



# Ravinnevisio

Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä.

TIINA MÖNKÄRE | VILJAMI KINNUNEN | ELINA TAMPIO | SATU ERVASTI | EEVA LEHTONEN |  
RIITTA KETTUNEN | SAIJA RASI | JUKKA RINTALA





# Ravinnevisio

Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä.

**TIINA MÖNKÄRE**

**VILJAMI KINNUNEN**

**ELINA TAMPIO**

**SATU ERVASTI**

**EEVA LEHTONEN**

**RIITTA KETTUNEN**

**SAIJA RASI**

**JUKKA RINTALA**

**RAPORTEJA 74 | 2016**

**RAVINNEVISIO  
SELVITYS PIRKANMAAN PUHDISTAMOLIETTEIDEN JA BIOJÄTTEIDEN  
RAVINTEISTA JA NIIDEN POTENTIAALISESTA KÄYTÖSTÄ.**

**Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus**

**Taitto: KEHA-keskus**

**ISBN 978-952-314-489-7 (PDF)**

**ISSN-L 2242-2846**

**ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)**

**URN:ISBN:978-952-314-489-7**

**[www.doria.fi/ely-keskus](http://www.doria.fi/ely-keskus)**

## Sisältö

<b>1.Johdanto</b> .....	<b>5</b>
<b>2.Menetelmät</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Raaka-aineet</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Skenaariot</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3. Biojätteiden ja puhdistamolietteiden käsittely</b> .....	<b>9</b>
2.3.1. Biokaasulaitos.....	9
2.3.2. Mädätysjäännöksen käsittely .....	11
2.3.3. Neste- ja kuivajakeiden jatkokäsittelymenetelmät.....	11
<b>2.4. Peltokäyttö</b> .....	<b>13</b>
2.4.1. Peltopinta-alat.....	13
2.4.2. Eläinmäärät ja lannan sisältämät ravinteet.....	14
2.4.3. Lannoitus biojäte- ja puhdistamolieteperäisillä tuotteilla .....	16
2.4.4. Kartta-aineistot ja tieverkkoanalyysi.....	17
<b>3.Tulokset ja tulosten tarkastelu</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1. Pirkanmaan raaka-ainepotentiaali</b> .....	<b>18</b>
<b>3.2. Biojätteiden ja puhdistamolietteiden käsittely biokaasulaitoksessa</b> .....	<b>22</b>
3.2.1. Biokaasuprosessien alustava mitoitus.....	22
3.2.2. Biokaasuprosessin materiaalivirrat, lannoitevalmisteet ja energiapotentiaalit .....	23
<b>3.3. Peltokäyttö</b> .....	<b>29</b>
3.3.1. Lannoitettava peltopinta-ala Pirkanmaalla.....	29
3.3.2. Peltujen ravinnetarve Pirkanmaalla.....	34
3.3.3. Lannoitus biokaasulaitoksen tuotteilla.....	36
3.3.4. Biokaasulaitoksen tuotteiden käytettävyys .....	42
<b>3.4. Viherrakennuskäyttö</b> .....	<b>44</b>
<b>4.Johtopäätökset</b> .....	<b>45</b>
<b>5.Lähteet</b> .....	<b>47</b>
<b>6.LIITTEET</b> .....	<b>50</b>



## RAVINNEVISIO

### Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä maa- ja metsätaloudessa sekä viherrakentamisessa

Loppuraportti

Tiina Mönkäre<sup>a</sup>  
Viljami Kinnunen<sup>a</sup>  
Elina Tampio<sup>b</sup>  
Satu Ervasti<sup>b</sup>  
Eeva Lehtonen<sup>b</sup>  
Riitta Kettunen<sup>a</sup>  
Saija Rasi<sup>b</sup>  
Jukka Rintala<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Tampereen teknillinen yliopisto (TTY)

<sup>b</sup>Luonnonvarakeskus (Luke)

## Lyhenteet ja määritelmät

Biokaasu	Biokaasuprosessissa orgaanisen aineen hajoamisessa syntyvä metaanin (CH <sub>4</sub> ) ja hiilidioksidin (CO <sub>2</sub> ) seos. Biokaasu voi sisältää myös pieniä määriä muita kaasuja, esimerkiksi typpeä (N <sub>2</sub> ) ja/tai rikkivetyä (H <sub>2</sub> S).
Biokaasuprosessi	Prosessi, jossa biohajoavista (orgaanisista) raaka-aineista valmistetaan biokaasua hapettomissa olosuhteissa mikrobien avulla. Termi mädätys tarkoittaa samaa.
Haihdutus	Lämpötilaan perustuva erotustekniikka, jossa lämpötilaa nostamalla haihdutetaan vettä, jolloin jäljelle jää väkevöitynyt nestejae, konsentraatti. haihtunut vesi tiivistetään ja kerätään kondensaattina talteen. Helposti haihtuvien yhdisteiden, esimerkiksi ammoniakkin (NH <sub>3</sub> ) haihtumisen estämiseksi nesteen pH voidaan laskea hapon avulla ennen haihdutusta.
Kalvosuodatus	Fysikaalinen käsittelymenetelmä, joka perustuu huokoisen puoliläpäisevän kalvon, membraanin, käyttöön erotustekijänä. Kalvosuodatuksessa voidaan erottaa nesteitä perustuen paine-, lämpötila-, konsentraatio- tai sähköpotentiaalieroihin. Kalvosuodatuksessa käsiteltävä neste jakautuu kahteen osaan, eli kalvon tulopuolelle jäävään retentaattiin ja sen läpäisevään permeaattiin eli puhdistettuun/käsiteltyyn jakeeseen.
Kompostointi	Mikrobeja hyödyntävä aerobinen (hapellinen) orgaanisen aineksen käsittelytekniikka
Kuivaprosessi	Biokaasuprosessi, jossa syötteen kuiva-ainepitoisuus prosessissa on 20 – 40 % (vesipitoisuus 60 – 80 %)
Lannoitevalmiste	Valmiste, joka on tarkoitettu edistämään kasvien kasvua tai parantamaan sadon laatua ja joiden vaikutus perustuu kasvinravinteisiin (MMM asetus 24/11 muutoksineen)
Maanparannusaine	Valmiste, joka parantaa ja ylläpitää maan fysikaalisia ominaisuuksia ja biologista toimintaa, mutta jonka vaikutus perustuu pääasiassa muihin vaikutuksiin kuin kasvinravinteisiin (MMM asetus 24/11 muutoksineen)
Mädätysjäännös	Biokaasuprosessissa (mädätyksessä) jäljelle jäävä aines
Mädätysjäännöksen kuivajae	Mädätysjäännöksestä erotettu jae, jossa kuiva-aineen pitoisuus on korkea (yli 15 %)
Mädätysjäännöksen nestejae	Mädätysjäännöksestä erotettu nestemäinen jae, jossa kuiva-aineen pitoisuus matala (alle 3 %)
Märkäprosessi	Biokaasuprosessi, jossa syötteen kuiva-ainepitoisuus prosessissa on alle 15 % (vesipitoisuus yli 85 %)
N, N <sub>tot</sub> , N <sub>liuk</sub>	Typpi (nitrogen), kokonaistyyppi ja liukoinen typpi
NH <sub>4</sub> -N	Epäorgaaninen ammonium-typpi

## Orgaaninen lannoitevalmiste

Kiinteä tai nestemäinen orgaaninen jae, lannoitevalmisteasetuksen (MMM asetus 24/11 muutoksineen) mukaiset lannoitevalmisteet, mm. mädätysjäännös, tuorekomposti, maanparannuskomposti

P, P<sub>tot</sub>, P<sub>liuk</sub>

Fosfori (phosphorus), kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori

Puhdistamoliete

Puhdistamoliete on jäteveden käsittelyssä syntyvää lietettä, joka koostuu mm. jätevedestä erotetusta kiintoaineesta, biologisessa käsittelyssä muodostuvasta biolietteestä sekä kemiallisessa käsittelyssä muodostuvasta kiintoaineesta.

Pyrolyysi

Orgaanisen aineen kuumentaminen hapettomissa olosuhteissa yli 300 °C:n lämpötilassa. Prosessissa muodostuu hiilipitoista jaetta, biohiiltä, sekä kaasuja. Kaasujen kondensoituessa tuotteena syntyy myös nestemäistä jaetta.

Sako- ja umpikaivolietteet

Haja-asutusalueen kiinteistökohtaisesta jätevedenkäsittelystä tulevia lietteitä.

Strippaus

Typen talteenottotekniikka, jossa ammoniumtyppi (NH<sub>4</sub>-N) erotetaan nestefaasista pH:n säädön ja ilmapuhalluksen avulla kaasumaisessa ammoniakkimuodossa (NH<sub>3</sub>). Ammoniikki voidaan ottaa talteen pesemällä se ilmapirrasta esimerkiksi rikkihappoon, jolloin muodostuu ammoniumsulfaattia ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

TKN

Kokonaistyyppi, määritetty Kjeldahl-menetelmällä (Total Kjeldahl Nitrogen). Orgaanisen ja epäorgaanisen typen kokonaismäärä.

TS

Kuiva-ainepitoisuus (total solids)

VS

Orgaanisen aineksen pitoisuus (volatile solids)

Yhdyskuntajätevesiliete

Yhdyskuntien jäteveden tai muun laadultaan siihen rinnastettavan jäteveden puhdistamossa syntyvä liete (VN asetus jätteistä 179/2012)



# 1. Johdanto

Kiertotalouden yleisenä lähtökohtana on resurssien käytön tehostaminen. Tämä edellyttää resurssien ja materiaalivirtojen alueellista tarkastelua, jossa yhdistetään eri sektorien toiminta alueellisten resurssien hyödyntämiseksi. Kaupunkien kiertotalouden edistämässä yksi merkittävä lähtökohta on biomateriaalien ja ravinnekiertojen kehittäminen. Käytännössä tämä kohdistuu ensi vaiheessa yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteiden ja biojätteiden hyödyntämiseen alueellisina resursseina eli raaka-aineina. Nämä raaka-aineet voidaan hyödyntää biokaasun tuotannossa ja käyttää joko sellaisenaan tai biometaaniksi jalostettuna liikennepolttoaineena, injektoida maakaasuverkkoon, ja/tai käyttää sähkön ja lämmön tuotannossa. Biokaasuntuotannon käsittelyjäätös eli mädätysjäätös sisältää kuitenkin suurimman osan kaupungista ”poistuvista” ravinteista. Näiden ravinteiden kierrättäminen kasvintuotantoon on osa yleistä ravinnekiertojen tehostamista, jota edistetään mm. ympäristösyistä ja fosforin pitkäaikaisen saatavuuden varmistamiseksi.

Tässä työssä selvitettiin Pirkanmaan alueen ja erityisesti Tampereen seudun yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinnesisältöä, käsittelyä biokaasulaitoksessa ja mädätysjäätöksen prosessointiin soveltuvia tekniikoita. Lisäksi selvitettiin mädätysjäätöksen tai siitä prosessoitujen lannoitevalmisteiden käyttöä maa- ja metsätaloudessa sekä viherrakentamisessa. Työn pidemmän aikavälin tavoitteena on yhdyskuntajäteveden puhdistamolietteiden ja biojätteiden sekä niiden sisältämien ravinteiden hyötykäytön edistäminen maakunnassa.

Työssä tarkastelluista biokaasutekniikoista on erilaisia sovelluksia biojätteiden ja/tai puhdistamolietteiden käsittelyssä maailmalla, osasta on kokemuksia myös Suomessa. Samoin mädätysjäätöksen erilaisista käsittelytekniikoista on niin maailmalla kuin Suomessaakin käytössä ensimmäisiä sovelluksia. Näiden tekniikoiden odotetaan yleistyvän, kun tavoitellaan ravinnekiertojen tehostamista. Uusien menetelmien onnistunut käyttöönotto edellyttää usein pilotointia kohteessa tai luotettavaa kokemustietoa vastaavallisesta kohteesta.

Selvityksessä tarkasteltujen Tampereen seudun puhdistamolietteiden ja biojätteiden käsittelyratkaisut ja -tekniikat olivat avoinna tämän selvityksen tekovai-

heessa. Käytännössä biokaasulaitoksen ja mädätysjäätöksen jatkojalostuksen yksittäisten tekniikoiden sekä kokonaisuuden valintaan ja suunnitteluun vaikuttavat monet tapauskohtaiset tekijät, kuten yhteistyömahdollisuudet, infrastruktuuri, yksikköprosessien ja kokonaisuuden energia- ja ympäristötaseet sekä kustannukset. Lannoitevalmisteiden tuottamiseen ja hyötykäyttöön vaikuttavat lisäksi mm. toimijaverkostot, markkinat, lainsäädäntö, ohjaavat toimenpiteet ja keinolannoitteiden hinta, joka riippuu mm. energian hintatasosta ja johon muita lannoitevalmisteita yleensä verrataan. Nämä kaikki voivat muuttua ajan myötä.

Nykyisin Pirkanmaalla Tampereen Viinikanlahden ja Raholan jätevedenpuhdistamoiden puhdistamolietteet mädätetään ja kompostoidaan. Myös Pirkanmaan jätehuolto Oy:n erilliskerätyt biojätteet kompostoidaan. Kompostituotteita on käytetty peltoviljelyyn, viher- ja kaatopaikkarakentamiseen sekä myyty maanparannusaineeksi kotitalouksille.

Tämän selvityksen taustana on Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelma, joka päivitettiin vuonna 2015 yhteistyössä Pirkanmaan liiton, kuntien, vesihuoltolaitosten, Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n, viranomaisten sekä muiden sidosryhmien kanssa. Suunnitelmassa on esitetty erilaisia linjauksia ja periaatteita, joita vesihuollon eri toimijoiden tulisi ottaa huomioon suunnitellessaan vesihuoltoon liittyviä tulevia toimenpiteitä. Yhtenä tavoitteena suunnitelmaan sisältyy puhdistamolietteiden hyötykäytön ja ravinteiden kierrätyksen edistäminen entisestään osana kierto- ja biotaloutta. Tähän tavoitteeseen liittyvänä jatkoselvitystyönä on laadittu tämä Pirkanmaan ravinnevisioraportti Tampereen teknillisen yliopiston ja Luonnonvarakeskuksen toimesta.

Tämän selvityksen tekemisestä ovat vastanneet seuraavat henkilöt:

- Tampereen teknillinen yliopisto: DI, tutkija Tiina Mönkäre; FM, tutkija Viljami Kinnunen; TkT, yliopistonlehtori Riitta Kettunen ja TkT, prof. Jukka Rintala
  - Luonnonvarakeskus (Luke): FM, tutkija Elina Tampio; DI, tutkija Satu Ervasti; FM, tutkija Eeva Lehtonen ja FT, erikoistutkija Saija Rasi
- Työtä ja sen sisältöä ovat ohjanneet seuraavat ohjausryhmän jäsenet:
- Pirkanmaan ELY-keskus: Heidi Heino, Kaija Joensuu, Ämer Bilaletdin, lisäksi osallistunut Antero

Luonsi

- Pirkanmaan Jätehuolto Oy: Esa Nummela, Elina Tiira
- Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy: Timo Heinonen, Petri Jokela
- Nokian Vesi Oy: Ilkka Laukkanen
- MTK-Pirkanmaa: Visa Merikoski
- Pirkanmaan liitto: Satu Appelqvist
- Metsäkeskus: Perttu Ojakoski

Kiitokset kaikille ohjausryhmän jäsenille mielenkiintoisista keskusteluista ja kommentteista.

Tampereella 19.5.2016

Tekijät

# 2.Menetelmät

## 2.1. Raaka-aineet

Selvityksessä tarkasteltiin Pirkanmaalla syntyvien puhdistamolietteiden, biojätteiden ja tuhkien massojen ja ravinteiden määriä. Tiedot raaka-aineiden määristä ovat Pirkanmaan ELY-keskuksen ja muiden hankkeen ohjausryhmän jäsenten toimittamista, vuosien 2011–2014 tilastoista sekä ennusteista vuosille 2025–2040 (Manninen 2013, Ramboll 2014, Pirkanmaan ELY-keskus 2015). Ravinnemäärien arviointi perustui eri raaka-aineiden ominaisuuksiin (Taulukko 1). Tarkasteltuihin puhdistamolietteiin kuuluvat Pirkanmaan ELY-keskuksen alueen jätevedenpuhdistamoilla syntyvät lietteet sekä alueen sako- ja umpikaivolietteet (Pirkanmaan ELY-keskus 2015). Tarkastellut jätevedenpuhdistamot käsittelevät pääasiassa yhdyskuntajätevesiä, pelkästään teollisuuden jätevesiä käsitteleviä puhdistamoita ei ole huomioitu. Tarkasteltuihin puhdistamoliettemääriin sisältyvät myös alueen tilastoidut sako- ja umpikaivolietteet, jotka on toimitettu yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille käsiteltäväksi joko suoraan tai viemäriverkostossa olevien sakokaivolieteesemien kautta. Puhdistamalla sako- ja umpikaivolietteet käyvät läpi saman käsittelyn kuin verkostoon suoraan johdetut jätevedet.

Käytettävissä olleissa tilastoissa ja selvityksissä on raportoitu vain puhdistamoilla vastaanotettujen sako- ja umpikaivolietteiden määrä ( $m^3/a$ ) mutta ei niiden laatua, joka voi vaihdella huomattavasti loka-autolas-teittain. Tämän takia niiden osuutta puhdistamolle tulevasta kuormasta ja puhdistamolietteiden ravinteista ei pystytä luotettavasti arvioimaan. Vuodesta 2017 alkaen sako- ja umpikaivolietteet tulevat kunnallisen jätehuollon järjestämisvastuun piiriin, jolloin myös niiden tilastointi paranee. Tässä selvityksessä käytettiin lähtötietona aikaisempia ennusteita puhdistamoliettemääristä (vuonna 2025 ja 2040), joissa on huomioitu myös sako- ja umpikaivolietteiden vastaanotto. Tilastokeskuksen mukaan noin 80 % ihmisistä asuu tulevaisuudessa taajamissa, viemäriverkoston piirissä. Tulevaisuudessa myös valtaosa haja-asutuksen sako- ja umpikaivolietteilistä tullaan todennäköisesti toimittamaan yhdyskuntajätevedenpuhdistamoille. Niiden mukana puhdistamolle toimitettujen ravinteiden määrää ei nykytilastojen pohjalta pysty tarkkaan arvioimaan, koska: a) sakokaivojen määrää suhteessa umpikaivojen määrään ei tunneta ja b) sakokaivoja käytettäessä liukoiset ravinteet eivät päädy puhdistamolle (kulkeutuvat veden mukana maasuodatukseseen tai vastaavaan). Lisäksi osalla kiinteistöistä voi olla

**Taulukko 1.** Raaka-ainepotentiaalın arvioinnissa käytetyt kuiva-aineen, orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuudet.

	TS (%)	VS (% TS)	Ntot (% TS)	Ptot (% TS)	Viite
Puhdistamoliete	5–25	65–75	3,5–5	1,8–2,5	Ramboll, 2015
Erilliskerätty biojäte (kotitaloudet)	25–35	90	2–3	0,5	Mönkäre ym. 2015
Kaupan biojäte (bio II), ei eläinp.	25–35	90	2–3	0,5	Mönkäre ym. 2015
Yritystoiminnan biojäte	25–35	90	2–3	0,5	Mönkäre ym. 2015
Eläinperäiset sivutuotteet	42	80	8	1	Kahiluoto ym. 2011
Rasvakaivojätteet	2	89	0,1	0,1	Kahiluoto ym. 2011
Paistorasvat	100	89	0,4	0	Kahiluoto ym. 2011
Haravointijäte (sis. hiekka ja risu)	29	25	2,8	0,11	Fitamo ym. 2016
Risut	40,5	46,4	0,77	<0,05	Mönkäre ym. 2015
Teollisuuden biojätteet	2–100	24–90	0,1–4,5	0–0,5	Kahiluoto ym. 2011, Salminen ym. 2002, Salminen ym. 2003
Lentotuhka	99,9	<0,5	0,0–0,024	0,06–0,28	Dahl ym. 2010
Pohjatuhka	99,9	<0,5–6,8	0	0,04–0,12	Dahl ym. 2009, Dahl ym. 2010, Pöykiö ym. 2009
Jätteenpolton tuhkat	99,9	< 0,5	0,01–0,16	0,14–0,96	Wiles, 1996, Hjelm, 1996

käytössä jäteveden käsittelyratkaisuja, joissa sako- ja umpikaivolieitteitä ei muodostu tai ne toimitetaan esim. kalkkistabiloinnin jälkeen omaan peltoon.

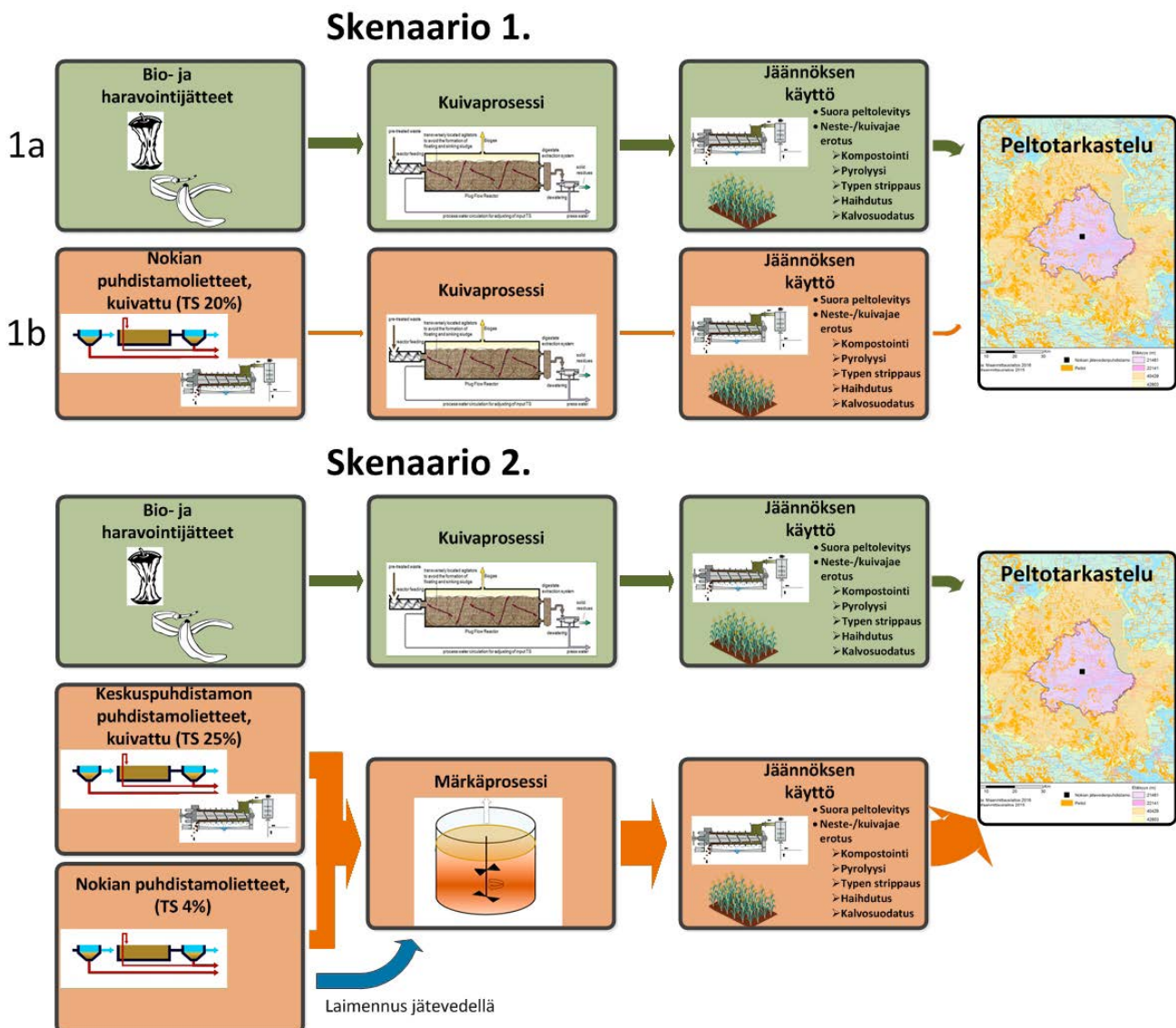
Biojätteet luokiteltiin kotitalouksien syntypaikkalajiteltuihin biojätteisiin, kauppojen ja yritysten biojätteisiin, kauppojen eläinperäisiin sivutuotteisiin, rasvakaivojätteisiin, paistorasvoinhin, haravointijätteeseen ja risuihin (Ramboll 2014). Näistä biokaasulaitokseen on oletettu ohjattavan kotitalouksien, kauppojen ja yritysten biojätteet sekä haravointijäte.

Kiinteitä polttoaineita käyttävissä voimalaitoksissa muodostuu pohjatuhkaa, lentotuhkaa ja APC (Air Pollution Control) -jätettä, joilla on toisistaan poikkeavat ominaisuudet ja ravinnepitoisuudet. Tuhka on palamatta jäänyttä epäorgaanista ainesta, jonka pääainesosat ovat erilaiset metallioksidit, ravinteet ja muut alkuaineet. Tuhkan koostumukseen vaikuttaa käytetty raaka-aine. Tässä selvityksessä tarkasteltujen voimalaitosten polttoaine on pääasiassa puu, turve tai muu

biopohjainen polttoaine. Tammervoima Oy:n hyötyvoimalaitoksen polttoaineena on yhdyskuntajäte. Yhtenä vaihtoehtona tarkasteltiin myös Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n puhdistamolietteiden polttamista.

## 2.2. Skenaariot

Selvityksessä tarkasteltiin Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n erilliskerättyjen biojätteiden sekä Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon ja Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteiden käsittelyä biokaasulaitoksessa. Lisäksi tarkasteltiin biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen prosessointiin soveltuvia tekniikoita ja niillä tuotettujen lannoitevalmisteiden materiaalitaseita. Selvitys jaettiin kahteen skenaarioon (Kuva 1). Tarkasteltavat skenaariot perustuvat aikaisemmissa suunnitelmissa esitettyihin vaihtoehtoihin.



Kuva 1. Selvityksessä tarkastellut skenaariot. Skenaariossa 2 bio- ja haravointijätteiden määrä on sama kuin skenaariossa 1a. Nuolien paksuudet kuvaavat kunkin vaihtoehdon massavirtojen suuruusluokkia.

Tämän selvityksen tekohetkellä päätöksiä ei ole tehty jätevedenpuhdistamoiden tekniikoista eikä myöskään lietteiden käsittelystä. Vastaavasti myöskään biokaasulaitoksen tekniikoista ja mitoituksista ei ole tehty päätöksiä.

**Skenaariossa 1** tarkasteltiin Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n kotitalouksien, kauppojen ja yritysten erilliskerättyjen biojätteiden ja haravointijätteen (skenaario 1a) sekä Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon kuivattujen lietteiden (skenaario 1b) mädätystä kuiva-prosessina (skenaariot 1a ja 1b erikseen).

**Skenaariossa 2** tarkasteltiin Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n kuivattujen lietteiden ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon kuivaamattomien lietteiden mädätystä märkäprosessina. Prosessiin on oletettu lisättävän tarvittaessa Nokia vesi Oy:n puhdistamon jätevettä, jotta prosessin vesi- ja kuiva-ainepitoisuus ovat märkäprosessille suotuisat (kuiva-aine <15 %). Biojätteet käsitellään vastaavasti kuin skenaariossa 1a.

Molemmissa skenaarioissa selvitettiin mädätysjäännöksen jatkokäsittelyä. Vaikka mädätysjäännös voidaan periaatteessa käyttää sellaisenaan, on sen jatkojalostus yleistä. Mädätysjäännös voidaan erottaa (esim. linko, ruuvi) nestemäiseen ja kiinteään jakeeseen. Neste- ja kuivajakeet voidaan käyttää sellaisenaan, tai edelleen jatkokäsitellä. Kuivajakeen käsittelyvaihtoehtoina tarkasteltiin kompostointia ja pyrolyysia. Kompostoinnissa käytetään lisä- ja tukiaineita. Nestejakeen jatkojalostuksessa tarkasteltiin strippausta, haihdutusta ja kalvosuodatusta. Tässä työssä tarkastellut kiinteän ja nestemäisen jakeen jatkokäsittelymenetelmät ja ravinteita sisältävät tuotteet on esitetty luvussa 2.3.3.

## 2.3. Biojätteiden ja puhdistamolietteiden käsittely

### 2.3.1. Biokaasulaitos

Selvityksessä oletettu biokaasuprosessi perustuu laskennalliseen mallinnukseen, jossa käytetyt lähtötiedot ja oletukset on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2).

Selvityksessä biokaasuprosessina tarkasteltiin mesofiillista (35°C) kuiva- ja märkäprosessia. *Kuiva-prosessissa* syötteen kuiva-ainepitoisuus (total solids, TS) on yli 15 % ja *märkäprosessissa* alle 15 %. Mitoituskuormituksena selvityksessä käytettiin kuivapro-sessissa 6 kg VS/m<sup>3</sup>/d ja märkäprosessissa 4 kg VS/m<sup>3</sup>/d. Märkäprosessissa syöte on oletettu laimennet-tavan jätevedellä TS-pitoisuuteen 13 %.

