



# **Biojätteen kompostoinnin ja mädätyksen innovatiiviset prosessiyhdistelmät - KOMBI**

Loppuraportti 8.12.2015

**Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä**

Opastinsilta 6 A  
00520 Helsinki  
puhelin 09 156 11  
faksi 09 1561 2011  
[www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Lisätietoja**

Aino Kainulainen, puhelin 050 381 4017  
[aino.kainulainen@hsy.fi](mailto:aino.kainulainen@hsy.fi)

Christoph Gareis  
[chritoph.gareis@hsy.fi](mailto:chritoph.gareis@hsy.fi)

Kimmo Koivunen  
[kimmo.koivunen@hsy.fi](mailto:kimmo.koivunen@hsy.fi)

**Copyright**

Kartat, graafit, ja muut kuvat: HSY  
Kansikuva: HSY

# Sisällys

1	Tiivistelmä	4
2	Projektin tausta ja tavoitteet	5
3	Projektin osapuolet ja menetelmät	5
4	Projektin tulokset	6
4.1	Ajotavan mallinnus	6
4.2	Elinkaarimallinnus	7
4.3	Biohiilikokeet	8
5	Viestintä	9
6	Poikkeamat	10
7	Projektin vaikuttavuus	10
8	Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen	11
9	Talousraportti	11
10	Suosituksat tulevia hankkeita ja ohjelmia varten	12
11	Liitteet	13

# 1 Tiivistelmä

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY) otti vuonna 2015 käyttöön osavirtämädätysprosessin, jossa osa biojätteestä ohjataan kuivämädätykseen ja osa suoraan tunnelikompostointiin. Syntyvä mädäte kompostoidaan tuoreen biojätteen ja tukiaineiden kanssa. Uuden prosessin optimaalista ajotapaa etsittiin ympäristöministeriön RaKi-ohjelmasta rahoitetussa ”Biojätteen kompostoinnin ja mädätyksen innovatiiviset prosessiyhdistelmät (KOMBI)” -projektissa. Projektin tavoitteena oli minimoida prosessin haitalliset ympäristövaikutukset, painottuen erityisesti ravinnepäästöihin.

Projektissa kehitettiin malli, jossa erilaisilla prosessiparametrien arvoilla saadaan laskettua prosessin jätevesimäärät sekä ravinnevirrat poistoilmaan ja jäteveteen. Mallin avulla uusi prosessi optimoidaan siten, että ravinteiden talteenotto voidaan maksimoida samalla, kun prosessin haitalliset ympäristövaikutukset minimoidaan.

Mallinnustyökalulla saatiin pohjatietoa erilliseen elinkaarimallinnukseen. Elinkaarimallinnuksen tulokset korostavat uusiutuvan energiantuotannon positiivisia ympäristövaikutuksia ja parhaat kokonaisvaikutukset ympäristön näkökulmasta saataisiinkin maksimoimalla prosessin metaanintuotanto pyrkien samalla mahdollisimman pieniin jätevesipäästöihin. Tämän tavoitteen saavuttamisessa projektissa kehitetty tietokonemalli on oivallinen työkalu.

Projektissa tutkittiin myös biohiilen lisäämistä kompostointiprosessiin. Biohiilen havaittiin hillitsevän prosessin ammoniakkipäästöjä ja tehostavan orgaanisen aineksen hajoamista.

## 2 Projektin tausta ja tavoitteet

HSY aloitti biojätteen erilliskeräyksen pääkaupunkiseudulla vuonna 1993. Yhdyskuntien biojätteisiin kuuluvat orgaaniset ruoka- ja muut keittiöjätteet kotitalouksista, sairaaloista, kouluista, ravintoloista ja vähittäiskaupasta sekä puutarha- ja puistoja. HSY:n jätehuoltomääräysten kiinteistökohtaisen keräysvelvoitteen mukaan biojäte erilliskerätään kiinteistöiltä, joissa on vähintään 10 huoneistoa.

Vuonna 2013 Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa vastaanotettiin biojätettä noin 51 000 tonnia. Projektin alkaessa käytössä ollut biojätteen käsittelyprosessi toimi kompostointiperiaatteella ja alueelle oltiin suunnittelemassa mädätyslaitosta. Tavanomainen mädätyslaitos tuottaa kuitenkin merkittäviä määriä vaikeasti käsiteltävää rejektivettä.

Lähtötilanteessa Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksesta tuleva typpikuorma vastasi n. 15 % Suomenojan jätevedenpuhdistuslaitoksen koko typpikuormasta. Mädättämön käyttöönoton jälkeen typpikuorman ennakoitiin kasvavan merkittävästi. Tästä syystä mädätysprosessin valinnassa päädyttiin uudenlaiseen, innovatiiviseen ratkaisuun.

