

Kaatopaikkakaasun kertymä Mustankorkea Oy:n sekajätteen loppusijoitusalueella

Eemeli Ekroos

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Luonnonvara- ja ympäristöala





Tekijä(t) EKROOS, Eemeli	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 06.05.2013
	Sivumäärä 40	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi KAATOPAIKKAKAASUN KERTYMÄ MUSTANKORKEA OY:N SEKAJÄTTEEN LOPPUSIJOITUSALUEELLA		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VESISENAHO, Tero		
Toimeksiantaja(t) Mustankorkea Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaatopaikkakaasun määrän muodostuminen uudelta jätetäyttöalueelta ja miettiä kaatopaikkakaasulle mahdollinen hyödyntämiskäytäntö Jyväskylän Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelyasemalla.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin vuosien 2008-2012 loppusijoitettujen jätteiden jätemäärätietoja. Näiden tietojen ja kaatopaikkojen metaanalaskentamallin avulla voitiin ratkaista Mustankorkea Oy:n uudella jätetäyttöalueella syntyvä kaatopaikkakaasun määrä. Kaatopaikkojen metaanalaskentamalli ei anna suoraan muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää, vaan tämä jouduttiin selvittämään kaatopaikkakaasun ominaisuuksien avulla.</p> <p>Tutkimuksessa arvioitiin myös tulevaisuudessa Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelyasemalle tulevien jätteiden määrää, jotta saataisiin kattava kuva muodostuvasta kaatopaikkakaasusta. Vuoden 2015 jälkeen tulevan uuden lakiuudistuksen myötä jätetäyttöön ei voida enää loppusijoittaa kuivajätettä. Näiden pohjalta pystytään miettimään paremmin mahdollista kaatopaikkakaasun hyödyntämiskäytäntöä.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella Mustankorkea Oy:n uudelta jätetäyttöalueelta muodostuvan kaatopaikkakaasun määrä ei ole kovin suuri ja tämä vaikeuttaa kaatopaikkakaasun hyödyntämiskäytännön valintaa. Kaatopaikkakaasun hyödyntämiskäytännön valinta tarvitsisikin tarkempaa lisäselvitystä. Jatkotoimenpiteinä tulisi aloittaa kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmän rakentaminen, jotta syntyvä kaatopaikkakaasu saataisiin hyötykäyttöön.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kaatopaikkakaasu, metaani, jätetäyttöalue, Mustankorkea Oy		
Muut tiedot		



Author(s) EKROOS, Eemeli	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 06052013
	Pages 40	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title LANDFILL GAS ACCUMULATION IN MUSTANKORKEA OY'S MUNICIPAL WASTE DISPOSAL AREA		
Degree Programme Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) VESISENAHO, Tero		
Assigned by Mustankorkea Oy		
Abstract <p>The aim of the thesis is to define the quantity of forming landfill site gas from the new waste bank area and consider a possible recovery solution for the landfill site gas to the waste treatment plant of Jyväskylä Mustankorkea Oy.</p> <p>The study is based on the data of disposed waste between the years 2008 and 2012. With that information and methane calculation model for landfills it is possible to determine the amount of forming landfill site gas in the new waste bank area of Mustankorkea Oy. The methane calculation model does not give directly the amount of forming landfill site gas but it has to be figured out with the features of the landfill site gas.</p> <p>In the study there is evaluated also the amount of incoming waste to the waste treatment plant of Mustankorkea Oy, in order to get a comprehensive picture of the forming landfill site gas. After the new law reform, coming into effect after the year 2015, it is not possible to dispose of dry waste to the waste bank. Based on these facts it is possible to consider a better potential recovery solution for the landfill site gas.</p> <p>The research revealed that the amount of forming landfill site gas from the new waste bank area of Mustankorkea Oy is not very big. The fact makes the choice of the recovery solution more difficult so the selection of the recovery solution would need more detailed clarification. As a follow up action the landfill site gas recovery system should be built up so that the forming landfill site gas could be utilized.</p>		
Keywords landfill site gas, methane, disposal area, Mustankorkea Oy		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	MUSTANKORKEA OY	5
2.1	Mustankorkea Oy:n toiminta.....	5
2.2	Jätteen käsittely ja hyötykäyttö.....	7
3	KAATOPAIKKAKAASUN MUODOSTUMINEN JÄTETÄYTÖSSÄ	10
3.1	Aerobisen hajoamisen vaihe.....	10
3.2	Anaerobisen hajoamisen vaihe.....	10
3.3	Hajoamisesta syntyvät yhdisteet.....	10
3.4	Jätteen laatu kaasuntuotannossa.....	11
3.5	Jätetäytön rakenteelliset ominaisuudet.....	11
4	MUSTANKORKEA OY:N NYKYINEN LOPPUSIJOITUSALUE	13
4.1	Loppusijoitusalueelle toimitettavat jätelajit	13
4.1.1	Kotitalouksien kuivajäte.....	15
5	KAATOPAIKKAKAASUN KÄSITTELY- JA HYÖDYNTÄMISVAIHTOEHDOT	18
5.1	Lämmöntuotanto.....	18
5.2	Sähköntuotanto	19
5.3	Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto.....	19
5.4	Kaatopaikkakaasun jalostaminen liikennepolttoaineeksi	20
5.5	Kaatopaikkakaasun käsittely.....	21
5.5.1	Metaanin soih tupoltto	21
5.5.2	Kaatopaikkakaasun biologinen käsittely.....	21
6	TUTKIMUSONGELMA	23
7	MUODOSTUVAN KAATOPAIKKAKAASUN MÄÄRÄN LASKEMINEN	24
7.1	Laskentamallin käyttö.....	24

7.2	Mustankorkea Oy:n uudella loppusijoitusalueella muodostuva metaani ..	26
7.3	Kaatopaikkakaasun määrän laskeminen muodostuvan metaanin määrän avulla	28
7.3.1	Arvio kaatopaikkakaasun koostumuksesta Mustankorkean uudella jätetäyttöalueella.....	28
7.3.2	Kaatopaikkakaasun tilavuuden määrittäminen	29
7.3.3	Mustankorkea Oy:n uudessa jätetäytössä muodostunut kaatopaikkakaasun määrä	30
7.4	Kaatopaikkakaasun talteenotto uudella jätetäyttöalueella	31
7.4.1	Talteenotettava kaatopaikkakaasun määrä Mustankorkealla	31
7.4.2	Kaatopaikkakaasusta saatava energia	32
8	TULOSTEN ANALYSOINTIA JA POHDINTOJA.....	34
8.1	Kaatopaikkakaasun hyötykäytön vaihtoehtojen tarkastelua	34
8.2	Pohdintoja.....	35
8.3	Tulosten arviointi	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET	40
	Liite 1. Kartta Mustankorkea Oy:n nykyisestä loppusijoitusalueesta	40