Biokaasulaitokseen kuuluu myös hygienisointi. Mädätteen lannoitekäytölle asetetut hygienisointivaatimukset on määritetty lainsäädännössä (MMM:n asetus 24/11, EY asetus 1069/2009 ja 142/2011), ja erilliskerätty biojäte tulee hygienisoida 70 °C:ssa tunnin ajan partikkelikoon ollessa alle 12 mm. Hygienisointi voidaan tehdä joko ennen biokaasuprosessia tai sen jälkeen. Suomessa myös termofiilinen biokaasuprosessi on riittävä hygienisointikeino yhdyskuntabiojät-teelle, samoin kuin biojätteen (tai mädätteen) kompostointi 55 °C:n lämpötilassa >40 % kosteudessa vähintään kahden viikon ajan. Puhdistamolietteelle ei hygienisointia lainsäädännössä vaadita, mutta mädä-tejäännöksen on täytettävä lainsäädännön hygienia-vaatimukset lannoitekäyttöön (mm. ei Salmonellaa, sekä raja arvot E.coli -esiintyvyydelle).

**Taulukko 2.** Selvityksessä käytetyt biokaasuprosessin mallinnuksen lähtöarvot, oletukset ja niiden viitetiedot. Luvut on arvioitu mesofiiliseen prosessiin (35°C).

	Biojäte, kotitaloudet	Biojäte, teollisuus	Haravointijäte	Jätevesi-lietteet
Max. metaanintuotto, (L CH <sub>4</sub> /kg VS <sub>lisätty</sub> )	454 <sup>1</sup>	545 <sup>1</sup>	249 <sup>2,3</sup>	212 <sup>4,5</sup>
Max. metaanipitoisuus (%)	62 <sup>1</sup>	65 <sup>1</sup>	60 <sup>6</sup>	64 <sup>7</sup>
Max. VS poistuma, (%)	67 <sup>1</sup>	71 <sup>1</sup>	41 <sup>8,9,3</sup>	43 <sup>5</sup>
Max. TS poistuma (%)	52 <sup>1</sup>	55 <sup>1</sup>	33 <sup>8,9,3</sup>	30 <sup>5</sup>
Max. N mineralisaatio, NH <sub>4</sub> /TKN (%)	50 <sup>10</sup>	50 <sup>10</sup>	30 <sup>9,11</sup>	55 <sup>12</sup>
Max P liukoisuus, P <sub>liuk</sub> /P <sub>tot</sub> (%)	1,2 <sup>13</sup>	1,2 <sup>13</sup>	1,2 <sup>13</sup>	2 <sup>12</sup>
k <sub>1</sub> (hajoamisnopeus, helposti hajoava aines)	0,607 <sup>1</sup>	0,607 <sup>1</sup>	0,12 <sup>8</sup>	0,237 <sup>12</sup>
k <sub>2</sub> (hajoamisnopeus, hitaasti hajoava aines)	0,094 <sup>1</sup>	0,095 <sup>1</sup>	0,12 <sup>8</sup>	0,237 <sup>12</sup>

<sup>1</sup> Mönkäre ym. 2015

<sup>2</sup> Fitamo ym. 2016

<sup>3</sup> Laskettu keskiarvona 50 % nurmi, 50 % puutarhajäte

<sup>4</sup> Park ym. 2016

<sup>5</sup> Tampereen Vesi 2014 (Raholan ja Viinikanlahden lietteiden keskiarvo)

<sup>6</sup> Arvio

<sup>7</sup> Song ym. 2004

<sup>8</sup> Nielfa ym. 2015

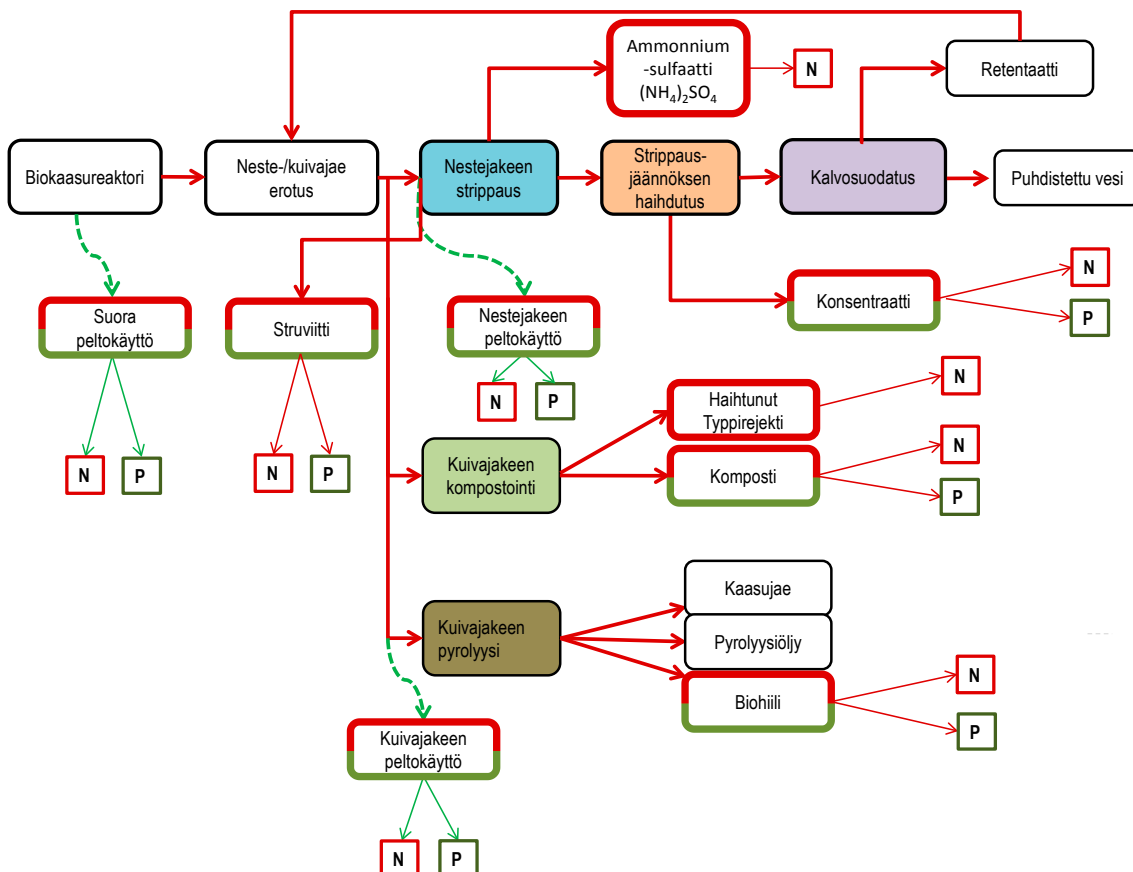
<sup>9</sup> Lehtomäki 2006

<sup>10</sup> Tampio ym. 2014

<sup>11</sup> Arvioitu nurmen N-mineralisaation (40 %) perusteella

<sup>12</sup> Analyysitulokset TTY 2016, Raholan puhdistamon mädätysjännös

<sup>13</sup> Biotehdas, keskiarvo Honkajoen biokaasulaitoksen mädätysjännöksestä (biotehtaan perus)



**Kuva 2.** Selvityksessä tarkastellut mädätysjännöksen jatkokäsittelymenetelmät ja niiden lannoitevalmisteet.

### 2.3.2. Määtysjäännöksen käsittely

Kaikki selvityksessä tarkastellut määtysjäännöksen jatkokäsittelymenetelmät vaativat neste- ja kuivajakeiden erotuksen. Erotusta seuraavat kuivajakeen kompostointi tai pyrolyysi ja nestejakeen ammoniakkin strippaus, strippausjäännöksen konsentroidi haihduttamalla sekä kalvosuodatus (Kuva 2). Lisäksi tarkasteltiin lyhyesti struviittisaostuksen mahdollisuuksia.

#### Määtysjäännöksen erotus neste- ja kuivajakeeksi

Selvityksessä määtysjäännös on oletettu erotettavan neste- ja kuivajakeeksi lingolla tai ruuvilla. Erotuksen tehokkuus riippuu erotustekniikan lisäksi myös määtysjäännöksen kuiva-ainepitoisuudesta eli tehokkuus voi olla erilainen kuiva- ja märkäprosessin määtysjäännöksille. Selvityksessä kuivaproessin jälkeinen erotus neste- ja kuivajakeisiin laskettiin perustuen ruuvipuristimen raportoituihin erotustehokkuuksiin, joissa määtysjäännöksen TS-pitoisuus oli 10 % (Bauer ym. 2009). Ravinnejakauma arvioitiin perustuen neste- ja kuiva-ainejakeiden osuuksiin.

Selvityksessä märkäprosessin jälkeinen neste- ja kuivajakeiden erotustehokkuus laskettiin linkouksen erotustehokkuuksien mukaan. Erotusteho laskettiin olettaen määtysjäännöksen kuiva-ainepitoisuuksiksi nestejakeessa TS 2 % ja kuivajakeessa TS 30 %. Märkäprosessin jälkeisen määtysjäännöksen ravinnejakauma arvioitiin perustuen kirjallisuustietoihin (Marttinen ym. 2015) (Taulukko 3).

### 2.3.3. Neste- ja kuivajakeiden jatkokäsittelymenetelmät

#### Kompostointi

Määtysjäännös tai määtysjäännöksen kuivajae on oletettu kompostoitavan tunneliprosessissa, käyttäen risuja (4000 t/v) tuki- ja lisäaineena. Risujen lisäksi voidaan tarvita muuta tukiainetta. Tukiainetta tarvitaan kompostointiprosessin kaasujen siirtämiseksi sekä tarvittava hiilityppisuhteen saamiseksi, jotka ovat edellytyksiä kompostoinnin käynnistymiselle.

Kompostoinnin aikana haihtuva ammoniakki kerätään talteen poistokaasusta pesurilla. Ammoniakkin haihtumiseen vaikuttavat kompostoinnin lämpötila ja pH, jotka muuttuvat kompostoinnin aikana ja joita voidaan hallita prosessin ohjauksella (Beck-Friis ym. 2001, Pagans ym. 2006). Ohjauksessa voidaan käyttää ilman syöttöä ja kompostin suotoveden kierrätystä. Korkeammassa lämpötilassa ja korkeammassa pH:ssa typpeä haihtuu enemmän. Selvityksessä on oletettu, että kaikki haihtuva ammoniakki saadaan kerättyä talteen ja saostettua rikkihapolla 30 % ammoniumsulfaatiksi (haihdutettu tyypirejekti).

Kompostoinnissa haihtuu myös vettä, jonka haihtumisen määrään vaikuttavat kompostoinnin kesto, lämpötila ja ilmaston määrä (Mönkäre ym. 2015). Selvityksessä on oletettu, että ilmaston määrää, joka on merkittävin tekijä veden haihtumisessa, voidaan säätää niin, että lopputuotteena muodostuvan kompostin kuiva-ainepitoisuus on 85 %. Kompostin kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa kompostin kokonaismäärään, joka puolestaan edelleen vaikuttaa esimerkiksi varastointitilan tarpeeseen ja kompostin kuljetamiseen. Kompostoinnissa muodostuu kompostin ja kaasujen lisäksi myös suotovettä, jossa on liukoisia ravinteita.

**Taulukko 3.** Selvityksessä käytetyt arvot märkäprosessin määtysjäännöksen jakautumisesta neste- ja kuivajakeisiin lingolla tapahtuvassa käsittelyssä.

	Nestejae	Kuivajae	Viite
Massajakauma	73 % (kun TS 9 %)	27 % (kun TS 9 %)	Laskennallinen
TS-jakauma	15 %	85 %	Laskennallinen
Ntot	70 %	30 %	Marttinen ym. 2015
NH4-N	81 %	19 %	Marttinen ym. 2015
Ptot	10 %	90 %	Marttinen ym. 2015
Pliuk	10 %	90 %	Arvio

## Ammoniumtyypen strippaus ja strippausjäännöksen haihdutus

Strippausprosessissa mädätysjäännöksen nestejakeen ammoniumtyyppi stripataan kaasuvirtaan (kaasufaasiin), josta se otetaan kaasunpesurilla talteen. Strippausta varten nestejakeen pH nostetaan yli 10 lisäämällä emästä (esim. NaOH) ja/tai lämpötila nostetaan noin 80 °C:een. Strippauksessa ammoniumtyyppi (NH<sub>4</sub>) muuntuu kaasumaiseen muotoon ammoniakiksi (NH<sub>3</sub>). Ammoniakkipitoinen kaasu johdetaan pesuprosessiin, jossa se saostetaan hapon avulla. Useimmiten käytetään rikkihappoa, jolloin lopputuotteena on ammoniumsulfaattia. Tässä selvityksessä strippauksen ammoniumtyypen erotustehoksi on oletettu 95 % (Guštin ja Marinšek-Logar 2011, Liu ym. 2015) ja tuotettavan ammoniumsulfaatin konsentraatioksi 30 %. Strippausprosessi toteutetaan yleensä kantajamateriaalia sisältävissä kolonneissa, joten stripattavan nestejakeen kiintoainepitoisuus tulisi olla matala, jotta kolonni ei tukkeudu. Tämä voi edellyttää tehostettua kiintoaineen poistoa ennen strippausprosessia, mikä on huomioitava käytännön sovelluksessa. Tässä selvityksessä on oletettu, että nestejake soveltuu strippausprosessiin sellaisenaan.

Mädätysjäännöksen nestejakeen strippauksessa muodostuvan strippausjäännöksen jatkokäsittelynä tarkasteltiin haihdutusta. Haihdutuksen tarvitsema lämpö voidaan saada esimerkiksi strippausprosessista talteenotetusta lämmöstä tai tuottaa biokaasulaitoksen CHP-laitoksessa. Selvityksessä on oletettu, että 20 % strippausjäännöksestä muodostaa haihdutukseen konsentraattia ja loppu 80 % haihtuu. Konsentraattiin on oletettu päätyvän 80 % strippausrejektin kokonais- ja ammoniumtipestä, sekä kaikki fosfori (Marttinen ym. 2015). Strippausrejektin pH on todennäköisesti säädettävä happamaksi ennen haihdutusta, jotta tyyppi pysyy konsentraatissa.

## Kalvosuodatus

Haihdutusprosessissa haihtunut vesi kondensoidaan. Kondenssiveden korkean typpipitoisuuden vuoksi se voidaan jatkokäsitellä kalvosuodattamalla. Kalvosuodatus perustuu huokoisen puoliläpäisevän kalvon, membraanin, käyttöön erotustekijänä. Kalvosuodatuksessa voidaan erottaa nesteitä perustuen paine-, lämpötila-, konsentraatio- tai sähköpotentiaalieroihin. Kalvosuodatuksessa käsiteltävä neste jakautuu kahteen osaan, eli kalvon tulopuolelle jäävään retentaattiin ja kalvon läpäisevään permeaattiin eli käsiteltyyn vesijakeeseen. Ammoniumtyypen erotukseen tarvitaan kalvot, joiden huokoskoko on hyvin pieni. Käytännössä tämä tarkoittaa käänteisosmoosia. Käänteisosmoosikalvojen tukkeutumisen estämiseksi käsiteltävän veden kiintoainepitoisuuden tulee olla matala.

Kalvosuodatuksessa saatava vesijake voidaan käyttää biokaasulaitoksessa prosessivetenä, tai ominaisuuksista riippuen laskea vesistöön. Erotettu typpipitoinen retentaatti johdetaan takaisin mädätysjäännöksen erotukseen. Selvityksessä on oletettu retentaatin muodostavan 15 % kalvosuodatuksen tulevasta kokonaisuudesta ja sisältävän 90 % haihdutetun veden tyypestä (Marttinen ym. 2015).

## Pyrolyysi

Pyrolyysissä orgaanista raaka-ainetta käsitellään kuumentamalla (>300 °C) hapettomissa olosuhteissa. Pyrolyysin tuotteet ovat kiinteä biohiili, kaasujake, sekä kaasuiesta kondensoituvaa nestejakea (Rasa ym. 2015). Biohiilijake on kuiva ja massaltaan selvästi raaka-ainetta pienempi. Pyrolyysissä raaka-aineen fosfori päätyy pääosin biohiilijakeeseen (Rasa ym. 2015, Monlau ym. 2016), jonka käyttökelpoisuus lannoitteena on toistaiseksi heikosti tunnettu. Pyrolyysillä voidaan käsitellä myös mädätysjäännöstä. Selvityksessä

**Taulukko 4.** Selvityksessä käytetyt arvot kuivatun mädätysjäännöksen (TS 100 %) jakautumisesta pyrolyysiprosessissa neste- ja kaasujakeeseen sekä biohiileen.

	Nestejake (Pyrolyysiöljy)	Biohiili	Kaasujake	Viite
Massajakauma	58 %	33 %	9 %	Monlau ym. 2015
TS-jakauma	58 %	33 %	9 %	Monlau ym. 2015
Ntot	49 %	35 %	14 %	Monlau ym. 2015 & 2016
NH <sub>4</sub> -N	0 %	0 %	0 %	Arvio
Ptot	2 %	98 %	0 %	Monlau ym. 2016
Pliuk	0 %	0 %	0 %	Arvio



käytettiin kirjallisuuteen perustuvia oletuksia pyrolyysille (Taulukko 4). Laskelmissa on oletettu, että mädätysjäännös on termisesti kuivattu ennen pyrolyysiä (Monlau ym. 2015, Rasa ym. 2015) ja että kuiva-ainepitoisuus nousee kuivauksessa 100 %:iin. Käytännössä termisessä kuivauksessa voidaan saavuttaa noin 85 %:n kuiva-ainepitoisuus.

## Struviitti

Struviitti on ammoniumtypestä, fosfaattifosforista ja magnesiumista muodostuva kiteinen fosfaattim mineraali (magnesium ammonium fosfaatti,  $MgNH_4PO_4$ ). Struviitin muodostumiseen tarvitaan sopiva fosforin, ammoniumtyypin ja magnesiumin pitoisuuksien suhde sekä noin 8–10 pH. Struviitti sisältää siis tyyppiä ja fosforia sekä magnesiumia ja sen on esitetty soveltuvan hidasliukoiseksi lannoitetuotteeksi.

Mädätysjäännös soveltuu periaatteessa hyvin struviitin tuotantoon, koska sen ammoniumtyppipitoisuus on yleensä korkeahko. Magnesiumia on mahdollisesti lisättävä prosessiin, sillä useissa mädätysjäännöksissä sitä ei ole riittävästi. Yleensä struviitti saostetaan mädätysjäännöksen nestejakeesta, mutta myös saostus suoraan puhdistamolietteestä on tutkimuksen kohteena (Marchi ym. 2015). Nykytietämyksen perusteella struviittisaostus soveltuu biologiseen fosforinpoistoon perustuvan puhdistamon lietteiden käsittelyyn, jolloin liukaisen fosforin pitoisuus on riittävän korkea. Suomessa yleisesti käytetyn kemiallisen fosforin saostuksen lietteiden käsittelyssä struviittisaostuksen toimintaedellytykset ovat huonot, koska fosfori on jo saostettu.

## Energiataseet

Selvityksessä arvioitiin biokaasulaitoksen ja mädätysjäännöksen käsittelyvaihtoehtojen energiatasetta. Laskennassa käytettiin kirjallisuudessa esitettyjä arvoja (Taulukko 5). Kemikaalien käyttö ja niiden energiatase suljettiin selvityksen ulkopuolelle. Kemikaaleja käytetään yleisesti mädätysjäännöksen neste- ja kiintojakeiden erotuksessa (polymeerejä), strippauksessa, haihdutuksessa (hapot ja emäkset pH:n säätöön, ammoniakkin keräys rikkihapolla) (Paavola 2015), sekä kompostoinnissa haihtuvan ammoniumtyypin talteenottoon (rikkihappo).

## 2.4. Peltokäyttö

### 2.4.1. Peltopinta-alat

Biojätteiden ja puhdistamolietteiden ravinteiden käyttöä peltolannoitteena Pirkanmaalla tarkasteltiin perustuen alueen peltojen pinta-alatietoihin (MAVI 2015a). Pelloista otettiin huomioon ne, joille tutkittuja ravinteita voitaisiin lannoituksen muodossa lisätä, mm. kesantoja maisemapeltoja ja viljelemättömiä peltoja ei huomioidu. Laskentaan ei sisällytetty kasvihuonekasvatusta, koska pinta-alat kuntakohtaisesti (0–2 ha) ovat hyvin pieniä (Liite 1).

Selvityksessä tarkasteltiin peltokohtaisessa lannoituksessa erikseen niitä peltoja, joille puhdistamolietepohjaista lannoitevalmistetta voidaan levittää. Maa- ja metsätalousministeriön lannoitevalmisteita koskevan asetuksen (24/11 muutoksineen esim. 12/12) mukaisesti puhdistamolietettä voidaan levittää viljelymaille,

**Taulukko 5.** Selvityksessä käytetyt prosessien energiankulutuksen lähtöarvot.

Prosessi	Energiankulutus	Viite
Biokaasulaitoksen sähkönkulutus	4 % Primäärienergiantuotosta	Marttinen ym. 2015
Biokaasulaitoksen lämmönkulutus	18 % Primäärienergiantuotosta	Marttinen ym. 2015
Neste- ja kuivajakeiden erotus	2,5 kWh/t	Marttinen ym. 2015
Kompostointi	61 kWh/t <sup>1</sup>	Liimatainen A-M 2015, FCG 2010
Pyrolyysi	380 kWh/t <sup>2</sup>	Monlau ym. 2015
Strippaus	52 kWh/t	Laskettu <sup>3</sup>
Haihdutus	265 kWh/t	Epcon
Kalvosuodatus	6,3 kWh/t permaatti	Carretier ym. 2015

<sup>1</sup> sähkö: 40 kWh/t, polttoaine 11 kWh/t

<sup>2</sup> Olettaen että pyrolyysin kaasu ja nestejakeet käytetään energiantuotantoon

<sup>3</sup> Laskettu lämmitystarve 35°C → 80°C käyttäen veden ominaislämpökapasiteettia (Marttinen ym. 2015)

joilla kasvatetaan viljaa, sokerijuurikasta, öljykasveja tai sellaisia kasveja, joita ei käytetä ihmisravinnoksi. Nurmelle puhdistamolietepohjaista valmistetta voidaan levittää vain perustettaessa nurmi suojaviljan<sup>1</sup> kanssa. Tämän vuoksi laskennassa eriteltiin lannoitettavat pellot kahteen luokkaan. Ensimmäisessä luokassa olevia peltoja voidaan lannoittaa esimerkiksi lannalla tai biojättepohjaisella lannoitevalmisteella. Näillä pelloilla kasveina olivat juurekset, peruna, valkuaiskasvit sekä ¾ nurmista (ensimmäisenä vuotena yhdessä suojaviljan kanssa voidaan käyttää myös puhdistamolietepohjaisia valmisteita, oletuksena ne-livuotinen nurmi). Toisessa luokassa olevia peltoja voidaan lannoittaa myös puhdistamolietepohjaisilla lannoitevalmisteilla, ja tässä luokassa viljeltäviä kasveja olivat siemenvilja, viljat, öljykasvit, sokerijuurikas, kuitu- ja energiakasvit sekä ¼ nurmista.

Luomuviljelyn osuus Pirkanmaalla vuonna 2015 oli 12,5 % viljeltävästä peltoalasta (siirtymävaiheen pellot mukana, Evira 2016). Varsinaista luomusatoa kerättiin

<sup>1</sup> Suojavilja on nurmen kylvön yhteydessä samaan peltoon ensimmäiseksi vuodeksi kylvettävä vilja. Vilja suojaa hitaammin kehittyvää nurmikasvustoa kuivuudelta ja rikkakasveilta.

yhteensä noin 11 %:lta Pirkanmaan peltoalasta. Kokonaisuudessaan Pirkanmaalla nurmiviljelyalasta noin 25 %, valkuaiskasviviljelystä noin 21 % ja viljan sekä öljykasvien viljelystä noin 7 % on luomuviljelyn statuksella (SVT 2015c, SVT 2015d, Liite 1). Luomuviljelyssä olevia peltoja voidaan lannoittaa esimerkiksi lannalla tai biojättepohjaisella lannoitevalmisteella (Evira 2015). Luomuviljelyssä olevista pelloista oli saatavilla ainoastaan maakuntakohtaista tietoa, joten kuntatason tietoja ei tässä tutkimuksessa käsitelty.

## 2.4.2. Eläinmäärät ja lannan sisältämät ravinteet

Kotieläinten lukumäärät Pirkanmaalla kunnittain perustuvat Suomen viralliseen tilastoon keväältä 2015 (SVT 2015a, Taulukko 6). Tilasto sisältää nautojen, sikojen, siipikarjan, lampaiden, vuohien sekä maatilojen hevosten lukumäärät. Sikojen osalta tilastotietoa tarkennettiin SVT:n sikatilastoista (SVT 2015b), jotka perustuivat myös kevään 2015 tilanteeseen, mutta antoivat tarkemmat arvot eri sikaeläinten määrälle.

**Taulukko 6.** Eläinmäärät Pirkanmaalla 2015 (SVT 2015a ja 2015b).

	Naudat	Siat	Siipikarja	Lampaat	Vuohet	Hevoset (maatiloilla)
Akaa	2 621	3 816	18	541	-	52
Hämeenkyrö	4 091	-	74	836	84	107
Ikaalinen	3 650	-	111	1 212	-	99
Juupajoki	1 039	-	284	154	-	59
Kangasala	2 803	957	614 677	1 011	-	190
Kihniö	1 215	-	-	-	-	18
Lempäälä	1 383	-	171	277	-	72
Mänttä-Vilppula	883	-	155 863	-	-	60
Nokia	1 245	..	421	1 167	-	83
Orivesi	2 681	2 650	97	164	-	139
Parkano	2 439	-	64	420	-	109
Pirkkala	60	-	-	-	-	29
Punkalaidun	1 555	34 964	11 554	726	-	20
Pälkäne	3 754	2 690	64 266	282	-	45
Ruovesi	1 658	-	301	400	-	57
Sastamala	7 993	20 751	165 370	1 239	910	250
Tampere	849	-	50	22	-	116
Urjala	2 905	16 604	-	544	-	126
Valkeakoski	1 795	-	-	-	-	106
Vesilahti	1 072	-	72	543	-	39
Virrat	4 300	2 656	29 972	144	-	142
Ylöjärvi	3 251	1 073	3 015	866	-	108
YHTEENSÄ	53 242	86 161	1 046 380	10 548	994	2 026

Eläinten määrän avulla laskettiin kunnittain muodostuva lantamäärä ja lannan sisältämät ravinteet. Lantamäärien ja sen sisältämien ravinteiden laskentaan käytettiin Valtioneuvoston asetuksessa (1250/2014) määriteltyjä lantavarastojen vähimmäistilavuuksia (vuosittain muodostuva lantamäärä) sekä lannan ominaisuuksien taulukkoarvoja (kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, liukoinen typpi, Taulukko 7). Lisäksi arvioitiin lannan jakautumista lietelanta- ja kuivikelantamuotoon (mukaillen vuodelle 2020 arvioituja lantatyyppejä; Grönroos 2014).

Nautojen (lypsylehmät, hiehot, emolehmät, lihanaudat, vasikat) sekä sikojen lannat jaettiin lantatyyppeihin (Taulukko 7). Siipikarjan, lampaiden, vuohien ja hevosten osalta on oletettu lanta aina kuivikelannaksi. Taustatietojen perusteella laskettiin lannan mukana yksittäisen eläimen tuottama kokonaisfosforin, kokonaistypen sekä liukoisen typen määrät. Määrät kerrottiin kunnittaisella eläinmäärällä eläinluokittain, jolloin saatiin kotieläinten lannan sisältämät ravinnemäärät kuntatasolla.

## Peltojen ravinnetase kunnittain

Tarkasteltu Pirkanmaan kuntien ravinnetase perustuu sekä maaperän ominaisuuksiin että alueella viljeltävien viljelykasvien ravinnetarpeeseen. Myös kotieläinten lannan sisältämä ravinnemäärä otettiin huomioon oletuksella, että kaikki kotieläinten lannan sisältämät ravinteet käytetään lannoitteena alueen pelloilla. Tuloksena saatiin kunnittainen jäljelle jäävä ravinteiden tarve sekä fosforin että typen suhteen, jota voidaan täyttää biojäte- ja puhdistamolietepohjaisilla lannoitevalmisteilla.