Projektin tavoitteena oli optimoida tämä ensi kerran pohjoismaissa käyttöön otettava, uudenlainen biojätteen käsittelyprosessi, joka yhdisteli tavanomaisen biojätteen kompostoinnin ja mädätyksen prosessivaiheita. Oikein hallittuna uusi prosessi mahdollistaisi biokaasun ja typen talteenoton sekä haitallisen jäteveden määrän vähentämisen.

## 3 Projektin osapuolet ja menetelmät

Projektin toteutti Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä HSY. Eri osakokonaisuuksien toteuttamisessa mukana oli seuraavia yhteistyötahoja:

- Tampereen teknillisen yliopiston työryhmä (professori Jukka Rintala sekä tohtorikoulutettavat Tiina Mönkäre ja Viljami Kinnunen) kantoi päävastuun ajotavan mallinnuksen toteutuksesta.
- Elinkaarimallinnuksen toteutus ostettiin LCA Consulting Oy:ltä
- Pro Gradu -tutkielma biohiilen käytöstä kompostoinnissa tehtiin yhteistyössä Helsingin yliopiston ympäristöekologian laitoksen kanssa (professori Martin Romantschuk ja opinnäytetyön tekijä Pekka Mäkinen)
- Laboratoriopalvelut ostettiin pääosin Metropolilab Oy:ltä. Hajumääritysten osalta käytettiin Nablabs Oy:n palveluita

Keskeiset menetelmät projektissa olivat kokeellinen tutkimus ja tietokonemallinnus. Ajotavan mallinnus tehtiin Microsoft Excel -ohjelmalla, koska sen arveltiin olevan laajalle levinnyt ja sen käyttämisen koettiin olevan useimmille tuttua. Tällöin mallin jakaminen kiinnostuneille tahoille on helppoa, eikä mallin käyttäminen tyypillisesti vaadi ohjelmistolisenssien erillistä hankintaa. Elinkaarimalli rakennettiin kaupallisen elinkaarimallinnusohjelman (Thinkstep, GaBi 6.0) pohjalle, sillä HSY:llä oli siihen entuudestaan lisenssi.

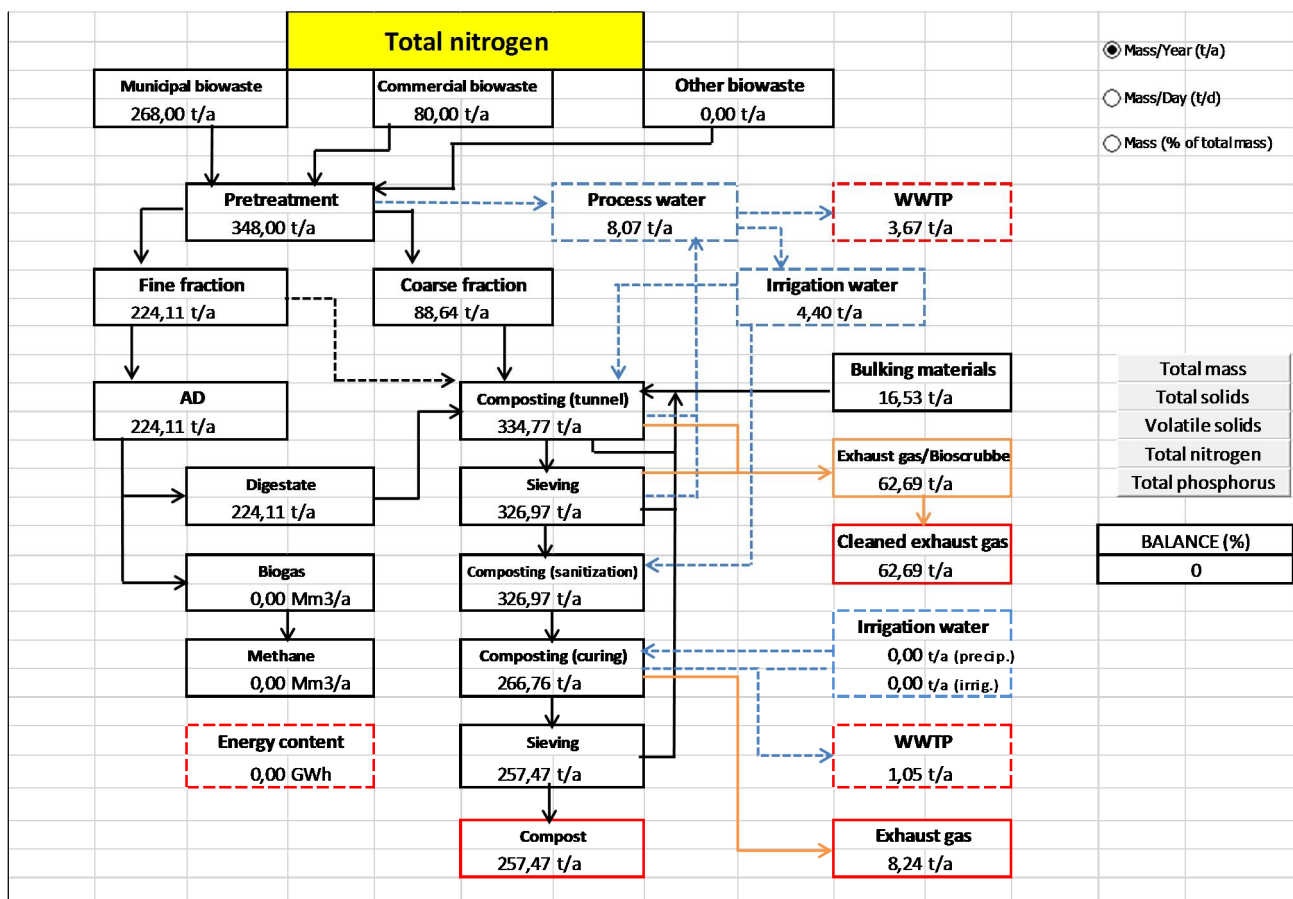
Kunkin osakokonaisuuden menetelmät on kuvattu tarkemmin liitteissä 1-4.