KUVIOT

KUVIO 1. Ilmakuva Mustankorkea Oy:n alueesta (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 10.).....	7
KUVIO 2. Mustankorkea Oy:n nykyinen loppusijoitusalue	13
KUVIO 3. Mustankorkea Oy:n vastaanottamien ja loppusijoitettujen jätteiden määrät vuosina 2008-2012	14
KUVIO 4. Mustankorkealle loppusijoitukseen tulevaa kuivajätettä (vas.) ja rakennusjätettä (oik.)	16

KUVIO 5. Mustankorkea Oy:lle kotitalouksista tulevan kuivajätteen koostumus (muokattu Kuiton, 2010 kuviosta)	17
KUVIO 6. Kuivajätteen sisältämät biohajoavat jätteet (muokattu Kuiton, 2010 kuviosta)	17
KUVIO 7. Biosuodinkerroksella peitettyä jätettä Mustankorkean uudella jätetäyttöalueella	22
KUVIO 8. Metaanilaskentamallin Jättemäärätiedot-välilehti.....	24
KUVIO 9. Metaanilaskentamallin Muut_lähtötiedot-välilehti	25
KUVIO 10. Metaanilaskentamallin Laskenta-välilehti	25
KUVIO 11. Metaanilaskentamallin Päästötulokset-välilehti	26
KUVIO 12. Mustankorkean uudella jätetäyttöalueella muodostunut metaani vuosina 2008-2012.	27
KUVIO 13 Arvio muodostuvasta metaanista vuosina 2013-2050.....	28
KUVIO 14. Arvio vuosittain muodostuneesta kaatopaikkakaasusta (m ³) vuosina 2013-2050.....	31
KUVIO 15. Vertailu vuosina 2013-2050 muodostuneesta kaatopaikkakaasusta ja talteenotetusta kaatopaikkakaasusta.	32
KUVIO 16. Talteenotetusta kaatopaikkakaasusta saatava energiamäärä MWh vuosina 2013-2050	33
KUVIO 17. Talteenotetulla kaatopaikkakaasulla lämpiävät omakotitalot vuosina 2013-2050.....	33

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Vuosina 2008–2012 loppusijoitukseen päätyneet jätteet jätelajeittain (tonnia).....	15
TAULUKKO 2. Kaatopaikkakaasun sisältämien aineiden tiheydet	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti suuresti oma kiinnostukseni jätteenkäsittelyn alaan ja kiinnostus uusiutuvaa energiaa kohtaan. Myös nyky maailman kasvanut energian tarve ja fossiilisten polttoaineiden riittävyys on asettanut uusille energian tuotantomuodoille paineita. Jätteenkäsittelyn ala on myös tulevaisuudessa suuressa roolissa, sillä lainsäädännön myötä entistä vähemmän jätettä saa päätyä loppusijoitukseen. Näin ollen yhteiskunnan on hyödynnettävä mahdollisimman paljon muodostuvista jätteistä.

Aiheen valinnalle lisäarvoa tuo kaatopaikkakaasun sisältämän metaanin ja hiilidioksidin haitallisuus kasvihuonekaasuina. *Yksi ilmakehään vapautuva metaanitonnei vastaa 21 tonnia hiilidioksidia sadan vuoden ajanjaksolla* (Karttunen 2007, 28). Metaani aiheuttaa arvioiden mukaan jopa 40 prosenttia ilmaston lämpenemisestä (Mts. 28). Jos kaatopaikkakaasun talteenottoa tai käsittelyä ei järjestetä, kaatopaikkakaasun sisältämä metaani pääsee vapaasti ilmakehään kiihdyttäen ilmastonmuutosta.

Vuonna 2012 hakiessani kesätöitä Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelyasemalta, ilmaisin kiinnostukseni tehdä opinnäytetyöni heille. Saatuani kesätyöpaikan ja kesätöiden loputtua syksyllä rupesimme alustavasti suunnittelemaan opinnäytetyöni aiheetta, Mustankorkea Oy:n käyttöpäällikkö Timo Nissisen ja käyttöinsinööri Miika Reilin kanssa. Tapaamisessa minulle tarjottiin opinnäytetyötä Mustankorkea Oy:n käytössä olevan jätetäyttöalueen kaatopaikkakaasun potentiaalın selvittämiseksi. Otin aiheen vastaan ja tammikuussa 2013 aloitin tutkimussuunnitelman teon ja perusteellinen pohjatietojen kerääminen alkoi.

Työni tavoitteena on määrittää muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää uudelta jätetäyttöalueelta. Mustankorkealla oli tarve selvittää muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää, sillä lainsäädäntö velvoittaa jätteenkäsittelyasemien selvittämään muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää jätetäytöstä ja suunnittelemaan tälle kaasunkeräysjärjestelmän. Myös vuoden 2015 jälkeen lakiuudistus kieltää yli 10 prosenttia biohajoavaa jätettä sisältävien jätekuormien loppusijoittamisen. Mustankorkealla ei

ole aikaisemmin tehty samanlaista selvitystä uuden jätetäyttöalueen osalta, joten työni on uutuusarvoltaan heille tärkeä. Työni pohjalta Mustankorkealla on mahdollisuus miettiä tulevaa kaatopaikkakaasun hyödyntämisvaihtoehtoa uudelle jätetäyttöalueelle.

