen kiertotalouden toteuttamisen helpottamiseksi on olennaista. Myös kiertotaloutta tukevan julkisen tutkimusrahoituksen merkitys on suuri. Julkisen sektorin tehtävänä on lisätä tietämystä kiertotaloudesta kuluttajien ja yritysten keskuudessa nostamalla sitä entistä enemmän esille, sekä toteuttaa kiertotaloutta omissa prosesseissaan ja tuotantomalleissaan. Yhteistyö yksityisen ja julkisen sektorin välillä onkin välttämätöntä. Yksityisen kuluttajan rooli näkyy kulutustottumuksissa ja kuluttajien arvovallinnoissa. Yritysten olisi tuotava markkinoille sellaisia tuotteita, joita kuluttajat haluavat ostaa ja joita kuluttajat pitävät arvossa tuotteen kierrätysominaisuuksien takia tai niistä huolimatta. (Sitra 2014, 67–68.)

2.2 Teollinen ekologia ja teollinen symbioosi

Teollinen ekologia on lähestymistapa, jossa tuotannon ja luonnon väliset suhteet otetaan huomioon. Se tutkii materiaalivirtoja, tuotantoa ja kestävyyttä, sekä niiden aiheuttamien ekologisten vaikutusten minimointia. Teollinen ekologia pyrkii siihen, että teollinen tuotanto toimisi kuin luonnonjärjestelmät. Tämä tarkoittaa, että tuotannosta pitäisi aiheutua niin vähän haittaa luonnolle, että tuotanto voisi toimia yhdessä luonnon prosessien kanssa. Teollisten järjestelmien mallintamisen avulla ympäristövaikutuksia pystytään hallitsemaan. Toinen vaihtoehto on materiaalien suljettu kierto, jol-

loin toinen yritys voi hyödyntää tuotannon synnyttämät jätteet raaka-aineena. (Aarras 2015, 41–44.)

Teolliseen ekologiaan yhdistyy teollisen symbioosin käsite, jolla tarkoitetaan yritysten välistä symbioottista yhteistoimintaa. Teollinen symbioosi liittää yhteen usein erikseen toimivat teolliset prosessit luoden näin yrityksille yhteisiä etuja. Symbioosin avulla yritykset voivat parantaa taloudellista suorituskykyä ja edistää ympäristönsuojelua. Teolliset symbioosit tapahtuvat yleensä maantieteellisesti lähellä olevien yritysten kesken. Toiminta edistää resurssien kestäväää käyttöä ja vähentää uusia materiaaleja ja jätteen määrää. (Johnsen ym. 2015, 15–16.)

Teollisissa symbiooseissa voidaan tunnistaa kolme päätyyppiä. Yksi niistä on sivutuotteen uudelleenkäyttö, jolla tarkoitetaan materiaalien vaihtoa yritysten kesken tai raaka-aineiden uudelleenkäyttöä. Toinen on yhteiskäyttö eli yleisesti käytettyjen resurssien käyttäminen ja hallinta yhteisesti. Tällaisia resursseja ovat esimerkiksi energia, vesi, sähkö ja lämpö sekä päästöistä huolehtiminen. Kolmas on yhteisten palvelujen tarjoaminen kaikkiin yritysten yhteisiin tarpeisiin. (Johnsen ym. 2015, 16.)

Keskeinen motivaatiotekijä, joilla yritykset saadaan mukaan teollisiin symbiooseihin, on tarve lisätä kannattavuutta ja kilpailukykyä. Teollisten symbioosien kehityksen esteenä ovat tutkimuksen mukaan yritysten ajanpuute ja se, ettei yrityksillä ole resursseja toteuttaa uusia liiketoimintamalleja. Myös tietoisuuden ja osaamisen puute teollisten symbioosin toimintamalleista ovat yleisiä esteitä. Tarkkoja lukuja teollisten symbioosien taloudellisista tai muista hyödyistä on vaikea tarkasti etukäteen tietää, voidaan kuitenkin sanoa niiden kehittämisen luovan tulevaisuudessa merkittävän potentiaalnin. (Johnsen ym. 2015, 9.) Kierrätysliiketoimintaa tarkastelevan tutkimuksen (Aarras 2015) mukaan paikallistuntemus, keskeinen sijainti ja yhteistyöverkostot ovat tärkeitä asioita liiketoiminnalla ja jätemateriaalin saatavuudelle. Tutkimuksen mukaan kierrätysliiketoiminta myös tarjoaa erikokoisille yrityksille ekologisen sekä kannattavan liiketoimintamahdollisuuden.

Jätevedenpuhdistamojen tarkastelun yhteydessä teollisella symbioosilla tarkoitetaan sitä, millä tavalla puhdistamojen prosessit ja sivuvirrat ovat kytköksissä toisten yritysten tuotantoprosesseihin ja liiketoimintaan. Teollisen ekologian määritelmän mukaisesti tuotannon tulisi toimia luonnonjärjestelmien mukaisesti. Luonnossa ravinteet

siirtyvät paikasta toiseen kiertäen luonnon ekosysteemissä. Maasta lähtevät ravinteet palautuvat siis maahan. Jätevedenpuhdistamoille päätyvät ravinteet tulisi siis palauttaa kiertoon. Yksi vaihtoehto on niiden palauttaminen maahan jalostettujen tuotteiden kautta.

2.3 Katsaus jätteitä ja lannoitevalmisteita ohjaaviin säädöksiin

Kierrätystä ja jätteiden käsittelyä säädellään monin tavoin. EU-direktiiveillä ja kansallisella lainsäädännöllä pyritään edistämään kiertotaloutta tukemalla kierrätystä ja jätemäärän synnyn vähentämistä. Lainsäädäntö asettaa toisaalta myös tarkkoja rajoituksia. Lietepohjaisten kierrätyslannoitteita koskevissa määräyksissä käsitellään lietteen laadun seurantaan jätevedenpuhdistamoilla, lannoitevalmisteiden laatua ja tyyppinimiä, lannoitevalmistajien toimintaa ja jätevesilietteen käyttöä maataloudessa.

Jätedirektiivi 2008/98/EC ja Jätelaki 646/2011

EU:n jätedirektiivin tavoitteena on edistää siirtymistä kierrätysyhteiskuntaan, jossa jätteen synty on minimoitu ja jätettä pyritään käyttämään materiaalina. Direktiivissä on laajennettu myös tuottajan vastuuta, jolla tuetaan materiaalien tehokasta käyttöä. Jätteen synnyn ehkäisyssä ja lainsäädännön perusteena käytetään ensisijaisuusjärjestystä. Ensisijaisuusjärjestys on luetellussa järjestyksessä jätteen ehkäiseminen, valmistelu uudelleenkäyttöön, kierrätys, muu hyödyntäminen ja loppukäsittely. (Jätedirektiivi 2008/98/EC kohdat 27 ja 28 sekä art. 4.)

Direktiivi on toimeenpantu Suomen jätelaissa. Jätelain tarkoituksena on mm. vähentää ja ehkäistä jätteistä syntyvää haittaa ympäristölle, edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä ja vähentää jätteen määrää. Jätettä synnyttävässä tuotannossa, täytyy kaikessa toiminnassa noudattaa ensisijaisuusjärjestystä. Jätelain mukaan tuotteen valmistajan on myös mahdollisuuksien mukaan huolehdittava, että tuotteen valmistuksessa käytetään raaka-aineita säästeliäästi ja raaka-aineina käytetään jätteitä ja kierrätettyjä materiaaleja. (Jätelaki 646/2011.)

Euroopan komissio hyväksyi joulukuun alussa 2015 kiertotalouspaketin, jonka tarkoituksena on edistää Euroopan siirtymistä kiertotalouteen. Paketti sisältää lainsäädäntöehdotuksia ja konkreettisen toimintasuunnitelman. (Euroopan komissio 2015.) Lain-

säädäntö on siis siirtymässä yhä enemmän kohti kiertotaloutta ja pyrkii sääntelyllään vähentämään jätteen määrää ja lisäämään kierrätystä. Tulevaisuudessa sääntelyn muutokset voivat myös vaikuttaa jätevedenpuhdistamojen toimintaan ja lietteen hyötykäyttöön.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013

Vuodesta 2016 alkaen astui voimaan kaatopaikka asetuksen muutos, jolla on vaikutusta jätevedenpuhdistamojen toimintaan. Lain tarkoituksena on ohjata kaatopaikkojen toimintaa ympäristön kuormittumista ja ilmastonmuutosta ehkäiseväksi. Lain mukaan kaatopaikalle ei hyväksytä jätettä, joka ei täytä kelpoisuusvaatimuksia (3. luku, 14. §.) Uudistus koskee kelpoisuusvaatimuksia, jonka mukaan tavanomaisen jätteen kaatopaikalle kelpoisuusvaatimukset täyttää vain sellainen biohajoava jäte, jonka orgaanisen aineksen pitoisuus määritettynä orgaanisen hiilen kokonaismäärään tai hehkutus-häviönä on enintään 10 %. (5. luku 28. §.) Muutos siis rajoittaa puhdistamon lietteen ja välpejätteen viemistä kaatopaikoille. Puhdistamot voivat joutua miettimään uusia menetelmiä lietteenkäsittelyyn muutoksen takia ja parhaassa tapauksessa muutos johdattaa lietteiden tehokkaaseen hyötykäyttöön ja ravinteiden kierron edistämiseen.

Lietedirektiivi 86/278/ETY

Puhdistamolietteen käyttöä maanviljelyksessä säätelee liettedirektiivi, jonka tavoitteena on edistää lietteen asianmukaista käyttöä heikentämättä kuitenkaan maaperän tai maataloustuotteiden laatua. Liettedirektiivi toimeenpantiin valtioneuvoston päätöksellä puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (282/1994), joka kuitenkin kumottiin 2012 (Laitinen ym. 2014, 4). Nykyisin puhdistamolietteen käyttöä ohjaavat Lannoitevalmistelaki (539/2006), maa- ja metsätalousministeriön asetukset ja niiden muutokset (12/12, 7/13 ja 21/15), sekä valtioneuvoston asetus jätteistä (179/2012).

Nitraattidirektiivi 91/676/EEC ja Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamiseen 1250/2014

Nitraattidirektiivin tarkoituksena on suojella vesistöjä saastumista aiheuttavilta nitraateilta, mitkä ovat peräisin maataloudesta (Laitinen ym. 2014, 4). Nitraattidirektiivi on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetuksella, jonka tarkoituksena on rajoittaa nitraatin

pääsyä luontoon mm. lannoitteiden käytöstä johtuen. Asetus antaa ohjeita pakkaamattomien orgaanisten lannoitevalmisteiden varastoinnista ja siitä tehtävästä ilmoitusvelvollisuudesta sekä rakenteellisista vaatimuksista. Lisäksi asetus antaa määräyksiä lannoitteiden käytöstä ja tarkemmin niiden levityksestä sekä lannoituksen kirjanpidosta ja lannoitevalmisteiden typpimääristä. (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamiseen 1250/2014.)

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012

Asetuksessa käsitellään tarkemmin yhdyskuntajätevesilietteen tuottajaa koskevaa kirjanpitoa, siirtoasiakirjoja, viranomaiselle toimitettavia tietoja sekä lietteen laadun seuranta. Asetuksen mukaan yhdyskuntajätevesilietteen laatua on seurattava vähintään joka toinen vuosi lietteen raskasmetallien, kokonaistypen ja kokonaisfosforin osalta, sekä lisäksi tarvittaessa muiden haitallisten aineiden pitoisuuksien osalta. Maanviljelyskäyttöön menevän lietteen laatua on seurattava useammin riippuen puhdistamon koosta. Ensimmäisenä vuotena analyysijä tehdään enemmän, mutta jos tulokset pysyvät samana, voidaan analyysikertoja vähentää. Raskasmetalleista pakollisia määritettäviä aineita ovat: kadmium, kromi, kupari, nikkeli, lyijy, sinkki ja elohopea. (3. luvun 18. § liitteen 5 kohta 1.) Valvontaviranomaiselle on myös toimitettava tiedot tuotetun lietteen määrästä, lietteen esikäsitteystä taudinaiheuttajien ja kasvintuhoajien vähentämiseksi sekä hyödynnetyn tai loppukäsitellyn lietteen määrästä ja sen hyödyntämistä loppukäsittelytavasta. (3. luvun 18. § liitteen 5 kohta 2.)

Lietteen hyödyntäminen maanviljelyssä vaikuttaa puhdistamojen toiminnassa lietteen laadun seurannan lisääntymiseen. Määritykset ovat samat, mutta analyysitiheys suurempi. Tämän avulla voidaan varmistaa puhdistamolietevalmisteiden turvallisuus. Suomessa raskasmetallipitoisuudet ovat yleisesti pieniä, eivätkä esteenä lietteen hyötykäytölle.

Lannoitevalmistelaki 539/2006

Laissa käsitellään lannoitevalmisteisiin liittyvän toiminnan harjoittamista sekä viranomaistoimintaa ja valvontaa. Lain tavoitteena on turvata lannoitevalmisteiden laatu ja edistää lannoitevalmisteiden tarjontaa. Lain mukaan lannoitevalmisteiden tulee olla tasalaatuisia, turvallisia ja käyttötarkoitukseltaan sopivia, eikä valmiste saa sisältää

varaa aiheuttavia tekijöitä. Laissa säädetään myös tyyppinimen hakemisesta Elintarviketurvallisuusvirasto Eviralta kansallisen lannoitevalmisteen tyyppinimiluetteloon. Eviran laitoshyväksyntä vaaditaan, kun kyseessä on orgaanisia lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita muuten käsittelevä toiminnanharjoittaja. (3. luvun 14. §.)

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11 ja sen muutokset

Asetuksessa säädetään lannoitevalmisteiden tyypeistä, tyyppinimiryhmistä ja tyyppinimiryhmäkohtaisista vaatimuksista, sekä lannoitevalmisteiden laatu-, merkintä-, pakkaus-, kuljetus-, varastointi- ja käyttövaatimuksista. Asetus ei koske kaatopaikkojen tai muiden suljettujen alueiden maisemoinnissa käytettyjä lannoitevalmisteita. Lannoitevalmisteet jaotellaan Eviran hyväksymiin tyyppeihin ja tyyppinimiryhmiin. Laissa asetetaan vaatimuksia tietyille tyyppinimiryhmille ja niiden vaatimuksille sivu- ja hivenaineravinteiden vähimmäispitoisuuksista sekä lannoitteisiin lisättävistä kelaateista ja orgaanisista aineista. (Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11 ja sen muutokset.)