# 4 Projektin tulokset

## 4.1 Ajotavan mallinnus

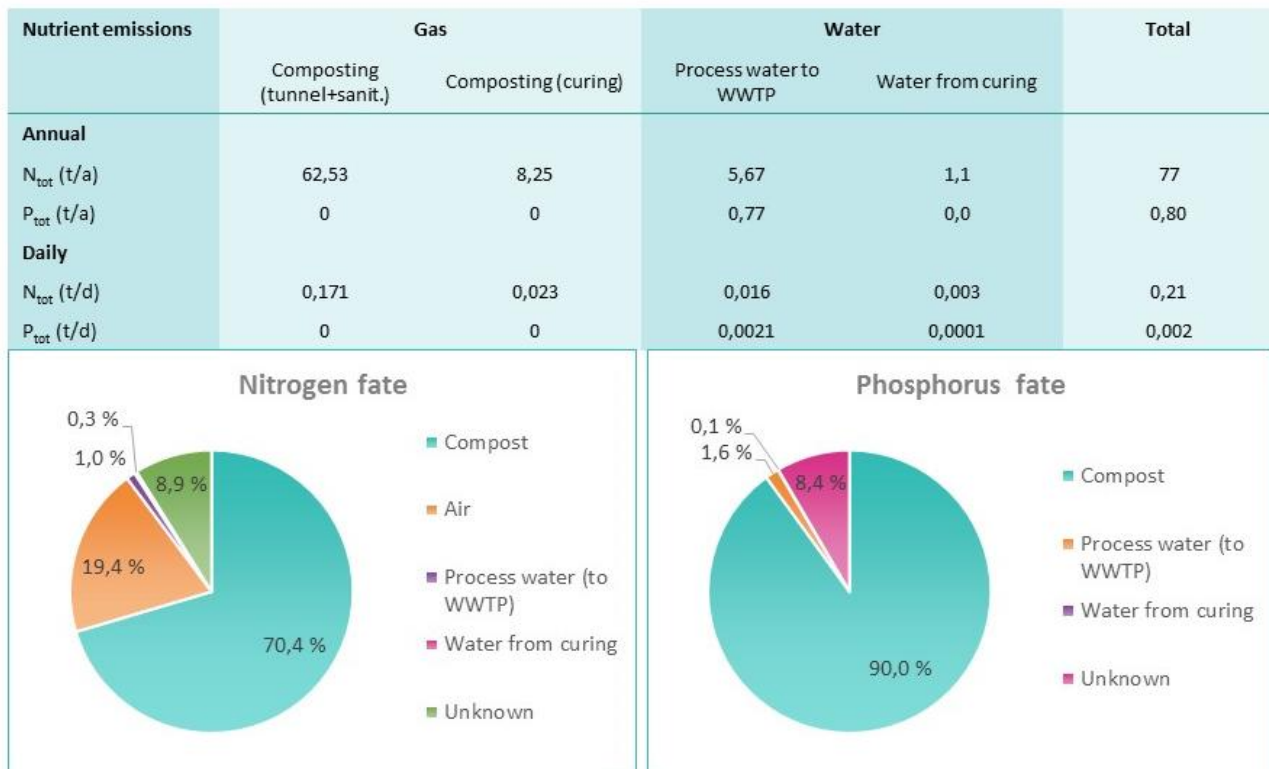
Projektissa mallinnettiin uusi osavirtamädätysprosessi sen massa- ja ravinnevirtojen näkökulmasta. Mallinnus tehtiin yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kanssa. Työryhmässä olivat mukana Tiina Mönkäre, Viljami Kinnunen ja Jukka Rintala (TUT) sekä Aino Kainulainen ja Christoph Gareis (HSY).