2 MUSTANKORKEA OY

2.1 Mustankorkea Oy:n toiminta

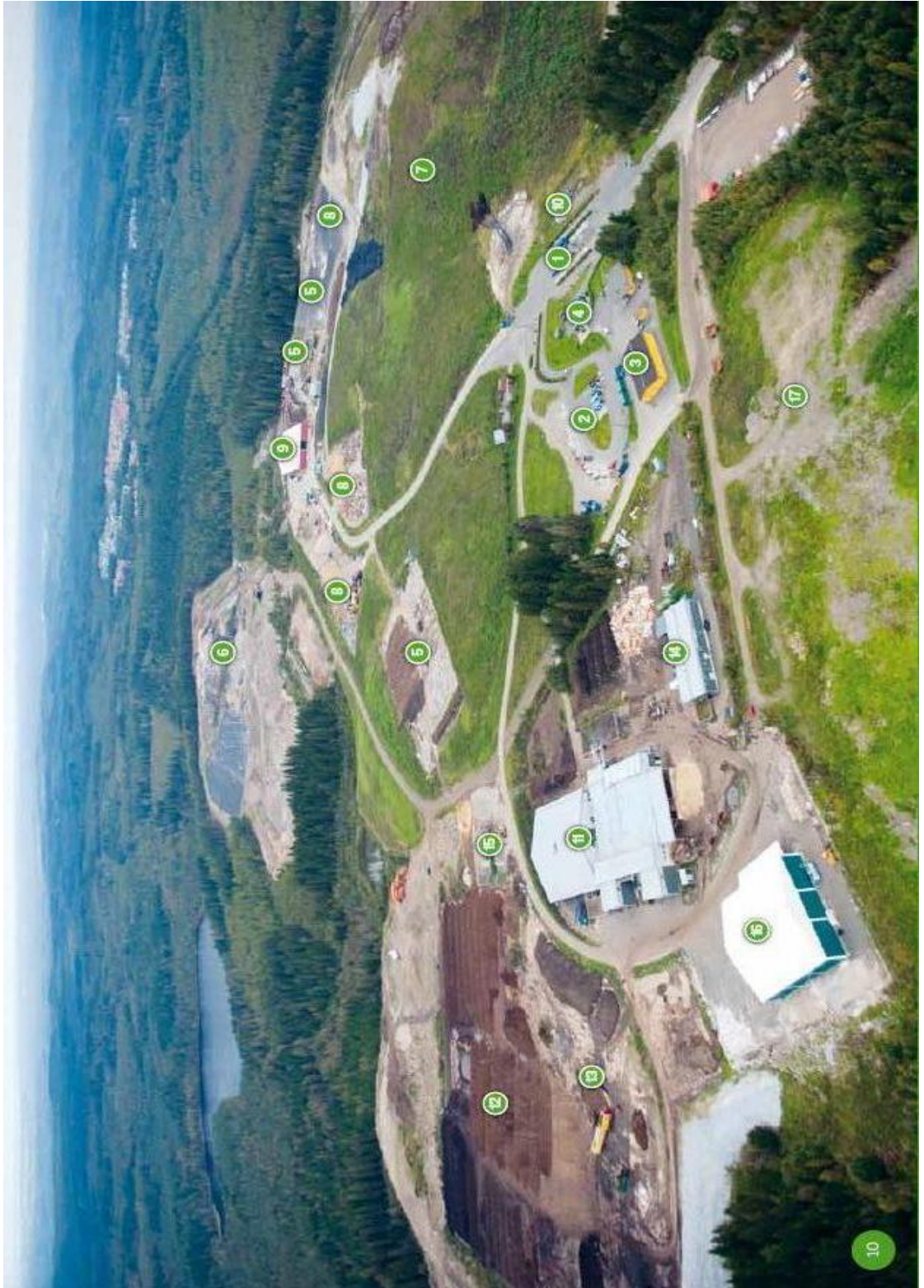
Mustankorkea Oy on alueellinen jätteenkäsittely-yhtiö, jonka omistajia ovat Jyväskylä, Laukaa, Muurame ja Vapo Oy. Omistajakuntien lisäksi asiakkaina on seitsemän

keskisuomalaista kuntaa. Yhtiön toimialueella asuu noin 206 000 asukasta. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 7.)

Mustankorkea Oy hoitaa yhtiön toiminta-alueella syntyneiden yhdyskuntajätteiden käsittelyä sekä edistää jätteiden kierrätystä ja hyötykäyttöä. Asiakkaina Mustankorkealla ovat mm. kotitaloudet, yritykset ja yhteisöt, rakennustyömaat ja teollisuus, elinkeinoelämä sekä tuottajayhteisöt. (Mts. 7.)

Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelykeskus on perustettu vuonna 1998. Alue on kuitenkin toiminut jo vuodesta 1963 Jyväskylän kaupungin yhdyskuntajätteen vastaanottopaikkana. Alueen laajuus on 58 hehtaaria. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2010, 6.)

2.2 Jätteiden käsittely ja hyötykäyttö



KUVIO 1. Ilmakuva Mustankorkea Oy:n alueesta (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 10.)

Vuonna 1998 käyttöön otetussa ja vuonna 2002 laajennetussa kompostointilaitoksessa (Ks. kuvio 1, kohta 11) voidaan käsitellä omissa linjastoissaan 14 000 tonnia biojätettä ja 20 000 tonnia puhdistamolietettä vuodessa. Kompostointilaitoksessa tapahtuvan käsittelyn jälkeen tuote kypsytetään noin viiden hehtaarin jälkikypsytyksellä hyötykäyttöön soveltuvaksi tuotteeksi. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 25.)

Kompostointilaitokselta tulevaa bio- ja lietekompostia käytetään Mustankorkealla raaka-aineena mullan valmistuksessa (Ks. kuvio 1, kohta 13). Mullan valmistukseen tarvitaan lisäksi maa-aineksia ja turvetta. Mustankorkea Oy:llä on lisenssisopimus mullanvalmistuksesta Kekkilä Oy:n kanssa. (Mts. 21.)

Mustankorkean kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmän rakentaminen on aloitettu vuonna 2001 ja järjestelmää on laajennettu vuoteen 2009 asti. Kaasun hyötykäyttöön (Ks. kuvio 1, kohta 10) toimittaminen Mustankorkealla aloitettiin vuonna 2002. (Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2006, 21.) Nykyään kaatopaikkakaasusta saatava energiatuotto vastaa yli 5,5 kertaisesti Mustankorkea Oy:n käyttämää energia määrää. Saatavan kaasun määrä vastaa noin 1000 omakotitalon vuotuista lämmöntarvetta. Mustankorkealla tuotettu kaatopaikkakaasu johdetaan hyödynnettäväksi lämpöenergiaksi Jyväskylän Energian Keltinmäen lämpökeskukseen. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 25.) Kaatopaikkakaasun keräyksen tavoitteina on energiakäytön lisäksi vähentää metaanipäästöjä, hallita kaasun muodostumista jätetäytössä, vähentää palovaaraa jätetäyttöalueella ja pienentää hajuhaittoja. (Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2009, 21.)

Kotitalouksia ja yritysten pienjäte-eriä Mustankorkealla palvelee lajittelupiha (Ks. kuvio 1, kohta 2). Lajittelupihan tavoitteena on parantaa jätteiden lajittelua ja näin pienentää hyötykäyttöön kelpaamattoman jätteen määrää. Lajittelupihalla jätteet lajitellaan 13 eri jätejakeeseen: kuivajäte, kipsilevyjäte, käsittelemätön puu, käsitelty puu, kyllästetty puu, betoni- ja tiilijäte, metalli, keräyslasi, paperi, pahvi, vaaralliset jätteet, sähkölaitteet ja vanteettomat autonrenkaat. (Mts. 11.)

Pilaantuneille maa-aineksille Mustankorkealla on omat käsittelykentät (Ks. kuvio 1, kohta 5), jonne voidaan vastaanottaa ja käsitellä ympäristöluvan mukaisesti pilaantuneita maa-aineksia 100 000 tonnia/vuosi. Pilaantuneiden maa-ainesten käsittely hoidetaan tapauskohtaisesti, mihin vaikuttaa epäpuhtauksien määrä ja laatu. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2010, 13.)

Vuonna 2006 valmistunut hyötyjäteterminaali (Ks. kuvio 1, kohta 11) vastaanottaa kotitalouksien, toimistojen, kirjapainojen, kauppaliikkeiden ja teollisuuden tuottamaa keräyspaperia, -pahvia ja -kartonkia. Terminaalissa tuotteet paalataan ja toimitetaan teollisuuden raaka-aineeksi. (Mts. 13.)