Jätevedenpuhdistamojen lietettä saa käyttää maanviljelyssä vain, jos se täyttää tiettyjen tyyppinimiryhmien vaatimukset. Tyyppinimiryhmät ovat maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (3A5) ja orgaanisena lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (1B4). (7/13 11.a §.) Asetuksen jätevesilietteen käyttöä koskevat vaatimukset eivät koske maanparannusaineena sellaisenaan käytettäviä sivutuotteita, jotka sisältävät enintään 10 % jätevesilietettä, eikä nestemäisinä orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettäviä sivutuotteita, jotka sisältävät jätevesilietettä korkeintaan 10 % tuorepainosta. (12/12 kohdat 1B4 ja 3A5.)

Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden tyyppinimen vaatimuksien mukaan teollisuus- tai käsittelylaitoksen sivutuotteen tulee olla sellaista, että sillä on todettavissa maan ominaisuuksia edistävä vaikutus. Käytöstä ei saa aiheutua haju- tai ympäristöhaittaa ja tautiriski on myös huomioitava. Maanparannusaineet voivat sisältää pää- ja sivuravinteita ja niiden pitoisuus on ilmoitettava, jos ne sisältävät enemmän kuin 1 000 mg/kg kuiva-ainetta. (21/15 liitteen 1 kohta 3A5.) Orgaanisena lannoitteena sellaisenaan käytettävillä sivutuotteilla on oltava kasvien kasvua edistävä vaikutus, mikä perustuu pääosin kasveille käyttökelpoisen pääravinteiden määrään. Pää-

ravinnepitoisuuden tulla olla vähintään 1 % tai sivuravinteiden pitoisuuden vähintään 8 %. (7/13 liitteen 1 kohta 1B4.)

Jätevedenpuhdistamolietteen käyttö on sallittu vain sellaisella viljelymaalla, jonka haitalliset metallipitoisuudet eivät ylitä suurimpia sallittuja pitoisuuksia. Jos epäillään että vuotuinen enimmäiskuormitus ylittyy viljelymaalla, täytyy siitä ottaa tarvittavat näytteet ennen jätevesilietteen levitystä. Lietteen käytöstä aiheutuva haitallisten metallien kuormitus ei myöskään saa ylittää vuotuisia enimmäiskuormituksia. (12/12 11.a §.)

Viljelymaan pH:n on oltava puhdistamopohjaisissa lannoitevalmisteissa 5,8 ja kalkkistabiloitua lietettä käytettäessä yli 5,5. Soveltuvalla viljelymaalla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja tai muita kasveja, joita ei yleensä käytetä tuoreena ihmisen ravinnoksi tai eläinten rehuksi. Lietteitä saa levittää nurmelle vain, jos nurmi perustetaan suojaviljan kanssa ja mullataan huolellisesti. Lietepohjaisen lannoitteen käytön jälkeen viljelymaalla ei saa viljellä perunaa, juureksia, vihanneksia eikä juuri- ja yrttimausteita viiden vuoden varoajalla. Varoaika voi olla lyhyempi lannoitevalmisteen tyyppinimivaatimusten mukaan. (12/12 11.a §.)

Puhdistamolietepohjaista lannoitevalmistettä ei saa siis käyttää mihin tahansa maanviljelyskäyttöön ja myös tietyt maanominaisuudet on otettava huomioon. Rajoitukset ovat tehty turvaamaan tuotteiden puhtautta, jonka takia niitä on tärkeä noudattaa. Rajoitukset eivät koske kuitenkaan tuotteita, joissa on käytetty vain pieni osa puhdistamolietettä. Tämä mahdollistaa myös laajemman hyötykäytön esimerkiksi suuremmilta biokaasulaitoksilta, jossa käsitellään muitakin jätteitä, jolloin puhdistamolietteen osuus tuotteesta pienenee.

Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12 ja sen muutos 22/15

Laissa käsitellään toiminnanharjoittajan ilmoitusvelvollisuudesta, tiedostonpitämisvelvollisuudesta, omavalvontavelvollisuudesta, ennakoilmoitusvelvollisuudesta, laboratoriohyväksynnästä, lannoitevalmisteiden sisämarkkinakaupasta ja maahantuonnista. Laissa säädetään myös orgaanisia lannoitteita ja maanparannusaineita tai niiden raaka-aineita käsittelevän laitoksen hyväksynnästä ja valvonnan järjestämisestä. (Maa-

ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12 ja sen muutos 22/15.)

Toiminnanharjoittajan on tehtävä Eviralle kirjallinen ilmoitus toiminnan aloituksesta tai toimintaan kohdistuvista merkittävistä muutoksista. (22/15 2. §). Lisäksi toiminnanharjoittajan on pidettävä yllä ajantasaista tiedostoa, jonka avulla tuotteet ovat jäljitettävissä. Omavalvonnalla on tarkkailtava myös lannoitevalmisteiden laatua (11/12 3. §.) Laitoshyväksyntä täytyy tehdä tyyppinimiluettelon lannoitevalmisteista, jotka kuuluvat ryhmiin: orgaaniset ei eläinperäiset lannoitteet (1B2), orgaaniset maanparannusaineet (3A2) ja maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (3A5) (22/15 5. §).

Elintarviketurvallisuusviraston valvonta

Jokaisella lannoitevalmisteella tulee olla tyyppinimi. Elintarviketurvallisuusvirasto ylläpitää lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloa. Jos lannoitevalmiste ei täytä olemassa olevan valmistetyypin ominaisuuksia, eikä sillä siten ole tyyppinimeä, tuotteen valmistajan täytyy hakea tyyppinimeä kirjallisesti Eviralta. (Evira 2015.)

Eviralta haetaan myös lannoitevalmistelaitoshyväksyntää tyyppinimiryhmästä riippuen. Hyväksynnän vaativat puhdistamolietepohjaiset tyyppiryhmät ovat: orgaaniset maanparannusaineet (3A2) ja maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (3A5). Hyväksyntää ei kuitenkaan edellytetä, jos jätevedenpuhdistuslaitos itse valmistaa ryhmään 3A5 kuuluvia maanparannusaineita. Hyväksyntä tarvitaan, jos käsittelystä vastaa muu taho kuin puhdistamo. (Evira 2014.)

3 RAVINNEKIERTO JA LIETTEEN HYÖTYKÄYTTÖ

Jätevedenpuhdistamojen prosessien kehittäminen tarjoaa mahdollisuuden ravinteiden talteenoton ja ravinnekierron tehostamiseen. Kiertotalouden kannalta on olennaista, miten jätevedenpuhdistamojen jätevesi ja lietteet käsitellään. Tämän lisäksi on suunniteltava tehokas lietteen hyötykäyttö tai jatkojalostaminen.

3.1 Ravinteiden kierto ja talteenotto

Ravinteiden kierron merkitys on taloudellinen, mutta ennen kaikkea ekologinen. Taloudellinen arvo syntyy päästöjen vähentämisen kautta, jolloin myös terveys- ja ympäristöongelmat vähenevät. Ravinteet ovat maaperälle ja koko yhteiskunnalle välttämätön resurssi, mutta väärässä paikassa ne aiheuttavat ongelmia. Typen ja fosforin hukkaamisen vähentämisen ja ravinnekierron lisäämisen avulla saataisiin parannettua vesistöjen tilaa sekä maatalouden ravinne- ja energiaomavaraisuutta. (Aho ym. 2015.)

Ihmisen toiminnan vaikutuksesta maaperä köyhtyy, kun ravinteita otetaan siitä jatkuvasti tuotannon myötä. Maaperän ravinnepääoma häviää, jos ravinteita ei palauteta maaperään. Ravinneköyhän maan takia tuotanto voidaan joutua siirtämään uusille alueille, mikä tarkoittaa metsien raivaamista. Maaperän ravinnepääomaa voidaan pitää yllä mineraalilannoitteilla, mutta toinen vaihtoehto on palauttaa ravinteet maaperään kierron avulla. Ravinteiden kierrossa mineraalilannoitteet korvataan kierrätysvalmisilla lannoitteilla. Kierrätyslannoitteiden käyttö mahdollistaisi Suomen ravinneomavaraisuuden vähentämällä riippuvuutta tuontiravinteista. Ravinteiden kierrätys, jalostus ja niiden palauttaminen luovat myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Ravinteiden kierrätyskään ei ole täysin päästötöntä, mutta se on mineraalisten ravinteiden käyttöä kestävämpi vaihtoehto. (Aho ym. 2015.)

Suomen talouskasvun ja Itämeren tilan parantamiseksi on esitetty, että vuonna 2035 kunnallisia jätevedenpuhdistusprosesseja uudistetaan niin, että kierrätystä varten otetaan talteen fosforin lisäksi myös typpi ja hiili. Tällä hetkellä jätevedenpuhdistamot eivät ota talteen typpeä ja sitä hukataan ilmaan vuosittain 10 000 tonnia. (Aho ym. 2015.) Jäteveden puhdistuksessa fosforin poistoteho on keskimäärin 96 %, josta kaikki on sitoutuneena lietteeseen. Typen poistoteho on keskimäärin 56 %, mutta tästä vain 30 % sitoutuu lietteeseen ja loput haihtuu ilmaan typpikaasuna. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 28.) Ravinnekierron parantamiseksi typen talteenottoa tulisi tehostaa ja lietteiden tuotteistamista tulisi parantaa. Suomessa suuri osa lietteestä hyötykäytetään, mutta niistä ei jalosteta kierrätysravinnetuotteita. (Aho ym. 2015.)

Sveitsi on ensimmäinen maa maailmassa, jossa fosforin talteenotto ja kierrättäminen puhdistamolietteestä sekä teurasjätteestä tulee pakolliseksi vuoden 2016 alusta alkaen. Siirtymäaika muutokseen on 10 vuotta. (European Sustainable Phosphorus Platform

2016.) Ruotsissa on asetettu kansallinen tavoite, että vuoteen 2015 mennessä 60 % jäteveden fosforista otetaan talteen ja tästä vähintään puolet olisi tarkoitus käyttää viljelymailla. Alankomaissa on otettu käyttöön sopimus, johon sitoutuneet tahot käyttävät tietyn osuuden kierrätettyä fosforia prosesseissaan. Myös Saksassa on suunnitteilla lainsäädäntö, jonka avulla pyritään vähentämään fosforin hukkaamista. Yhdyskuntajätevesiä koskevan direktiivin mukaan fosfori täytyy poistaa jätevesistä. Direktiivi ei kuitenkaan määrää, että fosforin tulisi poistamisen jälkeen olla sellaisessa muodossa, että se voitaisiin käyttää uudelleen. Fosforin tulisi kuitenkin olla sellaisessa muodossa, että kasvit pystyvät hyödyntämään sen maataloudessa. (Euroopan komissio 2013, 3.)

3.1.1 Fosfori

Fosfori on välttämätön osa maataloutta, eikä sitä voida korvata eläinrehuissa tai lannoitteissa muilla aineilla. Fosfaattilouhinnoista noin 90 % käytetään rehuihin ja lannoitteisiin. Nykyinen fosforin käyttö ei kuitenkaan ole kestävä, koska fosforin elinkaaren jokaisessa vaiheessa syntyy jätettä ja hävikkiä. Maailman fosforivarat ovat runsaat, mutta EU:n sisällä on vain pieniä raakafosfaattivarantoja. Suurimmat fosfaattikiven tuottajat maailmassa ovat Marokko, Kiina ja Yhdysvallat. Vuonna 2011 EU:n riippuvuus tuontifosforista oli 92 %. (Euroopan komissio 2013.)

EU:ssa louhittua fosfaattia ei ole vielä tarpeen tai kannattavaa korvata täysin kierrätysfosfaatilla. Kierrätyksen lisääminen on kuitenkin hyödyllistä, koska fosfori on uusiutumaton luonnonvara ja fosforin suljettu kierto tulee lopulta välttämättömäksi fosfaattivarojen vähetessä. Väkiluvun kasvun ja ruokailutottumusten muuttumisen seurauksena fosfaatin tuotantoa tarvitaan yhä enemmän. Fosforin tuotanto myös kuluttaa vettä, energiaa ja muita resursseja sekä kuormittaa vesistöjä aiheuttaen mm. rehevöitymistä. Fosfaatin louhinta vaatii suuria maa-alueita ja louhinnassa syntyvän jätteen määrä voi olla suuri. (Euroopan komissio 2013.)

Lannoitteiden käyttö kasvattaa luonnossa kiertävien ravinteiden määrää, mikä lisää ympäristökuormitusta. Suomessa peltojen fosforipitoisuus on paikoittain korkea ja fosfori on sisävesien ja Itämeren rantavesien merkittävä kuormittaja. Fosfori voi sadevesien ja eroosion mukana valua pois pelloilta ja riski valuntaan on suurempi, kun fosfori on helposti liukenevassa muodossa. Ympäristön kuormituksen estämiseksi

lannoituksen tulisi tapahtua maan ravinnetarpeen ja jo maassa olevan fosforimäärän mukaan. Suurin vesistöjen fosforikuormittaja on maatalous. (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa, 2011.)

Fosforin poisto on Suomen vesistöjen kannalta tärkeää, koska se on rehevöitymisen ja biomassan kasvua säätelevä minimiravinne. Jäteveden fosforin poistossa käytetyt kemikaalit vaikuttavat myös siihen, miten kasvi pystyy hyödyntämään fosforia ravinteen kierrätyslannoitteista. Alumiini- tai rautasuoloilla saostetun fosforin liukeneminen on heikompaa verrattuna fosforiin, jonka talteenotossa ei ole käytetty kemikaaleja. Mitä liukoisempaa fosfori on, sitä helpommin kasvit pystyvät sitä käyttämään. Ajan kuluessa kasvit todennäköisesti siis saavat fosforin käyttöönsä. Fosforin sitoutuminen maahan on vesistöjen suojelemisen kannalta kuitenkin positiivinen asia. (Laitinen ym. 2014.)

Fosforia erotetaan jätevesistä yleensä kemiallisesti saostamalla, biologisessa fosforinpoistoprosessissa tai näiden molempien yhdistelmällä. Fosfori voidaan ottaa talteen lietteestä, lietteen poltossa syntyneestä tuhkasta tai nestefaasista. Talteenottomenetelmiä ovat kiteyttäminen sekä märkäkemialliset ja termokemialliset menetelmät. (Nieminen 2010, 15–16.)