Excel-pohjainen malli laskee massataseet kokonaismassalle, kiintoaineelle, orgaaniselle ainekselle, typelle ja fosforille osavirtamädätysprosessin eri vaiheissa. Malli myös varoittaa, jos esimerkiksi orgaanisen aineksen kuormitus (OLR) on tutkimustiedon valossa riskirajoilla. Mallinnuksen pohjatiedoksi HSY:n syötteiden ominaisuudet määritettiin kokeellisesti ja käytetyt laskukaavat perustuvat alan tutkimustietoon. Tarkempi tieto mallinnuksen menetelmistä on esitetty liitteessä 1. Kuvassa 1 on esitetty mallin etusivunäkymä.



Kuva 1. Excel-pohjaisen mallin etusivunäkymä. Esimerkkitapaukseen valittu typen massatase vuositasolla.

Kaiken kaikkiaan mallinnus osoittautui hyväksi tavaksi koota laajaa tutkimustietoa helppokäyttöiseen muotoon. Esimerkiksi typen ja fosforin olomuodot voidaan esittää helposti taulukoiden ja kaavioiden muodossa (Kuva 2). Myös prosessin käyttäytymisen ennakoiminen muutostilanteissa on varmempaa ja helpompaa kuin aiemmin. Mallia tullaan hyödyntämään aina, kun prosessiin lisätään uusia syötteitä tai prosessin ajotapaa muokataan merkittävästi. Sen pohjalta voidaan myös antaa arvioita sellaisista päästöistä, joita ei mitata jatkuvasti. Mallia käyttävät biolaitoksen toimintovastaavan lisäksi todennäköisesti laitoksen



valvontateknikko sekä jätehuollon kehittämisen työntekijät.

Kuva 2. Esimerkkejä mallin tarjoamasta tiedosta. Kuvaajissa "Unknown" kuvaa mallin epätarkkuutta.

