

Kompostoidun biokaasulaitosmädätteen typpi ja fosfori ravinteiden hiilijalan- jälki Labio Oy:n Lahden laitoksella

Jouni Havukainen, Ville Uusitalo

1. Johdanto

REISKA- projektin tavoitteena on lisätä Päijät-Hämeen pk-yritysten resurssitehokkuusosaamista. Hankkeeseen kuuluu pk-yrityksiin tehtävät case tarkastelut ja yhtenä tarkasteltavana yrityksenä oli Labio Oy. Labio Oy on 60 % Lahti Aqua Oy:n ja 40 % Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n omistama yritys. Labio Oy toimii Lahdessa Kujalan jätekeskuksessa, missä yrityksellä on biokaasun tuotantolaitos sekä kompostointilaitos. Lisäksi alueella sijaitsee Gasum Oy:n biokaasun jalostuslaitos, joka jalostaa kaiken tuotetun biokaasun maakaasuverkkoon syötettäväksi. Tuotetulle biokaasulle on aiemmin laskettu kasvihuonekaasupäästötase.

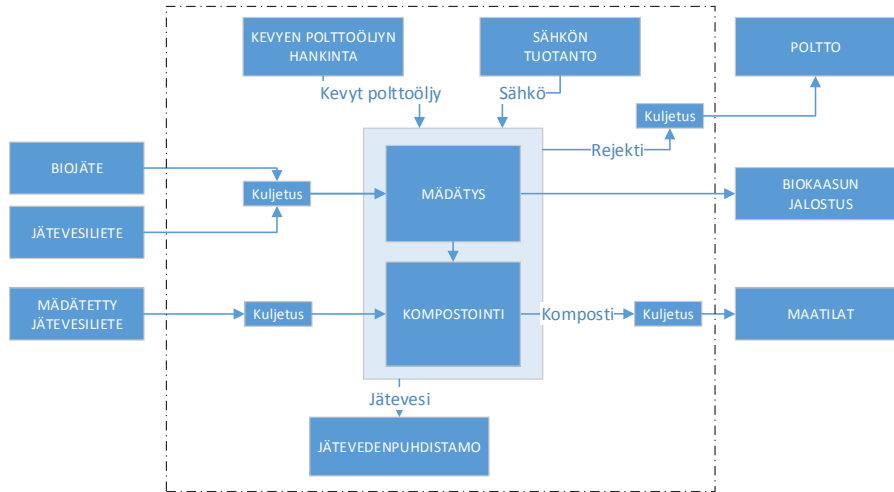
Tavoitteena REISKA – projektissa oli laskea kompostin sisältäville typpi ja fosfori ravinteille hiilijalanjälki. Eräs keskeisimmistä maatalouden hiilidioksidipäästölähteistä on typpilannoitteiden valmistus. Typpilannoitteiden valmistus kuluttaa runsaasti maakaasua, mikä johtaa kasvihuonekaasupäästöihin. Fosforilannoitteet sen sijaan valmistetaan maaperästä louhitusta fosforista. Tämän tarkastelun tavoitteena on tuottaa tietoa kierrätysravinteiden hiilijalanjäljestä ja verrata sitä mineraalilannoitteiden hiilijalanjälkiin. Tässä raportissa mineraalilannoitteilla tarkoitetaan muita kuin kierrätyslannoitteita.

2. Lähtötiedot

Labio Oy:n laitoksella ohjataan biokaasulaitokseen pääasiassa biojätettä sekä jätevesilietettä sekä kompostoidaan mädätyslaitoksen mädäte sekä laitoksen ulkopuolelta tullutta mädätettyä jätevesilietettä. Laitoksella tuotetaan biokaasua jalostukseen sekä kompostia käytettäväksi lannoitteena maataloudessa. Lisäksi laitosprosesseista tuleva jätevesi sekä laitosalueelta kerättävä sadevesi ohjataan Ali-Juhakkalan jätevedenpuhdistamolle. Laitokselle ohjattavat ja laitokselta poistuvat massat on koottu taulukkoon 1. Laitoksella kulutetaan sähköä ja polttoöljyä prosessissa sekä polttoöljyä pyörökuormaimissa. Nämä energiamäärät on koottu taulukkoon 2.