Vuonna 2008 Mustankorkealla aloitettiin rakennusjätteiden lajittelu. Lajittelun tarkoituksena on erottaa rakennusjätekuormista hyödyntämiskelpoiset jätteet erilleen (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2008, 7). Lajittelun avulla vähennetään jätetäyttöön sijoitettavan orgaanisen ja hyödynnettävissä olevan jätteen määrää. Sekalaisten rakennusjätteiden lajittelu tapahtuu sille varatussa hallissa (Ks. kuvio 1, kohta 9). Lajitteluun ohjattavat jätekuormat sisältävät puuta, metallia, betonia, tiiltä ja polttokelpoisia jätejakeita (muovi, pahvi, kartonki, puu yms.) Lajitteluhalliin ohjataan myös kuormat, jotka sisältävät sähkölaitteita ja vaarallisia jätteitä. Kaupoista ja teollisuudesta kerätty polttokelpoinen energiajäte vastaanotetaan myös lajitteluhalliin, jossa se kuormataan ja toimitetaan edelleen energiahyötykäyttöön. (Mts. 11.)

3 KAATOPAIKKAKAASUN MUODOSTUMINEN JÄTETÄYTÖSSÄ

3.1 Aerobisen hajoamisen vaihe

Jätetäytössä orgaanisen jätteen hajoaminen alkaa heti sen läjittämisen jälkeen. Tässä vaiheessa hajoaminen on aerobista eli hapellisissa oloissa tapahtuvaa hajoamista. Aerobisen hajoamisen tilassa oleva jätetäyttö tuottaa pääasiassa hiilidioksidia. (Ekholm, Pajuniemi, Niskanen, Väisänen & Walavaara 2000, 4.) Hiilidioksidi on kemiallinen yhdiste, joka koostuu hiilestä ja hapesta. Hiilidioksidi on myös merkittävä kasvihuonekaasu, joka lämmittää ilmakehää. (Fortum Markets 2012.)

Läjittämisen jatkuessa ja jätetäytön tiivistymisen myötä, hapen pääsy jätetäyttöön estyy. Hajotusreaktiot kuluttavat jäljelle jääneen hapen loppuun ja sen seurauksena hajoaminen muuttuu anaerobiseksi eli hapettomaksi hajoamiseksi. (Emt. 4.)

3.2 Anaerobisen hajoamisen vaihe

Kaasun anaerobinen muodostuminen sisältää happo- ja metaanikäymisen vaiheet. Hapen kuluttua loppuun jätetäytön sisältä alkaa happovaihe. Tämä vaihe kestää muutaman kuukauden, jonka aikana jätetäytössä syntyvän kaasun hiilidioksidipitoisuus nousee korkeaksi ollen lopulta lähes 70 % kaasun tilavuudesta. (Emt. 4.)

Happovaihetta seuraa metaanivaihe. Metaanivaiheen alussa jätetäytön kaasupitoisuudet tasaantuvat muutaman vuoden ajan. Hiilidioksidipitoisuus laskee noin 40 prosenttiin ja metaanipitoisuus nousee kaatopaikalle tavanomaiselle tasolle noin 40–65 prosenttiin kaatopaikkakaasun tilavuudesta. Metaanivaihe kestää jätetäytössä useita vuosia. Kaasuntuotanto heikkenee hiljalleen orgaanisen jätteen hajotessa jätetäytöstä vuosien saatossa loppuun. (Emt. 4.)

3.3 Hajoamisesta syntyvät yhdisteet

Kaatopaikkakaasua muodostuu mikrobien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa eli anaerobisesti. Tämän seurauksena syntyy runsaasti metaania

sisältävää kaasua sekä orgaanista jäännöstä. (Suomen biokaasuyhdistys 2012.) Kaatopaikkakaasu on kaasuseos joka sisältää metaania noin 40–65 prosenttia, hiilidioksidia noin 35–50 prosenttia ja typpeä noin 5–15 prosenttia. Näiden lisäksi kaatopaikkakaasu sisältää vähäisiä määriä myös muita yhdisteitä, kuten vetyä, happea, rikkivetyjä ja VOC (volatile organic compounds) - yhdisteitä eli haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Ekholm ym. 2000, 5.)

Kaatopaikkakaasu eroaa hieman biokaasusta. Biokaasussa metaanipitoisuus vaihtelee noin 40–70 prosentin välillä ja hiilidioksidipitoisuus noin 30–60 prosentin välillä. Biokaasu sisältää myös pieniä pitoisuuksia typpeä ja rikkivetyä. (Motiva Oy 2013.)

3.4 Jätteen laatu kaasuntuotannossa

Jätteen laadulla on merkittävä vaikutus jätepenkassa tapahtuvassa hajoamisprosessissa. Orgaaninen jäte voidaan käytännössä jakaa kahteen eri ryhmään, nopeasti ja hitaasti hajoaviin jätteisiin.

Nopeasti hajoaviin jätteisiin kuuluvat esim. ruokajätteet, paperit, pahvit ja puutarhajätteet (lehdet ja ruoho). Hajoamisaika näillä jätteillä on 3 kk – 5 v. Hitaasti hajoaviin jätteisiin kuuluvat mm. tekstiilit, nahka, kumi, puu ja puutarhajätteen puumaiset osat. Näiden jätteiden hajoaminen voi kestää jopa 50 vuotta. (Väisänen & Salmenoja n.d, 4)

Jotkin jätteen sisältämät toksiset eli myrkylliset aineet, esimerkiksi raskasmetallit voivat vaikuttaa kaasuntuottoon negatiivisesti. Nämä hajoamattomat yhdisteet voivat vahingoittaa jätteitä hajottavien mikro-organismien toimintaa. (Ekholm ym. 2000, 5.)

3.5 Jätetäytön rakenteelliset ominaisuudet

Jätetäytön tiiveys vaikuttaa muodostuvan kaatopaikkakaasun määrään. Jätetäytön tehokkaalla tiivistämisellä ja peitemaan käytöllä vähennetään jätetäytön happipitoi-

suutta ja kasvatetaan kaasuntuottoa. Tiivistämisen myötä myös jätetäytön kosteusolot saadaan paremmaksi. Jätetäyttöä tiivistämällä kosteus jakaantuu jätetäytössä tasaisemmin ja hajottajabakteereilla on enemmän pinta-alaa toimia. Jätetäytön tiivistämisen myötä vesi ei kuitenkaan pääse valumaan liian nopeasti jätetäytön pohjalle. Jos näin pääsisi käymään, voisi jätetäytössä tapahtuva kaasun tuotanto heikentyä, sillä liiallinen kosteus aiheuttaisi happojen muodostumista ja tämä alentaisi pH:ta, joka taas lamaannuttaisi hajottajabakteerien toiminnan. (Karttunen 2007, 21–26.)