Sekä fosfori- että typpilannoituksessa kuntakohtaiset keskiarvot Pirkanmaan peltomaan ominaisuuksista aikaväliltä 2006–2010 perustuvat Viljavuuspalvelun verkkopalvelun tilastotietoihin (Viljavuuspalvelu 2015). Fosforilannoitustarpeen määrittämiseen käytettäviä pohjatietoja olivat maan pH, fosforipitoisuus sekä pintamaan maalajisuhteet (jaoteltuna ryhmittäin: savimaat, eloperäiset maat ja karkeat kivennäismaat). Typpilannoitustarve määritettiin maan multavuuden perusteella (vähämultainen, multava, runsasmultainen, erittäin runsasmultainen).

Kyseisten tietojen pohjalta määritettiin fosforilannoitusta varten kullekin kunnalle yleisin peltomaan viljavuusluokka. Tätä valittua viljavuusluokkaa käytettiin koko kunnan peltomaan keskiarvona arviointia tehdessä. Mikäli kunnan peltoalasta suuri osa kuului kahteen eri viljavuusluokkaan, valittiin laskentaan parempi viljavuusluokka, jolloin ravinteiden tarvetta

**Taulukko 7.** Eläinten lannan ominaisuudet (Vna 1250/2014) ja laskennassa käytetyt lantatyypit (Grönroos 2014).

	Kokonaisfosfori (kg/m <sup>3</sup> )	Liukoinen typpi (kg/m <sup>3</sup> )	Kokokonaistyyppi (kg/m <sup>3</sup> )
Naudan kuivikelanta <sup>1</sup>	1	1,1	4
Naudan lietelanta <sup>2</sup>	0,5	1,7	2,9
Sian kuivikelanta <sup>3</sup>	2,8	1,2	4,6
Sian lietelanta <sup>4</sup>	0,8	2,2	3,4
Lampaan ja vuohen kuivikelanta	1,3	1	4,9
Hevosen kuivikelanta	0,5	0,4	2,6
Kanan kuivikelanta	5,6	4,2	9,4
Broilerin kuivikelanta	3,6	2,7	8,7
Kalkkunan kuivikelanta	4,4	3,2	8

<sup>1</sup>Lypsylehmät 25 %, hiehot 40 %, emolehmät 90 %, lihanaudat 40 %, vasikat 55 %

<sup>2</sup>Lypsylehmät 75 %, hiehot 60 %, emolehmät 10 %, lihanaudat 60 %, vasikat 45 %

<sup>3</sup>10 % sioista

<sup>4</sup>90 % sioista

lannoituksessa ei tulisi yliarvioitua. Tyypillinen viljavuusluokka Pirkanmaalla oli joko ”tyydyttävä”, tai muutamissa kunnissa ”välttävä”. Tyypilannoituksen osalta valittiin kunnittainen maan multavuus vallitsevan multavuusluokan perusteella. Noin puolet Pirkanmaan kunnista oli multavuusluokassa ”multava” ja puolet luokassa ”runsasmultainen” (Liite 2).

Fosfori- ja typpilannoituksen tarvetta tarkasteltiin vuonna 2015 voimaan tulleiden ympäristökorvauksen sitomusehtojen pohjalta (MAVI 2015b), jotka käytännössä määrittelevät ympäristökorvausta hakevien tilojen lannoituskäytäntöä. Fosforilannoituksen tarpeena käytettiin ympäristökorvauksen tukiehtojen enimmäismääriä viljavuusluokan ja viljeltävän kasvilajin perusteella. Näin arvioitu fosforilannoituksen tarve määritettiin kuntakohtaisesti. Typen osalta lannoitustarve määritettiin tukiehtojen mukaan käyttäen maaperän multavuustietoa sekä viljeltävän kasvin enimmäislannoitusmääriä. Viljeltävien kasvien lannoitusmäärien osalta tehtiin jonkin verran yleistyksiä, jolloin esimerkiksi erilaisten viljojen vuotuisista lannoitusmääristä valittiin keskiarvo, jota laskennassa käytettiin.

Pirkanmaan kuntakohtaiset peltojen ravinnetarpeet fosforin ja typen suhteen pyrittiin ensisijaisesti täyttämään lannan ravinteilla. Lannalla lannoitettaessa laskennassa käytettiin oletusta, että kotieläinten lanta käytettäisiin sellaisilla viljelyskasveilla, joille ei saa käyttää puhdistamolietepohjaisia lannoitevalmisteita. Kyseisiä kasveja olivat juurekset, valkuaiskasvit, peruna sekä nurmi  $\frac{3}{4}$  osuudella. Laskenta lannalla ravinnetarvetta tyydytettäessä perustui typpilannoitukseen, jossa ympäristökorvauksen sitomusehtojen mukaisesti sovelletaan lannoitteiden ja lannoitevalmisteiden liukaisen typen määrää. Laskennassa kuitenkin käytettiin ns. nitraattiasetuksen (Vna 1250/2014, Vna 435/2015) mukaista kokonaistyyppirajaa (170 kgN/ha), joka koskee tuotantoeläinten lantaa, mutta ei muita orgaanisia lannoitevalmisteita eikä mineraalilannoitteita. Aiemmin kokonaistyyppirajan avulla säädeltiin myös orgaanisten lannoitevalmisteiden levitystä, mutta asetuksessa Vna 435/2015 rajasta lannoitevalmisteille on luovuttu. Mineraalilannoitteille ja lannoitevalmisteille käytetään liukaisen typen rajoja, jotka on määritelty ympäristökorvausta hakevien tilojen osalta ympäristökorvauksen sitomusehdoissa (MAVI 2015b), sekä nitraattiasetuksessa (Vna 1250/2014), joka asettaa ympäristölainsäädännön mukaiset liukaisen typen rajat.

Koska lannassa liukaisen typen suhde kokonaistyyppiin on alhainen, on lannan typpilannoitusta rajoittava tekijä käytännössä nitraattiasetuksen koko-

naistyyppiraja, 170 kgN/ha. Näin ollen lannalla voidaan lannoittaa kokonaistyyppirajaan asti, jolloin liukaisen typen osalta peltoihin jää useimmiten ravinnevajausta, sama toistuu myös lannan fosforilannoituksen osalta. Näitä liukaisen typen ja kokonaisfosforin ravinnetarpeita voidaan täydentää epäorgaanisilla mineraalilannoitteilla tai orgaanisilla lannoitevalmisteillä. Koska mineraalilannoitteille ja orgaanisille lannoitteille kokonaistyyppirajaa ei ole asetettu, on mineraalilannoitteilla mahdollista täydentää lannoitusta aina liukoiselle typelle asetettuihin rajoihin asti.

Koska kokonaistyyppiraja rajoitti lannan käyttöä lannoitteena pelloilla, joille sitä lähtökohtaisesti oletettiin levitettävän (juurekset, valkuaiskasvit, peruna sekä nurmi  $\frac{3}{4}$  osuudella), otettiin näillä pelloilla käyttämättä jääneet lannan ravinteet huomioon muilla pelloilla, eli pelloilla, joille on sallittua levittää puhdistamopohjaisista lietettä (siemenvilja, viljat, öljykasvit, sokerijuurikas, kuitu- ja energiakasvit sekä  $\frac{1}{4}$  nurmista). Näille pelloille laskennassa käytettiin ensisijaisesti lannan sisältämiä ravinteita, mikäli niitä oli jäljellä. Lannan ravinteiden jälkeen jäljelle jäänyttä ravinnetarvetta pidettiin tasona, jonka voisi täyttää mädätysjäätännöksen sisältämällä kokonaisfosforilla ja liukoisella typpellä.

### 2.4.3. Lannoitus biojäte- ja puhdistamolieteperäisillä tuotteilla

Biokaasulaitoksen biojäte- ja puhdistamolietepohjaisen tuotteen käyttöä peltolannoituksessa tarkasteltiin kahden eri skenaarion mukaisesti:

- Skenaario 1: Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon lietteet
- Skenaario 2: Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon lietteet sekä Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteet

Molemmissa skenaarioissa oletuksena oli, että biojätteet sekä puhdistamolietteet käsitellään eri reaktoreissa. Näin ollen lannoituksen osalta biokaasulaitoksen biojäteperäisiä tuotteita voidaan käyttää myös luomulannoitteena, mihin puhdistamolieteperäiset tuotteet eivät sovellu (Evara 2015). Luomuviljelykelpoisten lannoitevalmisteiden tarpeen oletetaan kasvavan, koska luomuviljelty peltoala on Pirkanmaalla lisääntynyt tasaisesti viime vuosina. Vuonna 2011 luomuviljellyn peltoalan osuus Pirkanmaalla oli 10,3 % ja vuonna

2015 luomuviljeltyä peltoalaa oli 20 464 ha, joka oli 12,5 % koko Pirkanmaan peltoalasta (Evira 2016).

Molemmissa skenaarioissa tehtiin tarkastelut kahdelle eri vuodelle, vuosille 2025 ja 2040. Skenaarioista muodostettiin alaskenaariot, joissa määritettiin biokaasulaitoksen tuotteiden sisältämät ravinnemäärät ja niiden käyttöpotentiaali Pirkanmaan pelloilla. Alaskenaarioissa peltolannoitukseen käytettävät tuotteet olivat:

- a. Mädätysjäännös sellaisenaan.
- b. Erotettu nestejake, erotetusta kuivajakeesta valmistettu komposti ja kompostoinnin nestemäinen typpirejeki (ammoniumsulfaatti).
- c. Erotetusta nestejakeesta jatkojalostetut ammoniumsulfaatti ja konsentraatti, erotetusta kuivajakeesta valmistettu komposti ja kompostoinnin nestemäinen typpirejeki (ammoniumsulfaatti).
- d. Erotetusta nestejakeesta jatkojalostetut ammoniumsulfaatti ja konsentraatti, erotetusta kuivajakeesta pyrolysoitu biohiili.

Tuotteet ja niiden muodostumista prosessissa on esitelty luvussa 2.3.

Puhdistamolietepohjaisten tuotteiden kokonaisfosforista otettiin huomioon ympäristökorvauksen sitomusehtojen määritelmän mukaisesti 60 % (MAVI 2015b) ja biojäteperäisten tuotteiden kokonaisfosforista 100 %. Tuotteiden sisältämien ravinteiden määrää verrattiin kuntakohtaiseen kokonaisfosforin ja liukoisien typen tarpeeseen, jolloin voitiin määrittää, kuinka monen kunnan peltoalalle lannoitetuotteita voidaan levittää. Lannoitetuotteen määrää rajoittavana tekijänä lannoituksessa on fosfori, jonka mukaan laskenta tehtiin.

Koko Pirkanmaan tasolla biokaasulaitoksen tuotteita tarkasteltiin levitettävän pääosin pelloille, joilla viljellään siemenviljaa, viljoja, öljykasveja, sokerijuurikasta, kuitu- ja energiakasveja sekä nurmea (¼ nurmen kokonaismäärästä). Muiden peltotyyppien ravinnetarve oli suurimmaksi osaksi jo tyydytetty lannan ravinteilla. Tarkemmassa tarkastelussa, jossa biokaasulaitoksen tuotteita katsottiin levitettävän biokaasulaitosta lähimmille pelloille tieverkkoanalyysin perusteella, otettiin huomioon peltoalat, joilla viljellään siemenviljaa, viljoja, öljykasveja, sokerijuurikasta tai kuitu- ja energiakasveja. Tarkemmassa tarkastelussa ¼ nurmen osuus peltoalasta jätettiin huomiotta, kos-

ka sen suhteuttaminen peltokohtaisesti olemassa olevaan viljelyalaan ei ollut käytetyn aineiston puitteissa mahdollista.

#### 2.4.4. Kartta-aineistot ja tieverkkoanalyysi

Karttojen ja paikkatietoanalyysien lähtöaineistoina käytettiin Maaseutuviraston peltolohkorekisterin tietoja (MAVI 2015a), Suomen katu- ja tieverkko-tietoja (Digiroad 2015), Maanmittauslaitoksen kuntarajoja ja taustakarttoja (2016) sekä tässä tutkimuksessa laskettuja eläinmääriä ja ravinnetietoja tilanteessa, jossa biokaasulaitoksen tuottamat mädätysjäännökset levitetään sellaisenaan peltoon (alaskenaario a). Osoitetietona tuotteita toimittavalle biokaasulaitokselle käytettiin Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n Nokian toimipistettä, Koukkujärventie 361, 37130 Nokia.

Aineisto yhdisteltiin ja visualisoitiin kartoiksi ArcMap-ohjelmassa. Lyhimmät kuljetusetäisyydet tarkastellun biokaasulaitoksen ja niiden peltojen keskipisteiden välillä, jolle lannoitevalmistetta voidaan levittää, laskettiin Network Analyst -laajennuksen OD Cost Matrix -työkalulla. Kuljetusetäisyyksien laskentaan otettiin ne pelto, joilla viljellään siemenviljaa, viljoja, öljykasveja, sokerijuurikasta tai kuitu- ja energiakasveja. Service Area -analyysin avulla kuvattiin sitä aluetta, jolla sijaitsevat lähimmät pelto, joille biokaasulaitoksessa muodostuvat biojäte- ja puhdistamolieteperäiset tuotteet voidaan kuljettaa tietä pitkin. Alueet muodostettiin kahdessa vaihtoehdoisessa tilanteessa: a) lietettä levitetään kaikille soveltuville pelloille, b) lietettä levitetään 30 %:lle pelloista, joille lietettä saa levittää.

# 3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

## 3.1. Pirkanmaan raaka-ainepotentiaali

Pirkanmaan raaka-ainepotentiaali on esitetty Taulukoissa 8–11 nykytilanteessa sekä ennustetilanteissa vuonna 2025 ja 2040. Raaka-aineet on jaettu puh-

distamolietteisiin, biokaasulaitokseen ohjattaviin biojätteisiin sekä muilla tavoilla käsiteltäviin biojätteisiin, teollisuuden biojätteisiin ja tuhkiin. Kuvissa 3–4 esitetään kokonaistypen ja -fosforin jakautuminen eri raaka-aineiden välillä vuoden 2040 ennustetilanteessa.

**Taulukko 8.** Pirkanmaan raaka-aineiden määrä märkäpainona tonneina nykytilanteessa sekä vuosina 2025 ja 2040.

	Nykytilanne	Ennuste 2025	Ennuste 2040
	m (t)	m (t)	m (t)
Puhdistamolietteet	69 600	104 000	114 000
Keskuspuhdistamo (12 kk)	-	57 800	65 500
Keskuspuhdistamo (1 kk)	-	4 800	5 500
Nokian jvp	6 200	7 300	8 000
Biokaasuprosessissa käsiteltävät biojätteet	24 500	24 500	25 500
Kotitalouksien biojätteet	13 000	14 000	16 000
Kauppojen/yritysten biojätteet	4 500	4 500	3 500
Puutarhajäte	7 000	6 000	6 000
Muut biojätteet	6 800	6 800	6 800
Teollisuuden biojätteet	11 800	11 800	11 800
Tuhkat	58 000	58 000	58 000
Keskuspuhdistamo (11 kk)	-	4 800	5 600
Tammervoiman tuhkat	-	34 200	48 200
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>170 700</b>	<b>239 300</b>	<b>264 300</b>

**Taulukko 9.** Pirkanmaan raaka-aineiden sisältämä kuiva-ainemäärä (TS) tonneina nykytilanteessa sekä vuosina 2025 ja 2040.

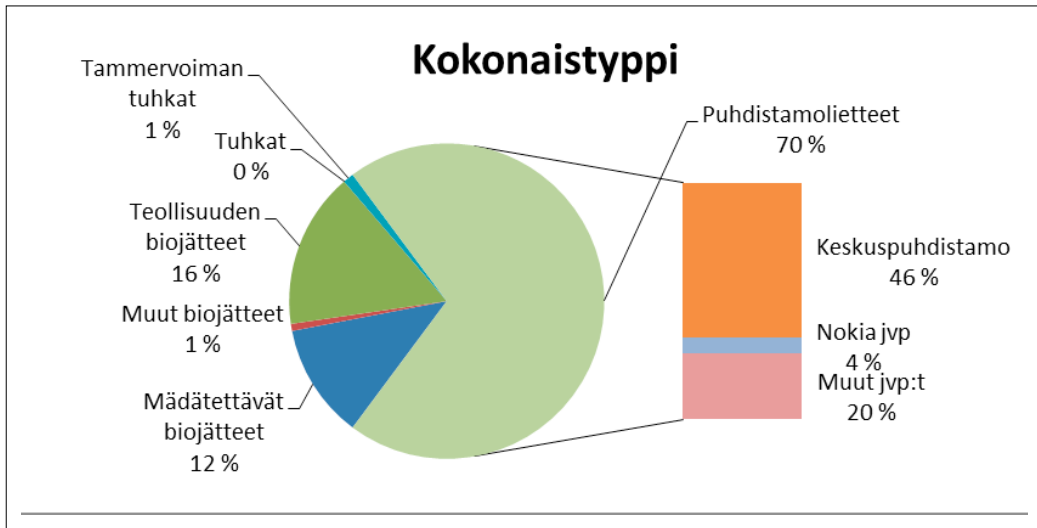
	Nykytilanne	Ennuste 2025	Ennuste 2040
	TS (t)	TS (t)	TS (t)
Puhdistamolietteet	15 800	22 800	24 900
Keskuspuhdistamo (12 kk)	-	14 500	16 400
Keskuspuhdistamo (1 kk)	-	1 200	1 400
Nokian jvp	1 200	1 400	1 600
Biokaasuprosessissa käsiteltävät biojätteet	9 500	9 200	9 500
Kotitalouksien biojätteet	3 900	4 200	4 800
Kauppojen/yritysten biojätteet	1 350	1 350	1 050
Puutarhajäte	4 300	3 650	3 650
Muut biojätteet	2 400	2 400	2 400
Teollisuuden biojätteet	4 400	4 400	4 400
Tuhkat	58 000	58 000	58 000
Keskuspuhdistamo (11 kk)	-	4 800	5 600
Tammervoiman tuhkat	-	34 200	48 200
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>90 100</b>	<b>131 000</b>	<b>147 000</b>

**Taulukko 10.** Pirkanmaan raaka-aineiden sisältämä kokonaistypen määrä tonneina nykytilanteessa sekä vuosina 2025 ja 2040.

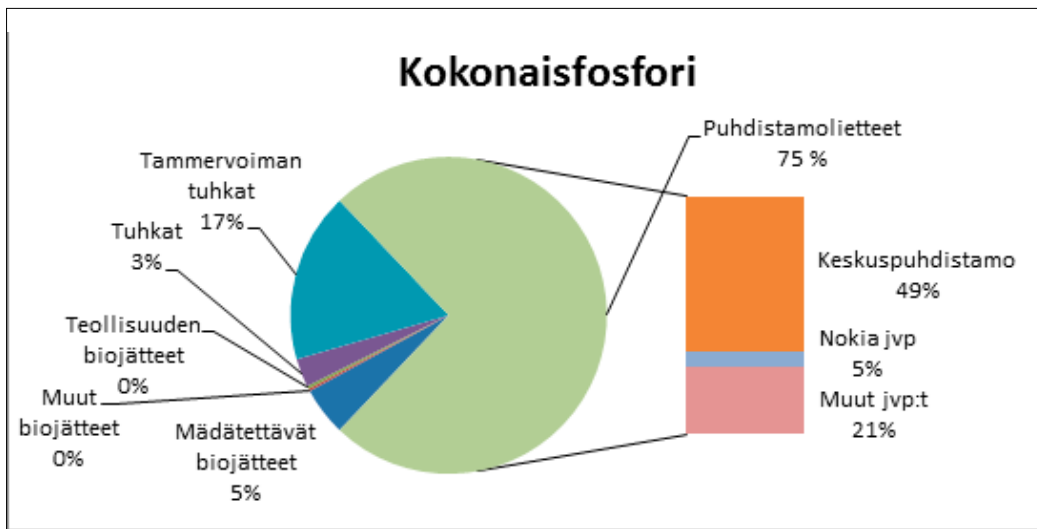
	Nykytilanne	Ennuste 2025	Ennuste 2040
	N <sub>tot</sub> (t)	N <sub>tot</sub> (t)	N <sub>tot</sub> (t)
Puhdistamolietteet	633	910	997
Keskuspuhdistamo (12 kk)	-	578	654
Keskuspuhdistamo (1 kk)	-	48	55
Nokia jvp	49	58	64
Biokaasuprosessissa käsiteltävät biojätteet	155	159	167
Kotitalouksien biojätteet	98	105	120
Kauppojen/yritysten biojätteet	34	34	26
Puutarhajäte	24	20	20
Muut biojätteet	10	10	10
Teollisuuden biojätteet	227	227	227
Tuhkat	10	10	10
Keskuspuhdistamo (11 kk)	-	1,2	1,3
Tammervoiman tuhkat	-	12	16
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>1034,8</b>	<b>1328,2</b>	<b>1426,2</b>

**Taulukko 11.** Pirkanmaan raaka-aineiden sisältämä kokonaisfosforin määrä tonneina nykytilanteessa sekä vuosina 2025 ja 2040.

	Nykytilanne	Ennuste 2025	Ennuste 2040
	P <sub>tot</sub> (t)	P <sub>tot</sub> (t)	P <sub>tot</sub> (t)
Puhdistamolietteet	316	455	498
Keskuspuhdistamo (12 kk)	-	289	327
Keskuspuhdistamo (1 kk)	-	24	27
Nokia jvp	25	29	32
Biokaasuprosessissa käsiteltävät biojätteet	31	32	33
Kotitalouksien biojätteet	20	21	24
Kauppojen/yritysten biojätteet	6,8	6,8	5,3
Puutarhajäte	4,7	4,0	4,0
Muut biojätteet	1,7	1,7	1,7
Teollisuuden biojätteet	2,1	2,1	2,1
Tuhkat	19	19	19
Keskuspuhdistamo (11 kk)	-	190	220
Tammervoiman tuhkat	-	84	117
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>370,5</b>	<b>593,7</b>	<b>671,5</b>



**Kuva 3.** Kokonaistyyppien jakautuminen eri raaka-aineiden välillä Pirkanmaalla vuoden 2040 ennusteessa. Suurin osa (70 %) kokonaistyyppistä on puhdistamolietteissa. jvp = jätevedenpuhdistamo.



**Kuva 4.** Kokonaisfosforin jakautuminen eri raaka-aineiden välillä Pirkanmaalla vuoden 2040 ennusteessa. Suurin osa (75 %) kokonaisfosforista on puhdistamolietteissa. jvp = jätevedenpuhdistamo.

Puhdistamolietteiin kuuluvat kaikki Pirkanmaan alueen yhdyskuntajäteveden puhdistamoissa syntyvät puhdistamolietteet. Lähtötietoina käytetyissä ennusteissa puhdistamolietteiden määrän kasvu perustui lähinnä väestön kasvuun Pirkanmaalla. Myös puhdistamoille toimitettujen sako- ja umpikaivolietteiden määrien on arvioitu kasvavan vuoden 2017 alusta voimaan astuvan lainsäädännön myötä (Jätelaki 646/2011). Lisäksi on otettava huomioon, että haja-jätevesiasetuksen (209/2011) siirtymäaika, eli kiinteistökohtaiset puhdistamot on saatettava asetuksen mukaiseen kuntoon maaliskuun 2018 loppuun mennessä.

Skenaarioita varten taulukoissa 8–11 on eritelty Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n ja Nokian Vesi Oy:n jäteveden puhdistamon puhdistamolietteet, jotka jatkokäsitellään biokaasuprosessissa. Kes-

kuspuhdistamon puhdistamolietteilä on merkittävä raaka-ainepotentiaali: vuoden 2040 ennustetilanteessa 57 % Pirkanmaan puhdistamolietteilistä syntyy Keskuspuhdistamossa, sisältäen 46 % kokonaistyyppistä ja 49 % kokonaisfosforista.

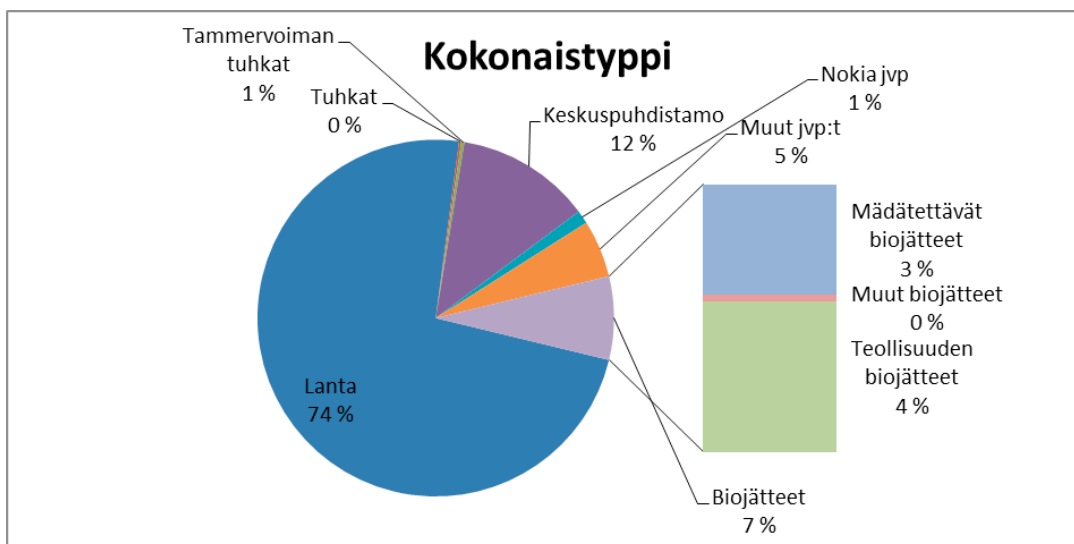
Vaihtoehtona Keskuspuhdistamon puhdistamolietteiden mädätykselle on lietteen poltto. Polttolaitos toimii 11 kuukautta vuodessa ja yhden kuukauden ajan se on huoltoseisokissa (Ramboll 2015), jolloin puhdistamolietete käsitellään muulla tavoin. Lietteenpolttotuhkassa (11 kk:n aikana) on 1,3 tonnia kokonaistyyppiä (vuoden 2040 ennuste). Yhden kuukauden aikana muodostuvan Keskuspuhdistamon lietteen mädätysjäännöksessä kokonaistyyppiä on 54 tonnia. Vastavasti fosforia on tuhkassa 220 t (11 kk) ja puhdistamolietteen mädätysjäännöksessä (1 kk) 27 tonnia.



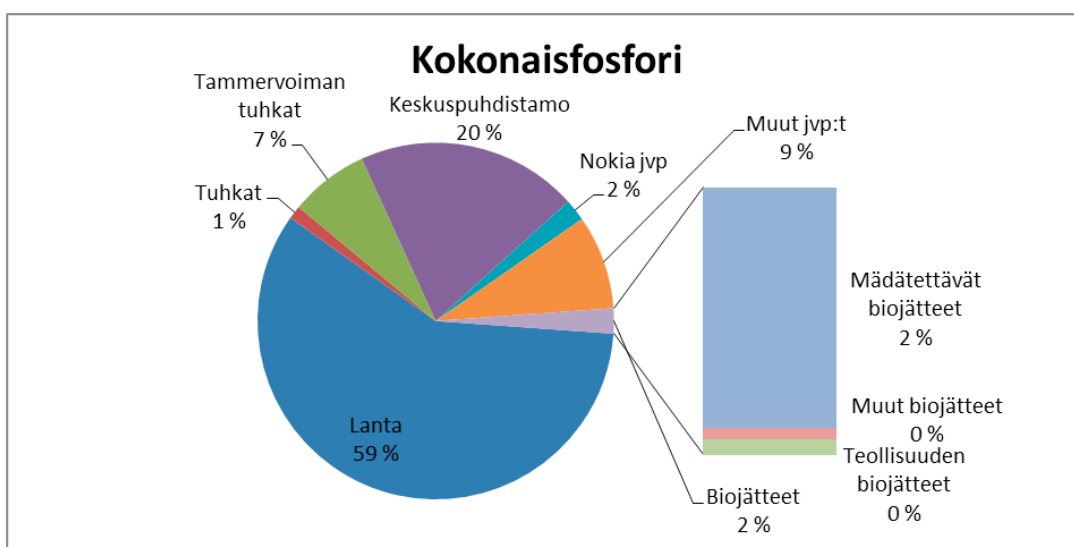
Nykyisessä lainsäädännössä yhdyskuntajätevesiliete määritellään jätteeksi (VN asetus jätteistä 179/2012 muutoksineen) samoin kuin sen poltosta jäljelle jäävä tuhka. Tällä hetkellä lannoitteena käytettävä tuhka voi muodostua vain kasviperäisten (esim. puu, turve, olki) raaka-aineiden sekä lannan poltosta (ks. Elintarvike-turvallisuusvirasto Eviran verkkosivut → Tuhkan käyttö lannoitteena). Fosforipitoisten lannoitetuotteiden valmistus puhdistamolieteperäisestä tuhkaista voisi mahdollistaa lannoitekäytön (Franz, 2008). Puhdistamolietteen tuhkaista valmistetuista fosforipitoisista lannoitetuotteista ei ole Suomessa ennakkotapauksia, eikä niiden käytölle ole toistaiseksi lainsäädäntöä. Lannoitetuotteiden kelpoisuudesta markkinoille

vastaa Evira, jonka kautta tuotteille haetaan kansallinen hyväksyntä ja tyyppinimi.