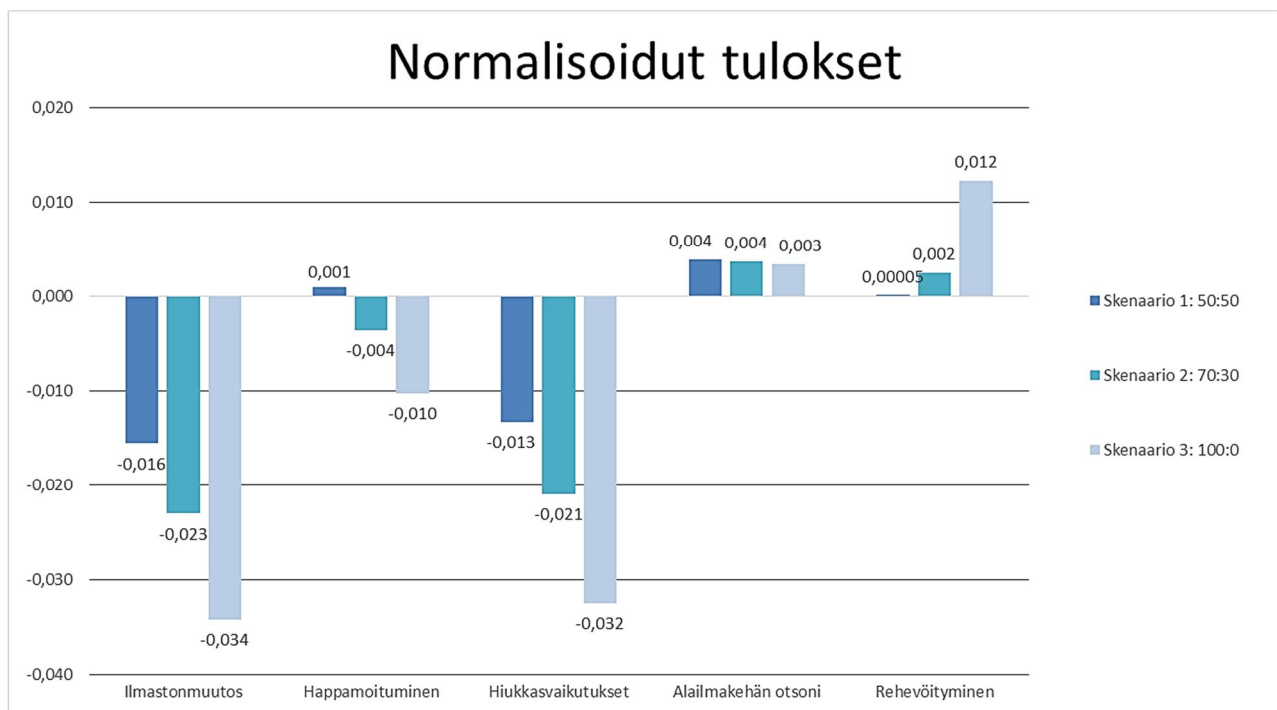
## 4.2 Elinkaarimallinnus

Projektissa mallinnettiin HSY:n jätehuollon biojätteiden käsittelyä ja laskettiin ympäristövaikutuksia GaBi 6.0 elinkaarimallinnusohjelman avulla. HSY:n jätehuollolle on aiemmassa hankkeessa tehty biojätteenkäsittelyn elinkaarimalli GaBi-ohjelmalla ja selvitetty jätteiden käsittelyn ympäristövaikutuksia. Aiemmin tehtyä mallia biojätteen keräyksen ja käsittelyn nykytilasta hyödynnettiin tässä työssä. Työn tarkoituksena oli päivittää mallia, lisätä siihen olennaisia prosesseja ja toimintoja sekä laskea uusia ympäristövaikutustuloksia.

Mallissa tarkastellaan yhtä tonnia kotitalouksissa syntyvää biojätettä, joka kerätään ja kuljetetaan hyödynnettäväksi Ämmäsuolle joko mädätyslaitoksessa ja/tai kompostointilaitoksessa. Malli huomioi jätteen käsittelystä aiheutuvien päästöjen lisäksi myös vältetyt päästöt, joita saavutetaan, kun biojätteistä saatavia tuotteita voidaan hyödyntää neitseellisten tuotteiden sijaan. Lisäksi vältettyjä päästöjä saavutetaan, kun

mädätyksessä syntyvän biokaasun hyötykäytöllä korvataan fossiilisia polttoaineita. Elinkaarimallin tavoitteena on laskea HSY:n jätehuollon toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja tunnistaa ympäristön kannalta vähiten haittoja aiheuttava vaihtoehto. Malli toteutettiin niin, että syntyviä ympäristövaikutuksia voi tarkastella eri mädätys-kompostointi -suhteilla. Tarkempi kuvaus mallin toteutuksesta on liitteessä 2.

Tulokset osoittavat, että mädätyksen osuuden kasvattaminen johtaa pienempään ympäristökuormitukseen ilmastonmuutos-, happamoitumis-, hiukkas- sekä alailmakehän otsonin muodostumisvaikutusluokissa (Kuva 3). Ainoastaan rehevöitymisvaikutusluokassa biojätteen mädätysosuuden kasvattaminen lisää ympäristökuormitusta. Skenaariossa 3, jossa kaikki biojäte ohjataan mädätykseen, tuotetaan biokaasua enemmän kuin muissa skenaariossa ja sen energiahyötykäytöllä voidaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja saavuttaa merkittävässä määrin vältettyjä ympäristövaikutuksia.



Kuva 3. Elinkaarimallinnuksen normalisoidut tulokset.

Tulosten valossa rehevöitymisvaikutukset ovat siis näennäisesti ristiriidassa muiden, suurempien ympäristövaikutusten kanssa. On kuitenkin huomioitava, ettei elinkaarimalli huomioi mädätysprosessin erityispiirteitä tai erilaisia ajotapoja. Voidaan siis todeta, että elinkaarimallinnus kehottaa maksimoimaan metaanintuoton suurimpien ympäristöhyötyjen saavuttamiseksi, mutta tämä on tehtävä siten, ettei jäteveden tuotto kasva. Tämän tavoitteen saavuttamisessa projektissa tehty ajotavan mallinnus on oiva työkalu.

### 4.3 Biohiilikokeet

Biohiilen vaikutusta tunnelikompostointiprosessin tehokkuuteen ja ravinnevirtoihin tarkasteltiin kokeellisesti Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen kompostointilaitoksella tammikuussa 2015. Täyden mittakaavan kokeessa ei kyetty toistamaan kompostoinnin olosuhteita riittävän samanlaisina, jotta tulosten perusteella voitaisiin tehdä varmoja johtopäätöksiä. Tulokset kuitenkin tukivat oletusta siitä, että biohiili kiihdyttää kompostointiprosessia, vähentää sen hajuhaittoja ja auttaa sitomaan typpeä ja fosforia kompostimassaan.