4 MUSTANKORKEA OY:N NYKYINEN LOPPUSIJOITUSALUE

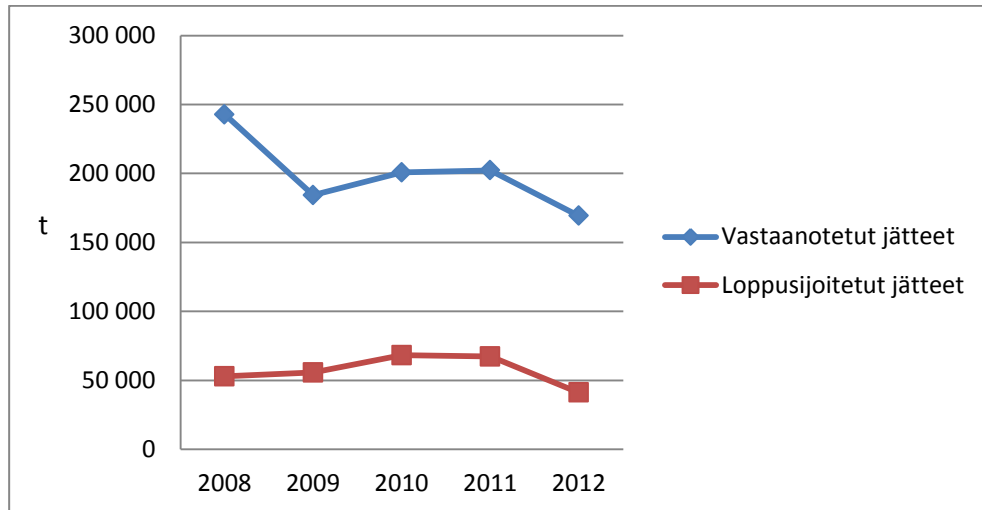
Mustankorkea Oy:n nykyinen loppusijoitusalue (Ks. kuvio 2) on otettu käyttöön marraskuussa 2007. Loppusijoitusaluetta on laajennettu vuonna 2011 (Ks. liite 1), nykyisellään sen kokonaispinta-ala on kuusi hehtaaria. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 11.) Loppusijoitusalueella työskentelee päivittäin yksi kaatopaikkajyrä.



KUVIO 2. Mustankorkea Oy:n nykyinen loppusijoitusalue

4.1 Loppusijoitusalueelle toimitettavat jätelajit

Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelyasemalle toimitettavista jätteistä pääosa voidaan hyödyntää käsittelyn jälkeen materiaalina, raaka-aineena tai energiana loppusijoituksen sijasta (Ks. kuvio 3). Hyötykäyttöön kelpaamaton jäte toimitetaan loppusijoitukseen. (Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011, 8.) Kuviossa 3 nähdään vuosina 2008-2012 Mustankorkealle vastaanotettujen ja loppusijoitettujen jätteiden määrät. Vuoden 2012 vastaanotettujen jätteiden alentunut määrä vuoteen 2011 verrattuna, johtuu pitkälti lentotuhkan pienentyneestä määrästä. (Ks. taulukko 1)



KUVIO 3. Mustankorkea Oy:n vastaanottamien ja loppusijoitettujen jätteiden määrät vuosina 2008-2012

Loppusijoitusalueelle päätyvistä jätteistä suurin osa muodostuu sekalaisesta yhdyskuntajätteestä, lentotuhkasta ja rakennusjätteestä. Sekalainen yhdyskuntajäte muodostuu pääsääntöisesti kotitalouksien, yhteisöjen sekä yritysten kuiva- ja kiinteistöjätteestä. Lentotuhka on muodostunut turpeen ja käsittelemättömän puun polton sivutuotteena.

Loppusijoitukseen päätyvä rakennusjäte koostuu kuormista, jotka sisältävät pääasiassa hyötykäyttöön kelpaamatonta jätettä (mm. eristevilla, kattohuopa, tapetti, tasolasi). Hyödynnettäviä jätteitä (mm. puu, pahvi, muovi, betoni, metalli) sisältävät rakennusjätetuormat ohjataan lajitteluhalliin lajiteltaviksi. Lajitteluhallista rakennusjätteen loppuosa eli rejekti päättyy loppusijoitukseen.

Taulukosta 1 nähdään tarkemmin mitä jätelajeja on päätynyt loppusijoitukseen.

Vuonna 2012 lentotuhkan miinusmerkkinen määrä johtui, sen hyötykäyttöön siirtämisestä.

TAULUKKO 1. Vuosina 2008–2012 loppusijoitukseen päätyneet jätteet jätelajeittain (tonnia)

Jätelaji / vuosi	2008	2009	2010	2011	2012
Sekalainen yhdyskuntajäte	34690	31518	31269	36300	28776
Käymäläjäte	3	2	2	2	1
Asbesti	665	781	855	673	840
Tavanomainen rakennusjäte	8312	6814	8412	7717	5457
Välppäjäte	0	0	0	5	0
Valimopöly	1735	523	356	385	370
Välipohjajäte	264	40	0	0	0
Valimohiekka	2029	1396	724	378	541
Sekalainen teollisuusjäte	1106	659	380	360	297
Valimokuona	854	388	172	315	266
Pohjatuhkat	1903	5976	1394	20	761
Raskaspolttoöljyinen tuhka	54	32	6	6	0
Elintarvike- ja teurasjäte	45	51	28	33	97
Sairaalajäte	44	43	43	43	44
Prosessijäte	243	97	0	185	86
Muut erityisjätteet	406	290	267	361	626
Lentotuhka	513	837	23387	16268	-1238
Leijupetihiekka	0	6236	935	1260	146
Kipsijäte	0	0	0	369	54
Rakennusjäte lajittelusta (rejekti)	0	0	0	2507	3993
Kuivajäte / kompostilaitokselta	0	0	0	100	36
Yhteensä:	52866	55682	68229	67286	41154