Biokaasuprosessiin ohjattaviin biojätteisiin kuuluvat kotitalouksien, kauppojen ja yritysten erilliskerätyt biojätteet sekä puutarhajätteet, jotka on eritelty Taulukoissa 8–11. Näiden biojätteiden osuus kaikista raaka-aineista on noin 10 %, ja ne sisältävät 12 % kokonaistypestä ja 5 % kokonaisfosforista. Muihin biojätteisiin kuuluvat esimerkiksi rasvakaivojätteet, paisporasvat ja risut. Teollisuuden biojätteisiin kuuluvat teollisuuden tuottamat biojätteet Pirkanmaan alueella, joita ovat muun muassa teurasjätteet. Teurasjätteistä aiheutuu kyseisen jakeen suuri tyypipitoisuus. Nykytilanteessa edellä mainituista biojätteistä hyödynnetään esimerkiksi eläinrehuna. Ennusteissa teollisuus-



**Kuva 5.** Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteen (sis. sako- ja umpikaivolietteen), biojätteiden, tuhkien ja lantojen sisältämän typen osuudet kaikista Pirkanmaan alueen ravinnelähteistä (mineraalilannoitteet poislukien) vuonna 2040. Lantojen ja puu/turveperäisten tuhkien määrän on oletettu pysyvän nykytasolla. jvp = jätevedenpuhdistamo



**Kuva 6.** Yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteen (sis. sako- ja umpikaivolietteen), biojätteiden, tuhkien ja lantojen sisältämän fosforin osuudet kaikista Pirkanmaan alueen ravinnelähteistä (mineraalilannoitteet poislukien) vuonna 2040. Lantojen ja puu/turveperäisten tuhkien määrän on oletettu pysyvän nykytasolla. jvp = jätevedenpuhdistamo

den biojätteen määrän on oletettu pysyvän samana kuin nykytilanteessa.

Tuhkamäärien ennusteissa on oletettu, että tuhkamäärä pysyy samana kuin nykytilanteessa lukuun ottamatta Tammervoima Oy:n hyötyvoimalaitosta (jätteenpolttolaitosta). Tuhkamääriin ja ravinnesisältöihin vaikuttavat polttolaitosten määrä sekä käytetyt polttoaineet ja niiden määrät.

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 24/11 muutoksineen säädetään lannoitevalmisteiden tyypeistä, ja tuhkalannoitteena voidaan käyttää turpeen, peltobiomassa tai puun tuhkaa. Suomessa arviolta 10–15 % soveltuvasta tuhkasta käytetään lannoitteena (Ojala 2010), erityisesti metsälannoitekäytössä (Manninen 2013).

Pirkanmaalla syntyy turpeen ja puun poltosta arviolta 58 000 t tuhkaa, joka sisältää tyypeä 10 t ja fosforia 19 t, jotka tällä hetkellä hyödynnetään lannoitteena, maanrakentamisessa tai kaatopaikkarakenteissa (Manninen 2013). Turpeen poltossa syntyvässä tuhkassa on vähemmän ravinteita kuin puun polton tuhkassa, mikä hankaloittaa hyötykäyttöä lannoitteena (Manninen 2013).

Tässä selvityksessä Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n jätevedenpuhdistamon lietteen ja Tammervoima Oy:n hyötyvoimalaitoksen yhdyskuntajätteen polton tuhkat on eroteltu muista tuhkista. Sekä lietteenpolton että yhdyskuntajätteen polton tuhkat määritellään jätteeksi, sillä ainoastaan puun, turpeen tai peltobiomassan polton tuhkat soveltuvat nykyisessä lainsäädännössä lannoitevalmisteiksi. Jätteenpolton tuhkat sisältävät haitta-aineita, jotka rajoittavat hyötykäyttöä. Erityisesti lentotuhka ja APC (Air Pollution Control) -jätteet sisältävät korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja, ja saattavat vaatia käsittelyä ennen kaatopaikkasijoitusta (Laine-Ylijoki ym. 2005). Pohjatuhkassa haitta-aineiden pitoisuudet ovat pienempiä ja pohjatuhkan hyötykäyttöä esimerkiksi maanrakentamisessa on tutkittu enemmän (Laine-Ylijoki ym. 2005).

Merkittävin ravinnemäärä Pirkanmaalla on lannassa, tyypeä 3920 tonnia ja fosforia 954 tonnia. Kun huomioidaan kaikki selvityksen raaka-aineet, lannassa on 74 % koko Pirkanmaan typpimäärästä ja 59 % fosforimäärästä vuonna 2040 (Kuvat 5 ja 6). Puhdistamolietteiden ja biojätteiden osuus ravinnevirroista on noin 25 % typen osalta ja 33 % fosforin osalta.

## 3.2. Biojätteiden ja puhdistamolietteiden käsittely biokaasulaitoksessa

### 3.2.1. Biokaasuprosessien alustava mitoitus

Skenaarioissa tarkasteltujen biokaasuprosessien alustavassa mitoituksessa käytetty orgaanisen aineen kuormitus (OLR, organic loading rate) sekä sitä vastaavat viipymäajat (HRT, hydraulic retention time) ja reaktoritilavuudet on esitetty Taulukossa 12. Märkäprosessissa on oletettu, että syöte laimennetaan TS -pitoisuuteen 13 % käyttäen jätevedettä. Jäteveden osuus on noin 23 % kokonaissyötteen tilavuudesta. Laimennukseen voidaan käyttää myös biokaasulaitoksen prosesseissa muodostuvia vesiä.

Tässä selvityksessä käytettyjen raaka-ainemäärien mukaan märkäprosessin reaktoritilavuus olisi noin 8500–9000 m<sup>3</sup>, kun käsitellään sekä Nokian Vesi Oy:n että Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteet. Käytännössä tämä tarkoittaa useampaa rinnakkaista reaktoria. Pelkkien biojätteiden käsittelyyn tarvittava reaktoritilavuus olisi noin 3000 m<sup>3</sup> (kui-vaprosessi).

**Taulukko 12.** Tarkasteltujen skenaarioiden biokaasulaitosten (aktiiviset) reaktoritilavuudet, orgaaniset kuormitukset ja laskennalliset viipymäajat. Luvut on laskettu vuoden 2040 lähtötiedoilla.

	Skenaario 1a Biojätteet	Skenaario 1b Nokian puhdistamoliete	Skenaario 2 Biojätteet	Skenaario 2 Keskuspuhdistamon ja Nokian puhdistamolietteet
Reaktorityyppi	Kuiva	Kuiva	Kuiva	Märkä
Kuormitus (kgVS/m <sup>3</sup> /d)	6	6	6	4
Viipymä (d)	42	23	42	23
Reaktoritilavuus (m <sup>3</sup> )	3040	510	3040	8560

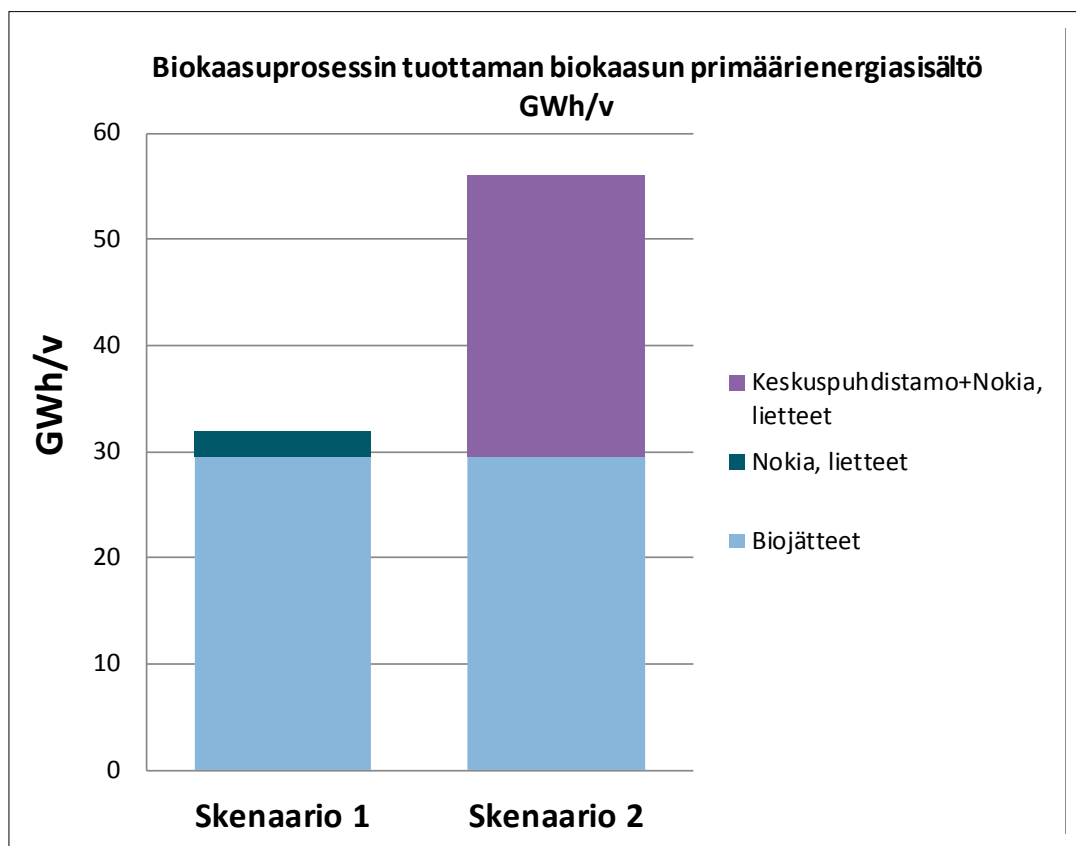
### 3.2.2. Biokaasuprosessin materiaalivirrat, lannoitevalmisteet ja energiapotentialit

Biokaasuprosessiin menevät ja sieltä tulevat materiaalivirrat sekä biokaasun- ja energiantuottoarviot on esitetty Taulukossa 13. Kuvassa 7 on esitetty tuotetun biokaasun energiasisältö ja sen jakautuminen materiaalivirroittain eri skenaarioissa.

Skenaariossa 1 biojätteet vastaavat yli 90 % energiantuottopotentialista (yhteensä 32 GWh/a vuonna 2040. Tämä johtuu paitsi biojätteiden (22000 tonnia) suuremmasta määrästä Nokian Vesi Oy:n puhdistamolietteisiiin verrattuna (7500 tonnia), sekä siitä, että biojätteet tuottavat selvästi enemmän metaania kuin puhdistamolietteet. Tämä havaitaan myös raaka-aineiden kuiva-aineen vähenemisestä biokaasuprosessissa, joka on noin 50 % biojätteelle mutta 30 % puhdistamolietteille. Ravinteiden osalta Nokian puhdistamolietteet ovat merkittävä lähde skenaariossa 1, sillä 30 % mädätysjäännöksen tyyppistä ja 62 % fosforista on peräisin puhdistamolietteestä. Keskuspuhdistamon lietteiden polttolaitoksen kuukauden kestävän huoltoseisokin aikana muodostuvien lietteiden (skenaariossa 1b lisänä) kuiva-aine- ja ravinnemäärät

vastaavat lähes Nokian puhdistamolietteiden koko vuoden määrää (Taulukko 13). Tämä olisikin otettava huomioon biokaasulaitosta suunniteltaessa (mm. lietteiden varastointi).

Skenaariossa 2 myös puhdistamolietteiden osuus energiantuotosta nousee huomattavaksi 47 % osuudella. Skenaariossa 2 biokaasun energiasisältö (yhteensä 56 GWh/a, 2040) on 75 % suurempi kuin skenaariossa 1. Tämä johtuu erityisesti Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteiden suuresta määrästä (40000 t kuivattua lietettä). Skenaariossa 2 puhdistamolietteet sisältävät myös suurimman osan ravinteista, 95 % fosforista ja 81 % tyypestä.



Kuva 7. Biokaasuprosessin tuottaman metaanin energiasisältö eri skenaarioissa raaka-aineiden mukaan eriteltynä. Metaanin energiasisällöstä ei ole vähennetty biokaasulaitoksen omaa energiankulutusta.

**Taulukko 13.** Biokaasuprosessin materiaalivirrat ja energiantuotto eri skenaarioissa. Skenaariossa 1b suluissa on esitetty lisämateriaalivirrat jos keskuspuhdistamon puhdistamolietteet ohjataan 1 kk (polttolaitoksen huoltotauko) ajalta mädätettäväksi yhdessä Nokian puhdistamolietteiden kanssa. TS = kuiva-aine,  $N_{tot}$  = kokonaistyyppi,  $NH_4$  = ammoniumtyyppi,  $P_{tot}$  = kokonaisfosfori,  $P_{liuk}$  = liukoinen fosfori,  $CH_4$  = metaani.

	Skenaario 1a ja 2 Biojätteet		Skenaario 1b Nokian puhdistamolietteet		Skenaario 2 Keskuspuhdistamon ja Nokian puhdistamolietteet	
	2025	2040	2025	2040	2025	2040
Raaka-aineet yhteensä (t/v)	23 500	25 500	7 280 (+4 833)	8 040 (+5 416)	122 738	137 369
TS (t/v)	6 925	7 463	1 456 (+1 208)	1 608 (+1 354)	15 965	17 869
TS (%)	29	29	20 (22)	20 (22)	13	13
Ntot (t/v)	172	184	58 (+48)	64 (+54)	639	716
Ptot (t/v)	17	19	29 (+24)	32 (+27)	319	357
Mädätysjäännös yhteensä (t/v)	20 214	21 940	6 845 (+4 471)	7 560 (+5 009)	117 971	132 034
TS (t/v)	3 638	3 903	1 062 (+805)	1 128 (+947)	11 198	12 533
TS (%)	18	17,8	15 (17)	15 (17)	9	9
Ntot (t/v)	150	160	57 (+46)	62 (+53)	621	695
NH4-N (t/v)	82	86	32 (+26)	35 (+30)	342	383
Ptot (t/v)	17	19	29 (+24)	32 (+27)	319	357
Pliuk (t/v)	0,1	0,2	0,6 (+0,5)	0,6 (+0,6)	6,4	7,1
TS-poistuma (%)	47	48	30	30	30	30
VS-poistuma (%)	61	62	43	43	43	43
Biokaasu (Mm3/a)	4,32	4,76	0,34 (+0,28)	0,37 (+0,32)	3,69	4,12
CH4 (Mm3/a)	2,69	2,96	0,22 (+0,17)	0,24 (+0,20)	2,36	2,64
Energiasisältö (GWh/a)	26,9	29,6	2,2 (+1,7)	2,4 (+2,0)	23,6	26,4

Mädätysjäännöksen ravinteiden osalta (Taulukko 13) on hyvä huomata, että biojäteperäisen mädätysjäännöksen typen ja fosforin suhde (noin 9:1) on lähellä yleisesti peltoviljelyssä käytettyä mineraalilannoitetta (YaraMila Y3, jossa N:P suhde 7,6:1). Sen sijaan puhdistamolietepohjaisessa mädätysjäännöksessä ravinteiden suhde on epäedullinen (N:P suhde noin 2:1).

Kuvissa 8–10 on esitetty massa- ja ravinnevirrat biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen jatkoprosesoinnissa. Kaikissa kuvissa on mukana mädätysjäännöksen neste- ja kuivajakeen erotus, mutta esimerkiksi kompostointi voidaan tehdä myös suoraan mädätysjäännökselle, ilman erotusta.

Huomattavin ero skenaarioiden välillä muodostuu käytetystä biokaasuprosessista. Kuivaprosessia seuraavan neste- ja kuivajakeen erotuksen jälkeen suurin osa (80–85 %) massasta ja ravinteista (77–83 % typestä ja 96–99 % fosforista) on kuivajakeessa. Märkäprosessin jälkeen nestejakeessa on yli 70 % massasta sekä yli 80 % typestä. Fosforilla on taipumus

sitoutua kiintoainekseen, ja tästä johtuen märkäprosessinkin jälkeen vain noin 10 % fosforista on nestejakeessa.

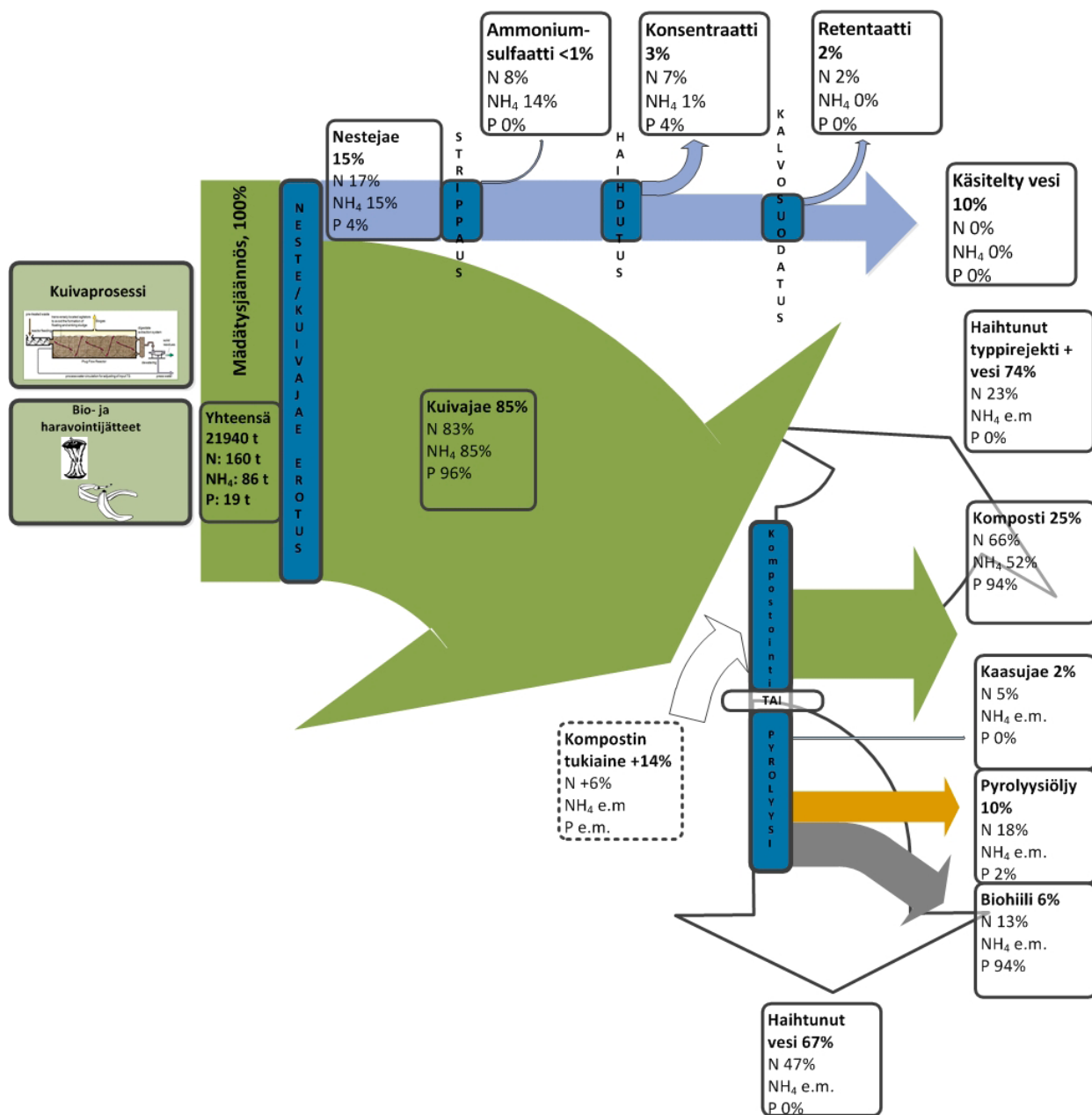
Ravinteiden jakautumisesta johtuen merkittävien potentiaali jalostaa lannoitevalmisteita on kuivaprosessin jälkeen kompostituotteissa ja mahdollisesti pyrolyysissä, joka on kuitenkin vielä tutkimusasteella (Kuvat 8 ja 9). Märkäprosessin jälkeen nestejakeesta on mahdollista erottaa noin 40 % mädätysjäännöksen typestä strippaustekniikalla (Kuva 10). Strippaustekniikalla saadaankin tyyppi tiiveimpään muotoon nyt tarkastelluista vaihtoehdoista; alkuperäiseen mädätysjäännökseen verrattuna tyyppipitoisen tuotteen massa on alle 3 %.

Neste- ja kuivajakeiden erotus ja jatkojalostus mahdollistavat typen ja fosforin jakamisen eri tuotteisiin. Fosfori on käytännössä joko kompostituotteen tai pyrolyysin jälkeen biohiilessä. Pyrolyysin avulla saadaan fosfori konsentroitua, sillä biohiilessä on 88–97 % fosforista, mutta sen massa on vain 3–6 %

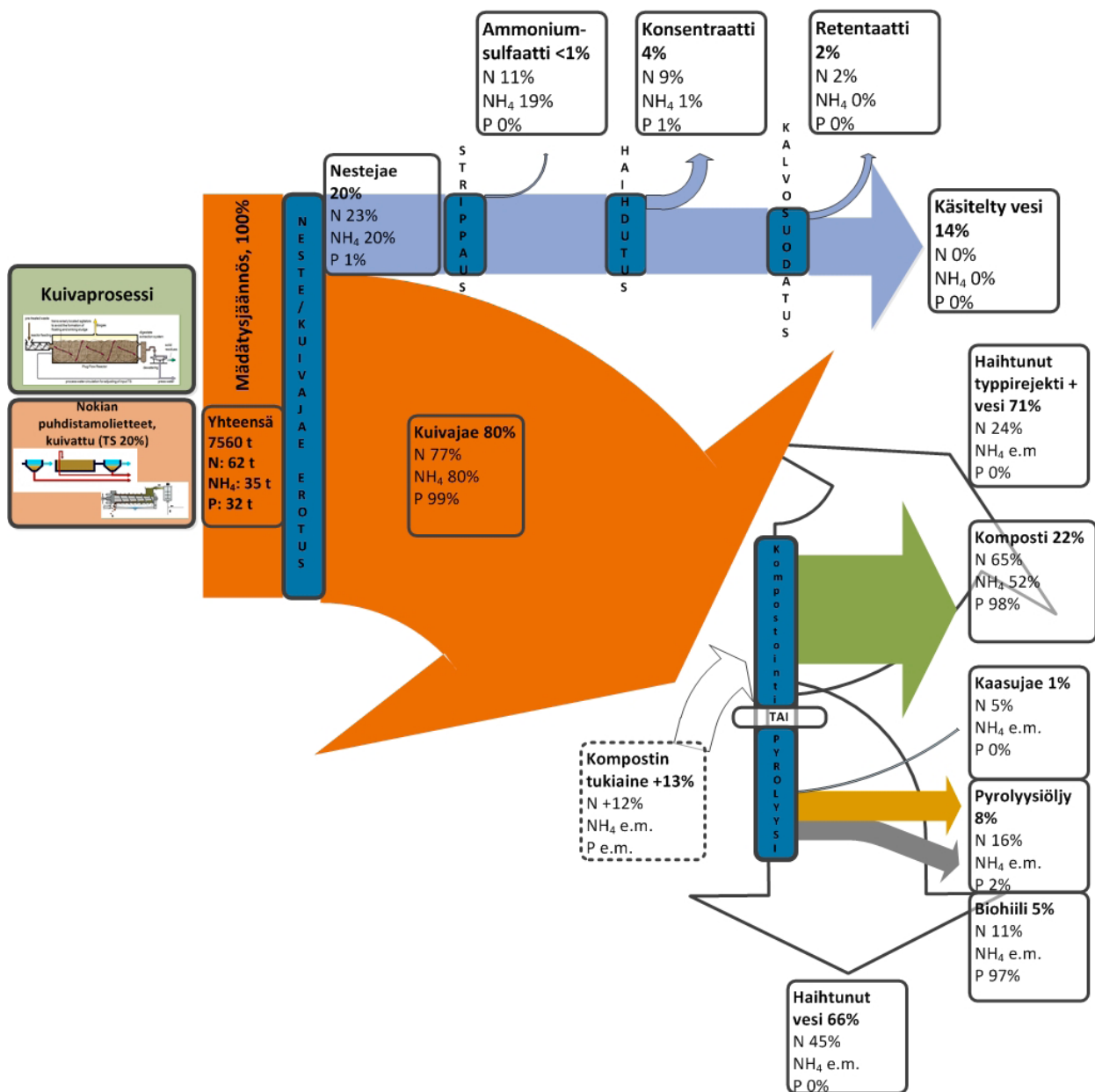
alkuperäisen mädätysjännöksen massasta. Biohii-  
len soveltuvuutta lannoitekäyttöön ei ole kuitenkaan  
vielä juuri tutkittu (Rasa ym. 2015). Kompostissa taas  
90–98 % fosforista on 10–25 % massajakeessa mä-  
dätysjännökseen verrattuna.

Erotusprosessiin liittyy epävarmuustekijöitä, jotka  
tulee ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Fos-  
forin osalta epävarmuutta aiheuttaa lisäksi niukka  
tietämys fosforin liukoisuudesta biokaasuprosessin  
jälkeen. Lähtöarvoina käytettyjen, biojätettä käsittele-

vien biokaasulaitosten mädätysjännöksen liukaisen  
fosforin osuus on vain noin 1 % luokkaa, mutta ky-  
seiset laitokset käsittelevät myös puhdistamolietettä,  
joiden sisältämät saostuskemikaalit voivat aiheuttaa  
fosforin huonon liukoisuuden. Siten fosforin liukoisuus  
voi olla aliarvioitu tässä työssä biojätteiden kuivamä-  
dätyksen osalta. Tämä ei kuitenkaan oleellisesti vai-  
kuta peltotarkasteluihin, joissa on käytetty kokonais-  
fosforia ja jossa kokonaisfosforista on huomioitu 60 %  
(MAVI 2015b).



**Kuva 8.** Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteen kuivamädätyksen mädätysjännöksen (noin 22 000 t/v, vuonna 2040) ravinteiden jakautuminen eri jatkokäsittelyprosessien jälkeen (Skenaario 1a ja 2). e.m. = ei määriteltä

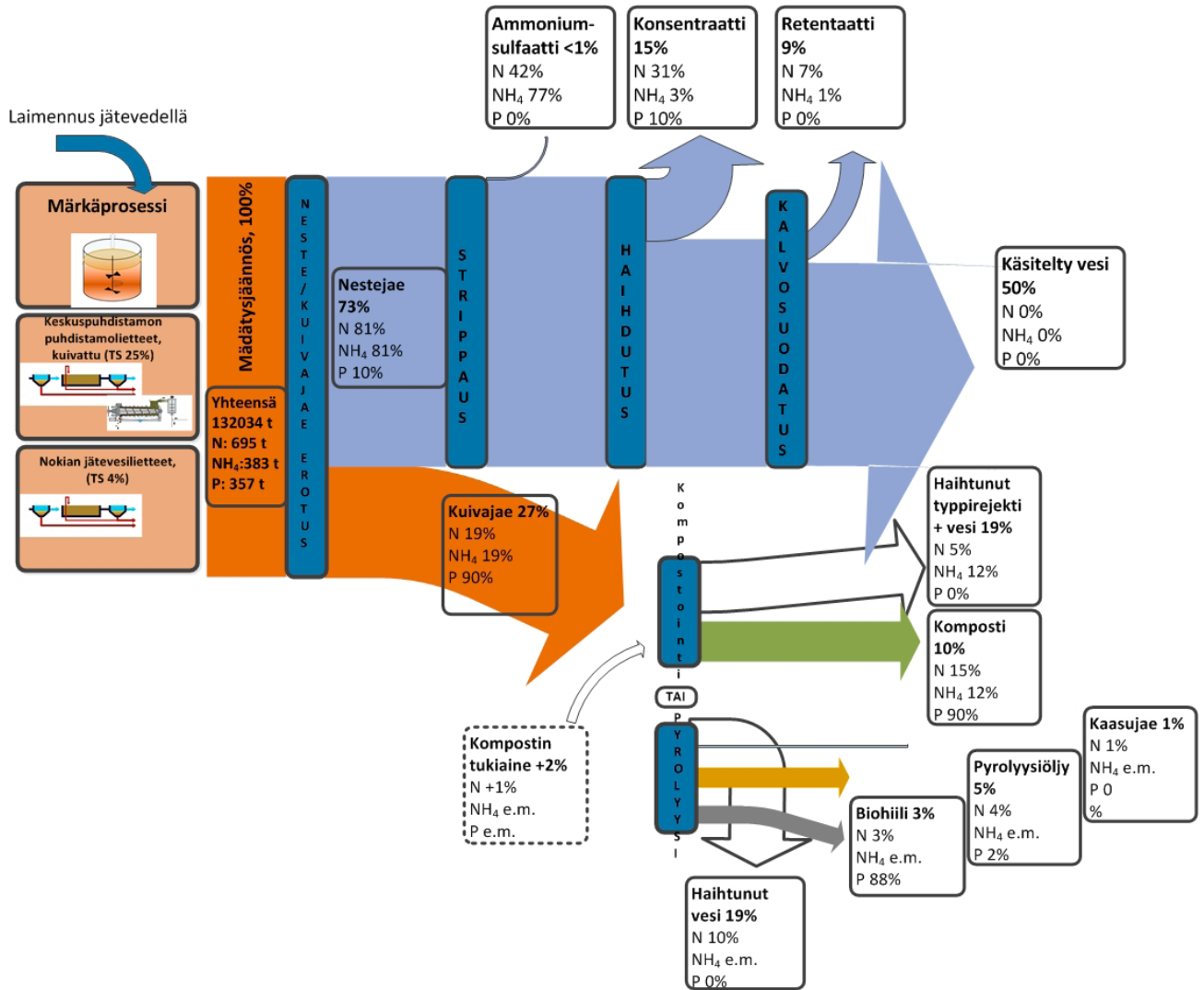


**Kuva 9.** Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon kuivamädätetyn lietteen (noin 7500 t/v, vuonna 2040) ravinteiden jakautuminen eri jatkokäsittelyprosesseissa (Skenaario 1b). e.m. = ei määritetty.