Kompostin ravinteiden hiilijalanjäljen laskemiseksi otetaan huomioon mädätys ja kompostointiprosessin energian kulutus sekä raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetus. Lisäksi jätevedenpuhdistuksen

sähkönkulutus on huomioitu mukaan. Biokaasun jalostus liikennekäyttöön jää tarkastelun ulkopuolelle, sillä se ei ole suoranaisesti kytköksissä kompostin valmistukseen, vaan liittyy ainoastaan biokaasun tuotantoon. Päästöjen laskennassa huomioidut prosessit sekä tarkastelun taseraja on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Biokaasun tuotantoon ja kompostointiin liittyvät prosessit ja taseraja.

Taulukko 1. Mädätykseen ja kompostointiin tulevat ja lähtevät massat

Mädätykseen		
Biojäte (Pääkaupunkiseutu)	28 000	t/a
Biojäte (Lahti)	13 500	t/a
Biojäte yhteensä	41 500	t/a
Mädättämätön liete	11 500	t/a
Mädätykseen yhteensä	53 000	t/a
Suoraan kompostointiin		
Haravointijäte	4 500	t/a
Mädätetty jätevesiliete	10 000	t/a
Risuhake	2 086	t/a
Kanto- ja tasauspätkähake	1 041	t/a
Silikaattisakka	5 500	t/a
Yhteensä	17 627	t/a
Ulos laitokselta		
Komposti	20 900	t/a
Rejektit	2 000	t/a
Pihavesi jätevedenpuhdistamolle	17 000	m ³ /a
Prosessivesi jätevedenpuhdistamolle	7 500	m ³ /a

Taulukko 2. Määdätyksessä ja kompostoinnissa tarvittava sähkö sekä kevyt polttoöljy sekä tuotettu biokaasu.

Biokaasulaitos ja kompostointi			
Sähkö		5 500	MWh/a
Kevyt polttoöljy	Prosessi	60 000	l/a
	Pyörökuormaaja	70 000	l/a
Biokaasu		50 000	MWh/a

Laitoksella käytetty sähkö ostetaan osittain Vantaan Energialta ja osittain Lahden Energialta ja näillä molemmilla on eri päästökerroin. Ali-Juhakkalan jätevedenpuhdistamolle kuluu sähköä keskimäärin 0.76 kWh/m³ jäteveden puhdistuksessa ja siellä oletettiin käytettävän Lahden Energian tuottamaa sähköä (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2011). Kevyen polttoöljyn aiheuttamat päästöt koostuvat hankinnasta aiheutuvista päästöistä sekä käytön aikana muodostuvista päästöistä. Kevyen polttoöljyn tiheytenä käytettiin 0,835 kg/l (Neste oil 2015) ja lämpöarvona 43 MJ/kg (Tilastokeskus 2015). Kuljetuksessa on oletettu käytettävän pääkaupunkiseudulta tuotavan biojätteen tapauksessa puoliperävaunua, jonka kapasiteetti on 25 tonnia ja muiden kuljetettavien materiaalien tapauksessa suurta jakelukuorma-autoa, jonka kapasiteetti on 15 tonnia. Kuljetusmatkat yhteen suuntaan on koottu materiaaleittain taulukkoon 3 sekä käytetyt päästökertoimet taulukkoon 4.

Taulukko 3. Kuljetusmatkat

Materiaali	Välimatka (km)
Biojäte	100
Biojäte	10
Mädättämätön liete	14
Haravointijäte	10
Mädätetty jätevesiliete	20
Risuhake	10
Kanto- ja tasauspätkehake	10
Silikaattisakka	70
Rejekti	80
Komposti	42

Taulukko 4. Kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytetyt päästökertoimet (Lahti Energia 2015, Thinkstep, Vantaan Energia, VTT 2012).

Sähkö	Keskimäärin	216	g _{CO2,eq} /kWh
Öljy	Hankinta	0.45	kg _{CO2,eq} /kg
	Prosessikäyttö	0.074	kg _{CO2,eq} /MJ
	Pyörökuormain	0.080	kg _{CO2,eq} /MJ
Kuljetus	Puoliperävaunu	0.90	kg _{CO2,eq} /km
	Suuri jakelukuorma-auto	0.50	kg _{CO2,eq} /km