4.1.1 Kotitalouksien kuivajäte

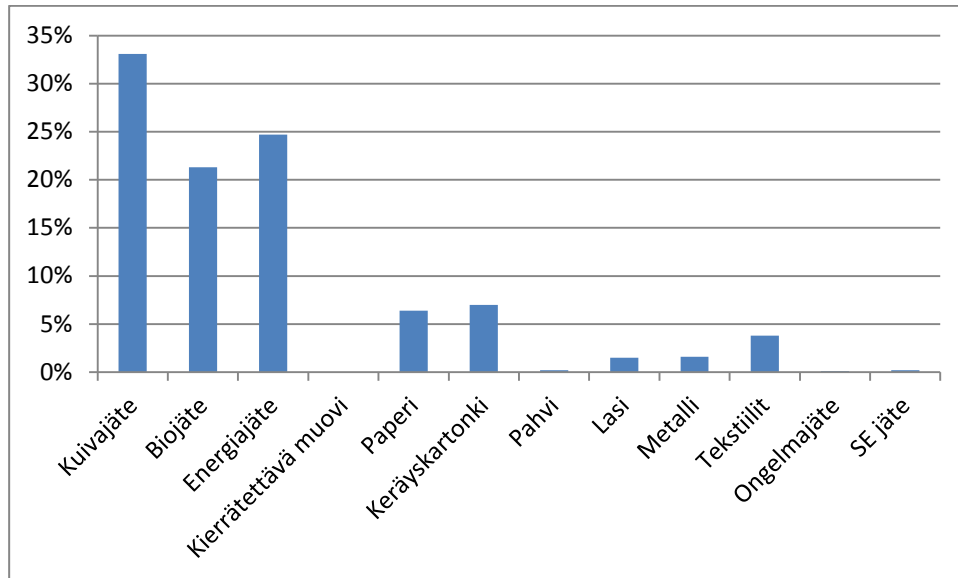
Vuonna 2010 Mustankorkea Oy:lle toteutettiin kuivajätteen lajittelututkimus. Tutkimuksen toteuttajana toimi Jyväskylän ammattikorkeakoulun agrologiopiskelija Pete Kuitto. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää Mustankorkea Oy:lle tulevan kotitalousjätteen koostumusta ja tilavuuspaino. Saatuja tietoja pystytään hyödyntämään mm. loppusijoitusalueelle päätyvän jätteen laadun määrittämisessä (Ks. kuvio 4) ja jätteen energiahyötykäytön suunnittelussa. (Kuitto 2010, 3.)



KUVIO 4. Mustankorkealle loppusijoitukseen tulevaa kuivajätettä (vas.) ja rakennusjätettä (oik.)

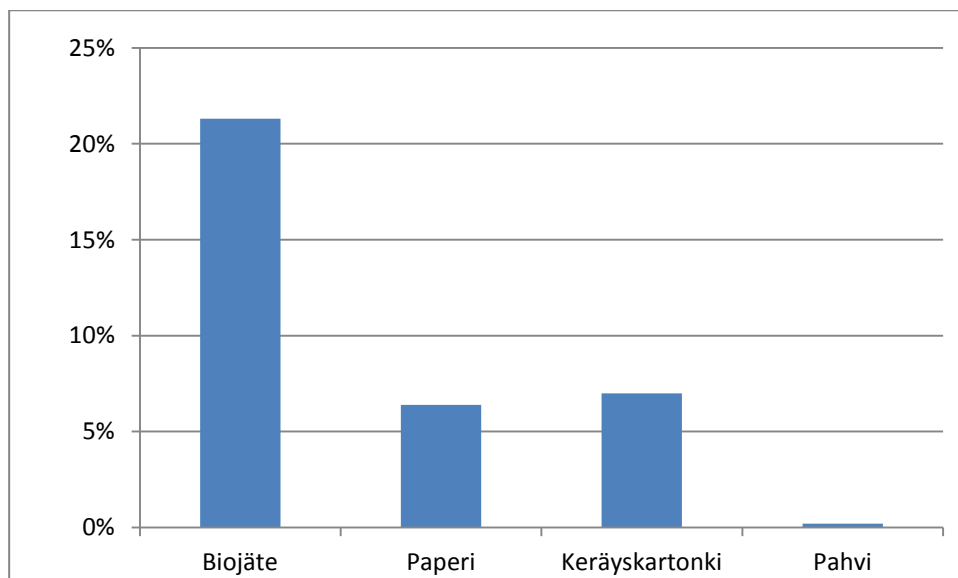
Tutkimukseen valittiin 12 yleisintä kotitalouksissa syntyvää jätteajetta, mukana oli myös energiajäte, vaikka sitä ei tarvitsekaan kerätä erikseen Mustankorkea Oy:n toimialueelta (Emt. 7). Tutkimukseen jätekuormia valittiin yhdeksän, niin että ne edustaisivat erityyppisiä jätteen tuottajia. Kuormista kolme oli haja-asutusalueelta ja kuusi taajama-alueelta, siten että kolme kuormaa oli omakoti / rivitaloalueelta ja kolme kerrostaloalueelta. (Emt. 8.)

Tutkimuksessa kävi ilmi, että Mustankorkean loppusijoitusalueelle tulevan kuivajätteen seassa oli peräti kaksi kolmasosaa sinne kuulumatonta jätettä. Tutkimuksessa tällaiseksi jätteeksi laskettiin myös energiajäte. Jos energiajäte ja kuivajäte laskettaisiin samaksi jätteeksi olisi kuivajätteen osuus noin 58 prosenttia. Tässä tapauksessa loppusijoitukseen kuulumatonta jätettä päätyisi kuivajätekuormissa noin 32 prosenttia. Kuviossa 5 on esitetty kuivajätteen lajittelututkimuksessa ilmenneet kuivajätekuormien sisältämien jättejakeiden prosenttiosuudet. (Emt. 20.)



KUVIO 5. Mustankorkea Oy:lle kotitalouksista tulevan kuivajätteen koostumus (muokattu Kuiton, 2010 kuvioista)

Kuviossa 6 on esitetty Mustankorkealle tulleen kuivajätteen sisältämän biohajoavan jätteen prosenttiosuudet. Peräti noin 35 prosenttia kuivajätteestä on biohajoavaa jätettä, josta muodostuu kaatopaikkakaasua.



KUVIO 6. Kuivajätteen sisältämät biohajoavat jätteet (muokattu Kuiton, 2010 kuvioista)

5 KAATOPAIKKAKAASUN KÄSITTELY- JA HYÖDYNTÄMIS- VAIHTOEHDOT

Kaatopaikkakaasuja voidaan käsitellä aktiivisella kaasun käsittelyllä tai passiivisella kaasun käsittelyllä. Aktiivisessa kaasun käsittelyssä jätetäyttöön rakennetaan imujärjestelmä ja putkistot. Putkisto on yhteydessä kaatopaikkakaasupumppaamoon, josta kaasu johdetaan hyötykäyttöön tai soih tupolttoon. Passiivisessa kaasun käsittelyssä eli biologisessa kaasunkäsittelyssä jätetäytön pintakerrokseen tai erillisiin biosuotimiin luodaan metaania ja haisevia rikkiyhdisteitä biologisesti hapettaville mikro-organismeille otolliset elinolosuhteet. (Väisänen & Salmenoja, n.d, 20.)

Käsittelytapa valitaan tapauskohtaisesti muodostuvan metaanin määrän mukaan. Jos metaanin tuotto on runsasta, on kaasu pumpattava talteen, hyödynnettävä tai poltettava soih tupolttimessa. Metaanin tuoton ollessa alhainen riittää kaasun käsittelytavaksi biologinen käsittely. (Emt. 20.)