Struviitin saostusta rajoittaa mädätysjäännöksen matala liukoisien fosfaattifosforin pitoisuus. Liukoisien fosforin pitoisuus puhdistamolietteiden mädätysjäännöksessä (märkämädätys) arvioitiin olevan suuruusluokkaa 10 mg/l, kun kaupallisissa sovelluksissa vaadittava pitoisuus on 50–100 mg/l (Säälüoto 2014). Alhainen fosforipitoisuus johtuu siitä, että tarkastelun lähtötietoina käytetyissä lietteissä fosfori on kemiallisesti saostettu, ja siksi erittäin niukasti liukoinen. Mikäli jätevedenpuhdistuksessa tullaan käyttämään biologista fosforin poistoa, voi struviitin saostus muodostua kiinnostavaksi vaihtoehdoksi, jos magnesiumia olisi edullisesti tarjolla. Biojätteen kuivamädätyksessä liukoisien fosfaattifosforin pitoisuus voi riittää struviitin saostukseen (tarvitsee lisätutkimusta). Kui-

vamädätyksen jälkeen nestejakeeseen päätyvän fosforin määrä on kuitenkin vain noin 4 % fosforista, ja struviitti-infrastruktuurin rakentamisen kannattavuus näin alhaiselle määrälle lienee kyseenalaista.

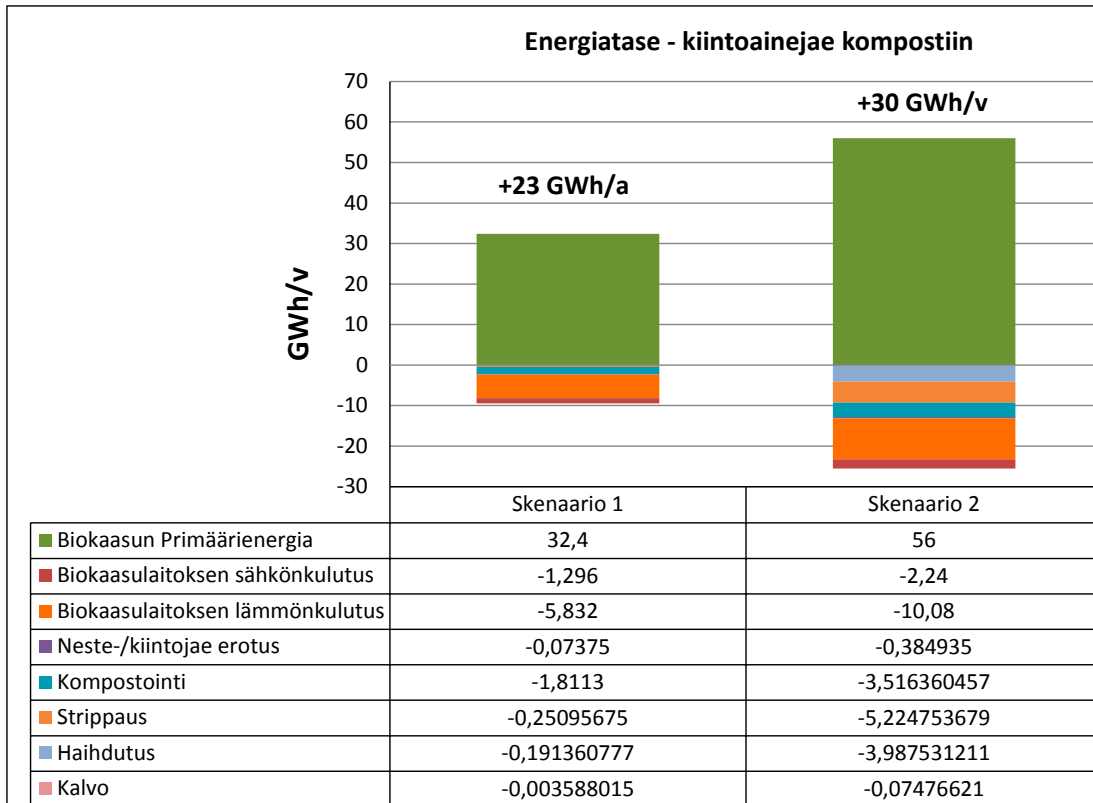
Kuvassa 11 on esitetty biokaasuprosessin ja jatkojalostusvaihtoehtojen energiataseet kun kuivajakeen käsiteltynä on kompostointi. Koko konseptin suurin energiankulutus syntyy biokaasulaitoksen omasta kulutuksesta. Kun biokaasulaitoksen arvioitu oma energiankulutus huomioidaan, primäärienergiantuotto on 25 GWh/v skenaariossa 1 ja 44 GWh/v skenaariossa 2. Biokaasulaitoksen energiankulutus riippuu valittavasta prosessista, ja on siksi suuntaantava. Mädätysjäännöksen jatkojalostusvaihtoehdoissa energiankulutuksen kannalta merkittävimmät



**Kuva 10.** Märkäprosessissa mädätetyn Nokian Vesi Oy:n ja Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n puhdistamolietteen (noin 132 000 t/v, vuonna 2040) mädätysjäännöksen ravinteiden jakautuminen eri jatkokäsittelyprosesseissa (Skenaario 2, ilman biojätettä). e.m. = ei määritelty.

ovat kompostointi skenaariossa 1, sekä strippaus ja haihdutus skenaariossa 2. Kaikkien jatkojalostusmenetelmien yhteenlaskettu energiankulutus on 7 % biokaasulaitoksessa tuotetusta primäärienergiasta skenaariossa 1 ja 24 % skenaariossa 2. Skenaariossa 2 suurempi energiankulutus johtuu selvästi isomman nestejakeen lämmitykseen (strippaus ja haihdutus) tarvittavasta energiasta.



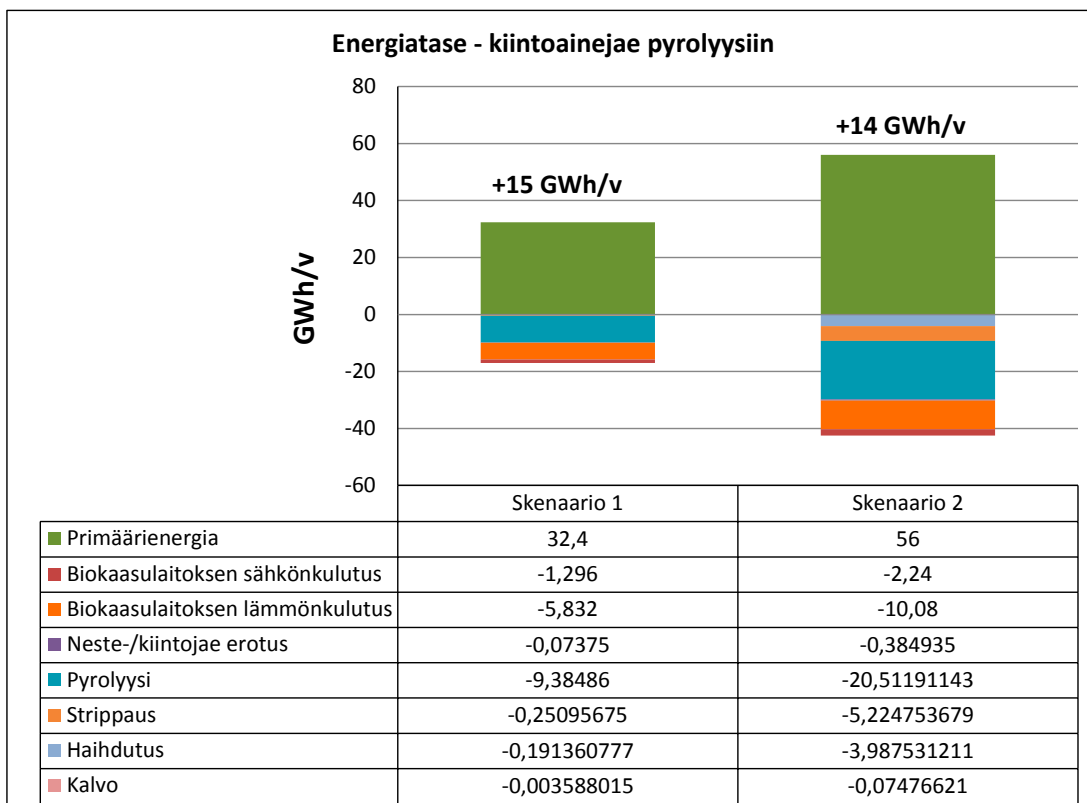


**Kuva 11.** Mädätysjäännöksen jatkojalostuksen energiankulutus, kuivajakeen käsittely kompostoinnilla.

Kuvassa 12 on esitetty biokaasuprosessin ja jatkojalostusvaihtoehtojen energiataseet, kun kuivajakeen käsittely on kompostoinnin sijaan pyrolyysi. Pyrolyysin energiankulutus on 29 % tuotetusta primäärienergiasta skenaariossa 1 ja 37 % skenaariossa 2. Pyrolyysiprosessi heikentää selvästi skenaarioiden energiataseita. Pyrolyysiprosessin energiantensiivi-

syy johtuu siitä, että sen on oletettu vaativan raaka-aineen lähes täydellisen kuivauksen ennen varsinaista pyrolyysiä (Monlau ym. 2015, Rasa ym. 2015).

Tässä selvityksessä lasketuissa energiataseissa ei otettu huomioon mädätysjäännöksen jatkojalostuksen tuomaa energiansäästöä, kun kuljetustarve vähenee.



**Kuva 12.** Mädätysjäännöksen jatkojalostuksen energiankulutus, kuivajakeen käsittely pyrolyysissä.



## 3.3. Peltokäyttö

### 3.3.1. Lannoitettava peltopinta-ala Pirkanmaalla

Peltopinta-alaa Pirkanmaalla vuonna 2015 oli noin 154 000 ha, josta lannoitettavaa pinta-alaa noin 90 % (138 000 ha, Taulukko 14). Peltopinta-alat jaettiin laskennassa kahteen luokkaan, jolloin oletuksena oli, että pääosin lannalla lannoitettavaa peltopinta-alaa ovat pellot, joilla viljellään juureksia, perunaa, valkuaiskas-

veja sekä nurmea (¾ nurmien pinta-alasta mukana). Näille pelloille voidaan levittää myös biojätepohjaisia lannoitustuotteita. Toiseen luokkaan kuuluvat pellot, joille voidaan levittää myös puhdistamopohjaisia lannoitevalmisteita, ja näitä peltoja olivat siemenvilja-, vilja-, öljykasvi-, sokerijuurikas-, kuitu- ja energia- kasvi- sekä nurmipellot ¼ osuudella. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvaa, eli oletuksena pääosin lannalla lannoitettavaa, peltopinta-alaa Pirkanmaalla on noin 37 000 ha, ja peltopinta-alaa, jolle voidaan levittää puhdistamolietepohjaisia tuotteita, noin 100 000 ha (Taulukko 14).

**Taulukko 14.** Yhteenveto Pirkanmaan peltoaloista vuonna 2015.

	Peltopinta-ala yhteensä (ha)	Lannoitettava ala (ha)	Ala, jolle puhdistamolietepohjaisia tuotteita ei voi levittää (ha) <sup>1</sup>	Ala, jolle voidaan levittää myös puhdistamoliete-pohjaisia tuotteita (ha) <sup>2</sup>
Akaa	7 922	7 143	1 202	5 941
Hämeenkyrö	9 085	8 184	3 081	5 103
Ikaalinen	8 728	7 767	2 797	4 971
Juupajoki	2 511	2 233	658	1 575
Kangasala	8 846	8 060	1 975	6 085
Kihniö	2 661	2 385	657	1 728
Lempäälä	4 007	3 576	1 024	2 552
Mänttä-Vilppula	3 441	3 063	943	2 120
Nokia	3 715	3 223	977	2 246
Orivesi	8 434	7 474	1 680	5 794
Parkano	5 226	4 628	1 868	2 761
Pirkkala	939	776	225	551
Punkalaidun	12 292	11 487	1 406	10 081
Pälkäne	6 776	6 074	1 689	4 386
Ruovesi	5 338	4 800	1 796	3 005
Sastamala	25 958	23 489	5 155	18 334
Tampere	3 768	3 292	999	2 293
Urjala	10 214	9 029	2 009	7 020
Valkeakoski	5 548	4 879	984	3 895
Vesilahti	5 205	4 630	1 192	3 438
Virrat	7 132	6 449	2 709	3 740
Ylöjärvi	6 270	5 543	1 826	3 718
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>154 016</b>	<b>138 184</b>	<b>36 849</b>	<b>101 335</b>
Luomusato, ha		17700		
Luomusato, %		11 %		

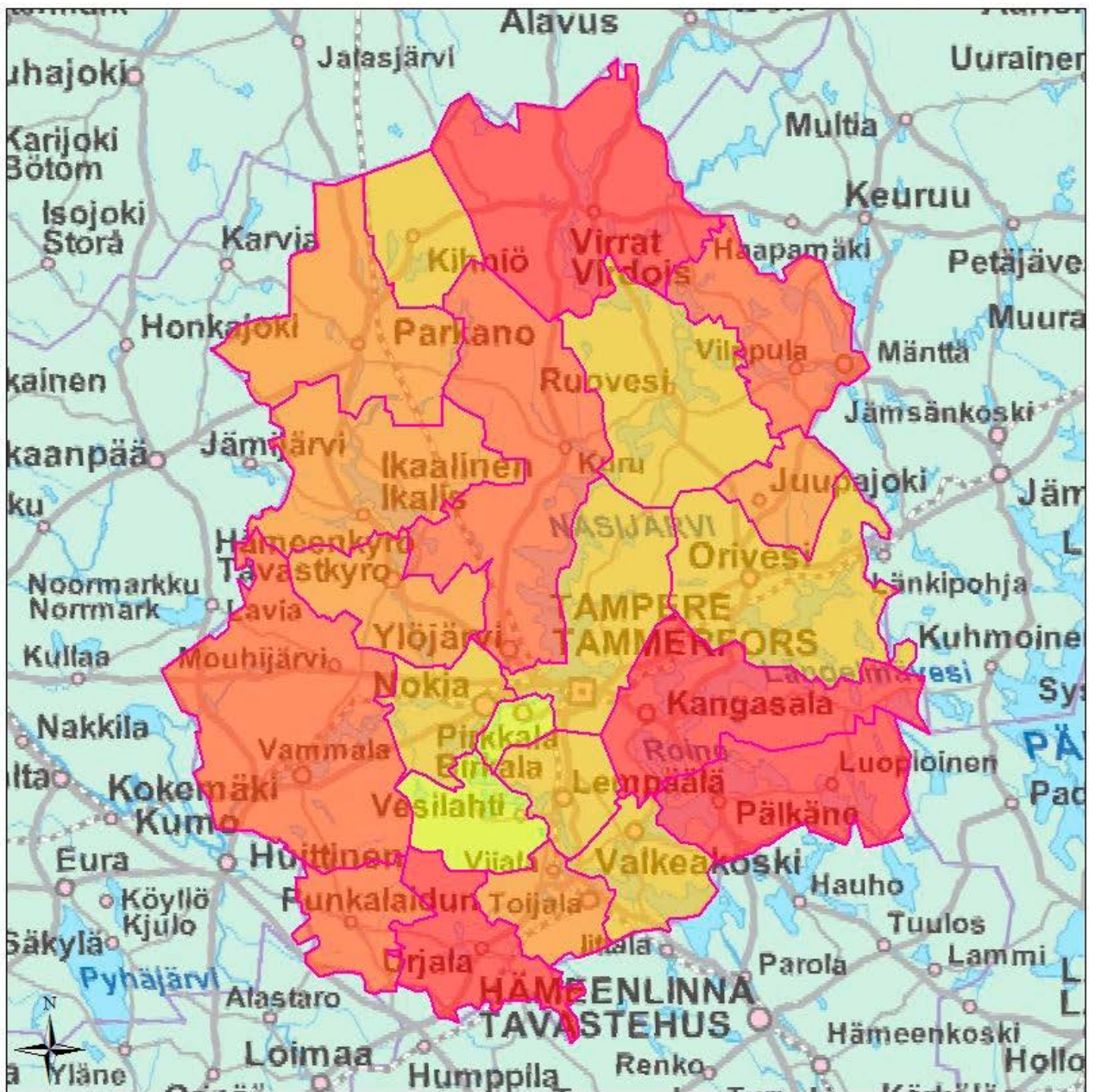
<sup>1</sup> juurekset, nurmi 3/4, peruna, valkuaiskasvit

<sup>2</sup> nurmi 1/4, siemenvilja, viljat, öljykasvit, kuitu- ja energia, sokerijuurikas

Eläinten lannan sisältämät ravinteet (kokonaisfosfori, kokonaistyyppi sekä liukoinen typpi) otettiin huomioon Pirkanmaan ravinnetaseessa. Taulukossa 15 on kuvattu ravinteiden jakautuminen eri kunnissa perustuen kuntien tuotantoeläinmääriin ja lannan ominaisuuksiin vuositasolla. Vuositasolla merkittävin lanta- ja näin ollen myös ravinnemäärä muodostuu Sastamalassa, jossa tuotantoeläinten lukumäärä on suuri. Keski-Pirkanmaalla Tampereen ympäristössä (Tampere, Nokia, Pirkkala) kotieläinten lukumäärä on huomattavasti ympäryskuntia pienempi ja lannan mukana tulevat ravinnemäärät alhaisempia. Kuvissa 13–15 on esitetty lannan sisältämien ravinteiden jakautuminen lannoitettavia peltoaloja kohden.

**Taulukko 15.** Tuotantoeläinten lannan sisältämä kokonaisfosfori- ja typpi sekä liukoinen typpi Pirkanmaalla.

	Kokonaisfosfori, t/v	Kokonaistyyppi, t/v	Liukoinen typpi, t/v
Akaa	40	174	84
Hämeenkyrö	50	239	107
Ikaalinen	44	215	94
Juupajoki	12	54	25
Kangasala	71	251	98
Kihniö	11	54	40
Lempäälä	17	82	36
Mänttä-Vilppula	26	81	33
Nokia	16	74	30
Orivesi	38	171	80
Parkano	30	138	60
Pirkkala	1	6	3
Punkalaidun	94	333	189
Pälkäne	58	240	118
Ruovesi	21	97	41
Sastamala	185	688	340
Tampere	14	71	25
Urjala	81	316	166
Valkeakoski	22	102	44
Vesilahti	14	64	29
Virrat	65	276	127
Ylöjärvi	42	192	90
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>954</b>	<b>3 920</b>	<b>1 857</b>



0 5 10 20 30 Km

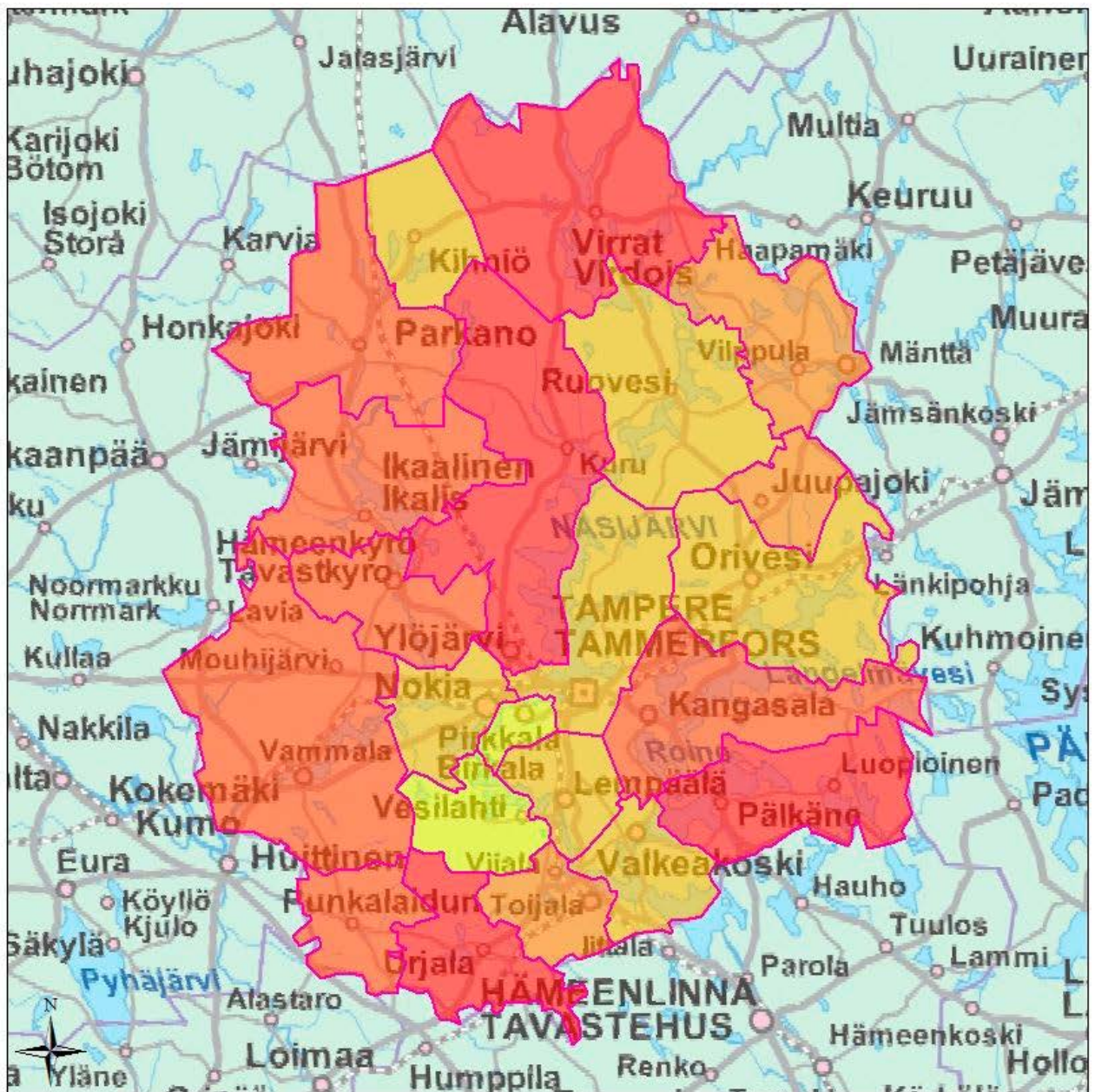
Taustakartta ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

Kokonaisfosfori kg/v/ha



Kuva 13. Tuotentoeläinten lannan sisältämän kokonaisfosforin jakautuminen Pirkanmaalla.





0 5 10 20 30 Km

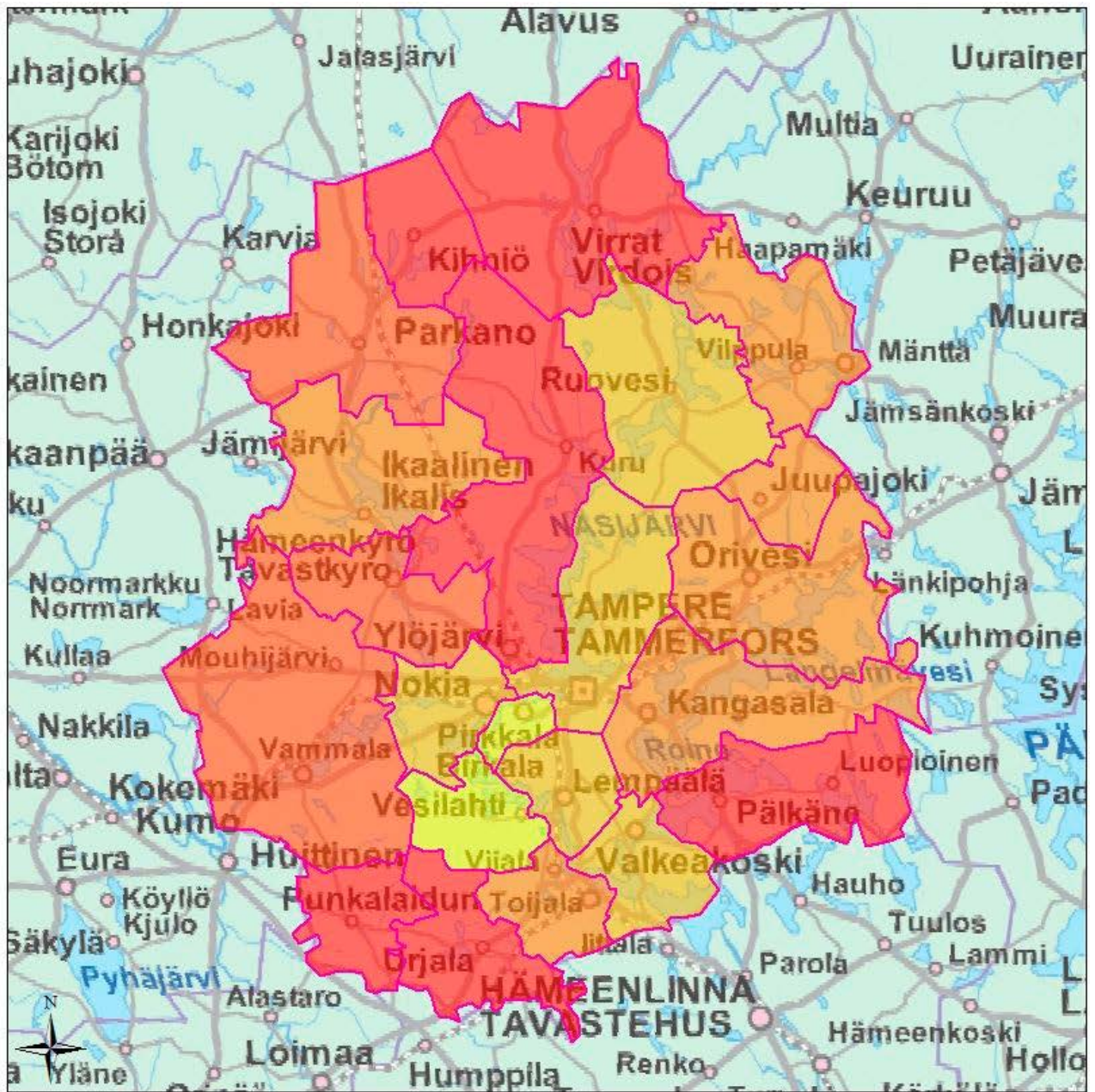
Taustakartta ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

Kokonaistyyppi kg/v/ha

- 8,1 - 13,8
- 13,9 - 23,1
- 23,2 - 26,5
- 26,6 - 31,1
- 31,2 - 42,8

Kuva 14. Tuotantoeläinten lannan sisältämän kokonaistypen jakautuminen Pirkanmaalla.