Kiteyttämismenetelmillä fosforia otetaan talteen lähinnä lietteen nestefaasista, jossa fosforia on runsaasti liukoisessa muodossa. Menetelmää voidaan käyttää lietteen kuivauksessa erottuvalle rejektivedelle, erillisessä anaerobisessa osastossa erotetulle sivuvirralle tai mädätetylle lietteelle. Kiteyttämisen alkuaikana saamiseksi prosessiin voidaan lisätä siemenmateriaalia, jonka pinnalle kiteet alkavat kasvaa. Prosessiin lisätään myös kemikaalia, jonka ionit reagoivat nesteeseen vapautuneen fosfaatin kanssa. Lopputuote määräytyy käytetyn kemikaalin mukaan. (Nieminen 2010, 16.)

Märkäkemiallisilla menetelmillä voidaan käsitellä lietettä tai tuhkaa. Menetelmässä fosfori erotetaan käyttäen happoa tai emästä, jolloin fosfori vapautuu liukoiseen muotoon. Lietteiden orgaanien osa erotetaan sakkana ja raskasmetallit erotetaan esimerkiksi saostamalla tai nanosuodatuksella. (Nieminen 2010, 16.)

Lietteiden poltossa fosfori ja raskasmetallit konsentroituvat tuhkaan. Raskasmetallit voidaan poistaa tuhkasta märkäkemiallisilla ja termokemiallisilla menetelmillä. Ter-

mokemiallisesti raskasmetallit voidaan poistaa lisäämällä tuhkaan klooriyhdisteitä, minkä jälkeen prosessin lämpötila nostetaan raskasmetallien kiehumispisteen yläpuolelle, jolloin syntyneet yhdisteet haihtuvat kaasuna ilmaan. (Nieminen 2010, 15–16.)

Fosforin talteenottoa on tutkittu ja siihen on kehitetty erilaisia menetelmiä. Talteenotomenetelmien avulla ei kuitenkaan olla päästy edullisempaan hintaan louhittuun fosforilannoitteeseen verrattuna. Fraunhofer-instituutin teknologiakatsauksen mukaan taloudellisesti kannattavimmat vaihtoehdot fosforin talteenottoon näyttäisivät olevan fosforin talteenotto jätevesilietteestä tehostetun biologisen fosforin talteenoton jälkeen sekä talteenotto poltetun jätevesilietteen tuhkista. (Aho ym. 2015, 32.)

3.1.2 Typpi

Typpilannoitteissa käytetään ilmakehän typpeä. Lannoitteen valmistusprosessi on energiaa kuluttava ja siitä muodostuu myös kasviuonepäästöjä. Typen aiheuttamia ympäristöongelma ovat vesistöissä rehevöityminen ja pohjaveden pilaantuminen. Suurimmat ihmisen aiheuttamat vesistöjen typpikuormittajat ovat maatalous ja yhdyskunnat. (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011.) Maatalouden osuus koko typpikuormituksesta on 46,5 % ja yhdyskuntien osuus 16,6 % (Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma 2015).

Typpeä esiintyy jätevesissä ammoniumtyppinä ja sitä poistetaan jätevesistä nitrifikaatiolla, jossa ammoniumtyppi hapetetaan nitriitiksi ja lopulta nitraatiksi. Poistoa voidaan jatkaa myös denitrifikaatiolla, jolloin typpi vapautuu ilmaan typpikaasuna. Denitrifikaatiota käytetään laitoksen ympäristöluvan vaatimien puhdistustehokkuuksien mukaan. (Grönham 2013.) Suomessa typpi on yleensä minimiravinne merialueilla (Laitinen ym. 2014, 3).

Hyviä ja kannattavia ratkaisuja typen talteenottoon jätevesistä ei vielä ole kehitetty (Aho ym. 2015, 32). Envor on kuitenkin kehittänyt menetelmän, jolla typpeä otetaan talteen biokaasulaitoksen rejektivesistä. Menetelmä perustuu strippausteknologiaan, jossa typpi erotetaan kaasumaiseen muotoon ja jalostetaan nestemäiseksi ammoniumsulfaatiksi. (EnvorGoup 2015.)

3.2 Lietteiden käsittelymenetelmät

Jätevedenpuhdistamoilla syntyvä ylijäämäliete käsitellään yleensä sakeuttamalla. Tämän jälkeen liete voidaan kuivata ja siirtää jatkokäsiteltäväksi tai mädättää. Lietteen käsittelyn tavoitteena on yleensä hygienisoida ja stabiloida liete. Hygienisoinnilla tarkoitetaan lietteiden käsittelyä niin, että mikrobit ja haitalliset taudinaiheuttajat tuhoutuvat tai vähenevät niin, ettei niistä aiheudu enää vaaraa. Stabiloinnilla tarkoitetaan mikrobiologisen toiminnan keskeyttämistä tai loppuun saattamista. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013.) Suomessa puhdistamolietteen yleisimmät käsittelytavat ovat kompostointi ja mädätys (Laitinen ym. 2014, 28).

3.2.1 Kompostointi

Kompostointi on happea vaativa prosessi, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Kompostoinnin lopputuloksena syntyy hitaasti hajoavaa humusainetta ja mikrobimassaa. Ennen kompostointia lietteeseen lisätään tukiainetta. Tukiaine voi olla puu- tai oksahaketta ja kuorta sekä turvetta. Tukiaineella varmistetaan massan ilmavuus. Ilman pääsyä massaan voidaan tehostaa myös ilmastuksella ja massan kääntelyllä. Kompostointi koostuu kahdesta eri vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa kompostin lämpötila nousee korkeaksi, jolloin kompostimassa yleensä hygienisoituu. Hygienisoitumiseen vaikuttavat monet tekijät kuten mikrobien keskinäiset vuorovaikutussuhteet, pH ja ravinnetilanne. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 30–31.) Ensimmäisen vaiheen jälkeen komposti jälkikypsytetään katetussa tilassa tai avoimella kentällä. Jälkikypsytyksen jälkeen komposti seulotaan ja käsitellään jatkokäytön mukaisesti. (Pöyry Environment Oy 2007, 16.)

Kompostoitua lietettä voidaan käyttää viherrakentamiseen. Kompostoinnin hyviä puolia ovat prosessin helppous ja edullisuus. Huonoina puolina voi mainita, ettei prosessi tuota energiaa, eikä komposti ole varsinainen lannoitevalmiste. (Laitinen ym. 2014, 29.)

3.2.2 Mädätys

Ennen mädätystä käsiteltävä materiaali yleensä esikäsitellään. Puhdistamoliete esikäsitellään sakeuttamalla. Mädätys tapahtuu hapettomassa tilassa suljetussa reaktorissa.

Prosessia kutsutaan termofiiliseksi jos prosessin lämpötila on n. 55 °C, ja mesofiiliseksi lämpötilan ollessa n. 37 °C. (Pöyry Environment Oy 2007, 19–20.) Prosessissa syntyy hiilidioksidista ja metaanista koostuvaa biokaasua, joka voidaan hyödyntää energiana. Tämän lisäksi syntyy ravinteita ja orgaanista ainesta sisältävää jäännöstä, joka voidaan hyötykäyttää lannoitevalmisteena. (Virkkunen, 2014.) Mädätys on kannattavaa vain suurella lietemäärällä (Laitinen ym. 2014, 29).

Lannoitevalmistekäyttöön menevältä lietteeltä vaaditaan hygieenisyyttä, johon mädätysprosessi ei aina riitä. Hygienesointi voidaan mädätysprosessissa varmistaa erillisellä hygienesointiyksiköllä, jossa liete kuumennetaan 70 °C asteeseen tunnin ajaksi. Hygienesointi voidaan tehdä myös muulla menetelmällä, kuten esimerkiksi kompostoinnilla tai termisellä kuivauksella. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 32.)

Mädätysjäännöstä voidaan käyttää sellaisenaan tai kuivattuna maanparannusaineena maatalouskäytössä. Termisesti kuivattua lietettä tai riittävän pitkään jälkikypsytettyä kompostia voidaan käyttää maataloudessa, maisemoinnissa tai eroosion estossa. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 32.)

3.2.3 Kemiallinen kunnostus

Kemiran kehittämässä Kemicond-menetelmässä liete käsitellään ennen sen kuivaamista. Prosessiin lisätään rikkihappoa, jolloin sen pH laskee alle viiteen. Tällöin epäorgaaniset suolat, kuten rautafosfaatit ja -hydroksidit liukenevat ja geelimäinen koostumus hajoaa. Liete myös hapetetaan vetyperoksidilla, jolloin siitä vapautuu vettä ja liuennut kahdenarvoinen ferrirauta hapettuu kolmenarvoiseksi ferriraudaksi. (Kemira 2008.) Ennen kuivausta liete neutralisoidaan ja siihen lisätään kuivausta tehostavaa polymeeriä. Kuivaus voidaan tehdä ruvipuristimilla, lingolla, suotonauha- tai kammiopuristimella. (Pöyry Environment Oy 2007.)

Kemicond-menetelmällä pystytään käsittelemään noin 12 000 tonnia lietettä vuodessa ja sen kemikaalikustannukset ovat vuodessa noin 35–80 €. Suomessa menetelmä on käytössä puhdistamolietteen käsittelyssä Oulussa ja Porissa. Menetelmän kehittänyt Kemira vastaa molemmilla paikkakunnilla lietteen käsittelystä ja sen toimittamisesta hyötykäyttöön. (Aho ym. 2015, 32.) Lopputuotetta voidaan käyttää maataloudessa maanparannusaineeksi sellaisenaan käytettävänä sivutuotteena tai se voidaan jatkoka-

sitellä kompostoimalla, jolloin sitä voidaan käyttää orgaanisena maanparannusaineena (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 33).

Kalkkistabiloinnissa lietteen pH nostetaan korkeaksi riittävän kauaksi aikaa, jolloin liete hygienisoituu. Kuivatun lietteen kalkkistabiloinnissa käytetään poltettua kalkkia, joka reagoi vedessä veden kanssa nostaa pH:ta ja lämpötilaa. Märkään lietteeseen käytetään sammutettua kalkkia, joka nostaa pH:ta mutta ei lämpötilaa. (Pöyry Environment Oy 2007 36.) Lopputuote soveltuu maatalouskäyttöön maanparannusaineeksi sellaisenaan käytettävänä sivutuotteena (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 33).

Kemicond-menetelmä ja kalkkistabilointi ovat myös pienemmille puhdistamoille sopivia menetelmiä (Pöyry Environment Oy 2007). Kemiallisen kunnostuksen hyvä puoli on se, että siinä syntyy kuivattua hygienisoitua lietettä, jota voidaan käyttää lannoitevalmisteena. Prosessin huonona puolena voidaan pitää sen vaatimusta kemikaalien käytölle. (Laitinen ym. 2014, 29.)

3.2.4 Poltto

Ennen lietteen polttoa se kuivataan. Kuivaus tapahtuu mekaanisesti tai termisesti. Lie- te voidaan myös esikäsitellä Kemicond- menetelmällä, jolloin liete saadaan stabiiliksi, hajuttomaksi sekä kuivemmaksi verrattuna pelkkään mekaanisesti kuivattuun lietteeseen. Lietteen kuiva-ainepitoisuus määrittää, kuinka paljon prosessi tarvitse tukipolttoainetta ja kuinka paljon siitä muodostuu savukaasuja. Poltossa syntyvä tuhka pitää stabilisoida ennen sen loppusijoittamista. Tuhkaa ei voi käyttää lannoitevalmisteena tai maanparannusaineena ja usein se loppusijoitetaan kaatopaikalle. Tuhkasta voidaan kuitenkin erottaa esimerkiksi fosforia lannoitevalmistukseen. (Pöyry Environment Oy 2007, 30–31.) Tuhkaa voidaan käyttää myös täyteaineena maisemointiin. Polton huono puoli on se, että prosessi vaatii enemmän energiaa kuin mitä se voi tuottaa. (Laitinen ym. 2014, 29.)

Suomalaisen Outotecin ASH DEC -prosessissa jätevesilietteen polton yhteydessä syntynyt tuhka pelletoidaan ja käsitellään termisesti. Valmistukseen voidaan lisätä ravinteita, jonka jälkeen se prosessoidaan lannoitevalmisteksi. Teknologian tarvitseman suuren syötemäärän takia se on kuitenkin suunnattu lähinnä vientiin. (Aho ym. 2015, 32.)

3.2.5 Terminen kuivaus

Termistä kuivausta edeltää lietteen esikäsitely kuivaamalla se mekaanisesti mahdollisimman tehokkaasti. Terminen kuivaus alkaa veden haihuttamisella lietteestä. Kuivausmenetelmät perustuvat suoraan tai epäsuoraan kuivaukseen ja kuivaus voi olla osittain kuivausta tai täyskuivausta. Täyskuivatun lietteen lopputuote on pölymäistä tai granuloitunutta. Lieke käsitellään sen halutun kuiva-ainepitoisuuden mukaan. (Pöyry Environment Oy 2007, 26–27.)

Termisesti kuivattu lieke voidaan jatkokäsitellä polttamalla tai siitä voidaan tehdä lannoitevalmistetta. Lopputuote on helposti käsiteltävä, mutta prosessi vaatii kuitenkin paljon energiaa. (Laitinen ym. 2014, 29.) Termisesti kuivattu lieke sopii käytettäväksi maataloudessa orgaanisena maanparannusaineena (Puhdistamolietteenkäyttö maataloudessa 2013, 33).

3.3 Lietteen hyötykäyttö

Suomen jätevedenpuhdistamoilta syntyy lietettä noin 140 000 tonnia vuodessa. Lietteestä 62 % käytetään viherrakentamiseen ja kaatopaikkojen maisemointiin, 33 % menee biokaasulaitoksiin, 2 % hyödynnetään maanparannusaineena maanviljelyssä sekä viimeiset 2 % käytetään muilla tavoin tai ne päätyvät loppusijoitukseen kaatopaikalle. Vaikka suuri osa lietteestä hyötykäytetään, on lietteiden jalostamisessa ja tuotteistamisessa vielä paljon parannettavaa. Lietteiden jatkojalostaminen kierrätyslannoitteeksi on ravinteiden kierron kannalta paras mahdollinen vaihtoehto. (Aho ym. 2015, 31.)