5.1 Lämmöntuotanto

Lämmöntuotannossa kaatopaikkakaasu kerätään putkistoista kaasupumppaamon avulla. Kaasupumppaamolta paineistettu kaasu johdetaan putkea pitkin lämpölaitokseen, jossa sillä lämmitetään vettä tai höyryä. Suomessa seitsemällätoista kaatopaikkalaitoksella kaatopaikkakaasua hyödynnettiin lämmöntuotannossa. Hyödynnystapana lämmöntuotanto olikin yleisin kaatopaikkakaasun hyödyntämistapa. (Huttunen & Kuittinen 2012, 30.)

Esimerkiksi Nokialla sijaitseva Koukkujärven jätteenkäsittelykeskus hyödyntää muodostuvan kaatopaikkakaasun lämmöntuotannossa. Kaatopaikkakaasu myydään Fortum Power and Heat Oy:lle. Fortum tuottaa kaatopaikkakaasusta lämpöä ja myy sen edelleen kaukolämpöverkkonsa asiakkaille. (Pirkanmaan Jätehuolto Oy, n.d.)

5.2 Sähköntuotanto

Kaatopaikkakaasun käyttäminen sähköntuotannossa ei vaadi paljon kaasun esikäsitelyä, vain kosteuden ja hiukkasten poiston. Kaatopaikkakaasusta voidaan tuottaa sähköä kaasu- ja höyryturbiineilla, mäntäpolttomootoreilla sekä polttokennoilla. Sähköntuotannossa on myös käytetty stirling eli kuumailmamootoreita, mutta niiden kehitystyö on hidastunut muiden vaihtoehtojen takia. Kaatopaikkakaasusta tuotettavassa sähkössä käytetyimmät laitteistot ovat kaasumootoreita. (Karttunen 2007, 42.) Sähköntuotannonhyötysuhde käytettävissä järjestelmissä on normaalisti 25 – 45 prosenttia (Karttunen 2007, 45).

Vuonna 2011 neljällä kaatopaikalla kaatopaikkakaasua hyödynnettiin vain sähkön tuotannossa. (Huttunen & Kuittinen 2012, 30.) Esimerkiksi Mikkelin Metsä-Sairilan jätekeskuksessa kaatopaikkakaasusta tuotettiin mikroturbiinilaitoksella sähköä vuoteen 2012 asti. Vuonna 2012 lähtien myös syntyvä lämpö on otettu talteen. (Metsäsairila Oy vuosikertomus 2012, 16.)

5.3 Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto

Yleisimmin käytetyt ratkaisut Suomessa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa (CHP, Combined Heat & Power) ovat mikroturbiinit ja kaasumootorit. Kaasumootorit ovat teholtaan suurempia ja vaativat myös enemmän tilaa. Mikroturbiinit ovat vastaavasti pienempiä, mutta niitä voidaan kytkeä rinnakkain useampia, jotta saavutetaan vastaava teho. (Latvala 2009, 45.)

Kaasumootoreissa että mikroturbiineissa sähköntuotannon hyötysuhde on normaalisti noin 25–40 prosenttia. Moottorin koon kasvaessa tyypillisesti myös hyötysuhde paranee. Lämpöä voidaan ottaa talteen jäähdytysjärjestelmästä ja pakokaasuista. Teknisin ratkaisuin voidaan lämpöä saada talteen melko helposti noin 35 prosenttia kaatopaikkakaasun sisältämästä energiasta. Lämmön hyötysuhdetta on mahdollista nostaa jopa 60 prosenttiin teknisillä ratkaisuilla. Tämä ratkaisu voi olla kannattavaa isommilla laitoksilla sillä investoinnit pysyvät maltillisina pienempiin laitoksiin verrat-

tuna. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa kokonaishyötysuhteet vaihtelevat isomilla laitoksilla 70 – 90 prosentin välillä. (Latvala 2009, 46.)

Vuonna 2011 Suomessa oli yhdeksän kaatopaikkalaitosta, jotka hyödynsivät kaatopaikkakaasua yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa (Huttunen & Kuittinen 2012, 30). Esimerkiksi Ylivieskan jätekeskuksessa on yhdistetty sähkön ja lämmöntuotanto kaatopaikkakaasun hyödyntämiskäytännönä. Mikroturbiini tekee kaasusta sähköä jätekeskuksen käyttöön ja ylimääräinen sähkö ohjataan valtakunnan verkkoon. Sähköntuotannossa muodostunut hukkalämpö lämmittää kaikki jätekeskuksen rakennukset. (Krook 2011.)

5.4 Kaatopaikkakaasun jalostaminen liikennepolttoaineeksi

Kaatopaikkakaasu soveltuu jalostamisen jälkeen myös liikennepolttoaineeksi. Tämä edellyttää, että siitä on poistettu hiilidioksidi ja mahdolliset rikkiyhdisteet. (Latvala 2009, 46.) Kaatopaikkakaasun jalostaminen vaatii myös typen erottamisen kaasuvirrasta tavalliseen biokaasun verrattuna. Tämä edellyttää lisäinvestointeja kaasunjalostusteknologiaan. Jalostuksen jälkeen kaatopaikkakaasun metaanipitoisuus on yli 95 prosenttia. Typen poistoon soveltuvat kaasunjalostustekniikat mahdollistavat myös hiilidioksidin talteenoton. (Sormunen & Aittola 2012, 5)

Suomessa millään jätteenkäsittelyasemalla ei ole kaatopaikkakaasun hyödyntämistä liikennepolttoaineena. Tähän yksi syy on jätteenkäsittelyasemien syrjäinen sijainti asukaskeskittyymiin nähdessä. Kaatopaikkakaasusta jalostettavaa liikennepolttoainetta voitaisiin käyttää esimerkiksi jätteenkäsittelyasemien omien työkoneiden polttoaineena, tai siellä asioivien jätteenkuljetusautojen polttoaineena. Näin sijaintikaan ei olisi haittaava tekijä.

5.5 Kaatopaikkakaasun käsittely

5.5.1 Metaanin soihtupoltto

Kaatopaikkakaasun polttaminen soihdussa on yksinkertaisin käsittelytekniikoista. Jätteenkäsittelyasemilla kaasun polttaminen soihdussa on normaalisti vararatkaisu tai silloin, kun kaasun muunlainen hyödyntäminen ei ole mahdollista. Soihtupoltolla voidaan myös minimoida kaatopaikkakaasun sisältämän metaanin kasvihuonekaasuvaikutusta, sillä palaessaan metaani muuttuu hiilidioksidiksi ja vedeksi. (Tulppo 2011,22.)

Esimerkiksi Jyväskylän jätteenkäsittelyasemalla Mustankorkealla kaatopaikkakaasua poltetaan soihtupolttimessa vain kaasuntoimituksen käyttö- ja huoltokatkosten aikana.