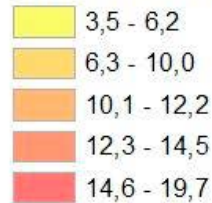




0 5 10 20 30 Km

Taustakaritta ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

Liukoinen typpi kg/v/ha



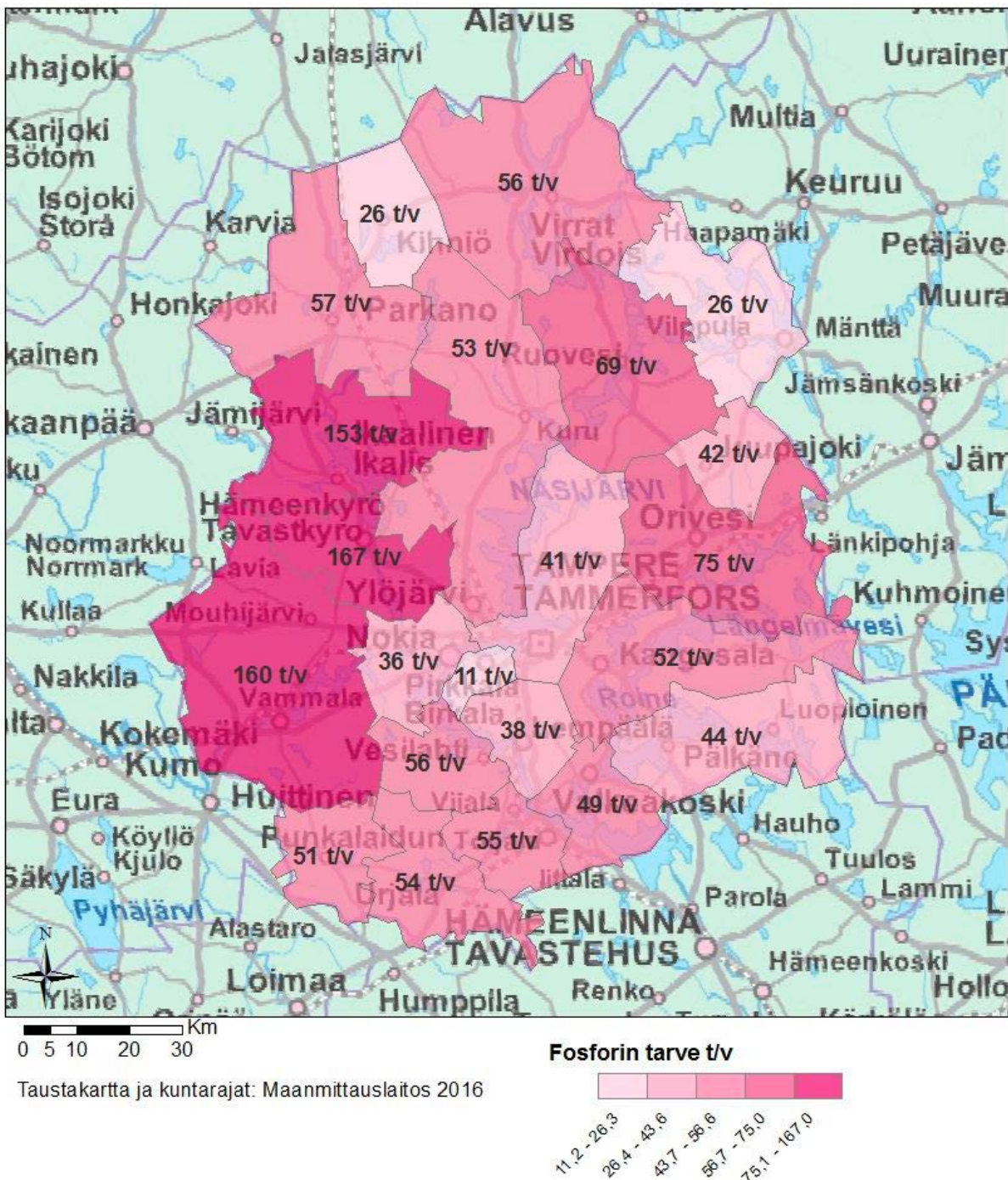
Kuva 15. Tuotantoeläinten lannan sisältämän liukoisen typen jakautuminen Pirkanmaalla.



### 3.3.2. Peltojen ravinnetarve Pirkanmaalla

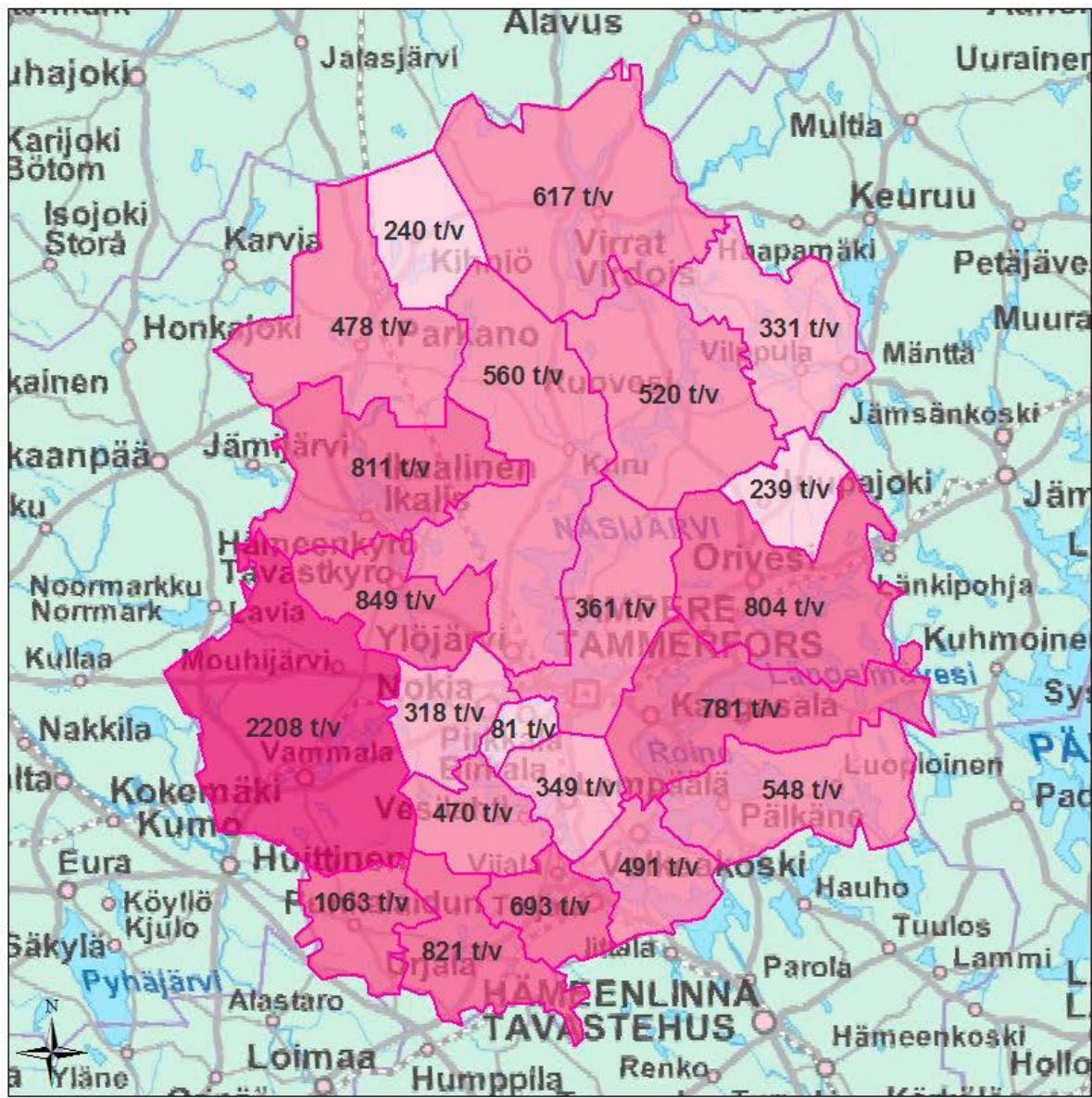
Lannoitettavien peltojen ravinnetarpeet oletettiin ensisijaisesti täytettävän tuotantoeläinten lannan sisältämällä ravinteilla kuntakohtaisesti. Lisäksi lantaa oletettiin levitettävän ensisijaisesti niille pelloille, joille puhdistamolietepohjaisia tuotteita ei voisi levittää (juurekset, valkuaiskasvit, peruna sekä nurmi  $\frac{3}{4}$  osuudella).

Loput Pirkanmaan pellot (siemenvilja, viljat, öljykasvit, sokerijuurikas, kuitu- ja energiakasvit sekä  $\frac{1}{4}$  numista) voivat ottaa vastaan ravinteita sekä lannasta että puhdistamolietteistä. Näillekin pelloille laskennassa käytettiin ensisijaisesti lannan sisältämiä ravinteita, mikäli niitä oli jäljellä. Lannan ravinteiden jälkeen jäänyttä ravinnetarvetta pidettiin tasona, joka voidaan täyttää esimerkiksi mädätysjäännöksen sisältämällä kokonaisfosforilla ja liukoisella tyypellä. Kuvissa 16 ja 17 (ja Liitteissä 3 ja 4) on esitetty kunnittain vuotuinen Pirkanmaan ravinnetarve, kun lannan sisältämät ravinteet on otettu huomioon.



Kuva 16. Fosforin tarve Pirkanmaan kunnissa sen jälkeen, kun lannan sisältämät ravinteet on otettu huomioon.

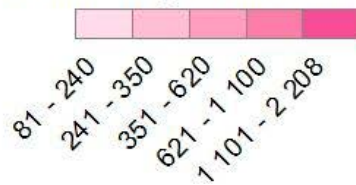




0 5 10 20 30 Km

Taustakarilta ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

Liukoisen typen tarve t/v



Kuva 17. Typen tarve (liukoinen tyyppi) Pirkanmaan kunnissa sen jälkeen, kun lannan sisältämät ravinteet on otettu huomioon.

### 3.3.3. Lannoitus biokaasulaitoksen tuotteilla

Lannoitus biojäte- ja puhdistamolieteperäisillä tuotteilla perustui biokaasulaitoksen laskennallisiin mädätysjäännöksen ja siitä jatkojalostettujen tuotteiden ominaisuuksiin sekä peltojen ravinnetarpeeseen. Lannoituksessa fosforin sallitut määrät olivat rajoittava tekijä, minkä vuoksi lannoitusmäärät laskettiin tuotteiden kokonaisfosforipitoisuuden mukaisesti.

Peltojen ravinnetarvetarkastelussa lähtökohtana käytettiin biokaasulaitoksen tuotteiden sisältämiä ravinnemääriä ja -pitoisuuksia (Taulukko 16). Mädätysjäännösten ja tuotteiden ravinnesisällön osalta otettiin huomioon lainsäädännön mukaisesti puhdistamolietteiden kokonaisfosforista 60 % ja biojätteiden kokonaisfosforista 100 %. Typen osalta tarkasteltiin liukaisen typen määriä, joille ympäristötuen sitoumus-ehtoissa on asetettu lannoitusrajat (MAVI 2015b). Liukoinen tyyppi ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , ammoniumtyppi) on kokonaistyyppien verrattuna parempi indikaattori kuvaamaan tuotteen typpilannoituspotentiaalia, koska se on valmiiksi vesiliukoisessa muodossa, ja näin ollen kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Liukaisen typen ja kokonaistypen suhteella ( $\text{NH}_4\text{-N/N}$ ) voidaan arvioida tuotteiden potentiaalia lannoituksessa, jolloin korkeampi arvo kertoo lisääntyneestä typen käyttökelpoisuudesta.

#### Pirkanmaan ravinnetarve

Peltojen ravinnetarvetta verrattiin biokaasulaitoksen tuotteiden sisältämiin ravinnemääriin ja -pitoisuuksiin. Peltolannoitusta tarkasteltiin seuraavien, eri biokaasulaitosskenaarioissa tuotettujen lannoitetuotteiden osalta:

- a Mädätysjäännös sellaisenaan.
- b Erotettu nestejake, erotetusta kuivajakeesta valmistettu komposti ja kompostoinnin nestemäinen typpirejekti.
- c Erotetusta nestejakeesta jatkojalostetut ammoniumsulfaatti ja konsentraatti, erotetusta kuivajakeesta valmistettu komposti ja kompostoinnin nestemäinen typpirejekti.
- d Erotetusta nestejakeesta jatkojalostetut ammoniumsulfaatti ja konsentraatti, erotetusta kuivajakeesta pyrolysoitu biohiili.

Koko Pirkanmaan keskiarvona kokonaisfosforin lannoitustarve on noin 2300 tonnia vuosittain (Taulukko 17). Lannan sisältämien ravinteiden huomioonottamisen jälkeen kokonaisfosforin tarve oli noin 1400 t/v. Tarkastelluista lannoitusskenaarioista skenaariossa 1 kokonaisfosforia muodostui mädätysjäännösten muodossa 34 ja 38 tonnia vuosina 2025 ja 2040, jolloin tarkastelluilla tuotteilla voitaisiin täyttää noin 2,5–2,8 % koko Pirkanmaan fosforitarpeesta. Skenaarion 2 osalta kokonaisfosforilla (208 ja 233 tonnia vuosittain) pystyttäisiin korvaamaan hieman yli 15 % koko Pirkanmaan fosforitarpeesta. Liukaisen typen osalta lannoitettavien peltojen ravinnetarve on yli 13 000 tonnia vuosittain (ottaen huomioon lannat), josta biokaasulaitoksen tuotteiden sisältämällä liukoisella tyypellä voitaisiin korvata skenaariossa 1 alle 1 % ja skenaariossa 2 noin 3 % koko Pirkanmaan tarpeesta (Taulukko 17).



**Taulukko 16.** Biokaasulaitoksen tuottamien peltolannoitustuotteiden massa ja ravinneominaisuudet märkäpainossa eri alaskenariorissa a-d.

	Skenaariot 1 ja 2 Biojätteet		Skenaario 1 Nokian puhdistamolietteet		Skenaario 2 Keskuspuhdistamon ja Nokian puhdistamolietteet	
	2025	2040	2025	2040	2025	2040
<b>Mädätysjäännös (a)</b>						
Massa (t/v)	20 214	21 940	5 818	6 426	117 971	132 034
Ntot (g/kg)	7,4	7,3	8,6	8,6	5,3	5,3
NH4-N (g/kg)	4,1	3,9	4,6	4,7	2,9	2,9
NH4-N/N (%)	55	54	53	55	55	55
Ptot (g/kg)	0,8	0,9	5,0	5,0	2,7	2,7
<b>Komposti (b, c)</b>						
Massa (t/v)	5 154	5 438	1 545	1 658	10 862	12 047
Ntot (g/kg)	19,2	19,3	23,8	24,3	8,4	8,4
NH4-N (g/kg)	8,2	8,2	11	10	3,7	3,8
NH4-N/N (%)	43	42	46	41	44	45
Ptot (g/kg)	3,1	3,3	18,5	19	26,2	26,4
<b>Typpirejeki (30%)a (b, c)</b>						
Massa (t/v)	518	543	201	222	493	552
Ntot (g/kg)	42,4	44,5	16,5	18,2	40,4	45,2
NH4-N (g/kg)	42,4	44,5	16,5	18,2	40,4	45,2
<b>Erotettu nestejää (b)</b>						
Massa (t/v)	3 032	3 291	1 369	1 512	86 405	96 704
Ntot (g/kg)	8,4	8,3	9,3	9,3	5,8	5,8
NH4-N (g/kg)	4,1	3,9	4,7	4,7	3,2	3,2
NH4-N/N (%)	49	47	51	50	55	55
Ptot (g/kg)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
<b>Ammoniumsulfaatti (c)</b>						
Massa (t/v)	143	150	74	82	964	1 074
Ntot (g/kg)	82	82	82	82	82	82
NH4-N (g/kg)	82	82	82	82	82	82
NH4-N/N (%)	100	100	100	100	100	100
<b>Konsentraatti (c)</b>						
Massa (t/v)	604	656	273	301	17 228	19 282
Ntot (g/kg)	18,2	18,3	18,3	19,9	11,1	11,2
NH4-N (g/kg)	0,8	0,8	1,1	1,0	0,6	0,6
NH4-N/N (%)	4	6	5	5	5	5
Ptot (g/kg)	1,0	0,8	1,5	1,0	1,9	1,5
<b>Biohiili (d)</b>						
Massa (t/v)	1151	1234	328	347	3 132	3 498
Ntot (g/kg)	16,7	16,9	19,8	20,2	5,9	5,9
NH4-N (g/kg)	0	0	0	0	0	0
NH4-N/N (%)	0	0	0	0	0	0
Ptot (g/kg)	13,9	14,6	85,4	89,0	89,8	90,0

<sup>a</sup> laskettu ammoniumsulfaattiliuksena, jonka vahvuus on 30 %

**Taulukko 17.** Pirkanmaan peltojen yhteenlaskettu kokonaisfosforin ja liukoisen typen ravinnetarve, sekä mädätysjäännösten potentiaali Pirkanmaan ravinnetarpeen täyttämiseksi.

	Skenaario 1		Skenaario 2	
	2025	2040	2025	2040
Peltojen fosforitarve (tP/a)	Kokonaisfosfori			
Kaikki pellot	2 328			
Kaikki pellot, kun lannan P otettu huomioon	1 372			
Mädätysjäännösten ravinnepotentiaali				
Mädätysjäännösten sisältämä P (tP/a)	34	38	208	233
Mädätysjäännösten sisältämä P (% ravinnetarpeesta, kun lannan P otettu huomioon)	2,5	2,8	15,2	17,0
Peltojen liukoisen typen tarve (tN/a)	Liukoinen typpi			
Kaikki pellot	15 490			
Kaikki pellot, kun lannan N otettu huomioon	13 633			
Mädätysjäännösten ravinnepotentiaali				
Mädätysjäännösten sisältämä N (tN/a)	114	121	424	469
Mädätysjäännösten sisältämä N (% ravinnetarpeesta, kun lannan N otettu huomioon)	0,8	0,9	3,1	3,4

**Taulukko 18.** Skenaarioissa 1 ja 2 muodostuvien biokaasulaitoksen tuotteiden esimerkinomainen potentiaali lähikuntien (Nokia, Tampereen ja Hämeenkyrön) ravinnetarpeen täyttämiseksi. Tuotteiden potentiaali laskettu alaskenaarioissa a-d syntyville tuotteille.

		Skenaario 1		Skenaario 2	
		2025	2040	2025	2040
	Kokonaisfosfori				
	P tarve (t/v)	Tuotteiden potentiaali fosforilannoituksessa (% kunnan ravinnetarpeesta)			
Nokia	36	94–96	100	100	100
Tampere	41	-	3–6	100	100
Hämeenkyrö	167	-	-	76–79	88–94
	Liukoinen typpi				
	N tarve (t/v)	Tuotteiden potentiaali typpilannoituksessa (% kunnan ravinnetarpeesta)			
Nokia	318	6–40	6–41	16–24	16–24
Tampere	361	-	0–2	16–24	16–24
Hämeenkyrö	849	-	-	21–33	25–38

-,Tuotetta ei riittävästi peltojen lannoitukseen ko. kunnassa. Ravinteet käytetty jo lähimmässä/toisessa kunnassa.

Koska biokaasulaitoksen tuotteiden sisältämät ravinnemäärät ovat suhteellisen pieniä suhteessa koko Pirkanmaan ravinnetarpeeseen, tarkasteltiin ravinnetarpeita ja biokaasulaitoksen tuotteiden ravinteiden jakautumista myös kuntatasolla. Ravinteiden riittävyttä tarkasteltiin jakamalla ravinteita biokaasulaitoksen lähikuntiin kunnittain. Taulukossa 18 on esitetty esimerkkinä eri alaskenaarioissa syntyvien tuotteiden sisältämien kokonaisfosforin ja liukoisen typen jakautumista lähikuntiin, joista ravinteet osin ovat lähtöisin. Lannoituskenaariossa 1 osalta tarkasteltiin tuotteiden levitystä Nokian ja Tampereen pelloille, jolloin Nokian fosforitarve voitaisiin täyttää lähes kokonaan biojätteiden ja puhdistamolietteiden prosessoinnissa syntyvällä mädätysjäännöksellä, tai niistä jatkojalostettavilla tuotteilla. Vuoden 2040 skenaariossa Nokian pelloil-

ta ylijäävä fosfori voitaisiin levittää esimerkiksi Tampereelle täyttämään osan kunnan ravinnetarpeesta. Liukoisen typen osalta vajeusta jää kuitenkin sekä Nokian että Tampereen pelloille (Taulukko 18). Skenaariossa 2 ravinnemäärät ovat huomattavasti suuremmat johtuen keskuspuhdistamon lietteiden mukana tulevasta ravinnevirrasta, ja tällä fosforimäärällä voidaan tyydyttää kokonaan Nokian ja Tampereen sekä osa Hämeenkyrön fosforitarpeesta. Kuten myös skenaariossa 1, typen osalta vajeusta jää joka kuntaan. Tässä selvityksessä lähtökohtana oli hyödyntää ravinteet mahdollisimman lähellä kulutuspaikasta, mutta ravinteet voidaan sijoittaa myös toisiin. Tällöin kuljetusvälit kuitenkin yleensä kasvavat.

Tuotteiden jatkojalostuksen osalta on otettava huomioon, että vaikka kokonaisfosforipitoisuudet pysy-

vät samanlaisina, muuttuu tuotteiden liukoisen typen määrä verrattuna mädätysjäännökseen sellaisenaan. Esim. typen kokonaismäärä laskee vaihtoehdossa, jossa pyrolyysi on mukana, koska typpeä ei saada talteen ko. menetelmällä. Nestejakeen jatkojalostuksen sisältävissä alaskenaarioissa (c ja d) nestejakeesta jalostetaan strippaamalla ammoniumsulfaattia, joka ei sisällä lainkaan fosforia, ainoastaan liukoista typpeä. Ammoniumsulfaattia näin ollen voitaisiin käyttää typpilannoituksessa niillä pelloilla, joilla kokonaisfosforiraja on tullut täyteen. Ammoniumsulfaatilla voidaan täydentää esimerkiksi lannan lannoitusta, koska ammoniumsulfaatti luokitellaan epäorgaaniseksi typpilannoitteeksi, jolle nitraattiasetuksen mukainen kokonaistyyppiraja ei päde.

### Biokaasulaitoksen tuotteiden kuljetus

Tässä selvityksessä tarkasteltiin biokaasulaitoksen tuotteiden ravinteiden levitystä laitoksen lähialueiden pelloille suhteessa kuljetusetäisyyteen. Tämän tarkastelun avulla päästiin kuntatasoa tarkempaan tulokseen, mikä todennäköisesti myös vastaa todellista tuotteiden levitysalaa kuntatason tarkastelua paremmin. Selvitystä varten laskettiin biokaasulaitoksen

tuottaman mädätysjäännöksen sisältämän fosforin levitykselle tarvittava peltohehtaariala. Fosforilannoituksen tarve arvioitiin lähialueiden pelloilla olevan Pirkanmaan kuntien keskitasoa. Selvitys tehtiin pelloille, joilla viljelykasveina olivat siemenvilja, viljat, öljykasvit, sokerijuurikas ja kuitu- sekä energiakasvit.

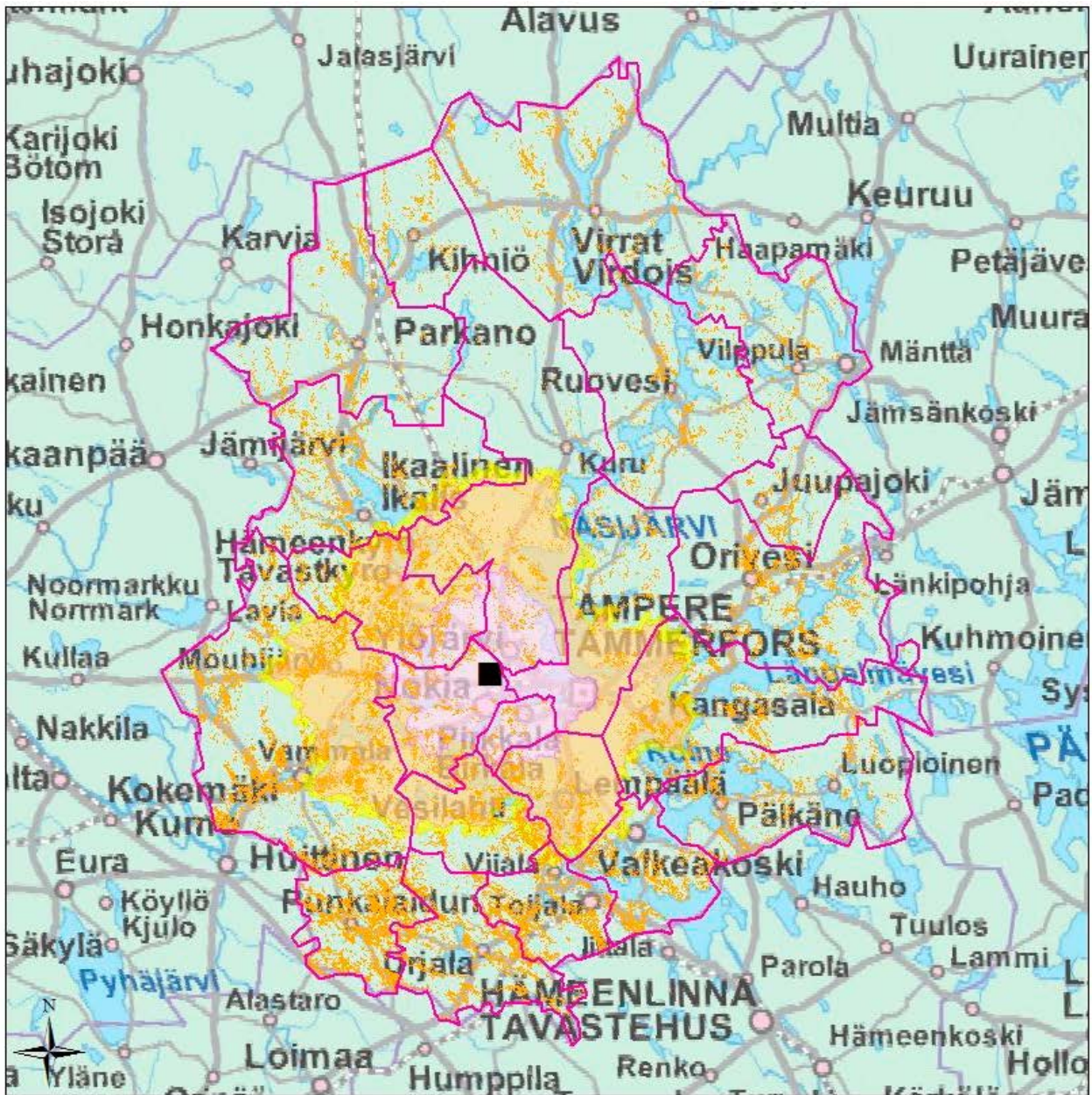
Skenaariossa 1 tarvittava hehtaarimäärä, jolle voidaan keskimäärin levittää 34 ja 38 t mädätysjäännöksen fosforia oli 3200 ha vuodelle 2025 ja 3600 ha vuodelle 2040. Nämä alat voidaan saavuttaa 21–22 km:n säteellä Nokialle suunnitellulta biokaasulaitokselta (Kuva 18, Liite 5), mikäli kaikki viljelijät ottavat tuotteita vastaan. Ero vuosien välillä on pieni, johtuen vähäisestä erosta mädätysjäännöksen kokonaisfosforimäärissä. Skenaariossa 2 massa- ja ravinnemäärät olivat suuremmat, jolloin tarvittava hehtaarimäärä 208 ja 233 t/v fosforilannoitukselle oli keskimäärin noin 20 000 ha vuoden 2025 tilanteessa ja 22 000 ha vuoden 2040 tilanteessa. Nämä peltoalat sijaitsevat enintään 41–43 km etäisyydellä Nokialle suunnitellulta biokaasulaitokselta.

Skenaarioissa 2 mädätysjäännöksen kokonaisfosforipitoisuus oli kuusinkertainen verrattuna skenaarion 1 massamääriin. Tarvittava kuljetusmatka kuitenkin ainoastaan kaksinkertaistui skenaariosta 1 (noin 21 km) skenaarioon 2 (noin 42 km) (Kuva 18).