Lasketut kasvihuonekaasupäästö joudutaan allokoimaan, eli jakamaan, prosessin tuotteiden välillä. Tuotteet ovat siis biokaasu ja mädäte. Allokointi voidaan teoriassa toteuttaa esimerkiksi perustuen tuotteiden massoihin, energiasisältöön tai taloudelliseen arvoon. Tässä tapauksessa massa perustuva allokointi ei antaisi oikeaa kuvaa, sillä kompostin massa on paljon suurempi kuin päätuotteena saatavan biokaasun, jota ei käytetä materiaalina. Energiasisältöön perustuva allokointikaan ei ole soveltuva, sillä kompostia ei viedä energiahyödynnettäväksi ja märän kompostin lämpöarvo on hyvin alhainen. Tämän takia on valittu taloudelliseen arvoon perustuva allokointi ja käytetyt hinnat on koottu taulukkoon 5. Oletetut kompostin ravinteiden hinnat ovat noin puolet mineraalilannoitteiden sisältämien ravinteiden hinnoista, joita on koottu taulukkoon 6. Tuotetun kompostin kosteus on 33 % ja se sisältää liukoista typpeä 1 % ja fosforia 1.8 % kuiva-aineesta. Kompostin mukana poistuu laitokselta liukoista typpeä 140 t/a ja fosforia 250 t/a.

Taulukko 5. Kompostin sisältämien ravinteiden ja tuotetun biokaasun hinta (Kahiluoto & Kuisma toim. 2010). Ravinteiden hinnat ovat maksimihintoja.

Tuote	Hinta
Liukoinen typpi	0.662 €/kg
Fosfori	1.453 €/kg
Biokaasu	25 €/MWh

Taulukko 6. Lannoitteiden hintoja (Cemagro 2016, LUKE 2015, RAISIOagro 2016),

Valmistaja / tuote	€/kg N	€/kg P
YaraMila NK2 650 kg	2.3	
YaraMila NK2 1200 kg	2.5	
YaraMila NK 1 650 kg	1.9	
YaraBela Suomensalpietari	1.4	
Agro starttifosfori (500 kg)		5.3
Agro starttifosfori (lavapakattu)		2.8
Belor agro Oy	0.93	1.98
Cemagro Oy	0.97	1.91
Yara Suomi Oy	1.26	1.8
Keskiarvo	1.6	2.8

3. Tulokset

3.1. Labio laitoksen kasvihuonekaasupäästöt

Mädätyksen ja kompostilaitoksen energiankulutuksen ja massojen kuljetuksen aiheuttamat päästöt ovat vuodessa 1.7 ktCO_{2,eq}/a. Suurin osa päästöistä johtuu sähkön tuotannosta, mikä näkyy talukosta 7.

Taulukko 7. Mädätyksen, kompostoinnin ja kuljetuksen energiankulutuksen vuotuiset hiilidioksidiekvivalenttipäästöt.

	Päästö kgCO _{2,eq} /a	Osuus %
Sähkö	1 187 824	70
Jätevesilaitos sähkö	3 043	0.2
Kevyt polttoöljy	180 836	11
Kuljetus raaka-aine	265 947	16
Kuljetus tuotteet	68 910	4
Yhteensä	1 706 559	100

3.2. Typen ja fosforin hiilidioksidipäästökerroin

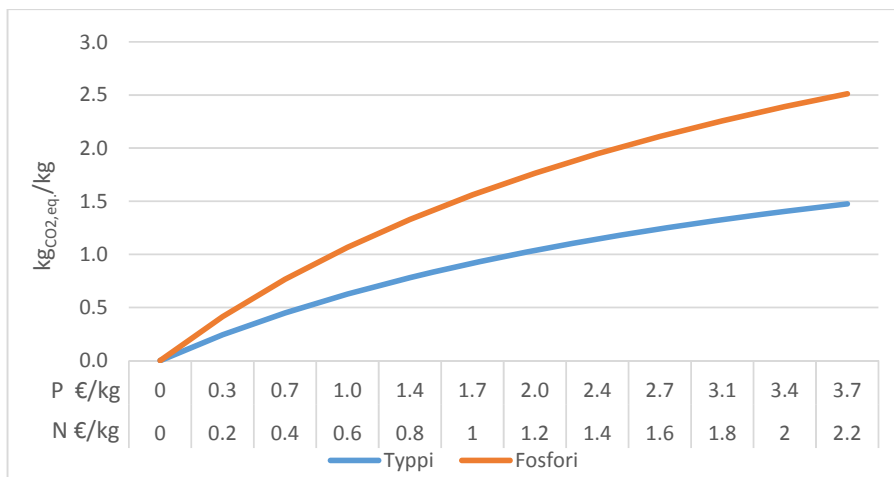
Päästöt allokoidaan taloudellisen arvon perusteella biokaasulle, typelle ja fosforille. Biokaasun arvo on huomattavasti suurempi kuin ravinteiden yhteenlaskettu arvo ja päästöistä suurin osa allokoituu tämän takia biokaasulle (Taulukko 8). Tämä siitäkin huolimatta, että typelle ja fosforille käytetyt hinnat olivat kohtalaisen korkeat ja todellisuudessa kompostin arvo on voi olla jopa alhaisempi.