3.3.1 Käyttö maataloudessa

Puhdistamoliete käsitellään aina ennen kuin sitä voidaan käyttää maataloudessa. Eviran hyväksymiä puhdistamolietettä käsitteleviä toimijoita on Suomessa 100, joista vain 5 on maatiloja. Maataloudessa käytettävät lannoitevalmisteet ovat Eviran pitämässä tyyppinimiluettelossa. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 4.) Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden tyyppinimiryhmien vaatimuksia on eritelty lakiosassa 2.3. Vesilaitosyhdistyksen julkaiseman puhdistamolietteen käyttö

maataloudessa (2013, 5) oppaan mukaan puhdistamopohjaisten valmisteiden tyyppi-ryhmät ovat:

Orgaaniset maanparannusaineet (3A2)

- tuorekomposti
- maanparannuskomposti
- kuivarae (termisen kuivauksen jälkeen)

Nestemäisenä orgaanisena lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (1B4)

- rejektivesi, kun raaka-aineena on käytetty korkeintaan 10 % puhdistamolietettä

Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet (3A5)

- mädätysjäännös (biokaasulaitoksista)
- kalkkistabiloitu puhdistamoliete (kemiallisesta käsittelystä)
- kemiallisesti hapetettu puhdistamoliete (kemiallisesta käsittelystä)

Orgaanisten maanparannusaineiden valmistajilta vaaditaan laitoshyväksyntää ja tuotteiden stabiilisuudella on tarkempia vaatimuksia. Tuotteita ei kuitenkaan koske lannoitevalmisteasetuksen käyttörajoitteet. Nestemäisenä orgaanisena lannoitteena sellaisenaan käytettävien sivutuotteiden käyttöä ei myöskään rajoiteta. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013.)

Sellaisenaan maanparannusaineeksi soveltuvien sivutuotteiden valmistajilta ei vaadita korkeaa stabiilisuutta eikä myöskään laitoshyväksyntää, mikäli liete käsitellään jätevedenpuhdistamolla. Tuotteet ovat kuitenkin lannoitevalmisteasetuksen käyttörajoitusten ja maaperän seuranta-vaatimusten piirissä. Kaikkia puhdistamolietepohjaisia lannoitevalmisteita koskevat lannoitelainsäädännön vaatimukset kadmiumseurannasta sekä nitraattiasetuksen ja ympäristötuen säädökset lannoitteen levityksestä ja käytöstä. Mitään puhdistamolietetä pohjaista tuotetta ei saa käyttää luomutuotannossa. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa, 2013.)

Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden laatuun vaikuttaa merkittävästi itse jätevesi. Lannoitevalmisteiden haitallisten metallien pitoisuuksia seurataan omavalvonnassa. Myös lietteen hygieenistä laatua seurataan tarkkailemalla sen *Escherichia coli*-bakteerin ja salmonellan määrää. Raskasmetallipitoisuudet ja taudinaiheuttajat

eivät ole enää ongelma puhdistamolietetuotteissa. Uusi riskitekijä on jäteveden haitalliset orgaaniset aineet, kuten lääkejäämät ja erilaiset tuotteiden suoja-aineet, joille ei ole asetettu rajoituksia tai joiden määrää tai pitoisuuksia on hankala kontrolloida. Suomessa lietteistä analysoidut orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet ovat olleet alhaisia verrattuna raja-arvoihin, joita on esitetty EU:n jätteitä, lietettä ja lannoitevalmisteita koskevassa säädösvalmistelussa. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 9–13.)

Tuotteiden ravinnepitoisuudet ja ravinnesuhteet vaihtelevat riippuen lietteen käsittelystä ja siihen lisättävistä muista orgaanisista materiaaleista. Fosforin määrä ei muutu prosessissa, mutta sen käyttökelpoisuus ja liukoisuus riippuu jätevedenpuhdistuksessa käytetyistä saostusmenetelmistä. Puhdistamolietteestä peräisin olevan fosforin käyttökelpoisuus kasvaa ajan myötä. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 6–7.)

Typen määrään vaikuttaa lietteen käsittelytapa sekä käsittelyssä haihtuvan typen määrä. Orgaaninen typpi vapautuu hitaasti. Puhdistamolietepohjaisen typen kanssa yhdessä kannattaa käyttää myös epäorgaanista typpilannoitetta. Puhdistamoliete sisältää myös kaliumia, josta huomattava osa on liukoisessa muodossa. Puhdistamolietteen sisältämistä muista ravinteista ei välttämättä ole tietoa, koska niitä ei tarvitse ilmoittaa tuoteselosteessa, joten niitä ei myöskään mitata. (Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa 2013, 7–8.) Mädätysprosessissa typpi muuttuu liukoisempaan muotoon, mikä tekee siitä helpommin hyödynnettävän kasveille (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011, 31).

Jätevesilietteen polton yhteydessä syntyvän tuhkan fosfori on hyvin liukoisessa muodossa ja se soveltuu hyvin metsälannoitteeksi. Jos tuhkan fosfori otetaan talteen, voidaan sitä hyödyntää lannoitevalmisteen raaka-aineena. (Laitinen ym. 2014, 30.)

3.3.2 Käyttö viherrakentamisessa ja maisemoinnissa

Suurin osa Suomen jätevedenpuhdistamojen lietteestä päättyy viherrakentamiseen tai kaatopaikkojen maisemointiin. Viherrakentamisella tarkoitetaan istutettujen viheralueiden rakentamista ja hoitoa. Tällaisia viheralueita ovat esimerkiksi puistot, pihat ja tieluiskat. Viherrakentamisessa käytetään kasvualustoja, jotka ovat teknisesti käsitellyjä kiinteitä tai nestemäisiä aineita, joihin voi olla lisätty lannoitevalmisteita. Kierrä-

tysmateriaaleja sisältävään kasvualustaan ei lisätä kemiallisia lannoitteita. Vuonna 2009 viherrakentamiseen käytetyistä kasvualustoista 66 % sisälsi kierrätysmateriaaleja. (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011, 28–29.)

Viherrakentamisessa maanparannusaineena käytetään kompostimultaa. Myös biokaasulaitosten mädätysprosesseissa syntyvää käsittelyjäännöstä voidaan hyödyntää viherrakentamisessa (Marttinen ym. 2013, 12). Kompostimulta sisältää paljon ravinteita, mutta ravinteiden käyttökelpoisuus kasveille riippuu jätevedenpuhdistuksessa käytetyistä kemikaaleista (Laitinen ym. 2014, 30). Viherrakentaminen edellyttää yleensä siihen käytettävältä tuotteelta korkeaa stabiilisuustasoa. Korkea stabiilisuustaso voidaan saavuttaa kompostoimalla tai pitkäaikaisella säilytyksellä aumoissa. (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011, 31.)

Jos kompostoinnissa haihtuu typpeä, sitä on mahdollista kerätä talteen ilmasta (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011, 31). Talteenotto on mahdollista esimerkiksi ammoniakkin strippauksella. Menetelmässä nestejakeen pH:ta nostetaan, jolloin suuri osa ammoniumtypestä on ammoniakkimuodossa, jonka jälkeen se puhalletaan kaasufaasiin. Kaasu johdetaan pesuriin, jossa se liukenee haluttuun pesunesteseen. Prosessin lopputuote voi olla esimerkiksi ammoniumvesi tai ammoniumsulfaatti. (Luostarinen 2013.)

3.3.3 Energiahyötykäyttö

Suomen biokaasusta 61 % tuotetaan kaatopaikoilla, 18 % yhteismädätyslaitoksilla, 20 % jätevedenpuhdistamoilla ja alle 1 % maatiloilla. Jätevedenpuhdistamojen lietettä voidaan käyttää biokaasuprosessissa. Prosessissa syntyy biokaasua ja käsittelyjäännöstä. Biokaasulla voidaan tuottaa lämpöä, sähköä, liikennepolttoainetta, sekä luoda alue- ja maakaasuverkkoja. Käsittelyjäännös sisältää orgaanista ainesta ja ravinteita. (Virkunen 2014, 2–3.)

Käsittelyjäännöstä hyödynnetään maataloudessa ja viherrakentamisessa (Marttinen ym. 2013, 12). Käsittelyjäännös voidaan käyttää sellaisenaan tai sitä voidaan jatkokäsittellä lannoitevalmisteeksi (Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa 2011, 31). Valmiit lannoitetuotteet voivat olla kiinteitä tai nestemäisiä (Laitinen ym. 2014, 30).

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen kiertotalouspotentiaalin selvittäminen aloitettiin kartoittamalla alueen kaikki toimivat jätevedenpuhdistamot. Oiva-ympäristö- ja paikatietopalvelusta saatiin tiedot jätevedenpuhdistamojen jätevesivesivirtaamista, veden fosfori- ja typpipitoisuuksista sekä sijainnista. Palvelussa puhdistamoja oli yhteensä 28.

Jätevedenpuhdistamojen kartoituksen jälkeen tietoa kerättiin puhdistamojen ympäristöluvista. Jokaisen jätevedenpuhdistamon täytyy tehdä toiminnastaan ympäristölupa. Luvat löytyvät suurimmaksi osaksi internetistä. Ympäristölupia tarkastellessa huomattiin, että luvat olivat puutteellisia tarvittavien tietojen osalta tai ne saattoivat olla useita vuosia vanhoja. Puhdistamojen toiminta on voinut muuttua joiltain osin ympäristöluvan saamisen jälkeen, ja tutkimuksen kannalta oli tärkeää, että tiedot puhdistamoilta olisivat ajantasaisia. Tästä syystä tiedot puhdistamoilta päätettiin kerätä kyselyn ja haastattelujen avulla.

Kysely tehtiin Google -Forms palvelun kautta. Kyselyn avulla oli tarkoitus kerätä tietoa puhdistamoilla syntyvästä lietteestä ja sen käsittelystä sekä lopputuotteesta. Lisäksi kerättiin tietoa puhdistamojen mahdollisista tulevaisuuden suunnitelmista ja kiinnostuksesta ravinteiden kierrättämistä kohtaan. Kyselylomake on liitteenä.

Kyselyyn vastaajien yhteystietoja kerättiin internetin kautta. Samalla kävi ilmi, että alueella on paljon pienempiä puhdistamoja, jotka ovat isompien kuntien hallinnoimia. Kysely lähetettiin lopulta kaikkiaan 16 henkilölle, joista osa oli vastuussa useammasta kuin yhdestä puhdistamosta. Vastaanottajien joukossa oli myös Pertunmaan laitoksen vastuuhenkilö, jonka vastauksesta kuitenkin selvisi, ettei puhdistamo ole enää täydessä toiminnassa ja jätevesi siirretään siirtoviemärillä Heinolaan.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Aineisto Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen toiminnasta kerättiin siis verkkokyselyllä, haastatteluilla, dokumenteista sekä Oiva-palvelun Vahti-tietojärjestelmästä. Kyselyyn vastasi lopulta yhteensä 11 jätevedenpuhdistamoja mukaan lukien Pertun-

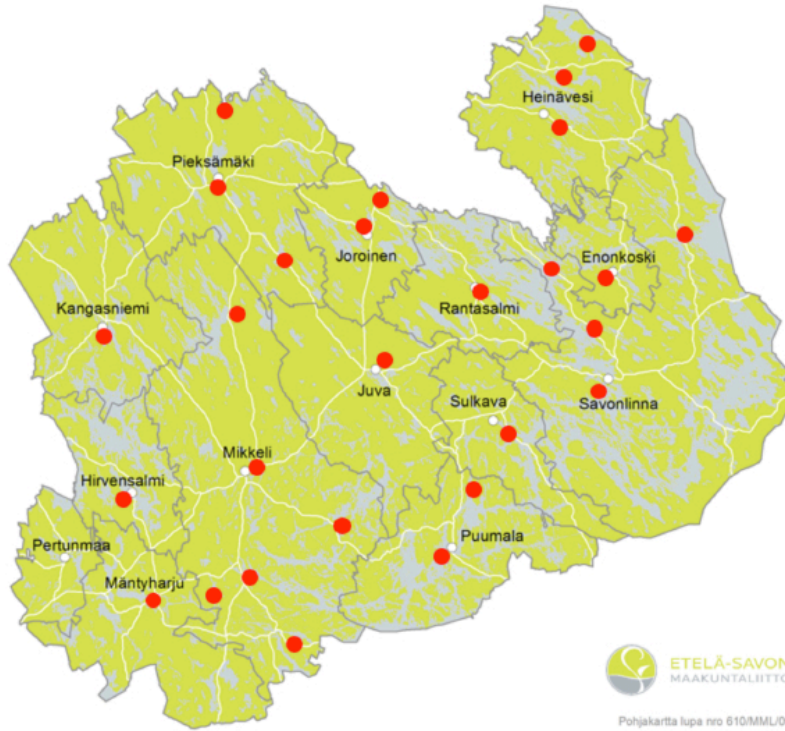
maa. Lopullinen kyselyaineisto muodostui näin 10 jätevedenpuhdistamon vastauksista eli vastausprosentti oli 66,7 %. Puuttuvia tietoja kerättiin ympäristösuojelun Vahti tietojärjestelmästä sekä ympäristöluvista. Aineistoa täydennettiin haastatteluista saaduilla tiedoilla, jotka saatiin käyttöön kiertotalous-hankkeen Lappeenrannan teknillisen yliopiston osuudesta, jossa haastattelut oli tehnyt tutkijatohtori Eveliina Repo. Tulosten yhteydessä on myös kuvattu tutkimuksen aikana löydettyjä esimerkkejä kiertotalouden toteuttamisesta.

5.1 Lietteen hyötykäyttö Etelä-Savon puhdistamoilla

Lietteen hyötykäytön selvittämiseksi kartoitettiin tietoa puhdistamojen toiminnasta. Selvitettiin siis tiedot jätevesivirtaamasta, lietteen määrästä ja pitoisuuksista sekä lopputuotteista. Tietoa kartoitettiin myös lietteen hyötykäyttöön liittyvistä muista asioista, kuten puhdistamojen tulevaisuuden suunnitelmista ja kiinnostuksesta ravinteiden kiertoon.

5.1.1 Etelä-Savon jätevedenpuhdistamot

Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen määrä on tällä hetkellä 27. Luvussa ei ole mukana Pertunmaan ja Kerimäen laitoksia. Pertunmaalta menee nykyisin siirtoviemäri Heinolaan ja Kerimältä menee siirtoviemäri Savonlinnaan. Kuvassa 3 näkyvät kaikki toiminnassa olevat jätevedenpuhdistamot Etelä-Savon maakuntakartalla.



KUVA 3. Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamojen sijainti (Pohjakartta Etelä-Savon maakuntaliito)

Etelä-Savon alueen puhdistamojen kokoa arvioitiin niiden vuosittaisten jätevesivirtaamien perusteella. Jätevedenpuhdistamojen jätevesivirtaama oli yhteensä 10,8 miljoonaa kuutiota. Suurimmat Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamot ovat Mikkelin Kenkäveronniemenpuhdistamo, Savonlinnan Pihlajanniemenpuhdistamo ja Pieksämäen kaupungin puhdistamo.