Hankkeen ohjausryhmä päätti kokouksessaan 27.5.2015, että koe olisi hyvä toistaa kiinnittäen huomiota ensimmäisessä kokeessa havaittuihin ongelmakohtiin. Kokeen uusimisella nähtiin olevan myös se etu, että



biokaasulaitos oli tällä välin käynnistynyt, joten koe voitiin nyt tehdä olosuhteissa, joissa laitos tulisi jatkossa toimimaan. Koe päätettiin toteuttaa opinnäytetyönä ja tehtävään palkattiin ensimmäisessä kokeessa harjoittelijana toiminut Pekka Mäkinen.

Toinen koe suoritettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä vaiheessa elokuussa 2015 suoritettiin laboratoriomittakaavan koe, jossa pyrittiin määrittämään pienin hiilipitoisuus, jolla on vaikutusta kompostoinnin ammoniakkipäästöihin. Laboratoriomittakaavan kokeella voitiin tutkia useampia pitoisuuksia ja varmistaa olosuhteiden säilyminen samana. Laboratoriokokeen tulosten perusteella valittiin kaksi pitoisuutta, joilla suoritettiin laitosmittakaavan koe loka-marraskuussa 2015.

Tutkimuksen tulosten perusteella biohiilen lisäys kompostimassaan lisäsi orgaanisen aineksen hajoamista laitosmittakaavan tunnelikompostoinnissa. Biohiilipitoisuuden kasvaessa myös orgaanisen aineksen hajoaminen oli suurempaa. Biohiilen lisäyksellä pystyttiin vähentämään laitosmittakaavan tunnelikompostoinnissa syntyvän haihtuneen ammoniakkin määrää, jos tunnelin olosuhteet ja kompostimassan lämpötila pysyi ohjearvojen tuntumassa.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan arvioida, että jopa kolmen prosentin biohiilen lisäyksellä kompostimassaan pystytään lisäämään kompostointiprosessin aktiivisuutta sekä vähentämään kompostoinnissa syntyvää haihtuneen ammoniakkin määrää laitosmittakaavan tunnelikompostoinnissa.

Toisessa kokeessa kyettiin välttämään ensimmäisen kokeen tuloksia vääristäneet tekijät. Lisäksi laitosmittakaavan kokeen tulokset ovat yhteneviä laboratoriomittakaavan tulosten kanssa, joten niiden voidaan arvioida olevan luotettavia. Tieteelliseen tutkimukseen liittyvä tulosten tilastollinen analyysi ei tiukasta aikataulusta johtuen sisälly tässä raportoitaviin hankkeen tuloksiin.

Tarkemmat raportit molemmista kokeista ovat tämän raportin liitteinä 3 ja 4.

Kokeissa todettiin, että jo kolmen prosentin biohiilen lisäys kompostimassaan kiihdyttää prosessia ja hillitsee ammoniakkipäästöjä. Hiilen nykyisellä hintatasolla tämä ei kuitenkaan ole taloudellisesti järkevää. Jatkohankkeissa HSY:llä tullaan selvittämään biohiilen valmistamisen edellytyksiä Ämmäsuolla, jolloin hinta voitaisiin saada järkevälle tasolle. Myös muita materiaaleja, kuten puhdistamolietettä ja risuja, hiilen valmistamiseksi tutkitaan.

## 5 Viestintä

Projektin tulokset esiteltiin julkisesti Biolaitosyhdistyksen juhlaseminaarissa 21. - 22.10. Helsingissä. Lisäksi tuloksista on tiedotettu biokaasulaitoksen työntekijöille erillisessä infotilaisuudessa.

Tulokset ovat herättäneet myös kansainvälistä mielenkiintoa ja niistä tullaan näkemään esitys yhdysvaltalaisessa konferenssissa "The 31st International Conference on Solid Waste Technology and Management", Philadelphiassa 4. - 6.4.2016.

Posterin muodossa projektia on esitelty seuraavissa tilaisuuksissa:

- Biokaasulaitoksen avajaiset 11.6.2015 Ämmäsuolla.
- ISWA:n (International Solid Waste Association) konferenssi 6. - 9.9. Antwerpenissa, Belgiassa. Projektinsiinööri osallistui konferenssiin tutkimusryhmän edustajana.

- Jätelaitosyhdistyksen kiertotalouspäivät 2.-3.12.2015, Helsinki. Osallistujat koostuvat jätealan ammattilaisista.

Tuloksista on myös kirjoitettu tiedote, jota on tarjottu ja tarjotaan alan lehdille julkaistavaksi ja projektilla on internetsivut osoitteessa <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/jatehuolto/tutkimusjakehitys/Sivut/kombi.aspx>. Sivuille päivitetään loppuraportti ja muut julkaistavat tuotokset heti niiden hyväksymisen jälkeen.