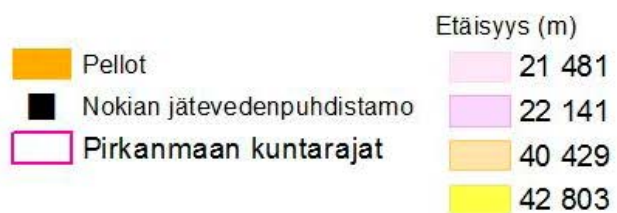
Tuotteistetun puhdistamolietteen käyttöketjun kalustoa peltolannoituksessa Sastamalassa







Taustakartha ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

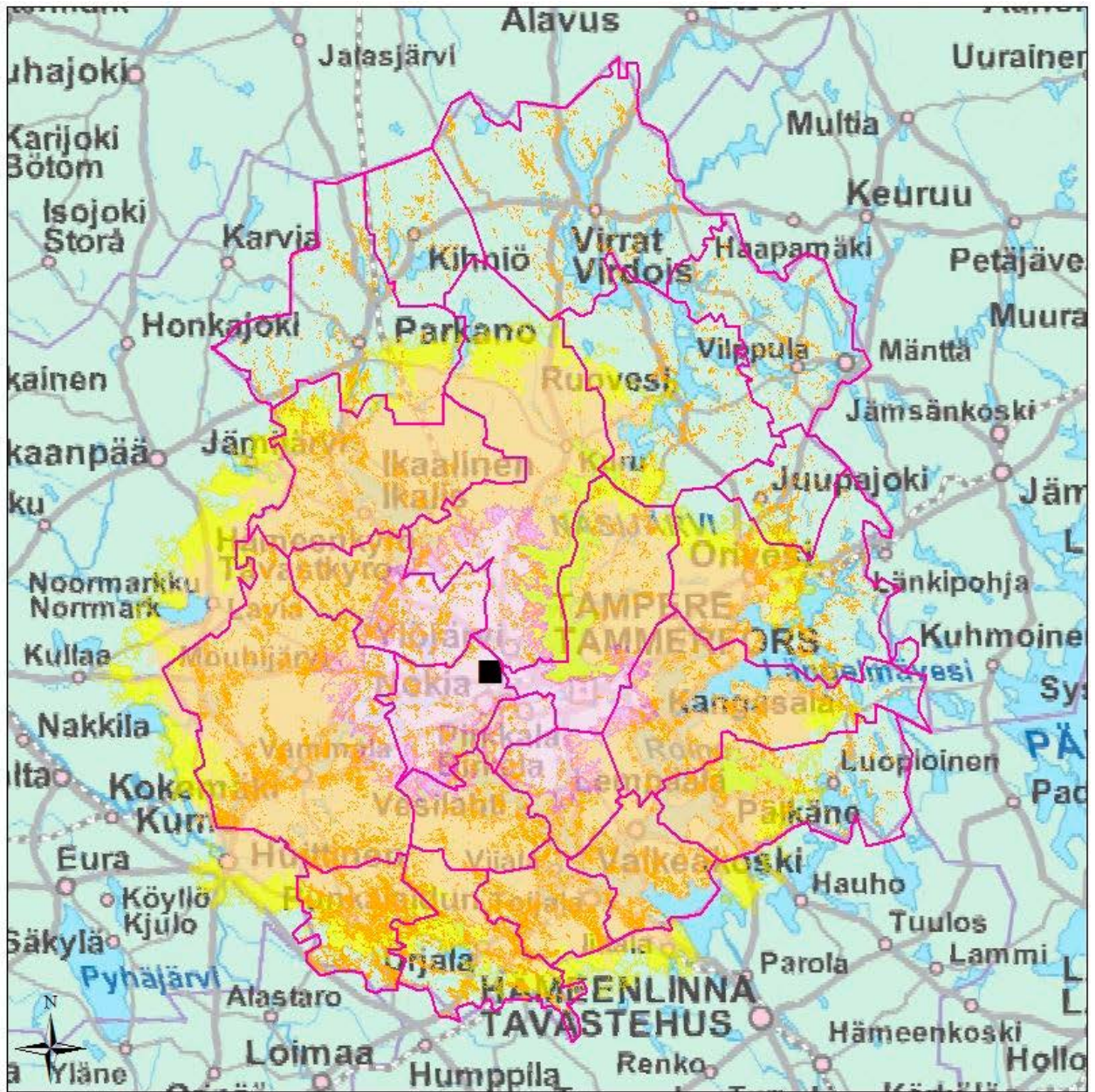


**Kuva 18.** Lähimmät pellot, jotka voivat teoriassa ottaa vastaan 100 % biokaasulaitoksen tuottamista lannoitevalmisteista, kun levi-tysmäärät mitoitetaan mädätysjännöksen fosforimäärän ja pellojen fosforitarpeen mukaan. Tarkasteltavana on kaksi eri skenaario-ta kahtena eri vuotena. Skenaariossa 1 (Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon lietteet) vuosi 2025 vaaleanpunainen, vuosi 2040 violetti. Skenaariossa 2 (Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet, Nokian Vesi Oy:n jäte-vedenpuhdistamon ja Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteet) vuosi 2025 oranssi, vuosi 2040 keltainen.

On kuitenkin epätodennäköistä, että kaikkia Nokian lähialueen pelloja tullaan lannoittamaan 100 %:sti biokaasulaitoksen tuotteilla. Tämän vuoksi tarkasteltiin tuotteiden kuljetusmatkaa myös sillä oletuksella, että noin 30 % viljelijöistä tekisi lannoitesopimuksen biokaasulaitoksen kanssa. Tilannetta arvioitiin

niin, että peltopinta-alasta 30 % olisi sellaista, jolle tuotteita levitettäisiin (Kuva 19). Näin ollen skenaariossa 1 lannoitukseen tarvittava hehtaariala kasvaa 10 000–12 000 hehtaariin, joka voidaan saavuttaa reilun 30 km:n kuljetusmatkalla. Skenaariossa 2 peltoala taas on 66 000–73 000 ha, joka saavutetaan 66–72 km etäisyydellä.





0 5 10 20 30 Km

Taustakartha ja kuntarajat: Maanmittauslaitos 2016

- |  |   |
|--|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> Pellot                    | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f8d7da; border: 1px solid black;"></span> 0 - 32 551      |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: black; border: 1px solid black;"></span> Nokian jätevedenpuhdistamo | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #d1ecf1; border: 1px solid black;"></span> 32 551 - 33 819 |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 2px solid purple;"></span> Pirkanmaan kuntarajat                              | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #fff3cd; border: 1px solid black;"></span> 33 819 - 66 335 |
|  | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #fff9c4; border: 1px solid black;"></span> 66 335 - 72 539 |

**Kuva 19.** Lähimmät pellot, jotka voivat teoriassa ottaa vastaan biokaasulaitoksen tuottamat lannoitevalmisteet, jos kyseisiä lannoitevalmisteita levitetään vain 30 %:lle peltoalasta. Tarkasteltavana on kaksi eri skenaariota kahtena eri vuotena. Skenaariossa 1 (Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon lietteet) vuosi 2025 vaaleanpunainen, vuosi 2040 violetti. Skenaariossa 2 (Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n biojätteet, Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon ja Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteet) vuosi 2025 oranssi, vuosi 2040 keltainen.

### 3.3.4. Biokaasulaitoksen tuotteiden käytettävyys

Biokaasulaitosten tuottamia orgaanisia lannoitevalmisteita käytetään sekä sellaisenaan lannoitteena ja maanparannusaineena pelloilla että erilaisten kasvu-alustojen raaka-aineena. Tällä hetkellä lainsäädäntö ei salli niiden käyttöä metsissä (Tontti ym. 2015). Biokaasulaitoksen ravintetuotteita käytetään myös teollisuudessa, esimerkiksi teollisuuden jätevedenpuhdistuksessa. Arvioita eri lannoitevalmisteiden yleisistä käyttöominaisuuksista maatalouskäytössä on esitytty Taulukossa 19.

Biojätteiden ja puhdistamolietteiden sisältämiä haitta-aineista (orgaaniset haitta-aineet, metallit, lääkeaineet), niiden riskeistä ja vähenemisestä käsitelyssä on sekä Suomessa että maailmalla tehty viime vuosina tutkimuksia (Kraus 2015, Marttinen ym. 2014, Motoyama ym. 2011, Vieno 2015). Tehtyjen riskinarviointien perusteella puhdistamoliete- tai biojäteperäisten lannoitevalmisteiden käytöstä ei aiheudu vaaraa ihmisille. Lannoitevalmisteiden sinkistä ja kadmiumista voi joissakin tapauksissa aiheutua vaikutuksia maaperämikroobeille tai pohjavesille, mutta tämäkin riippuu paljon peltomaan ominaisuuksista ja kyseisten aineiden lähtötasosta lietteessä. Lääkeaineiden riskien arvioinnista tarvitaan vielä lisätietoja. Puhdistamolietteiden lääkeainepitoisuudet eivät kuitenkaan ole sen suurempia kuin eläinten lantojen, joita käytetään yleisesti maataloudessa. Mädätys (käsitteily biokaasulaitoksessa) vähentää merkittävästi useiden lääkeaineiden pitoisuuksia niin puhdistamolietteissä

kuin lannoissa. Biojätepohjaisissa lannoitevalmisteissa lääkeaineita ei lähtökohtaisesti ole, kun jätteiden lajittelu toimii.

Yleisesti ottaen jäteperäisten lannoitevalmisteiden käytön aiheuttamat riskit voidaan minimoida käyttämällä tuotteita vallitsevien lakien ja asetusten mukaisesti sekä valitsemalla tuotteiden levityspaikat niin, ettei riskiä aiheudu ympäristölle (mm. pohjavesialueet). Lähtökohtaisesti haitta-aineiden kulkeutumista jätevesiin, biojätteisiin ja lantoihin tulisi vähentää, jotta näistä jalostettujen lannoitevalmisteiden käyttö olisi entistä turvallisempaa.

#### Tuotteiden varastointi

Biokaasulaitoksella mädätysjäännöstä jalannoitevalmisteita muodostuu pääsääntöisesti tasaisesti ympäri vuoden, mutta niiden käyttö maataloudessa keskittyy kasvien kasvukauteen, johon asti tuotteet on varastoitava. Nitraattiasetuksen mukaisesti typpipitoisten orgaanisten lannoitevalmisteiden peltolevitys on kielletty ajalla 1.11.–31.3., jolloin tuotteiden varastointiaika on vähintään 6 kk. Käytännössä varastointiaika on usein lähes 12 kk, johtuen pääasiassa kylvön yhteydessä tapahtuvasta lannoituksesta. Myös maatalouden tuotantoeläinten lannoille nitraattiasetuksessa vaaditaan vuoden aikana kertyneen lantamäärän varastointikapasiteetti (Vna 1250/2014).

Mädätysjäännöksen ja orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömäärät vastaavat lannan käyttömääriä. Tuotteet voidaan varastoida biokaasulaitoksella tai ne voidaan kuljettaa tiloille tai peltojen läheisyyteen ns. satelliittivarastoihin.

**Taulukko 19.** Eri lannoitevalmisteiden arvioidut käyttöominaisuudet maatalouskäytössä. + tarkoittaa positiivista vaikutusta, tyhjä ei merkittävää vaikutusta.

	Mädätysjäännös	Nestejae	Komposti	Typpi-rejekti	Ammoniumsulfaatti, konsentraatti	Biohiili
Kuljetettavuus			+	+	++	++
Varastoitavuus				+	++	++
Olemassa olevat levitystekniikat	+		+			+
Konsentroidut ravinteet				+	+	+
Maanparannusvaikutus	+		+			+
Mineraalilannoitteisiin verrattava lannoite				+	+	
Hajujen väheneminen	+	+	+	+	+	+
Käsiteltävyys			+	+	+	+
Työturvallisuus	+	+	+	+	+	+
Alhainen prosessointitarve	++					
Muut käyttökohteet, esim. teollisuus				+	+	+
Käyttäjän ostohalukkuus			+	+	+	+

Lannoitevalmisteiden varastointiin on olemassa erilaisia vaihtoehtoja riippuen tuotteiden olomuodosta. Nestemäisiä tuotteita varastoidaan useimmiten säiliöissä ammoniakkityypin haihtumisen estämiseksi, kun taas kiinteät tuotteet voidaan varastoida aumoissa. Aumoissa, jotka kootaan lannoitettaville pelloille, voidaan varastoida yli 30 %:n kuiva-ainepitoisuuden omaavia tuotteita, esim. kompostia.

### **Kuljetus ja levitys**

Lannoitevalmisteiden vesipitoisuus lisää niiden tilavuutta, ja edelleen kuljetustarvetta. Hyvin nestemäiset tuotteet lisäävät maaperän vesipitoisuutta ja voivat näin hankaloittaa levitystä pellolla. Kiinteiden tuotteiden osalta, mitä kuivempaa ja tasalaatuisempaa tuote on, sitä tasaisemmin ja helpommin levitys usein onnistuu (Tontti ym. 2015).

Suomessa peltoviljelyssä käytettävää lannoituskalustoa ovat esimerkiksi kylvölannoittimet mineraalilannoiterakeille sekä sijoittavat ja multaavat levitysmenetelmät lietalannalle. Jos mädätysjäännöksessä kuiva-ainepitoisuus on lähellä lietalantaa (esim. märkäprosessin mädätysjäännös), voidaan sitä levittää samalla kalustolla kuin lietalantaa. Kuivalannan levitykseen käytettäviä levittämiä voidaan käyttää myös kompostin levitykseen (mikäli kertalevitysmäärä on yli 10 t/ha, Tontti ym. 2015). Käytännössä kasvintuotantotiloilla ei ole välttämättä omaa levityskalustoa muulle kuin mineraalilannoitteelle. Tällöin erilaiset urakointi- ja kaluston vuokraussopimukset voivat tuoda markkinoita biokaasulaitoksen nestemäisille tuotteille. Partanen (2010) haastatteli työssään paikallisia viljelijöitä halukkuudesta käyttää lannoituksessa biojätteen ja puhdistamolietteen yhteiskäsittelystä syntyvää mädätysjäännöstä ja/tai kuivattua raetta. Viljelijöiden keskuudessa jalostetumpi raetuote oli selvästi kiinnostavampi, koska sitä voitaisiin tiloilla levittää olemassa olevilla kylvölannoittimilla (Partanen 2010).

Biokaasulaitoksen lannoitevalmisteiden viljelykätön kannalta on tärkeää tietää erityyppisille lannoitevalmisteille soveltuvat levitystekniikat ja oikeat käyttömäärät. Tasainen kuiva-ainepitoisuus on erityisesti levittämisen yhteydessä tärkeää, koska se vaikuttaa levityskuvioon etenkin kuivien jakeiden, esimerkiksi kompostin, levityksessä. Lannoitevalmisteiden fyysikaaliset ominaisuudet ja käyttömäärät sekä toisaalta levityslaitteiden ominaisuudet on siis sovittava toisiinsa (Tontti ym. 2015).

### **Ravinnesisältö ja käytettävyys**

Biokaasulaitoksen lannoitevalmisteiden pitoisuudet voivat vaihdella käytännössä paljon verrattuna mineraalilannoitteiden vastaavaan vaihteluun. Lannoitevalmisteiden tuotannossa tulee tarkastella myös mahdollisuutta muokata lannoitevalmisteita eri tavoin vastaamaan erilaisia käyttötarpeita.

Lainsäädäntö ja ympäristötuen sitomusehdot velvoittavat ottamaan lannoitevalmisteiden alkupe-  
rän huomioon lannoituksessa. Lannoitevalmisteissa, jotka sisältävät yli 10 % puhdistamolietettä, otetaan huomioon fosforilannoituksessa 60 % tuotteen kokonaisfosforista (MAVI 2015b). Tämä johtuu puhdistamolietteen sisältämän fosforin sitoutumisesta saostuskemikaalina käytettävään rautaan, mikä ei ole kasveille täysin käyttökelpoinen ravinne. Biojätepe-  
räisten lannoitevalmisteiden osalta kokonaisfosforista on otettu huomioon 100 %, mikä lisää niiden arvoa fosforilannoitteena. Puhdistamolietepohjaiset lannoitevalmisteet eivät sovellu käyttöön luomulannoitteena toisin kuin esimerkiksi lanta ja biojätepohjaiset lannoitevalmisteet (Evira 2015).

Suomessa tällä hetkellä käytäntönä on, että biokaasulaitosten orgaaniset lannoitevalmisteet tuodaan laitoksen kustannuksella viljelijän pellolle kohtuulliselle etäisyydelle (usein alle 50 km). Tällöin viljelijä vastaa ainoastaan levityskustannuksista. On kuitenkin tapauksia, joissa myös tuotteiden levityskustannuksetakin vastaa biokaasulaitos. Biokaasulaitoksen tuotteiden menekkiin ja markkinointiin vaikuttaa lähinnä viljelijän tuotteesta saama hyöty (Tontti ym. 2015). Ravinteiden osalta fosforilannoitusta ei nähdä tarpeellisenä pelloilla, joiden fosforitaso on jo valmiiksi korkea, jolloin lannoituksesta saatava hyöty liittyy pääosin liukoiseen tyypeen ja orgaaniseen ainekseen. Jos maaperän fosforitaso on matala, voivat viljelijät arvostaa lannoitevalmisteita enemmän fosforilannoitteina.

Viljelijät voivat olla kiinnostuneita myös pitkälle jalostetuista tuotteista kuten esimerkiksi ammoniumsulfaattista, joka mädätysjäännöksestä prosessoituna vastaa kemiallisen ammoniumsulfaattilannoitteen tehoa. Ammoniumsulfaattia voidaan rakeistaa, jolloin sen levitys olemassa olevalla kalustolla on helpompaa. Lannoitevalmiste menettää puhdistamolietetatuksensa, jos siitä orgaanisen lannoitevalmisteiden luokittelun perustuu lannoitevalmisteasetuksen (MMM 24/11) tyyppinimiluettelon, johon biokaasu-

laitokset hakevat Elintarviketurvallisuusviraston kautta hyväksyntää tuotteilleen.

### 3.4. Viherrakennuskäyttö

Biokaasulaitoksen mädätysjännöksestä tuotettua kompostia voidaan paitsi käyttää sellaisenaan maataloudessa, myös jatkojalostaa erilaisiksi multatuotteiksi ja kasvualustoiksi, joita voidaan käyttää esimerkiksi viherrakentamisessa. Myös pitkälle jalostettuja tuotteita, esimerkiksi ammoniumsulfaattia, voidaan käyttää lannoitteena viheralueille sekä esimerkiksi golfkentille. Näille alueille mädätysjännöstä ei hajuja ulkonäköhaittojen vuoksi voi sellaisenaan levittää.

Kaupungit ja kunnat käyttävät vuosittain multatuotteita yhdyskuntarakentamisessa (esim. puistot, liikunta-alueet), missä voitaisiin hyödyntää myös mädätysjännöstä tai siitä jatkojalostettuja tuotteita. Esim. Tampereen Infra Liikelaitoksen maanrakennuksen työkohteissa käytetään multaa vuosittain arviolta 7000–9000 m<sup>3</sup> (Pokkinen, M, henk.koht. tiedonanto). Kaupunki on tuottanut mullasta itse noin puolet. Tällä hetkellä harkitaan omasta mullantuotannosta luopumista. Multa valmistetaan seulomalla lehtikompostista, kivennäismaasta ja työkohteista tulleesta raakamullasta, sisältäen kompostia noin kolmasosan.

Rakentamisessa käytetylle mullalle on käyttökohteesta (esim. nurmikot, istutukset) riippuvia kriteereitä. Mullan suositeltava ravinnepitoisuus vaihtelee fosforin osalta 5–20 mg/L ja liukoisen typen osalta 2–12 mg/L (Infra RYL 2015). Käyttämällä keskiarvopitoisuuksia (13 mg/L fosforia ja 12 mg/L liukoista typpeä) sekä keskimääräistä mullan tarvetta maanrakentamisessa (8000 m<sup>3</sup>), saadaan Tampereen Infra Liikelaitoksen vuosittain käyttämän mullan ravinnetarpeeksi 104 kg fosforia ja 96 kg liukoista typpeä.

Em. ravinnetarpeet vastaavat 0,3–0,6 % skenaarioiden 1 ja 2 mädätysjännöksen sisältämästä fosforista ja 0,1–0,3 % liukoisesta tyypestä. Näin ollen mädätysjännöksen ravinteista voitaisiin hyödyntää vain vähäinen määrä viherrakentamisessa, vaikka tarkasteltaisiin koko Pirkanmaan aluetta.



# 4. Johtopäätökset

Tämän selvityksen perusteella Pirkanmaan jäteperäisten raaka-aineiden (puhdistamolietteiden, biojätteiden, tuhkien) typpisisältö on arviolta 1 300 tonnia vuonna 2025 ja 1 400 tonnia vuonna 2040. Vastavasti fosforisisältö on noin 590 tonnia vuonna 2025 ja 670 tonnia vuonna 2040. Lannat mukaan lukien Pirkanmaan alueen typpimäärä on noin 5 300 tonnia/vuosi ja fosforimäärä noin 1 600 tonnia/vuosi vuonna 2040. Puhdistamolietteiden ja biojätteiden osuus ravinnemäärästä on noin 25 % typen osalta ja 33 % fosforin osalta. Alueen puhdistamolietteiden ravinnemäärä on biojätteistä selvästi suurempi, etenkin fosforin osalta. Sako- ja umpikaivolietteiden ravinnemäärät sisältyvät puhdistamolietteiden lukuihin. Tuhkien merkitys pääravinteiden osalta on pienehkö, joskin niiden merkitys paikallisesti ja tuotteisiin prosessoituna voi kasvaa.

Pirkanmaan peltopinta-ala vuonna 2015 oli noin 154 000 ha, josta lannoitettavaa alaa noin 90 % (138 000 ha). Tästä noin 37 000 ha oli sellaisessa käytössä, jota nykyisen lainsäädännön mukaan voidaan lannoittaa vain lannalla tai biojätteistä peräisin olevilla tuotteilla (tai mineraalilannoitteilla). Loppuosalle (noin 101 000 ha) voidaan levittää myös puhdistamolietepohjaisia tuotteita. Selvityksen perusteella Pirkanmaan peltojen typpitarve on kaikkiaan noin 15 500 tonnia/vuosi ja fosforitarve noin 2 300 tonnia/vuosi. Vaikka maatalouden lannat sijoitettaisiin pelloille ensisijaisesti, jää alueelle silti runsaasti peltoja, joissa puhdistamoliete- ja biojäteperäisiä lannoitevalmisteita voitaisiin hyödyntää. Lantojen hyödyntämisen jälkeen Pirkanmaan peltojen typpitarve on vielä noin 13 600 tonnia/vuosi ja fosforitarve 1 370 tonnia/vuosi. Viherrakentamisen merkitys on osuutena pieni, mutta ravinnekiertojen sulkemisen ja maanparannusominaisuuksien kannalta lannoitevalmisteiden (komposti) käyttö viherrakentamisessa on perusteltua.

Selvityksessä tarkasteltiin yksityiskohtaisemmin Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n erilliskerättyjen biojätteiden sekä Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon ja Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteiden käsittelyä biokaasulaitoksessa. Tarkastelu jaettiin kahteen skenaarioon aikaisempien suunnitelmien pohjalta:

- **Skenaariossa 1** Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n erilliskerättyjen kotitalouksien, kauppojen ja yritysten biojätteet ja haravointijätteet (skenaario 1a) sekä

Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon linkokuivatut lietteet (skenaario 1b) mädätetään kuivaprosessissa. (Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n lietteet eivät ole mukana skenaariossa 1)

- **Skenaariossa 2** Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n kuivatut lietteet ja Nokian Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamon tiivistetyt (kuivaamattomat) lietteet mädätetään märkäprosessissa. Biojätteet käsitellään kuivaprosessissa kuten skenaariossa 1a.

Skenaariossa 1 biokaasulaitoksen tuottaman biokaasun primäärienergiapotentiaali on yhteensä 32 GWh/vuosi (laitoksen omaa energiankulutusta ei huomioitu). Tästä yli 90 % tulee biojätteistä. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksessä on fosforia noin 46 tonnia vuonna 2025) ja 51 tonnia vuonna 2040. Vastaavat luvut typelle ovat noin 207 tonnia ja 222 tonnia. Biokaasulaitoksen lannoitevalmisteilla voitaisiin täyttää noin 4 % koko Pirkanmaan maakunnan maatalouden fosforivajeesta ja noin 1 % liukoisen typen vajeesta tilanteessa, jossa tuotantoeläinten lannan sisältämät ravinteet hyödynnetään ensisijaisesti. Tarvittava peltopinta-ala mädätysjäännöksen sisältämälle fosforille on noin 3 200 ha (vuosi 2025). Tämä peltopinta-ala voidaan saavuttaa 21 km:n säteellä Nokian Koukkujärven jätteenkäsittelykeskuksella sijaitsevalta biokaasulaitokselta, mikäli kaikki viljelijät ottavat ravinteet vastaan. Mikäli käyttäjiä on 30 % peltopinta-alasta, toimitusetaisyys on 33 km. Toisaalta lannoitevalmisteilla voitaisiin täyttää esimerkiksi koko Nokian fosforivaje, jolloin kuntaan jäisi vielä kuitenkin liukoisen typen vajetta. Kuivaprosessin jälkeisen mädätysjäännöksestä erotettavan nestejakeen määrän arvioidaan olevan pienehkö, jolloin sen monivaiheinen jalostaminen yksinään ja kokonaan lannoitevalmisteiksi vaikuttaa epätarkoituksenmukaiselta. Vaihtoehtoina on hyödyntää nestejake sellaisenaan tai johtaa se puhdistamolle (lisää puhdistamon typpikuormaa).

Skenaariossa 2, jossa myös Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy:n puhdistamolietteet mädätetään, on tuotetun biokaasun primäärienergiapotentiaali 56 GWh:in vuodessa (laitoksen omaa energiankulutusta ei huomioitu). Tästä yhteensä 47 % on peräisin puhdistamolietteistä. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksessä on fosforia noin 319 tonnia vuonna 2025 ja 357 tonnia vuonna 2040. Vastaavat luvut typen osalta ovat noin 621 tonnia ja 695 tonnia. Kokonaisfosforilla pystyttäisiin täyttämään noin 16 % koko Pirkanmaan fosforivajeesta ja 3 % liukoisen typen vajeesta. Tarvittava peltopinta-ala mädätysjäännök-

sen fosforille on 20 000 ha. Tämä voidaan saavuttaa noin 41 km:n säteellä, mikäli kaikki alueen viljelijät ottavat mädätysjäännöstä vastaan (kun viljelykasveina ovat siemenvilja, viljat, öljykasvit, sokerijuurikas sekä kuitu- ja energiakasvit). Mikäli oletetaan, että mädätysjäännöstä käytetään 30 %:lla alueen pelloista, on etäisyys 66 km. Kuntatasolla tarkasteltuna esimerkiksi Nokian ja Tampereen fosforivaje voitaisiin täyttää kokonaan, ja fosforia riittäisi täyttämään esimerkiksi osa Hämeenkyrön fosforitarpeesta. Märkäprosessina toteutetun puhdistamolietteiden mädätyksen mädätysjäännöksestä voidaan selvityksessä tarkastelluilla jatkojalostustekniikoilla tuottaa erilaisia lannoitevalmisteita, jotka lisäävät ravinteiden käytettävyyttä ja mahdollisesti markkinoitavuutta sekä vaikuttavat mm. varastointiin ja kuljetuksiin. Jatkojalostuksen tekniikat, lannoitetuotteet ja niiden pitkäaikainen kilpailukyky ja markkinointi tulee selvittää systemaattisesti.

Elintarviketurvallisuusvirasto Evira valvoo Suomessa lannoitevalmisteiden turvallisuutta, valmistusta ja markkinoille saattamista lainsäädännön mukaisesti. Evira on hyväksynyt maatalouskäyttöön useita erityyppisiä puhdistamoliete- ja biojäteperäisiä lannoitevalmisteita. Lainsäädännön, hyväksymismenettelyn, valvonnan ja ohjeistuksen avulla on pyritty varmistamaan, ettei jäteperäisten lannoitevalmisteiden käytöstä aiheudu riskiä.

Ravinteiden kierrätyksen osalta hallitusohjelman tavoitteena on lisätä lannan ja yhdyskuntajätevesilietteiden ravinteiden talteenottoa ja kierrätystä erityisesti Itämeren ja muiden vesistöjen kannalta herkillä alueilla, joihin myös Pirkanmaa kuuluu. Tavoitteena on saada 50 % lannasta ja yhdyskuntajätevesilietteistä kehittyneen ravinteiden prosessoinnin piiriin vuoteen 2025 mennessä, jolloin ravinteet voitaisiin kannattavasti kuljettua niitä tarvitseville alueille. Ravinteiden lisäksi biomassojen prosessointi ja käyttö lannoitteena edistää maaperän kasvukuntoa, hivenravinteiden saatavuutta sekä hiilensidontaa. Tähän liittyen Suomi on allekirjoittanut Pariisin ilmastokokouksessa 2015 aloitteen maaperän hiilivarastojen lisäämiseksi. Tavoitteiden saavuttamista edistetään neuvonnalla, kehittämällä ja ottamalla käyttöön uusia teknisiä ja toiminnallisia ratkaisuja sekä erilaisilla ohjaavilla toimilla.

Selvityksen perusteella Tampereen seudulla näyttäisi olevan puhdistamoliete- ja biojäteperäisten lannoitevalmisteiden ja maanparannusaineiden käyttöön soveltuvaa peltoalaa kohtuullisella kuljetusetäisyydellä. Tuotteiden laajamittainen hyötykäyttö ja ravinteiden kierrätys riippuu oleellisesti tuotteen myyntiketjun ja levityspalvelujen sekä tuotteen ominaisuuksien

kehittämisestä, ohjaavien toimien ja lainsäädännön ohella. Tällä hetkellä esimerkiksi biojätepohjaiset valmisteet soveltuvat luomulannoitukseen.