TAULUKKO 2. Etelä-Savon jätevedenpuhdistamot jätevesivirtaaman mukaan luokiteltuina

Jätevedenpuhdistamojen jätevesivirtaamat	Puhdistamojen määrä	Osuus prosentteina
yli 1 000 0000 m ³ /v	3	11 %
100 001–1 000 000 m ³ /v	11	41 %
10 001–100 000 m ³ /v	9	33 %
0–10 000 m ³ /v	4	15 %
Yhteensä	27	100 %

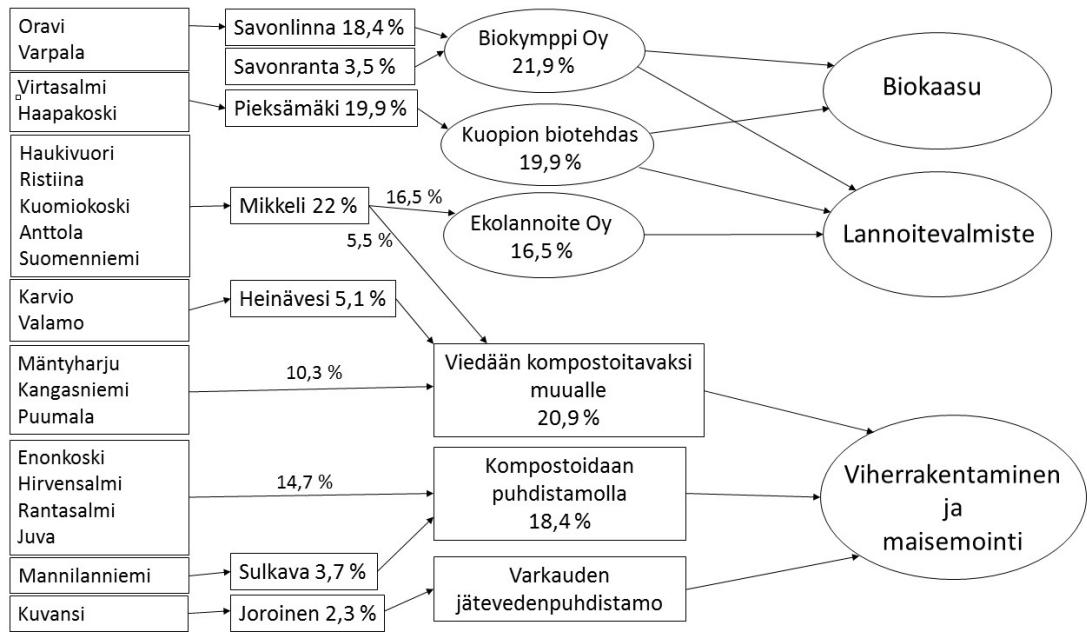
Kuten taulukosta 2 käy ilmi, suurin osa Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoista on pieniä puhdistamoita. Eniten Etelä-Savossa on puhdistamoja, joiden virtaama on 100 000–1 000 000 kuutiota vuodessa.

5.1.2 Lietteen tyyppi -ja raskasmetallipitoisuudet

Lietteen raskasmetallipitoisuudet eivät ylittäneet puhdistamolietettä sisältäville lannoitevalmisteille asetettuja sallittuja raja-arvoja minkään puhdistamon osalta. Lietteen korkeat raskasmetallipitoisuudet eivät näin ollen ole esteenä lietteiden hyötykäyttöön lannoitteena. Vain neljältä puhdistamolta saatiin tieto lietteen typpipitoisuudesta. Typpipitoisuudet vaihtelivat puhdistamojen välillä 0–50 g/kg kuiva-ainetta.

5.1.3 Lietteen määrä, hyötykäyttö ja lopputuotteet

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoilla syntyvästä lietteestä 52 % viedään käsiteltäväksi toiselle puhdistamolle. Puhdistamoista 18 % käsittelee lietteen itse kompostoimalla sen jätevedenpuhdistamolla ja 15 % vie lietteen kompostoitavaksi muualle. Puhdistamoista 15 % siirtää lietteen jatkojalostettavaksi lannoitevalmistajalle tai bio-kaasulaitokselle. Kuvassa 4 on esitetty lietteiden siirtoketjut puhdistamojen välillä ja siirrot jatkojalostukseen sekä mainittu lietteiden lopputuote. Prosenttimäärät kuvaavat osuuksia Etelä-Savon alueen puhdistamoilla syntyvästä kokonaislietemäärästä. Lietteen jatkojalostus kohteiden prosentiosuudet ovat yhteenlaskettuja osuuksia niille päätyvistä lietteistä.



KUVA 4. Etelä-Savon kuntien jätevedenpuhdistamojen lietteen jatkojalostusketjut ja lopputuotteet sekä prosenttiosuudet Etelä-Savon liitemäärästä

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille tuodut lietteet ja puhdistamon toiminnassa syntyvät lietteet päätyvät kompostoitavaksi, biokaasulaitokselle tai lannoitevalmistajalle. Taulukossa 3 on kuvattu laitoksilla syntyvien liitemäärien jatkokäsittelytavat. Liitemäärät ovat vuodelta 2014. Suluissa mainituilta puhdistamoilta lietteet siirretään isommalle puhdistamolle, josta ne toimitetaan edelleen jatkokäsittelyyn 60 % lietteen kokonaismäärästä. Suurimmat puhdistamot ovatkin tärkeitä lietteen hyötykäytön potentiaalin kannalta.

TAULUKKO 3. Etelä-Savon jätevedenpuhdistamoilta jatkojalostukseen siirtyvät lietemäärät

Jätevedenpuhdistamo	Kompostointi	Biokaasulaitos	Lannoitevalmiste
Mikkeli (Haukivuori, Ristiina, Anttola, Kuomiokoski, Suomenniemi)	970 m ³		2904 m ³
Savonlinna (Oravi, Varpala)		3248 m ³	
Savonranta		620 m ³	
Pieksämäki (Virtasalmi, Haapakoski)		3496 m ³	
Sulkava (Mannilanniemi)	650 m ³		
Puumala	500 m ³		
Mäntyharju	519 m ³		
Enonkoski	400 m ³		
Juva	900 m ³		
Rantasalmi	500 m ³		
Heinävesi (Karvio, Valamo)	900 m ³		
Hirvensalmi	800 m ³		
Kangasniemi	800 m ³		
Joroinen (Kuvansi)	400 m ³		
Yhteensä	7339 m ³	7364 m ³	2904 m ³
%	41,7 %	41,8 %	16,5 %

Etelä-Savon alueen puhdistamoilla syntyy lietettä yhteensä 17 607 kuutiota vuodessa. Puhdistamojen lietteistä suurin osa eli 41,8 % päättyy biokaasulaitoksille ja melkein saman verran eli 41,7 % kompostoidaan. Lannoitevalmisteena hyödynnetään lietteistä 16,5 %. Kompostoitua lietettä hyödynnetään viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. Muutaman puhdistamon kompostoidun lietteen hyötykäytöstä ei ollut tietoa ja yhdellä laitoksella kompostoitua lietettä ei hyödynnetty mitenkään.

Savonlinnan Pihlajanniemen ja Savonrannan puhdistamon lietteet kuljetetaan Biokymppi biokaasulaitokselle Kiteelle. Biokymppi Oy valmistaa puhdistamolietettä sisältävää peltoviljelyyn soveltuvaa nestemäistä lannoitetta. Biokaasua käytetään säh-

kön ja lämmön tuotantoon. Tuotettua sähköä ja lämpöä käytetään laitoksen omaan tarpeeseen, myydään sähköyhtiöille ja siirretään kaukolämpöverkkoon. Yhtiöllä on suunnitteilla aloittaa myös liikennepolttoaineen valmistus ja jakelu. (Biokymppi Oy 2010.) Pieksämäen puhdistamolta lietteet siirretään biokaasulaitokselle Kuopioon. Kuopion biokaasutehtaalla biokaasu hyödynnetään sähkönä ja kaukolämpönä. Prosessissa syntyvästä mädätysjäännöksestä valmistetaan lannoitetuotteita maanviljelykäyttöön. (Biotehdas 2016.)

Mikkelin jätevedenpuhdistamolta osa lietteestä viedään Metsä-Sairilan jäteasemalle kompostoitavaksi, mutta suurimmasta osasta lietettä tehdään lannoitevalmistetta Ekolannoite Oy:n toimesta Mikkelissä. Kiertotalouden kannalta paras ratkaisu lietteen hyötykäyttöön olisi kierrätyslannoitteiden valmistus. Mikkelin Kenkäveronniemen puhdistamo on kuitenkin ainut puhdistamo, jossa lietteestä valmistetaan pellolle päätyvää maanparannusainetta. Puhdistamolle tuodaan lietettä viidestä pienemmästä puhdistamosta, jolloin monen puhdistamon lietteet päätyvät maanparannusaineeksi. Toisaalta biokaasulaitoksilla prosessissa muodostunutta mädätysjäännöstä käytetään raaka-aineena lannoitevalmisteissa, eli myös osa biokaasulaitoksille menevästä lietteestä päätyy kierrätyslannoitteisiin. Puumalan vesiosuuskunnan puhdistamolle on keväällä 2016 tulossa uudistus, jossa lietteestä jatkojalostetaan maanparannusainetta.

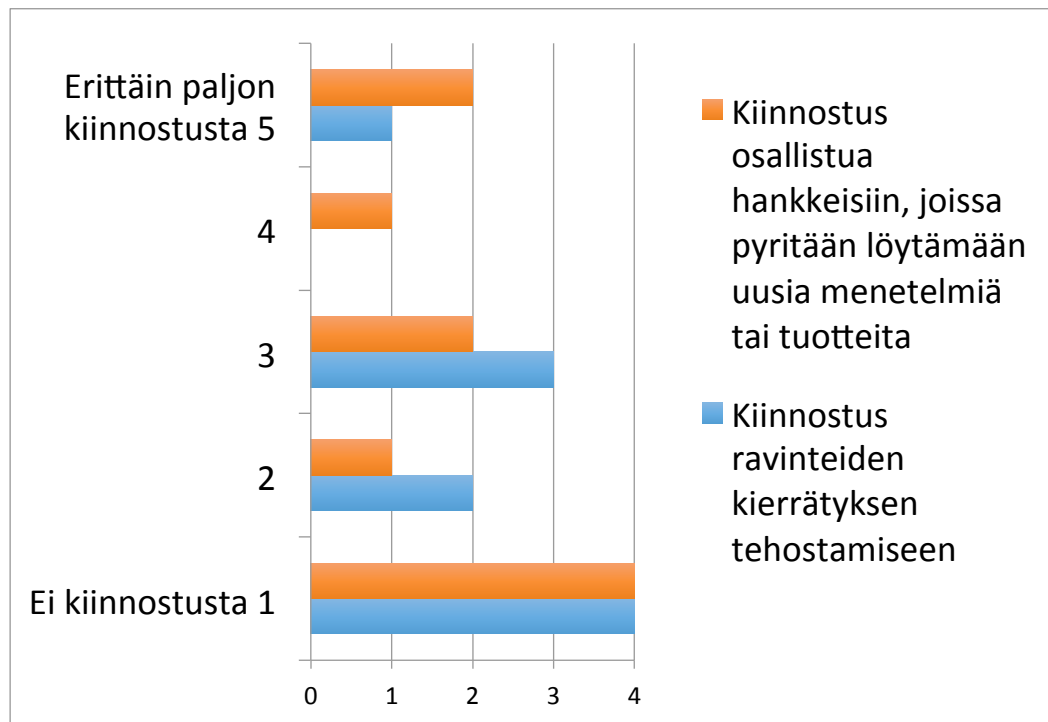
5.1.4 Muutoksia prosesseihin ja lietteenkäsittelyyn

Puhdistamojen prosesseihin ei näyttänyt olevan tulossa isoja muutoksia suurimmassa osassa puhdistamoista. Mäntyharjun puhdistamolla oli suunnitteilla hiekkapesuri ja polymeerin käyttö selkeytyksessä ja Juvan puhdistamolla oli suunnitteilla koko puhdistamon uudistaminen. Jätevedenpuhdistuksen tehostamiselle oli tarvetta Mäntyharjulla selkeytyksessä, Juvalla lietteen poistossa altaasta sekä Rantasalmella jäteveden hiekanpoistossa.

Lietteen käsittelyyn ei ollut tulossa muutoksia suurimmassa osassa puhdistamoista. Puumalan vesiosuuskunnan puhdistamolle on kuitenkin tulossa infrapunasäteilyyn perustuva nauhakuivain, joka kuivaa ja pastöroi lietteen. Se oli myös ainut puhdistamo, jolla oli suunnitteilla ravinteiden kierrätyksen tehostaminen.

5.1.5 Ravinteiden kierron edistäminen

Kyselyssä kartoitettiin puhdistamojen kiinnostusta ravinteiden kiertoon. Kuvassa 5 on kuvattu vastausten jakautuminen asteikolle 1–5. Kysymyksiin vastasi yhteensä 10 puhdistamoa. Hankkeisiin osallistuminen kiinnosti puhdistamoita hieman enemmän verrattuna ravinteiden kierron tehostamiseen.



KUVA 5. Vastausten jakautuminen kysyttäessä kiinnostuksesta osallistua hankkeisiin, joissa pyritään löytämään uusia menetelmiä tai tuotteita.

Vain Puumalan vesiosuuskunnan puhdistamo oli ollut mukana ravinteiden kiertoa edistävässä hankkeessa. Samainen puhdistamo oli ainoa, joka vastasi kysymykseen miten jätevedenpuhdistamon toimintaa voisi kehittää kiertotaloutta edistäväksi. Vastauksena kysymykseen oli puhdistamolle keväällä tuleva uusi lietteenkäsittelymenetelmä, jolla lietteestä saadaan lannoitus- ja maanparannusaineeksi käytettävää kuivaraetta. Avoimessa vastauskohdassa olleen kommentin mukaan lainsäädäntö rajoittaa lietteestä tehdyn mullan jatkokäyttöä.

5.2 Esimerkkejä kiertotalouden innovaatioista

Kiertotalous voi toimia niin isommalla kuin pienemmälläkin mittakaavalla. Tärkeintä on, että kiertotalouden periaatteet otetaan huomioon. Materiaaleja ja raaka-aineita tulisi käyttää niin, että niiden arvo säilyy mahdollisimman hyvin ja niitä voidaan käyttää uudelleen prosesseissa. Prosessin eri vaiheissa tulisi muodostua mahdollisimman vähän jatkokäyttöön kelpaamatonta ainesta, eli jätettä.