Jäte- ja biolaitosalan ammattilaiset ovat projektin viestinnän tärkein kohderyhmä. Tulokset ovat herättäneet paljon kiinnostusta heidän keskuudessaan ja projektissa tehtyä mallia on jo jaettu muiden toimijoiden käyttöön. Projektin internetsivujen kautta on myös saatu yhteydenottoja, jotka saattavat johtaa yhteistyöhön myöhemmissä projekteissa.

## 6 Poikkeamat

Projektin talouden toteuma jää alle budjetoidun. Kaikki suunnitellut työt on kuitenkin toteutettu. Tarkempi kuvaus taloudesta esitetään kappaleessa 9.

Kansainvälistä kiinnostusta projektin tuloksia kohtaan ei osattu projektia suunnitellessa riittävästi ennakoida, eikä kumpaakaan edellä mainituista kansainvälisistä konferensseista ole alkuperäisessä viestintäsuunnitelmassa. Kansainvälinen näkyvyys koettiin kuitenkin erittäin positiivisena ja ohjausryhmä päätti sallia konferensseihin osallistumisen.

Alkuperäisessä projektisuunnitelmassa ei mainita biohiilen käyttöön liittyvää tutkimusta vaan ajatus heräsi projektiryhmässä työskentelyn alkutaipaleella. Biohiilen arvioitiin kuitenkin olevan yksi lupaavimmista tavoista vähentää kompostoinnissa poistoilmaan pakenevan tyypin määrää ja sen sisällyttäminen projektiin koettiin hyvänä ajatuksena. Tulosten perusteella voidaan todeta päätöksen olleen oikea.

## 7 Projektin vaikuttavuus

Projekti on edistänyt pääkaupunkiseudun biojätteenkäsittelyn ravinteiden hallintaa. Vähentämällä ravinnepitoisten jätevesien syntymistä vaikutetaan suoraan Itämereen päätyvien ravinteiden määrään. Toisen biohiilikokeen yhteydessä tutkittaessa todettiin, ettei suotovettä kompostointitunneleista muodostu optimoidussa prosessissa. Lopulliset vaikutukset nähdään vasta vuoden 2016 kuluessa, mutta jos kompostointilaitoksen jätevedet saadaan prosessia ohjaamalla eliminoitua kokonaan, on Ämmäsuolta kyetty välttämään noin 7,5 tonnin typpikuorma jätevedenpuhdistamolle. Kaasumaisten typpipäästöjen vähentäminen puolestaan parantaa ravinteiden kierrätystä sekä vähentää biojätteenkäsittelyn paikallisia haittavaikutuksia.

Jätevesien vähenemiseen liittyvät vaikutukset syntyvät projektissa luodun mallin ottamisesta käyttöön ja ovat siten välittömiä, kun taas kaasumaisen typpihäviön vähentämiseen tarvitaan lisää työtä. Kokonaisuudessaan projekti oli tutkimuspainotteinen ja se on tuottanut paljon arvokasta tietoa, jota tullaan hyödyntämään jatkohankkeissa Ämmäsuolla. Syksyllä 2015 aloitetussa Biomassat-hankkeessa laajennetaan ravinteiden hallinnan katsantokantaa koko alueen jätevesiin ja levän kasvattamisen mahdollisuutta niissä tutkitaan.

Kasvattamalla levää fotobioreaktoreissa Ämmässuolla voitaisiin vähentää puhdistamolle päätyvää ravinnekuormaa entisestään ja tuottaa hyödynnettävää biomassaa. Biohiillelle pyritään puolestaan löytämään edullinen lähde, jotta sen käyttäminen prosessissa olisi myös taloudellisesti järkevää.

Projektin raportit ovat vapaasti kaikkien käytettävissä. Myös projektissa kehitetty osavirtamädätysprosessin malli tarjotaan kiinnostuneiden käyttöön. Malli on suunniteltu Ämmässuon prosessin pohjalta, mutta sen pystyy muokkaamaan vastaamaan myös muita laitoksia. On toivottavaa, että mallia kyetään hyödyntämään myös laajemmin biojätteenkäsittelyn optimoimiseksi. Mallin saa käyttöönsä pyytämällä projektin yhteyshenkilöiltä.

## 8 Tulosten kestävyys ja hyödyntäminen

Projektissa luotu prosessimalli on hyvä työkalu biojätteen käsittelytoiminnolle. Sen avulla saadaan arvioitua prosessin massavirtoja ja voidaan ennustaa prosessimuutosten vaikutuksia niihin. Malli auttaa HSY:tä optimoimaan biojätteenkäsittelyään siten, että siitä aiheutuu mahdollisimmat vähän haitallisia päästöjä. Sitä tullaan hyödyntämään prosessin säätämiseen jatkossa ja päivittämään tarvittaessa. Mallia käyttävät pääasiassa toimintovastaava ja valvontateknikko. Mahdollisia päivityksiä tehdään jätehuollon kehittämisen kanssa yhteistyössä.