Fosforin hinta on noin kaksinkertainen typen hintaan verrattuna ja samalla tavalla fosforin päästökerroin on myös kaksinkertainen verrattuna typen päästökertoimeen.

Taulukko 8. Biokaasun ja kompostin ravinteiden taloudellinen arvo, allokoidut hiilidioksidiekvivalenttipäästöt sekä ravinteiden päästökerroimet.

	Arvo €/a	Osuus %	Päästö kg _{CO2,eq} /a	Päästökerroin kg _{CO2,eq} /kg
Biokaasu	1 293 103	74 %	1 259 538	-
Typpi	92 700	5 %	90 294	0.64
Fosfori	366 234	21 %	356 728	1.42
Yhteensä	1 752 038			

Kompostin fosforin ja typen hinta on vaikea määrittää ja tämä epävarmuus vaikuttaa suoraan päästökertoimeen laskentaan. Tämän takia kuvaan 2 laskettiin ravinteiden päästökertoimen kehitystä ravinteiden hinnan mukaan. Maakaasun hinnan on oletettu pysyvän samana kuin taulukossa 5. Fosforin hinta laskettiin typen hinnasta kertomalla se kertoimella 1.7, joka saatiin lannoitteiden fosforin ja typen hinnan keskiarvojen suhteesta (Taulukko 6). Mikäli kompostin ravinteiden arvo olisi kemiallisia mineraalilannoitteiden arvoa vastaava, niin päästökerroin fosforille olisi 2.5 kg_{CO2,eq}/kg ja typelle 1.5 kg_{CO2,eq}/kg.



Kuva 2. Typen ja fosforin päästökertoimen kehitys ravinteiden kilohinnan mukaan.

3.3. Vertailu mineraalilannoitteiden päästöihin

Kompostin ravinteiden päästökertoimien suuruutta voi arvioida vertaamalla niitä mineraalilannoitteiden päästökertoimiin, joita on koottu taulukkoon 9. Kompostin typen ja fosforin päästökertoimet ovat huomattavasti alhaisimpia kuin mineraalilannoitteiden. Kompostin typen päästökerroin on 66 % - 92 % ja fosforin päästökerroin 43 % - 69% alhaisempi kuin kirjallisuudesta löydettyt päästökertoimet.

Taulukko 9. Lannoitteiden päästökertoimia

Typpi	kgCO _{2,eq} / kg N	
Yara Glomfjord	3	Yara 2014
Yara Porsgrunn	2.8	Yara 2014
Yara Siilinjärvi	3.1	Yara 2014
Yara Uusikaupunki	3.3	Yara 2014
Yara Rostock	3.2	Yara 2014
Yara Sluiskil	2.5	Yara 2014
EU BAT	3.6	Yara 2014
EU keskiarvo NH ₃ tehtaat	7.8	Yara 2014
Ammonium nitraatti	3.5	Brenttrup & Pallière 2014
N-fertilizer	5.9	BioGrace 2015
Ammoniakki	1.9	Wood & Cowie 2004
Kompostin typpi (Labio)	0.6	
Fosfori	kgCO _{2,eq} / kg P	
Fosfori	2.7	Winnipeg. 2012
Superfosfaatti TSP	5.5	BioGrace 2015
P ₂ O ₅	2.3	BioGrace 2015
TSP Eurooppa keskiarvo	2.5	Wood & Cowie 2004
Kompostin fosfori (Labio)	1.4	

Typpilannoitteet aiheuttavat käytössä N₂O päästöjä, jotka ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. Tässä selvityksessä ei tutkittu, miten kierrätysravinteiden käyttöä vaikuttaa N₂O päästöihin suhteessa mineraalilannoitteisiin. Tämän lisäksi levityksen ja käytön päästöissä voi olla eroja, mutta niitäkään ei tässä selvityksessä tutkittu, vaan tarkastelu rajattiin tuotantolaitoksen portille.