Kiertotaloudessa tehdään jatkuvasti kokeiluja ja kehitetään uusia ratkaisuja sekä innovaatioita. Teolliset symbioosit toteuttavat kiertotalouden ideaa ja ne toimivat yleensä maantieteellisesti lähellä olevien yritysten kesken. Esimerkiksi Forssan kaupungissa on edistetty sekä kiertotaloutta että teollista symbioosia. Mikkelissä EcoSairilan kehittämishanke on esimerkki suuresta ja Puumalassa uusi lietteenkäsittelymenetelmä pienestä paikallisesta kiertotalouden tulevaisuuden mahdollisuudesta.

5.2.1 Uusi lietteenkäsittelymenetelmä Puumalassa

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoista syntyvät lietemäärät ovat pääosin pieniä. Kaikilla pienemmillä puhdistamoilla liete kompostoidaan tai siirretään käsiteltäväksi muualle. Tästä syystä Etelä-Savon pienet jätevedenpuhdistamot kaipaavat kiertotalouden toteutuksen kannalta parempia ratkaisuja lietteen hyödyntämiseen.

Kiertotalouden pienen mittakaavan esimerkkinä on Puumalan vesiosuuskunnan jätevedenpuhdistamolla keväällä 2016 käyttöön tuleva uusi lietteenkäsittelymenetelmä, jota voidaan toteuttaa hajautetussa infrastruktuurissa. Puumalan jätevesilietteen käsittelystä vastaa Nanopar Oy, joka on jätevesilietteen käsittelyyn, materiaalin kuivaukseen ja seulontaan erikoistunut yhtiö. Yhtiö valmistaa jätevesilietteestä maanparannus- ja lannoitevalmistetta. Lietteen käsittely perustuu Paskiér prosessiin, jossa liete käsitellään infrapunasaäteilyyn perustuvalla nauhakuivaimella, joka kuivaa ja pastöroi lietteen. (Nanopar Oy 2016.)

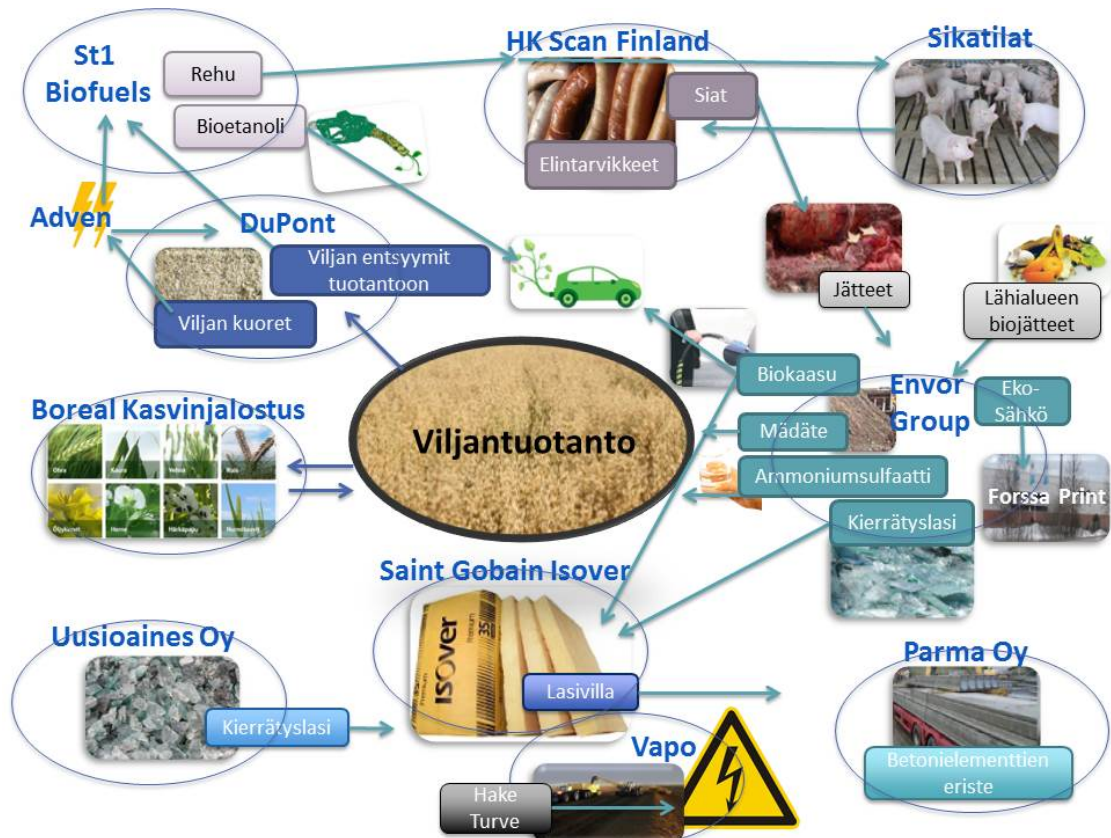
Prosessissa lietteestä poistetaan ensin tarvittaessa kiinteät epäorgaaniset aineet esiseulonnassa, jonka jälkeen liete puristetaan ohuiksi nauhoiksi. Infrapunakuivausyksikkö kohdistaa lietteeseen keskiaallon infrapunasaäteilyä, jonka lämpötilaa voi säätää 100–850 °C välillä. Lietettä kuivataan niin kauan kunnes sen kuiva-ainepitoisuus on yli

85% ja se ei sisällä enää haitallisia aineita. Kuivausta tehostetaan kuuman ilmavirran imemisellä lietekerroksen läpi alipaineen avulla. Lopuksi kuivattu liete murskataan, jonka jälkeen se on valmista käytettäväksi pelloilla. Prosessi voidaan suorittaa kiinteässä kontissa tai laitteisto voi olla kiinteästi asennettu. Sähköenergiaan menee 95 % menetelmän käyttökustannuksista ja sen energiakustannus noin 90 €/ m³ kuiva-aine pitoisuuden ollessa yli 85 %. (Nanopar Oy 2016.)

5.2.2 Teollisen symbioosin ratkaisuja Forssassa ja Mikkelissä

Forssa on vanha teollisuuskaupunki, jossa kiertotalouden teollisia symbiooseja on kehitetty merkittävästi. Kierto- ja biotalous ovat Forssan tärkeitä tulevaisuuden kasvualueita. (Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit 2016.) Kuvassa 6 on esitetty kiertotalouden ja teollisen symbioosin yhteydet Forssan alueella.

Forssan lähialueilla tuotetusta viljasta osa lähtee Dupontin Jokioisten tehtaalle, jossa viljan entsyymit otetaan talteen. Tämän jälkeen viljat siirtyvät ST1:n bioetanolitehtaalle, jossa viljoista valmistetaan etanolia. Viljojen kuoret poltetaan yhdessä hakkeen kanssa, josta syntynyt energia käytetään etanolin valmistukseen. Prosessissa syntyy myös sivutuotteena mäskiä eli valkuaisainerehua, joka toimitetaan sikatiloilla sikojen ruuaksi. Useimmilta sikatiloilta siat päättyvät HK Scan Oy:n elintarviketehtaalle, joista niistä tehdään lihavalmisteita. (Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit 2016.)



KUVA 6. Esimerkki Forssan kiertotaloudesta (Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit 2016)

Tuotannossa syntyvät biojätteet päätyvät yhdessä muualta tulevien biojätteiden kanssa Envor Group Oy:n biokaasulaitokselle. Laitos tuottaa sähköä sekä biokaasua, jota jaetaan Envorin tankkauspisteissä. Lähialueen pelloilla hyödynnetään lannoitteena osa prosessissa syntyneestä määdetejäänöksestä ja tuesta otetusta ammoniumsulfaattista. (Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit 2016.)

Suurin osa tuotetusta biokaasusta menee kuitenkin Saint Gobain Isover -tuotantolaitokselle, jossa biokaasua hyödynnetään energiana lasivillaeristeiden valmistusprosessissa. Lasivillan tuotannossa käytetään Suomen uusiaines Oy:n ja Envorin toimittamaa puhdasta lasijätettä. Envorin prosessissa talteen otettua ammoniumsulfaattia käytetään lasivillan sidosaineena. Osa lasivillasta toimitetaan Parma Oy:n betonielementtitehtaalle, jossa sitä käytetään betonielementtien eristeinä. Kuvattuihin isompiin teollisiin symbiooseihin yhdistyy yleensä myös useita pieniä prosesseja. Forssan tavoitteena onkin sähkön tuottaminen paikallisesti tuulivoimaloiden ja mahdollisen biojalostamon avulla. (Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit, 2016.)

Forssan kaltaiset laajat teollisten symbioosien ketjut tarvitsevat toimiakseen yrityksiä, joilla on tarve käyttää toisilta yrityksiltä syntyvät sivuvirrat. Teolliset symbioosit kehittyvät yleensä alueellisesti lähellä olevien tuotantolaitosten ja yritysten kesken. Yksi syy tähän voi olla se, että sivuvirtoja ei ole kannattavaa kuljettaa pitkiä matkoja. Tämän takia on perusteltua, että teollisia symbiooseja kehitetään alueellisesti.

Jätevedenpuhdistamot voivat olla osana teollisia symbiooseja. Jätevedenpuhdistamoilta syntyvä merkittävä sivuvirta on liete, jonka hyödyntäminen vaatii toimenpiteitä. Jätevedenpuhdistamot voivat käsitellä lietteen itse valmistaen siitä kierrätyslannoitetta, jota toimitetaan maanviljelijöille. Toinen vaihtoehto on, että lannoitteen jalostaa toinen yritys, jolloin teolliseen symbioosiin saadaan lisää toimijoita.

Mikkelissä teollisen symbioosin suuren mittakaavan keskitettynä ratkaisuna voidaan pitää EcoSairila kokonaisuutta. Mikkelin jätekeskuksen Metsäsairila Oy:n yhteyteen ollaan rakentamassa uutta jätevedenpuhdistamoja, ja suunnitteilla on myös biokaasulaitoksen rakentaminen alueelle. (Miksei 2016.) Tarkoituksena on luoda alueelle ympäristöliiketoimintaa alan yrityksille. EsoSairilaan pyritäänkin löytämään yrityksiä, jotka hyötyisivät toisistaan eli tarkoituksena on luoda teollisia symbiooseja Forssan esimerkin tapaan.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää puhdistamolietteessä olevien ravinteiden hyötykäytön ja jatkojalostuksen nykytilannetta sekä kehittämismahdollisuuksia Etelä-Savossa. Tavoitteena oli myös tuottaa tietoa siitä, miten jätevedenpuhdistamoilla voitaisiin paremmin toteuttaa kiertotalouden periaatteita.

Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen kiertotalouspotentiaalista voidaan tämän opinnäytteen perusteella tehdä viisi päätelmää:

1. Lietteiden hyötykäyttö on Etelä-Savossa tehokkaampaa verrattuna koko Suomen tilanteeseen
2. Suuri osa lietteistä (41,8 %) jatkojalostetaan biokaasulaitoksilla Etelä-Savon ulkopuolella

3. Suuremmat Etelä-Savon puhdistamot käyttävät lietteet tehokkaammin hyödyksi verrattuna pienempiin puhdistamoihin
4. Tietämystä ja yhteistyötä kiertotalouteen liittyen olisi Etelä-Savossa lisättävä
5. Julkisen vallan rooli kiertotalouden edistämässä on edelleen suuri.

Suomessa jätevedenpuhdistamoissa syntyvästä lietteestä 62 % käytetään viherrakentamiseen sekä kaatopaikkojen maisemointiin, 33 % menee biokaasulaitoksiin, 2 % hyödynnetään maanparannusaineena maanviljelyssä sekä viimeiset 2 % käytetään muilla tavoin tai ne päätyvät loppusijoitukseen kaatopaikalle. (Aho ym. 2015, 31.) Koko Suomen tilanteeseen verrattuna Etelä-Savon alueen nykytilanne on suhteellisen hyvä, koska biokaasulaitoksiin menevän lietteen määrän ja maanparannusaineena käytettävän lietteen määrän prosenttiosuudet ovat selvästi suuremmat. Eli Etelä-Savon puhdistamot toimivat keskimääräistä paremmin kiertotalouden idean mukaan arviotuna.

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoilla yleisimmät jatkokäsittelytavat ovat lietteen siirto mädätykseen biokaasulaitoksille (41,8 %) sekä kompostointi (41,7 %). Tehokkainta kiertotalouden mukaista hyötykäyttöä olisi lietteen jalostaminen kierrätyslannoitteeksi, jolloin ravinteet palaisivat takaisin maahan ja osaksi kiertoa. Etelä-Savon alueen lietteistä 16,5 % päätyy suoraan lannoitevalmistajalle. Toisaalta kuitenkin myös biokaasuntuotanto on kiertotalouden mukaista toimintaa ja prosessissa muodostuneesta mädätysjäännöksestä valmistetaan myös lannoitevalmisteita.

Biokaasulaitokset sijaitsevat Etelä-Savon ulkopuolella, jolloin lietteitä ei hyödynnetä maakunnan sisällä. Etelä-Savon kiertotalouspotentiaalin kannalta olisi tärkeää, että lietteen hyödynnettäisiin maakunnan sisällä. Lietteiden käsittelyyn keskittyvä liiketoimintaa kaipaa siis kehittämistä Etelä-Savon alueella. Suunnitteilla oleva biokaasulaitos EcoSairilaan tosin luo uusia mahdollisuuksia lietteen käytölle.

Suuremmat puhdistamot käyttävät lietteet tehokkaammin hyödyksi verrattuna pienempiin puhdistamoihin. Isoimmat puhdistamot luovat myös merkittävimmän kiertotalouspotentiaalin Etelä-Savolle, koska niihin päätyy yli puolet koko Etelä-Savon lietteistä. Tämä tarkoittaa myös sitä, että muutokset lietteenkäsittelyssä isoimmilla puhdistamoilla voivat vaikuttaa merkittävästi koko Etelä-Savon tilanteeseen. Isoimmilla puhdistamoilla lietettä syntyy myös enemmän, mikä mahdollistaa erilaisten käsittely-

menetelmien käytön. Lietteen määrä vaikuttaa myös siihen, mikä on taloudellisesti kannattavin ratkaisu lietteen käsittelyyn puhdistamon kannalta.

Pienemmillä puhdistamoilla yleisin käsittelytapa on kompostointi, jolloin lietteen loppusijoitus kohde on viherrakentaminen ja maisemointi. Kompostoinnin suosio johtuu luultavasti siitä, että se on edullinen ja helppo tapa käsitellä liete. Jos kompostointi tapahtuu puhdistamolla, siitä ei myöskään aiheudu kuljetuskustannuksia, jotka voivat olla pienemmille puhdistamoille tärkeä kriteeri. Vaikka liete tässäkin tapauksessa kierretään, kompostointi ja viherrakentaminen eivät kuitenkaan ole kiertotalouden kannalta hyviä vaihtoehtoja.