Elinkaarimallinnus todettiin hyväksi tavaksi hahmottaa jätteenkäsittelyn kokonaisvaikutuksia. Biojätteenkäsittelyn mallinnus toimii hyvänä alkuna, ja HSY suunnittelee nyt laajentavansa GaBi-pohjaista malliaan koskemaan myös muita käsittelytoimintoja Ämmässuon alueella. Nyt luotua ja jatkossa laajennettavaa mallia hyödyntävät sekä kehittämysyksikön asiantuntijat että jätteenkäsittelykeskuksen ympäristövastaavat. Sen avulla voidaan ohjata päätöksentekoa siten, että kokonaisvaikutukset ympäristöön huomioidaan.

## 9 Talousraportti

Kokonaisbudjetista käytettiin hieman alle 72 %. Verrattaessa alkuperäiseen kustannusarvioon, nähdään, että erityisesti henkilöstökustannukset arvioitiin toteumaa suuremmiksi. Kustannusarviota onkin päivitetty valvojen ja ohjausryhmän suostumuksella projektin aikana vastaamaan paremmin kulujen jakautumista. Merkittävimmät kulut muodostuivat ostopalveluista (70 000 €) ja henkilöstön palkoista (66 900 €). Matkustuskulut jäivät noin puoleen budjetoidusta ja varaus ennakoimattomiin kuluihin (1000 €) jäi kokonaan käyttämättä. Projektissa kuitenkin suoritettiin kaikki sovitut toimenpiteet ja saavutettiin olennaiset tavoitteet.

Projektin toteutuneet ja luotettavasti arvioitavat kustannukset raportointijaksolta on esitetty liitteessä 5. Kustannukset on tasapainotettu HSY:n ja rahoittajan välillä siten, että alkuperäisen rahoituspäätöksen mukaiset prosenttiosuudet säilyvät.

# 10 Suositukset tulevia hankkeita ja ohjelmia varten

Projektissa huomattiin, että parhaat kehittämissideat muodostuvat usein vasta projektin jo ollessa käynnissä. Tästä syystä on hyvä, että projektisuunnitelmaa voidaan muokata projektin kuluessa, säilyttäen kuitenkin tavoitteet ja rahoitus alkuperäisen päätöksen mukaisina. Valvojien ja rahoittajan joustavuus koettiin erittäin hyvänä asiana ja projektin tulokset olivat tämän ansiosta suunniteltua laajempia. Myös kustannusten jakautumista on vaikea täsmällisesti ennakoida ja kulujen jakaminen kustannusarviolomakkeen edellyttämällä tarkkuudella koettiin suunnitteluvaiheessa vaikeaksi. Onneksi myös tässä asiassa valvojat ja rahoittaja sallivat hyvin perusteltuja muutoksia projektin edetessä.

HSY aikoo jatkaa kehitystyötä ravinteidenhallinnan osalta ainakin tutkimalla leväbiomassan kasvattamista jätteenkäsittelykeskuksen jätevesissä. Myös edullista tapaa tuottaa biohiiltä tullaan selvittämään lähivuosina. Lisäksi uutena tutkimusideana on noussut biohiilen hyödyntäminen ammoniumtypen sitomiseen jo mädätysprosessin aikana. Tämä voi ehkäistä ammoniuminhibitiota prosessissa ja kasvattaa mädätyksen positiivisia ympäristövaikutuksia suuremman metaanintuotannon seurauksena.

# 11 Liitteet

- Liite 1: Ajetavan mallinnuksen raportti "Modelling reject water and nutrient flows from biowaste treatment in a partial flow digestion process"
- Liite 2: Elinkaarimallinnuksen raportti "Biojätteenkäsittelyn elinkaarimallin (GaBi 6.0) päivitys ja prosessivaihtoehtojen vertailu päivitettyä mallia käyttäen"
- Liite 3: Biohiilikokeen raportti (kevät 2015)
- Liite 4: Biohiilikokeen raportti (syksy 2015) "Biohiilen lisäyksen vaikutukset kompostointiprosessiin laitosmittakaavan tunnelikompostoinnissa"
- Liite 5: Projektin kustannukset



**Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä**

PL 100, 00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki  
Puh. 09 156 11, Fax 09 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster**

PB 100, 00066 HRM, Semaforbron 6 A, 00520 Helsingfors  
Tfn 09 156 11, Fax 09 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)

**Helsinki Region Environmental Services Authority**

P.O. Box 100, FI-00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki  
Tel. +358 9 15611, Fax +358 9 1561 2011, [www.hsy.fi](http://www.hsy.fi)