# 5.Lähteet

- Bauer, A., Mayr, H., Hopfner-Sixt, K., Amon, T. 2009. Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid–liquid separation of fermentation residues. *Journal of Biotechnology*. 142, 56-63.
- Beck-Friis, B., Smårs, S., Jönsson, H., Kirchmann, H. 2001. Gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 78, 423-430.
- Carretier, S., Lesage, G., Grasmick, A., Heran, M. 2015. Water and nutrients recovering from livestock manure by membrane processes. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 93, 225-233.
- Dahl, O., Nurmesniemi, H., Pöykö, R., Watkins, G. 2009. Comparison of the characteristics of the bottom ash and fly ash from a medium-size (32 MW) municipal district heating plant incinerating forest residues and peat in a fluidized-bed boiler. *Fuel Processing Technology*. 90, 871-878.
- Dahl, O., Nurmesniemi, H., Pöykö, R., Watkins, G. 2010. Heavy metal concentrations in bottom ash and fly ash fraction from a large-sized (246 MW) fluidized bed boiler with respect to their Finnish forest fertilizer limit values. *Fuel Processing Technology*. 91, 1634-1639.
- Digiroad 2015. Suomen kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä. Liikennevirasto. <http://www.digiroad.fi/>
- Epcon. Biogas digestate treatment by MVR evaporation. [http://www.epcon.org/uploads/4/6/3/5/46351051/epcon\\_biogas\\_brochure\\_rev\\_300.pdf](http://www.epcon.org/uploads/4/6/3/5/46351051/epcon_biogas_brochure_rev_300.pdf) (Viitattu 27.3.2016).
- Evira 2016. Luonnonmukaisen tuotannon tilastot ja tietohaut, v. 2011-2015. <http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/luomu/tilastot+ja+tietohaut/> (Viitattu 15.3.2016)
- Evira 2015. Luonnonmukainen tuotanto 1. Yleiset ja kasvinuotannon ehdot. 5. painos. Eviran ohje 18219/5, 2015. Elintarviketurvallisuusvirasto. [http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/lomakkeet\\_ohjeet/luomuohje\\_1\\_5\\_yleiset\\_ka\\_kasvintuotannon\\_ehdot\\_02062015.pdf](http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/lomakkeet_ohjeet/luomuohje_1_5_yleiset_ka_kasvintuotannon_ehdot_02062015.pdf) (Viitattu 15.3.2016)
- FCG, 2010. Rosk'n Roll oy ab Biojätteen erilliskeräyksen elinkaariarvio, loppuraportti. FCG Finnish Consulting Group Oy.
- Fitamo, T., Boldrin, A., Boe, K., Angelidaki, I., Scheutz, C. 2016. Co-digestion of food and garden waste with mixed sludge from wastewater treatment in continuously stirred tank reactors. *Bioresource Technology*. 206, 245-254.
- Franz, M. 2008. Phosphate fertilizer from sewage sludge ash (SSA). *Waste Management*. 28, 1809-181.
- Grönroos, J. 2014. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämismahdollisuudet ja -kustannukset. Ympäristöministeriön raportteja 26/2014. <http://hdl.handle.net/10138/152766>
- Guštin, S., Marinšek-Logar, R. 2011. Effect of pH, temperature and air flow rate on the continuous ammonia stripping of the anaerobic digestion effluent. *Process Safety and Environmental Protection*. 89, 61-66.
- Huttunen, M. J., Kuittinen, V. 2015. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 18. Publications of the University of Eastern Finland, Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences No 21.
- Hjelmar, O. 1996. Disposal strategies for municipal solid waste incineration residues. *Journal of Hazardous Materials*. 47, 345-368.
- Kahiluoto, H., Kuisma, M., Havukainen, J., Luoranen, M., Karttunen, P., Lehtonen, E., Horttanainen, M. 2011. Potential of agrifood wastes in mitigation of climate change and eutrophication – Two case regions. *Biomass and Bioenergy*. 35, 1983-1994.
- Kraus, F. 2015. Quantitative risk assessment of potential hazards for humans and the environment: quantification of potential hazards resulting from agricultural use of manufactured fertilizers. Deliverable D 9.1. Sustainable sewage sludge management fostering phosphorus recovery and energy efficiency. P-REX. [http://p-rex.eu/uploads/media/P-REX\\_D9\\_1\\_Risk\\_Assessment\\_Kraus\\_2015.pdf](http://p-rex.eu/uploads/media/P-REX_D9_1_Risk_Assessment_Kraus_2015.pdf)
- Kymäläinen, M. 2015a. Biokaasutuotannon raaka-aineet. Kirjassa: Kymäläinen, M., Pakarinen, O. (toim.) Biokaasuteknologia – raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. s. 21-47.
- Kymäläinen, M. 2015b. 4 Anaerobinen hajoaminen ja sen hallinta biokaasureaktorissa. Kirjassa: Kymäläinen, M., Pakarinen, O. (toim.) Biokaasuteknologia – raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. s. 47-67.
- Lahav, O., Telzhensky, M., Zewuhn, A., Gendel, Y., Gerth, J., Calmano, W., Birnhack, L. 2013. Struvite recovery from municipal-wastewater sludge centrifuge supernatant using seawater NF concentrate as a cheap Mg (II) source. *Separation and Purification Technology*. 108, 103-110.
- Laine-Ylijoki, J., Mroueh, U.-M., Vahanne, P., Wahlström, M., Vestola, E., Salonen, S., Havukainen, J. 2005. Yhdyskuntajätteiden termisen käsittelyn kuonista ja tuhista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita. Kansainvälinen esiselvitys. Espoo 2005. VTT Tiedotteita.
- Lehtomäki, A. 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. University of Jyväskylä.
- Liimatainen, A-M. 2015. Espoon puhdistamoliikkeen käsittelemien selvitys Ämmäsuon käsittelykeskuksessa. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Liu, L., Pang, C., Wu, S., Dong, R. 2015. Optimization and evaluation of an air-recirculated stripping for ammonia removal from the anaerobic digestate of pig manure. *Process Safety and Environmental Protection*. 94, 350-357.
- Luostarinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Sipilä, I., Rintala, J. 2011. Lannan ja muun eloperäisen materiaalin käsittelyteknologiat. MTT Raportti 27. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-333-8> (Viitattu 15.3.2016)
- Manninen, M. 2013. Pirkanmaan lämpö- ja lämpövoimalaitosten tuhkan loppukäyttö. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

- Marchi, A., Geerts, S., Weemaes, M., Wim, S., Christine, V. 2015. Full-scale phosphorus recovery from digested waste water sludge in Belgium—part I: technical achievements and challenges. *Water Science and Technology*. 71, 487-494.
- Marttinen, S., Paavola, T., Ervasti, S., Salo, T., Kapuinen, P., Rintala, J., Vikman, M., Kapanen, A., Torniainen, M., Maunuksela, L., Suominen, K., Sahlström, L., Herranen, M. 2013. Biokaasulaitosten lopputuotteet lannoitevalmistena. MTT Raportti 82. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti82.pdf> (Viitattu 15.3.2016)
- Marttinen, S., Suominen, K., Lehto, M., Jalava, T., Tampio, E. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarviketuun aiheuttaman vaaran arviointi. MTT
- Raportti 135. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti135.pdf> (Viitattu 15.3.2016)
- Marttinen, S., Tampio, E., Sinkko, T., Timonen, K., Luostarinen, S., Grönroos, J., Manninen, K. 2015. Biokaasulaitokset – syötteistä lopputuotteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2015. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-013-9> (Viitattu 15.3.2016)
- MAVI 2015a. Maaseutuviraston peltolohkokorekisteri 2015. Maaseutuvirasto.
- MAVI 2015b. Ympäristökorvauksen sitomusehdot 2015. Maaseutuvirasto. <http://www.mavi.fi/fi/oppaat-ja-lomakkeet/viljelijä/Sivut/Ymp%C3%A4rist%C3%B6korvauksen-sitomusehdot.aspx> (Viitattu 15.3.2016)
- MMM 24/11. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Annettu 1.9.2011.
- Monlau, F., Sambusiti, C., Antoniou, N., Barakat, A., Zabaniotou, A. 2015. A new concept for enhancing energy recovery from agricultural residues by coupling anaerobic digestion and pyrolysis process. *Applied Energy*. 148, 32-38.
- Monlau, F., Francavilla, M., Sambusiti, C., Antoniou, N., Solhy, A., Libutti, A., Zabaniotou, A., Barakat, A., Monteleone, M. 2016. Toward a functional integration of anaerobic digestion and pyrolysis for a sustainable resource management. Comparison between solid-digestate and its derived pyrochar as soil amendment. *Applied Energy*. 169, 652-662.
- Motoyama, M., Nakagawa, S., Tanoue, R., Sato, Y., Nomiya, K., Shinohara, R. 2011. Residues of pharmaceutical products on recycled organic manure produced from sewage sludge and solid waste from livestock and relationship to their fermentation level. *Chemosphere* 84, 432-438.
- Mönkäre, T., Kinnunen, V., Rintala, J. 2015. Modelling reject water and nutrient flows from biowaste treatment in a partial flow digestion process. KOMBI-report. <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFE21102E-4766-48B2-8E41-32F181E18076%7D/116547> (Viitattu 15.3.2016)
- Nielfa, A., Cano, R., Vinot, M., Fernández, E., Fdz-Polanco, M. 2015. Anaerobic digestion modeling of the main components of organic fraction of municipal solid waste. *Process Safety and Environmental Protection*. 94, 180-187.
- Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä. Saatavilla: [http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys\\_eo\\_final.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys_eo_final.pdf) (Viitattu 15.3.2016)
- Paavola, T. 2015. Mädätysjäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Kirjassa: Kymäläinen, M., Pakarinen, O. (toim.) *Biokaasuteknologia – raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. s. 94-113
- Pagans, E., Barrena, R., Font, X., Sánchez, A. 2006. Ammonia emission from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. *Chemosphere*. 62, 1534-1542.
- Park, K. Y., Jang, H. M., Park, M. R., Lee, K., Kim, D., Kim, Y. M. 2016. Combination of different substrates to improve anaerobic digestion of sewage sludge in a wastewater treatment plant. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 109, 73-77.
- Partanen, E. 2010. Mädätysjäännöksen tuotteistamis- mahdollisuudet Kymenlaaksossa. Diplomityö. Lappeenranta teknillinen yliopisto. <http://www.doria.fi/handle/10024/66351> (Viitattu 15.3.2016)
- Pirkanmaan ELY-keskus. 2015. Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelman päivitys. Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 58/2015.
- Pöykiö, R., Rönkkömäki, H., Nurmesniemi, H., Perämäki, P., Popov, K., Välimäki, I., Tuomi, T. 2009. Chemical and physical properties of cyclone fly ash from the grate-fired boiler incinerating forest residues at a small municipal district heating plant (6 MW). *Journal of Hazardous Materials*. 162, 1059-1064.
- Rasa, K., Ylivainio, K., Rasi, S., Eskola, A., Uusitalo, R., Tiilikkala, K. 2015. Jätevesilietteen pyrolyysi laboratorio- ja pilot-mittakaavan kokeita. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2015. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-021-4> (Viitattu 15.3.2016)
- Ramboll. 2014. Pirkanmaan Jätehuolto Oy: Biojätteen käsittelyn palvelutuotannon vaihtoehdot. 5.11.2014.
- Ramboll. 2015. Pirkanmaan Keskuspuhdistamo – Yleissuunnitelma. 25.9.2015.
- Salminen, E., Rintala, J. 2002. Anaerobic digestion of organic solid poultry slaughterhouse waste – a review. *Bioresource Technology*. 83, 13-26.
- Salminen, E., Einola, J., Rintala, J. 2003. The methane production of poultry slaughtering residues and effects of pretreatments on the methane production of poultry feather. *Environmental Technology*. 24, 1079-1086.
- Song, Y. C., Kwon, S. J., Woo, J. H. 2004. Mesophilic and thermophilic temperature co-phase anaerobic digestion compared with single-stage mesophilic-and thermophilic digestion of sewage sludge. *Water Research*. 38, 1653-1662.
- SVT 2015a. Kotieläinten lukumäärä. Kotieläinten lukumäärä keväällä kunnittain. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://stat.luke.fi/kotielainten-lukumaara> (Viitattu 2.3.2016)
- SVT 2015b. Kotieläinten lukumäärä. Sikojen lukumäärä 1.4. kunnittain. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://stat.luke.fi/kotielainten-lukumaara> (Viitattu 2.3.2016)
- SVT 2015c. Luomusato 2015. Luomusato ELY-keskustäin. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. [http://stat.luke.fi/luomusato-2015\\_fi](http://stat.luke.fi/luomusato-2015_fi) (Viitattu 2.3.2016)

- SVT 2015d. Luomusato 2014. Luomusato ELY-keskussittain. Suomen virallinen tilasto. Luonnonvarakeskus, Helsinki. [http://stat.luke.fi/luomusato-2014\\_fi](http://stat.luke.fi/luomusato-2014_fi) (Viitattu 2.3.2016)
- Sääluoto, K. 2014. Struviitin valmistus. Projektityö, Hämeen ammattikorkeakoulu. <http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/bioliike/PublishingImages/Sivut/opinnayte-ja-projektityot/Struviitin%20valmistus.pdf> (Viitattu 15.3.2016)
- Tampereen Vesi 2014, Tilastotiedot 2014. [http://www.tampereenvedenvuosikertomus.fi/wp-content/uploads/2015/04/TampereenVesi\\_tilastotiedot\\_2014.pdf](http://www.tampereenvedenvuosikertomus.fi/wp-content/uploads/2015/04/TampereenVesi_tilastotiedot_2014.pdf) (Viitattu 15.3.2016)
- Tampio, E., Ervasti, S., Paavola, T., Heaven, S., Banks, C., & Rintala, J. 2014. Anaerobic digestion of autoclaved and untreated food waste. *Waste management*. 34, 370-377.
- Tontti, T., Kapuinen, P., Ojajärvi, J., Joki-Tokola, E., Laurila, M., Ikkäläinen, T., Kekkonen, J., Veijalainen, A-M., 2015. Orgaanisten lannoitevalmisteiden varastointi, levittäminen ja annostelu. Käytännöllisiä ohjeita LeviLogi-hankkeesta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2015. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-092-4> (Viitattu 15.3.2016)
- Vieno, N. 2015. haitta-aineet puhdistamo- ja hajalietteissä. Julkaisu 73/2015. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. [http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/5004/Julkaistu%2073\\_2015.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/5004/Julkaistu%2073_2015.pdf) (Viitattu 20.4.2016)
- Viljavuuspalvelu 2015. Viljavuustilastot. <http://www.tuloslaari.fi/index.php?id=41> (Viitattu 2.3.2016)
- Vna 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. Annettu Helsingissä 18 päivänä joulukuuta 2014.
- Vnp 282/1994. Valtioneuvoston päätös 282/1994 puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä. Annettu Helsingissä 14 päivänä huhtikuuta 1994.
- Wiles, C.C. 1996. Municipal solid waste combustion ash: State-of-the-knowledge. *Journal of hazardous Materials*. 47, 325-344.

# 6.LIITTEET

Liite 1. Pirkanmaan peltoalat vuonna 2015 (MAVI 2015a, SVT 2015c, SVT 2015d).

	Ei lannoitusta/ ei otettu huomioon laskennassa (ha)				Lannoitettavat pellot (ha)									
	Viljelemätön	Kesanto	Maise- ma- ja metsäpellot	Kasvi- huone- kasvit	Juurekset ja vihannekset	Nurmi	Peruna	Sie- men- viljely	Val- kuais- kasvit	Viljat	Öljy- kasvit	Kuitu- ja energia- kasvit	Sokeri- juurikas	
Akaa	7	739	33		31	1413	1	39	110	5351	182	16		
Hämeenkyrö	14	814	73		193	3709	19	23	87	3811	342			
Ikaalinen	28	872	59	2	50	3578	3	31	60	3808	219	12	6	
Juupajoki	1	263	14		24	832	10			1331	36			
Kangasala	16	615	153	2	70	2464	5	44	52	5224	201			
Kiinniö	35	241			26	793	0	11	36	1480	39			
Lempäälä	2	401	28		34	1153	1	30	124	2163	71			
Mänttä-Vilppula	5	349	24		149	947	2		82	1796	87			
Nokia	1	465	26	0	8	1208	9	30	54	1828	86			
Orivesi	9	921	30	0	121	2016	5	111	42	4857	322			
Parkano	111	463	24		14	2450	12		4	1995	141	12		
Pirkkala	0	151	12		2	285			9	467	13			
Punkalaidun	4	796	5		186	1299	12	95	234	9168	493			
Päikkäne	6	617	79	0	208	1762	53	30	106	3721	169		25	
Ruovesi	2	527	9	0	279	1726	36	134	186	2185	240	14		
Sastamala	20	2305	143	1	121	6341	12	76	266	15685	893	11	84	
Tampere	15	453	8		60	1211	4	26	27	1834	130			
Urijala	20	1127	38		159	2300	4	32	121	6141	254	5	13	
Valkeakoski	32	598	39		19	1219	32	86	19	3424	69		11	
Vesilahti	1	546	28		8	1428	1		112	2999	82			
Virrat	19	504	160	0	121	3184	4	1	196	2766	173	4		
Ylöjärvi	8	688	31	0	50	2314	19		21	3006	133			
YHTEENSÄ	356	14455	1016	5	1933	43632	244	799	1948	85040	4375	74	139	
Luomusato, ha						10700			400	6300	300			
Luomusato, %						25 %			21 %	7 %	7 %			

## Liite 2. Yleisimmät peltomaan viljavuusluokat ja multavuudet kunnittain.

Alue	Viljavuusluokka fosforin mukaan	Maaperätyyppi
Akaa	tydyttävä	Runsasmultainen
Hämeenkyrö	välttävä	Multava
Ikaalinen	välttävä	Multava
Juupajoki	välttävä	Multava
Kangasala	tydyttävä	Runsasmultainen
Kihniö	tydyttävä	Multava
Lempäälä	tydyttävä	Runsasmultainen
Mänttä-Vilppula	tydyttävä	Multava
Nokia	tydyttävä	Runsasmultainen
Orivesi	tydyttävä	Multava
Parkano	tydyttävä	Multava
Pirkkala	tydyttävä	Runsasmultainen
Punkalaidun	tydyttävä	Runsasmultainen
Pälkäne	tydyttävä	Runsasmultainen
Ruovesi	tydyttävä	Multava
Sastamala	tydyttävä	Runsasmultainen
Tampere	tydyttävä	Multava
Urjala	tydyttävä	Runsasmultainen
Valkeakoski	tydyttävä	Runsasmultainen
Vesilahti	tydyttävä	Runsasmultainen
Virrat	tydyttävä	Multava
Ylöjärvi	tydyttävä	Multava

### Liite 3. Pirkanmaan peltojen fosforin tarve ennen lannan lisäystä ja lannan sisältämien ravinteiden lisäämisen jälkeen.

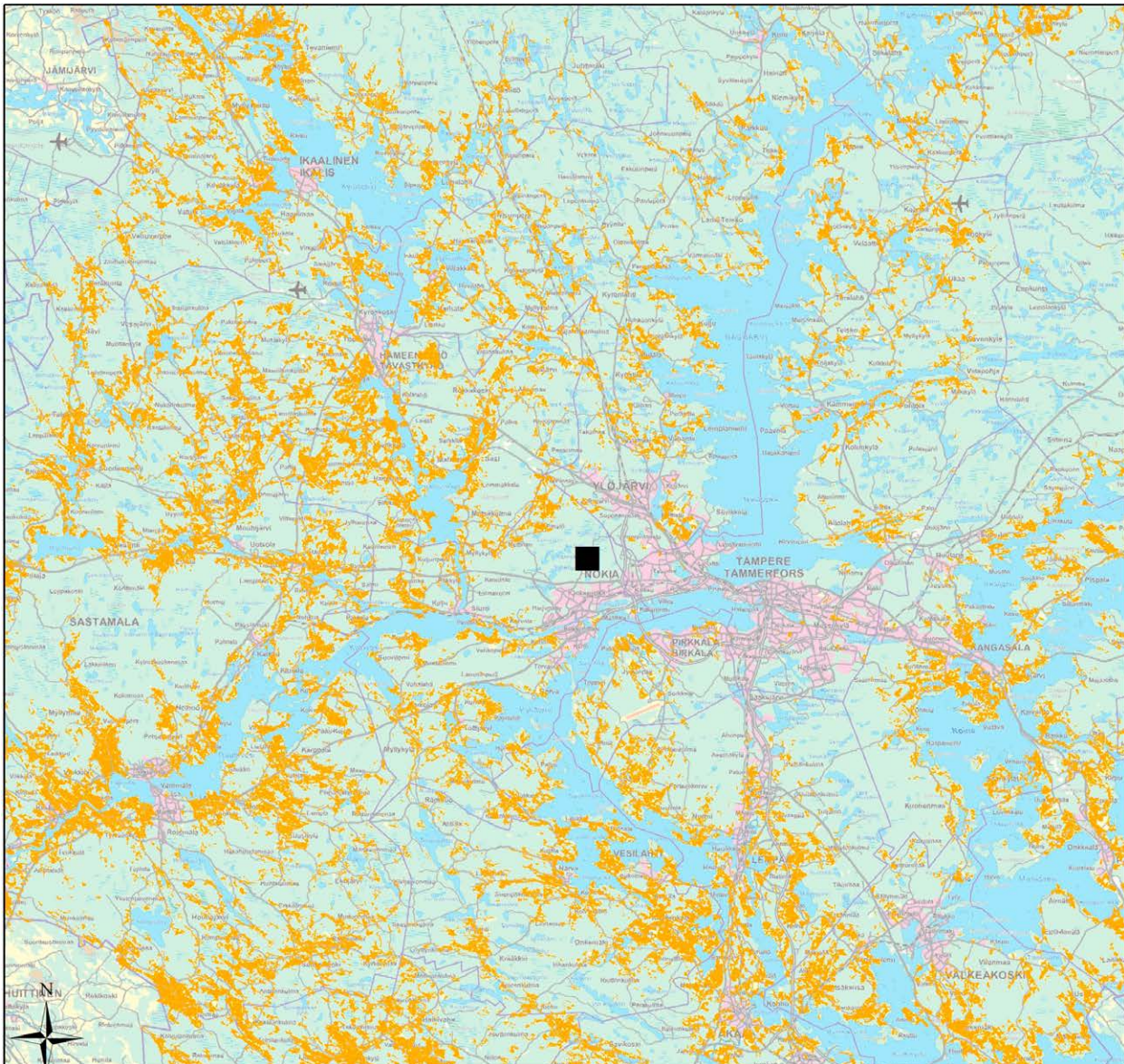
	Fosforin tarve ennen lannan lisäystä (t/v)	Lannan sisältämä fosfori (t/v)	Fosforin tarve lannan lisäämisen jälkeen (t/v)	Fosforin tarve lannan lisäämisen jälkeen (kg/ha/v)
Akaa	96	40	55	8
Hämeenkyrö	217	50	167	20
Ikaalinen	199	46	153	20
Juupajoki	54	12	42	19
Kangasala	123	71	52	6
Kihniö	38	11	26	11
Lempäälä	56	17	38	11
Mänttä-Vilppula	53	26	26	9
Nokia	52	16	36	11
Orivesi	113	38	75	10
Parkano	87	30	57	12
Pirkkala	12	1	11	14
Punkalaidun	145	94	51	4
Pälkäne	102	58	44	7
Ruovesi	90	21	69	14
Sastamala	345	185	160	7
Tampere	55	14	41	12
Urjala	135	81	54	6
Valkeakoski	71	22	49	10
Vesilahti	70	14	56	12
Virrat	121	65	56	9
Ylöjärvi	96	42	53	10
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>2328</b>	<b>956</b>	<b>1372</b>	



## Liite 4. Pirkanmaan peltojen liukoisen typen tarve ennen lannan lisäystä ja lannan sisältämien ravinteiden lisäämisen jälkeen.

	Liukoisen typen tarve ennen lannan lisäystä (t/v)	Lannan sisältämä liukoinen typpi (t/v)	Liukoisen typen tarve lannan lisäämisen jälkeen (t/v)	Liukoisen typen tarve lannan lisäämisen jälkeen (kg/ha/v)
Akaa	777	84	693	97
Hämeenkyrö	956	107	849	104
Ikaalinen	905	94	811	104
Juupajoki	264	25	239	107
Kangasala	880	98	781	97
Kihniö	281	40	240	101
Lempäälä	384	36	349	97
Mänttä-Vilppula	363	33	331	108
Nokia	347	30	318	99
Orivesi	884	80	804	108
Parkano	537	60	478	103
Pirkkala	84	3	81	105
Punkalaidun	1252	189	1063	93
Pälkäne	666	118	548	90
Ruovesi	561	41	520	108
Sastamala	2548	340	2208	94
Tampere	387	25	361	110
Urjala	987	166	821	91
Valkeakoski	534	44	491	101
Vesilahti	499	29	470	102
Virrat	744	127	617	96
Ylöjärvi	650	90	560	101
YHTEENSÄ	15490	1857	13633	

Liite 5. Nokian oletetun biokaasulaitoksen sijainti (Pirkanmaan Jätehuolto Oy:n nykyinen toimipiste Nokialla) ja lähialueen peltojen sijainti.



0 5 10 20 30 40 Km

Taustakartta: Maanmittauslaitos 2016  
Pelto: Maanmittauslaitos 2015

- Nokian jätevedenpuhdistamo
- Pelto

Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 74/2016				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Tiina Mönkäre, Viljami Kinnunen, Elina Tampio, Satu Ervasti, Eeva Lehtonen, Riitta Kettunen, Saija Rasi, Jukka Rintala		Julkaisu-aika Kesäkuu 2016		
		Kustantaja /Julkaisija Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja /toimeksiantaja		
Julkaisun nimi <b>Ravinnevisio</b> <b>Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä.</b>				
Tiivistelmä  Selvityksen Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä on teettänyt Pirkanmaan ELY-keskus, Pirkanmaan Jätehuolto Oy, Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy ja Nokian Vesi Oy. Työn on toteuttanut Tampereen teknillinen yliopisto ja Luonnonvarakeskus.  Työssä selvitettiin Pirkanmaan alueen ja erityisesti Tampereen seudun yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinnesisältöä, käsittelyä biokaasulaitoksessa ja mädätysjäännöksen prosessointiin soveltuvia tekniikoita. Lisäksi selvitettiin mädätysjäännöksen tai siitä prosessoitujen lannoitevalmisteiden käyttöä maa- ja metsätaloudessa sekä viherrakentamisessa. Työn pidemmän aikavälin tavoitteena on yhdyskuntajäteveden puhdistamolietteiden ja biojätteiden sekä niiden sisältämien ravinteiden hyötykäytön edistäminen maakunnassa.  Selvityksen perusteella Tampereen seudulla näyttäisi olevan puhdistamoliete- ja biojäteperäisten lannoitevalmisteiden ja maanparannus-aineiden käyttöön soveltuvaa peltoalaa kohtuullisella kuljetusetäisyydellä. Tuotteiden laajamittainen hyötykäyttö ja ravinteiden kierrätys riippuu oleellisesti tuotteen myyntiketjun ja levityspalvelujen sekä tuotteen ominaisuuksien kehittämisestä, ohjaavien toimien ja lainsäädännön ohella. Nykyisen tietämyksen valossa suurin este puhdistamolietteiden hyödyntämiselle ovat ennakoasenteet, sillä tehtyjen riskinarviointien perusteella puhdistamoliete- tai biojäteperäisten lannoitevalmisteiden käytöstä ei aiheudu vaaraa ihmisille.				
Asiasanat (YSA:n mukaan) Ravinteet, typpi, fosfori, kierrätys, mädätys, lanta, orgaaninen lannoite, lannoitevalmiste				
ISBN (Painettu)	ISBN (PDF) 978-952-314-489-7	ISSN-L 2242-2846	ISSN (painettu)	ISSN (verkkojulkaisu) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus		URN URN:ISBN:978-952-314-489-7		Kieli Suomi
Sivumäärä 56		Kustannuspaikka ja -aika Tampere 2016		

Selvityksen Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä on teettänyt Pirkanmaan ELY-keskus, Pirkanmaan Jätehuolto Oy, Tampereen Seudun Keskuspuhdistamo Oy ja Nokian Vesi Oy. Työn on toteuttanut Tampereen teknillinen yliopisto ja Luonnonvarakeskus.

Työssä selvitettiin Pirkanmaan alueen ja erityisesti Tampereen seudun yhdyskuntajätevesien käsittelyssä muodostuvien puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinnesisältöä, käsittelyä biokaasulaitoksessa ja mädätysjäännöksen prosessointiin soveltuvia tekniikoita. Lisäksi selvitettiin mädätysjäännöksen tai siitä prosessoitujen lannoitevalmisteiden käyttöä maa- ja metsätaloudessa sekä viherrakentamisessa. Työn pidemmän aikavälin tavoitteena on yhdyskuntajäteveden puhdistamolietteiden ja biojätteiden sekä niiden sisältämien ravinteiden hyötykäytön edistäminen maakunnassa.

**RAPORTTEJA 74 | 2016**

**RAVINNEVISIO  
SELVITYS PIRKANMAAN PUHDISTAMOLIETTEIDEN JA BIOJÄTTEIDEN RAVINTEISTA JA NIIDEN  
POTENTIAALISESTA KÄYTÖSTÄ.**

**Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus**

**ISBN 978-952-314-489-7 (PDF)**

**ISSN-L 2242-2846**

**ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)**

**URN:ISBN:978-952-314-489-7**

**[www.doria.fi/ely-keskus](http://www.doria.fi/ely-keskus) | [www.ely-keskus.fi](http://www.ely-keskus.fi)**