Pienet lietemäärät eivät kuitenkaan ole esteenä lietteen jalostamiseen lannoitevalmisteksi. Tällä hetkellä mikään pienemmistä puhdistamoista ei valmista lietteestä kierrätyslannoitetta. Pienemmistä puhdistamoista vain Puumalan vesiosuuskunnan puhdistamossa ollaan aloittamassa lietteen jalostamista lannoitevalmisteksi. Puumalan esimerkkiä voitaisiin hyödyntää laajemminkin Etelä-Savossa, jossa on monia pieniä puhdistamoja. Vaikka lietemäärät ovatkin pieniä, myös pienten puhdistamojen kehittäminen voisi tulla uusilla innovaatioilla ja yritysten yhteistyöllä kannattavaksi.

Kyselyyn vastanneiden puhdistamojen kiinnostus ravinteiden kierrättämistä kohtaan vaihteli. Usealla puhdistamolla kiinnostusta ei kuitenkaan ollut lainkaan. Kiinnostus ravinteiden kierron tehostamiseen oli vähäistä. Hieman enemmän kiinnostusta herätti ravinteiden kiertoon liittyviin hankkeisiin osallistuminen. Kiinnostuksen vähäisyyteen saattoi vaikuttaa se, että suurimmalla osalla puhdistamoista ei ollut suunnitteilla muutoksia prosesseihin tai lietteen jatkokäyttöön.

Ratkaisut lietteiden hyötykäyttöön ja ravinteiden talteenottoon perustuvat pitkälti kustannuslaskelmiin. Halvin ratkaisu on yleensä vahvoilla. Vaikka kiinnostusta ravinteiden kierron parantamiseen olisi, niin toimintojen muuttamista kiertotalouden mukaisiksi ei taloudellisten syiden takia kuitenkaan tehdä. Lietteiden hyötykäytön vaihtoehtoja valitaan edullisin menetelmä, eikä välttämättä oteta huomioon, minkälaisia ympäristövaikutuksia sekä uusia liiketoimintamahdollisuuksia lietteen jalostamisella voisi olla Etelä-Savon alueella.

Liete siis mielletään Etelä-Savossa edelleen enemmänkin jätteenä, josta halutaan päästä eroon. Parhaassa tapauksessa liete voitaisiin nähdä ravinnerikkaana raaka-aineena, josta voidaan valmistaa kierrätyslannoitteita ja palauttaa ravinteet luontoon luonnollisesti kierrättäen. Näin voitaisiin myös vähentää teollisesti valmistettujen lannoitteiden käyttöä maataloudessa.

Jätevedenpuhdistamojen olisi siis tärkeää muuttaa näkemystä lietteestä ja koko jätevedenpuhdistusprosessista. Motivaatiota prosessien kehittämiseen tai lietteen jatkojalostukseen kiertotalouden mukaiseksi kierrätyslannoitteeksi ei kuitenkaan ole niin kauan kuin liete nähdään jätteenä, josta täytyy päästä eroon mahdollisimman edullisesti. Jätevedenpuhdistamojen toimintaa tulisi kehittää kiertotalouden mukaiseksi tukemalla lietteen jatkojalostusta ja ravinteiden talteenottoa.

Kiertotalouden idean mukaan koko jätevedenpuhdistusprosessi tulisi suunnitella niin, että ravinteet ja liete voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää. Tämän mukaan jätevedenpuhdistamojen tulisi puhdistaa jätevedet niin, että liete olisi kierrätettävissä. Lietteessä tulisi olla mahdollisimman vähän hyötykäyttöä estäviä tekijöitä. Kierrätettävyyden lisäksi ravinteiden sitomista yhä paremmin lietteeseen tulisi myös tehostaa, jotta kaikki ravinteet saataisiin kiertoon ja lietteestä saataisiin jatkojalostettua paras mahdollinen tuote. Taloudellisesti kannattavia talteenottomenetelmiä ei kuitenkaan ole vielä kehitetty, joten myös tutkimuksen ja teknologioiden kehittämisen tarve on suuri.

Taloudellisten tekijöiden lisäksi toiminnassa olisi hyvä ottaa huomioon myös ympäristötekijät. Jätevedenpuhdistamojen tehtävä on puhdistaa tuleva jätevesi sellaiseen tilaan, että se voidaan päästää takaisin vesistöön. Ympäristön kuormitus voitaisiin ottaa huomioon isommassa mittakaavassa, johon kuuluisi myös lietteen hyödyntäminen mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Ravinteiden talteenottomenetelmien kehittäminen lisäisi lietteeseen sitoutuneiden ravinteiden määrää ja vähentäisi vesistöjen kuormitusta entisestään.

Tietoisuutta lietteen hyötykäytöstä tulisi lisätä sekä puhdistamojen parissa työskentelevien että myös laajemmin. Kun lietettä pidetään lähinnä kustannuksia aiheuttavana jätteenä, unohdetaan sen luomat liiketoimintamahdollisuudet. Teollisten symbioosien toteutuminen vaatisi vähintään kahden yrityksen tai laitoksen kumppanuutta. Kiertotalouden toteutumisen kannalta kunnallisille jätevedenpuhdistamoille tulisi luoda tällai-

sia yhteyksiä yksityisen sektorin yrityksiin. Symbioosien luonnissa tärkeää on maantieteellinen läheisyys. Esimerkki jätevedenpuhdistamon teollisesta symbioosista voisi olla jätevedenpuhdistamo, jonka lietteen vastaanottaa yritys, joka käyttää lietettä raaka-aineena kierrätyslannoitteissa. Symbioosin kolmas tekijä on maatilayritys, joka vastaanottaa valmiin lannoitteen. Maatilan tuotteita ostavien kuluttajien kautta ravinteet päätyvät puolestaan takaisin jätevedenpuhdistamolle.

Teollisten symbioosien luominen vaatii siis tietoa uusista ratkaisuista sekä yhteistyötä julkisen ja yksityisen sektorin välillä. Jätevedenpuhdistamojen yhteistyö on tärkeässä roolissa, jotta lietteet saataisiin hyötykäytettyä tehokkaasti. Erityisesti pienemmillä puhdistamoilla lietettä syntyy vain pieniä määriä, jolloin kustannustehokasta lietteiden käsittelymenetelmää voi olla vaikea löytää. Lietteenkäsittely lannoitevalmisteeksi voi tapahtua siirrettävällä kontilla, jolloin useamman puhdistamojen lietteet voidaan yhdistää.

Kiertotalouden myötä käsitykset jätteestä muuttuvat. Jätettä pidetään yleisesti negatiivisena asiana, koska sitä pidetään turhana materiaana, josta pitää päästä eroon. Jäte tulisi kuitenkin ajatella enemmänkin mahdollisuutena, eikä lainkaan jätteenä. Kiertotalouden myötä jätteen käsitettä ei tavallaan ole, vaan syntyvä jäte on uusi tuote. Kiertotalouden edistämiseksi olisikin lisättävä tietoisuutta jätteen käsitteen muuttumisesta. Tietoisuutta pitäisi lisätä luomalla erityisesti yrityksille ja kuluttajille positiivista kuvaa jätteiden käytöstä.

Julkinen valta voi myös vaikuttaa kiertotalouden alueelliseen kehitykseen. Julkisen vallan toimijat voivat vaikuttaa julkisiin investointeihin ja niiden sijoittumiseen. Tästä on esimerkkinä EcoSairilan kokonaisuus. Tällaisella suunnittelulla voidaan merkittävästi vaikuttaa teollisten symbioosien syntymisen edellytyksiin.

Lainsäädäntö pyrkii lietteen ja lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen, mutta kuitenkin rajoittaa käyttöä, jotta maaperän ja tuotteiden laatu ei kärsisi. Lainsäädännön rajoitukset voidaan usein mieltää esteeksi kierrätyslannoitteiden valmistukselle ja käytölle. Puhdistamolietteiden hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä ei tule nähdä negatiivisena seikkana. Puhdistamolietepohjaisten lannoitevalmisteiden käytön rajoittaminen ja laadun valvonta tekevät tuotteista turvallisempia käyttää maanviljelyksessä.

Lainsäädännöllä voidaan myös ohjata ja tukea kiertotalouden mukaista toimintaa. Vuoden 2016 alusta voimaan tullut uusi laki rajoittaa lietteen viemistä kaatopaikalle ja saattaa näin ollen vaikuttaa myös jätevedenpuhdistamojen lietteen käsittelyyn ja hyödyntämiseen kiertotalouden kannalta positiivisella tavalla. Kansainvälisesti ravinteiden talteenottoa on pyritty monissa maissa ohjaamaan kiertotaloutta edistävään suuntaan.

7 POHDINTA

Opinnäyte oli osa kiertotaloutta koskevaa Aalto yliopiston, Helsingin yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston yhteistä hanketta. Tarkoituksena oli perehtyä tarkemmin yhteen hankkeen osa-alueeseen, joka koski jätevedenpuhdistamoja. Hankkeen toimijat hyötyivät opinnäytteessä kerätystä tiedosta. Opinnäytetyö valmistui ennen hankkeen loppuporttia, jolloin hankkeen kaikkia tuloksia ei voitu täysin hyödyntää opinnäytetyössä. Työssä päädyttiin muutamiiin keskeisiin johtopäätöksiin, jotka voivat auttaa kehittämään Etelä-Savon kiertotaloutta. Johtopäätöksen jäivät melko yleiselle tasolla, mutta niitä voidaan kuitenkin pitää perusteltuina ja ne saivat tukea empiirisestä aineistosta

Hyötyä Etelä-Savon jätevedenpuhdistamojen toimintaan on vaikea arvioida, mutta on mahdollista, että opinnäytetyö herättää kiinnostusta kiertotaloutta kohtaan henkilöissä, joihin oltiin opinnäytetyön tekemisen aikana yhteydessä. Tulosten merkitystä voidaan arvioida koko hankkeen kokonaisuuden osana. Mikäli hanke herättää keskustelua kiertotaloudesta ja sen kehittämisestä kiinnostutaan laajemmin, hankkeen vaikuttavuutta voidaan pitää hyvänä.

Kiertotalouden käsite loi opinnäytetyöhön loogisen kehyksen, johon jätevedenpuhdistamojen tarkastelu oli luontevaa kytkeä. Teoreettinen kehitys loi laajemman näkökulman tarkasteltavaan aiheeseen. Esimerkiksi teollisen symbioosin käsite yhdistyi luontevasti esille tuotujen esimerkkitaustien tarkasteluun. Tulokset tukivat niitä havaintoja, joita opinnäytetyössä käytetyissä kiertotaloustutkimuksissa oli havaittu. Etelä-Savon osalta tuloksia ei voida verrata aiempiin tutkimuksiin, koska vastaava yhtä aluetta koskevaa tutkimusta ei ole aiemmin tehty, tai sellaista ei ollut tiedossa.

Kiertotalouteen tutustuminen auttoi ymmärtämään kiertotalouden merkityksen tarkemmin, kun aiemmin käsite oli vain tiedossa yleisellä tasolla. Kiertotalouden käsite tulee ympäristöalalla olemaan merkittävässä roolissa lähitulevaisuudessa, minkä takia siihen tutustuminen oli hyödyllistä. Tiedot jätevedenpuhdistamojen toiminnasta ja toiminnan kehittämismahdollisuuksista lisääntyivät, myös tiedot jätevedenpuhdistusta koskevista säädöksistä ja niiden laajuudesta lisääntyi.

Opinnäytetyö eteni pääpiirtein suunnitelman mukaisesti. Etenemisessä auttoi osallistuminen hankeryhmän keskusteluihin. Se auttoi asioiden jäsentelyssä ja ongelmakoh-
tien ratkaisemisessa. Yksi suurimpia ongelmia oli vastausten saaminen verkko-
kyselyyn. Vastajilla ei ollut kiinnostusta pohtia syvemmin kiertotalouteen liittyviä
ongelmia ja varsinkin avoimiin kysymyksiin tuli niukasti vastauksia. Ajantasaisen
aineiston kokoaminen oli ongelmallista, koska kaikki puhdistamot eivät vastanneet
kyselyyn ja osasta tiedot jouduttiin tekemään pelkkien kirjallisten dokumenttien poh-
jalta. Myös lainsäädäntöön tutustuminen ja sen kokonaisuuden hahmottaminen oli
haastavaa, koska aihetta koskevat niin monet säädökset.

Opinnäytetyössä onnistuttiin tuomaan esiin Etelä-Savoa koskevia erityispiirteitä, jotka
voivat edistää kiertotaloutta. Monia asioita pitäisi tutkia vielä tarkemmin ja laajemmil-
la aineistoilla, jotta kiertotalouden ongelmat voitaisiin ratkaista. Työssä käytetyt me-
netelmävalinnat olivat kuitenkin suhteellisen onnistuneita asetettuihin tavoitteisiin ja
erityisesti käytettävissä oleviin resursseihin nähden.

Yksittäisten puhdistamojen prosesseihin olisi voinut keskittyä tarkemmin ja yksittäi-
sistä puhdistamoista olisi voinut tehdä esimerkiksi tapaustutkimuksen. Tällöin koko-
naiskuva olisi kuitenkin jäänyt muodostumatta. Vaihtoehtona olisi myös ollut kan-
sainvälisten esimerkkien ja teknologisten innovaatioiden painottaminen. Siinäkin ta-
pauksessa kokonaiskuva Etelä-Savon kiertotalouden potentiaalista olisi jäänyt hah-
mottamatta. Valittu alueellinen tarkastelu tuli hankkeen tavoitteista, josta seurasi, että
tarkastelu jäikin melko yleiselle tasolle.

Etelä-Savon alueen kiertotalouspotentiaalia voisi edelleen selvittää tarkemmin käy-
tännön tasolla jätevedenpuhdistamoilla. Tässä opinnäytetyössä on kartoitettu tietoa
nykytilanteesta ja joistakin mahdollisuuksista. Seuraava tutkimustehtävä voisi olla
selvittää, miten erilaiset vaihtoehdot lietteen jatkokäytölle toimisivat jätevedenpuhdis-

tamoilla. Samalla voisi myös selvittää laajempia teollisten symbioosien yhteyksiä lietteen käsittelyssä ja jalostamisessa hyötykäyttöön. Laajemmat teolliset symbioosit tarvitsevat enemmän tietoa myös muiden kuin jätevedenpuhdistamojen sivuvirroista.