4. Yhteenveto

Pääasiassa biojätteen ja jätevesilietteen mädätyksestä tulleen mädätteen kompostin sisältämien ravinteiden hiilidioksidipäästökertoimet laskettiin allokoimalla päästöt taloudellisen arvon perusteella biokaasulle ja ravinteille. Päästöt allokoituvat pääosin biokaasulle, jonka taloudellinen arvo on suurempi kuin ravinteiden. Kompostin päästökertoimeksi laskettiin 0.6 kgCO_{2,eq}/kg typelle ja 1.4 kg CO_{2,eq}/kg fosforille. Kompostin sisältämän typen päästökerroin on 70-90 % alhaisempi kuin mineraalilannoite typen ja 40-70% alhaisempi kuin mineraalilannoitteite fosforin. Mikäli kompostin ravinteiden taloudellinenarvo olisi sama kuin mineraalilannoitteiden, niin puolet päästöistä allokoituisi ravinteille. Tällöinkin kuitenkin mineraalilannoitteiden päästökertoimet olisivat keskimäärin suurempia kuin kompostin typen ja fosforinkin päästökerroin.

Lähteet

Brentrup, F. & Pallière, C. 2014. Energy efficiency and greenhouse gas emissions in European nitrogen fertilizer production and use. http://www.fertilizerseurope.com/fileadmin/user_upload/publications/agriculture_publications/Energy_Efficiency__V9.pdf

BioGrace 2015. Harmonized Calculations of Biofuel Greenhouse Gas Emissions in Europe. Additional Standard Values. <http://www.biograce.net/home>

Cemagro 2016. Agro nopealiukoiset lannoitteet. Viitattu 1.3.2016 Saatavilla: <http://www.cemagro.fi/fi/ti-laoslomake.html>

Itä-Suomen aluehallintovirasto. 2011. Lahti Aqua Oy ympäristölupa ISAVI/23/04.08/2010. http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_27_2011_1-2011-2-21.pdf

Kahiluoto, H., Kuisma, M. (edit.) 2010. Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi, MTT Kasvu 12. Jokioinen.

Lahti Energia. 2015. Energiantuotannon ominaispäästökertoimet 2014. <http://www.lahtienergia.fi/ymparisto/502>

LUKE 2015. Kasper Ajankohtaista tietoa pelto- ja puutarhaviljelystä sekä kasvinsuojelusta. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/kasper/pelto/peltopalvelut/fosforilaskuri>

Neste Oil. 2015. Neste-polttoöljy -5/-15. <https://www.neste.fi/artikkeli.aspx?path=2589%2c2655%2c2698%2c2707%2c3326%2c3460%2c4266>

RaisioAgro. Viitattu 1.3.2016 Saatavilla: [https://kauppa.raisioagro.com/raisio_b2c/app/displayApp/\(cpgsiz=&uiarea=3&care=000000016&layout=7.01-7_1_68_63_70_6_9_3&cpnum=1\)/.do?resetfilter=true](https://kauppa.raisioagro.com/raisio_b2c/app/displayApp/(cpgsiz=&uiarea=3&care=000000016&layout=7.01-7_1_68_63_70_6_9_3&cpnum=1)/.do?resetfilter=true)

Thinkstep. Gabi Software-System and Database for the Life Cycle Engineering.

Tilastokeskus. 2015. Polttoaineluokitus 2015.

Vantaan Energia. http://www.vantaanenergia.fi/fi/sahko/energiat%C3%A4hdejakauma/Sivut/default.aspx?_ga=1.255186696.1810354279.1445858296

VTT. 2012. Työkoneiden keskimääräinen päästö ja energiankulutus. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaasot/muut/tyokoneet/diesel_a_t.htm

Winnipeg. 2012. Emission factors in kg CO₂-equivalent per unit. http://www.winnipeg.ca/finance/findata/matmgt/documents/2012/682-2012/682-2012_Appendix_H-WSTP_South_End_Plant_Process_Selection_Report/Appendix%207.pdf

Wood, S., Cowie, A. 2004. A review of greenhouse gas emission factors for fertilizer production. IEA Bioenergy Task 38

Yara 2014 . Calculation of Carbon Footprint of Fertilizer Production. http://yara.com/doc/122597_2013_Carbon_footprint-of_AN_Method_of_calculation.pdf