LÄHTEET

Aarras, Nina 2015. Toisen jäte on toisen raaka-aine –kierrätys ja uudelleenvalmistus taloudellisesti ja ekologisesti kestävästä liiketoimintamahdollisuutena. PDF-dokumentti. http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/117226/Ae-12_2015.pdf?sequence=2. Päivitetty 27.10.2015. Luettu 4.12.2015.

Aho, Maija, Pursula, Tiina, Saario, Mari, Miller, Tea, Kumpulainen, Anna, Päälylysaho, Minna, Kontiokari, Venla, Autio, Miikka, Hillgren, Anna & Descombes, Laura 2015. Ravinteiden kierron taloudellinen arvo ja mahdollisuudet Suomelle. PDF-dokumentti. <https://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksiä-sarja/Selvityksiä99.pdf>. Päivitetty 2.9.2015. Luettu 1.1.2016.

Bernard, Sophie, Sauve, Sebastian & Sloan, Pamela 2015. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. PDF-tiedosto. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211464515300099>. Päivitetty 22.9.2015. Luettu 17.2.2016

Biokymppi Oy 2010. Lannoitevalmisteet. WWW-dokumentti. <http://www.bio10.fi/lopputuotteet/lannoitevalmisteet/>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.2.2016.

Biotehdas 2016. Uusiutuvaa virtaa Kuopioon. WWW-dokumentti. <http://www.biotehdas.fi/biotehdas/toimivat-biolaitokset/kuopio/>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.2.2016.

EnvorGroup 2015. Envorilta ratkaisu typen talteenottoon jätevedestä. WWW-dokumentti. <http://www.envor.fi/uutiset/?newsid=221>. Ei päivitystietoja. Luettu 25.2.2016.

Etelä-Savon maakuntaliitto 2016. Etelä-Savo sijaitsee Järvi-Suomen sydämessä. WWW-dokumentti. <http://www.esavo.fi/fi/page/55>. Ei päivitystietoja. Luettu 19.2.2016.

European Commission 2014. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. PDF-dokumentti. <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf>. Päivitetty 2.7.2014. Luettu 11.2.2016.

Euroopan komissio 2015. Kiertotalouspaketti: Kysymyksiä ja vastauksia. WWW-dokumentti. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-6204_fi.htm. Päivitetty 22.1.2015. Luettu 23.2.2016.

Euroopan komissio 2013. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Kuulemista koskeva tiedonanto fosforin kestävästä käytöstä. PDF-dokumentti. <http://ec.europa.eu/environment/consultations/pdf/phosphorus/FI.pdf>. Päivitetty 9.7.2013. Luettu 1.1.2016.

European Sustainable Phosphorus Platform 2016. Switzerland makes phosphorus recycling obligatory. WWW-dokumentti.

<http://www.phosphorusplatform.eu/platform/news/1061-switzerland-makes-phosphorus-recycling-obligatory>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.2.2016.

Grönham, Kaisa 2013. Ravinteiden saattaminen takaisin kiertoon, osa 2: jätevedenkäsittely. WWW-dokumentti. <http://nutrient.fi/fi/content/ravinteiden-saattaminen-takaisin-kiertoon-osa-2-jätevedenkäsittely>. Päivitetty 27.8.2013. Luettu 10.2.2016.

Johnsen, Ingrid H G (Ed.), Berlina, Anna, Lindberg, Gunnar, Mikkola, Nelli, Smed Olsen, Lise & Teräs, Jukka 2015. The potential of industrial symbiosis as a key driver of green growth in Nordic regions. PDF-dokumentti. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:875756/FULLTEXT01.pdf>. Päivitetty 1.12.2015. Luettu 8.1.2016.

Jätedirektiivi 2008/98/EC. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex:32008L0098>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Jätelaki 646/2011. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Kemira 2008. Kemicond® Kemira sludge conditioning technology. PDF-tiedosto.

<http://www.orica-watercare.com/files/brochure.pdf>. Päivitetty 15.1.2008. Luettu 18.2.2016.

Laitinen, Jyrki, Alhola, Katriina, Manninen, Kaisa & Säylä, Jonne 2014. Puhdistamoliikkeen ja biojätteen käsittely ravinteita kierrättäen. PDF-dokumentti.

<http://www.syke.fi/download/noname/%7B75C943EE-6205-42AA-B130-1105133D5FFF%7D/105713>. Päivitetty 19.12.2014. Luettu 20.1.2016.

Lannoitevalmisteiden hyväksyntä, 2014. WWW-dokumentti. Evira.

<http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/laitoshyvaksynta/>. Päivitetty 18.9.2014. Luettu 21.1.2016.

Lannoitevalmisteiden kansallinen tyyppinimiluettelo. 2015. WWW-dokumentti.

<http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/lainsaadanto/tyyppinimiluettelo/>. Päivitetty 6.11.2015. Luettu 21.1.2016.

Lannoitevalmistelaki 539/2006. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Lietedirektiivi 86/278/ETY. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31986L0278:FI:HTML>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky –selvitys. 2007. Pöyry Environment Oy, PDF-dokumentti.

<http://www.sitra.fi/julkaisut/muut/Lietteenk%C3%A4sittely.pdf>. Päivitetty 24.5.2007. Luettu 28.1.2016.

- Luostarinen, Sari 2013. Lannan käsittelyteknologiat nykyajan maatilalla. PDF-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B09E077B2-9825-4192-9A34-B197404E03F8%7D/55858>. Päivitetty 19.4.2016. Luettu 19.2.2016.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/37638-11024fi.pdf>. Päivitetty 12.9.2011. Luettu 20.1.2016.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 11/12. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/39201-12011fi.pdf>. Päivitetty 9.5.2012. Luettu 10.2.2016.
- Marttinen, Sanna, Paavola, Teija, Ervasti, Satu, Salo, Tapio, Kaipainen, Petri, Rintala, Jukka, Vikman, Minna, Kapanen, Anu, Toriniainen, Merja, Maunuksela, Liisa, Suominen, Kimmo, Sahlström, Leena & Herranen, Mikko. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmisteena. PDF-dokumentti. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti82.pdf>. Päivitetty 29.1.2013. Luettu 28.1.2016.
- Miksei 2016. EcoSairila 2015-2016 –kehittämishjelma. WWW-dokumentti. <http://mikseimikkeli.fi/karkialat-ja-hankkeet/ymparistoturvallisuus/ecosairila-2015-2016-kehittamisohjelma/>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.2.2016.
- Muutos maa- ja metsätalousministeriön asetukseen lannoitevalmisteista 21/15. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/42390-15021fi.pdf>. Päivitetty 30.11.2015. Luettu 20.1.2016.
- Muutos maa- ja metsätalousministeriön asetukseen lannoitevalmisteista 12/12. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/39202-12012fi.pdf>. Päivitetty 9.5.2012. Luettu 9.5.2012.
- Muutos maa- ja metsätalousministeriön asetukseen lannoitevalmisteista 7/13. PDF-dokumentti. <http://www.finlex.fi/data/normit/40969-13007fi.pdf>. Päivitetty 11.4.2013. Luettu 20.1.2016.
- Muutos maa- ja metsätalousministeriön asetukseen lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta 22/15. PDF-tiedosto. <http://www.finlex.fi/data/normit/42391-15022fi.pdf>. Päivitetty 30.11.2015. Luettu 10.2.2016.
- Nanopar Oy 2016. PSS - paskier® prosessi. PDF-dokumentti. <http://www.nanopar.fi/images/Paskier-prosessi-lowres14.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.2.2016.
- Nieminen Jenni 2010. Fosforin talteenotto ja kierrätys yhdyskuntien jätevesilietteestä. PDF-tiedosto. <http://www.vesitalous.fi/wp-content/uploads/2011/05/3-2010.pdf>. Päivitetty 17.5.2011. Luettu 18.1.2016.
- Normisuurittaja 2014. Paskaduunista asiantuntijabrändiksi. Blogi. <http://normisuurittaja.fi/2014/08/paskaduunista-asiantuntijabrändiksi>. Ei päivitystietoja. Luettu 17.2.2016.

Sitra 2014. Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. PDF-dokumentti.
<https://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksiä-sarja/Selvityksia84.pdf>. Päivitetty 26.11.2014. Luettu 24.11.2015.

Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa. 2011. Maa- ja metsätalousministeriö, PDF-dokumentti.
http://mmm.fi/documents/1410837/1724539/trm2011_5.pdf/6ce8eaf4-63d0-4f1d-9379-60ff6896214d. Päivitetty 2.5.2011. Luettu 8.1.2016.

Tilastokeskus, 2015. Jättilastot. WWW-dokumentti.
<http://www.stat.fi/til/jate/tau.html>. Päivitetty 28.5.2015. Luettu 17.2.2016.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamiseen 1250/2014. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141250#Pidm1696912>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120179>. Ei päivitystietoja. Luettu 20.1.2016.

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. WWW-dokumentti.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>. Ei päivitystietoja. Luettu 2.10.2016.

Vesilaitosyhdistys 2013. Puhdistamolietteen käyttö maataloudessa. PDF-dokumentti.
[http://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamolieteopas_2013\(20032014s\).pdf](http://www.vvy.fi/files/3870/Puhdistamolieteopas_2013(20032014s).pdf). Päivitetty 17.9.2014. Luettu 36.1.2016.

Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma. 2015. WWW-dokumentti. Suomen ympäristökeskus SYKE. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhtouma. Päivitetty 4.11.2015. Luettu 15.2.2016.

Virkkunen, Elina 2014. Biokaasulaitosten käsittelyjäännöksen hyötykäyttö. PDF-dokumentti.
http://www.oamk.fi/hankkeet/bioologia/docs/materiaalit/biokaasulaitosten_kasittelyjäännosten_hyotykaytto-Elina_Virkkunen.pdf. Päivitetty 18.11.2014. Luettu 28.1.2016.

Älykkään ja vihreän kasvun kaupungit 2016. Resurssitehokkuutta, kiertotaloutta, järvivihreyttä. WWW-dokumentti. <http://smarcities.fi/index.php/uutiset/19-resurssitehokkuutta-kiertotaloutta-jarkivihreytta>. Ei päivitystietoja. Luettu 11.2.2016.

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

Kysely Etelä-Savon jätevedenpuhdistamoille

Tämä kysely liittyy Etelä-Savon kiertotalouden potentiaalia kartoittavaan hankkeeseen. Kyselyssä selvitetään Etelä-Savossa sijaitsevien jätevedenpuhdistamojen toimintaa ja tulevaisuuden suunnitelmia.

*Pakollinen

1. Mikä jätevedenpuhdistamo on kyseessä? *

2. Mikä on vuosittainen jätevesivirtaama jätevedenpuhdistamollanne?

- 0-10 000 m³
- 10 001-100 000 m³
- 100 001-1 000 000 m³
- yli 1 000 000 m³

3. Kuinka paljon puhdistamollanne syntyy kuivattua ylijäämälletettä vuosittain?

- 0-500 m³
- 501-1000 m³
- 1001-2000 m³
- yli 2000 m³

4. Mikä on lietteen typpipitoisuus?

- 0-9 g/kg ka
- 10-29 g/kg ka
- 30-50 g/kg ka
- yli 50 g/kg ka

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

5.1 Mitkä ovat lietteen raskasmetallipitoisuudet?

Kadmium

- 0-0,5 mg/kg ka
- 0,6-1 mg/kg ka
- 1,1-1,5 mg/kg ka
- yli 1,5 mg/kg ka

5.2

Kromi

- 0-100 mg/kg ka
- 101-200 mg/kg ka
- 201-300 mg/kg ka
- yli 300 mg/kg ka

5.3

Kupari

- 0-200 mg/kg ka
- 201-400 mg/kg ka
- 401-600 mg/kg ka
- yli 600 mg/kg ka

5.4

Elohopea

- 0-0,1 mg/kg ka
- 0,2-0,5 mg/kg ka
- 0,6-1 mg/kg ka
- yli 1 mg/kg ka

5.5

Nikkeli

- 0-24 mg/kg ka
- 25-49 mg/kg ka
- 50-100 mg/kg ka
- yli 100 mg/kg ka

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

5.6

Lyijy

- 0-25 mg/kg ka
- 26-50 mg/kg ka
- 51-100 mg/kg ka
- yli 100 mg/kg ka

5.7

Sinkki

- 0-500 mg/kg ka
- 501-1000 mg/kg ka
- 1001-1500 mg/kg ka
- yli 1500 mg/kg ka

6. Käsitelläänkö ylijäämäliete puhdistamolla?

- Kyllä
- Ei

6.1 Jos vastasit kyllä, niin miten liete käsitellään puhdistamolla?

7. Viedäänkö puhdistamolla syntyvä ylijäämäliete jatkokäsiteltäväksi muualle?

- Kyllä
- Ei

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

7.1 Jos vastasit kyllä, niin mihin liete viedään jatkokäsiteltäväksi ja miten se käsitellään ?

8. Miten ylijäämälietteen lopputuote hyödynnetään?

9. Onko jätevedenpuhdistuksen prosesseihin tulossa muutoksia tulevaisuudessa?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

9.1 Jos vastasit kyllä, niin mitä muutoksia?

10. Onko puhdistamolla tarvetta tehostaa jotakin osaa jätevedenpuhdistuksessa?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

10.1 Jos vastasit kyllä, niin mitä osaa olisi tarvetta tehostaa?

11. Onko lietteen käyttöön liittyen tulossa investointeja tai muutoksia?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

11.1 Jos vastasit kyllä, niin mitä investointeja tai muutoksia on tulossa?

12. Onko ravinteiden kierrätyksen tehostamista suunniteltu?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

Etelä-Savon alueen jätevedenpuhdistamoille lähetetty kyselylomake

13. Onko puhdistamolla kiinnostusta tehostaa ravinteiden kierrätystä?

1 2 3 4 5

Ei kiinnostusta Erittäin paljon kiinnostusta

14. Miten kehittäisitte jätevedenpuhdistamon toimintaa kiertotaloutta edistäväksi?

15. Onko puhdistamolla kiinnostusta osallistua hankkeisiin, joissa pyritään löytämään uusia menetelmiä tai tuotteita?

1 2 3 4 5

Ei kiinnostusta Erittäin paljon kiinnostusta

16. Onko puhdistamonne ollut mukana hankkeissa, jotka liittyvät ravinteiden kiertoon?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

16.1 Jos vastasit kyllä, niin missä hankkeissa?

16.1 Jos vastasit kyllä, niin missä hankkeissa?

17. Mitä yhteistyökumppaneita puhdistamolla on ravinteiden kiertoon liittyen?

18. Vapaa sana - tähän voitte antaa palautetta tästä kyselystä ja kiertotaloudesta

Lähetä