5.5.2 Kaatopaikkakaasun biologinen käsittely

Jätetäytössä aiheutuvaa metaanipäästöä voidaan vähentää biologisesti hapettavalla pintakerroksella (Ks. kuvio 7). Aerobiset bakteerit aiheuttavat metaanin tehokkaan hapettumisen jätetäytön pintakerroksissa. Biologisesti hapettava pintakerros on teknisesti toimiva ratkaisu, mutta haasteena ovat vaatimukset jätetäytön pintakerroksen vedenläpäisevyydestä. (Tuhkanen 2002,13.)

Oleellisimmat tekijät metaanin biologiselle hapettumiselle ovat happi, kosteus ja lämpötila. Suomen vaihtelevan ilmaston vuoksi biologisesti hapettava pintakerros tulisi rakentaa siten, että riittävä lämpötila saavutetaan myös kylminä vuodenaikoina. (Väisänen & Salmenoja, n.d, 20-21.)

Kaatopaikkakaasun biologinen käsittely on toteutettavissa kahdella eri tavalla. Jätetäytön pintaan voidaan rakentaa puolen metrin biosuodinkerros kompostista (biojäte ja kuori tai jätevesiliete ja kuori) tai rakentamalla jätetäytön tiiviin pintakerroksen alle kaasukaivot joiden yhteydessä on biosuotimet. Lämpiminä vuodenaikoina pintakerrokseen rakennettu biosuodinkerros pystyy kohtuullisesti hapettamaan kaato-

paikkakaasun. Kun taas kylminä vuodenaikoina kaasukaivoilla voidaan saada paremmat kaasun hapettumis tulokset. (Emt. 21.)



KUVIO 7. Biosuodinkerroksella peitettyä jätettä Mustankorkean uudella jätetäyttö-alueella

6 TUTKIMUSONGELMA

Mustankorkea Oy:n uudelta jätetäyttöalueelta (Ks. liite 1) ei ole vielä tehty selvitystä syntyvästä kaatopaikkakaasusta. Sain tutkimuksessani käyttööni Kaatopaikkojen metaanilaskentamallin. Malli on Excel-pohjainen laskentayökalu joka laskee jätetäyttöön loppusijoitetuista jätteistä muodostuvan metaanin määrän FOD-menetelmällä (First Order Decay). Käytettävä laskentamenetelmä vastaa IPCC:n (intergovernmental panel on climate change) ohjeita ja Ilmastopimuksen kasvihuonekaasuinventaariorissa Suomen jätteenkäsittelykeskusten jätetäyttöalueiden metaanipäästöt lasketaan samalla mallilla. (Valtion ympäristöhallinto, n.d.) Laskentapohja ei laske suoraan muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää, vaan tämä täytyy selvittää laskemalla ja käyttämällä kaatopaikkakaasun fysikaalisia ominaisuuksia, kuten tiheyttä.

Kaatopaikkojen metaanilaskentamalliin syötetään vuosittaiset loppusijoitetut jättemäärät ja näiden avulla laskentayökalu laskee vuosittain muodostuvan metaanin määrän ja metaanipäästön ilmakehään. Laskentayökalu ottaa huomioon myös edeltävinä vuosina loppusijoitetut jätteet, jotka eivät vielä ole kokonaan hajonneet, vaan muodostavat edelleenkin metaania.

Tutkimuksessani keskitytään vuoden 2012 kaatopaikkakaasun tuotantomäärään, mutta huomioon on otettava myös tulevana vuosina muodostuva kaatopaikkakaasu. Tulevana vuosina muodostuvan kaatopaikkakaasun määrän avulla on mahdollista miettiä järkevää kaatopaikkakaasun hyötykäyttömahdollisuutta.

Tutkimuksessani on myös selvitettävä Mustankorkea Oy:lle järkevin kaatopaikkakaasun hyödyntämisvaihtoehto. Vuoden 2016 alusta alkaen voimaan tulee lainsäädäntö, joka asettaa rajoituksen loppusijoitettavan jätteen orgaanisen aineksen määräksi alle 10 prosenttia. Tästä johtuen Mustankorkealle tulevaa kuivajätettä ei enää voisi loppusijoittaa, sillä Pete Kuiton (2010) tekemässä Kuivajätteen lajittelututkimuksessa kävi ilmi Mustankorkealle tulevan kuivajätteen sisältävän 35 prosenttia biohajoavaa jätettä. Samalla muodostuvan kaatopaikkakaasun määrä laskisi, koska jätetäyttöön ei enää tulisi niin paljoa biohajoavaa jätettä.

7 MUODOSTUVAN KAATOPAIKKAKAASUN MÄÄRÄN LASKE- MINEN

7.1 Laskentamallin käyttö

Ensimmäisenä Kaatopaikkojen metaanilaskentamalli Excel taulukkoon syötetään jätemäärätietoja. Tämä tapahtuu välilehdellä Jättemäärätiedot (Ks. kuvio 8). Ensin syötetään vuosiluku (tässä tapauksessa 2008), tämän jälkeen jätelajin nimike esimerkiksi sekalainen yhdyskuntajäte. Näiden jälkeen taulukko tarvitsee kyseiselle jätteelle EWC-koodin (European Waste Code), nämä koodit löytyvät taulukon ewc02 välilehdelta. Esimerkiksi sekalaisen yhdyskuntajätteen EWC-koodi on 200301. Viimeisenä välilehdelle annetaan jätemäärä jätelajikkeelle t/v.

8	Vuosi	Jätelajin nimike	EWC(2002)- tunnus	Jättemäärä (t/v)	Kuiva-aine- osuus (%)	RD- tunnus
11	2008	Sekalainen yhdyskuntajäte	200301	34690		
12	2008	Käymäläjäte	200201	3		
13	2008	Asbesti	170605	665		
14	2008	Tavanomainen rakennusjäte	170904	8312		
15	2008	Välppäjäte	190901	0		
16	2008	Valimopöly	100910	1735		
17	2008	Välipohjajäte	061399	264		
18	2008	Valimohiekka	100903	2029		
19	2008	Sekalainen teollisuusjäte	061399	1106		
20	2008	Valimokuona	100903	854		
21	2008	Pohjatuhkat	100101	1903		
22	2008	Raskaspolttoöljyinen tuhk.	100104	54		
23	2008	Elintarvike- ja teurasjäte	020202	45		
24	2008	Sairaalahäätöjäte	180104	44		
25	2008	Prosessijäte	120101	243		
26	2008	Muut erityisjätteet	190801	406		
27	2008	Lentotuhka	100103	513		
28	2009	Sekalainen yhdyskuntajäte	200301	31517,66		
29	2009	Käymäläjäte	200201	1,8		
30	2009	Asbesti	170605	780,96		
31	2009	Tavanomainen rakennusjäte	170904	6814,46		
32	2009	Välppäjäte	190901	0		
33	2009	Valimopöly	100910	523,04		

KUVIO 8. Metaanilaskentamallin Jättemäärätiedot-välilehti

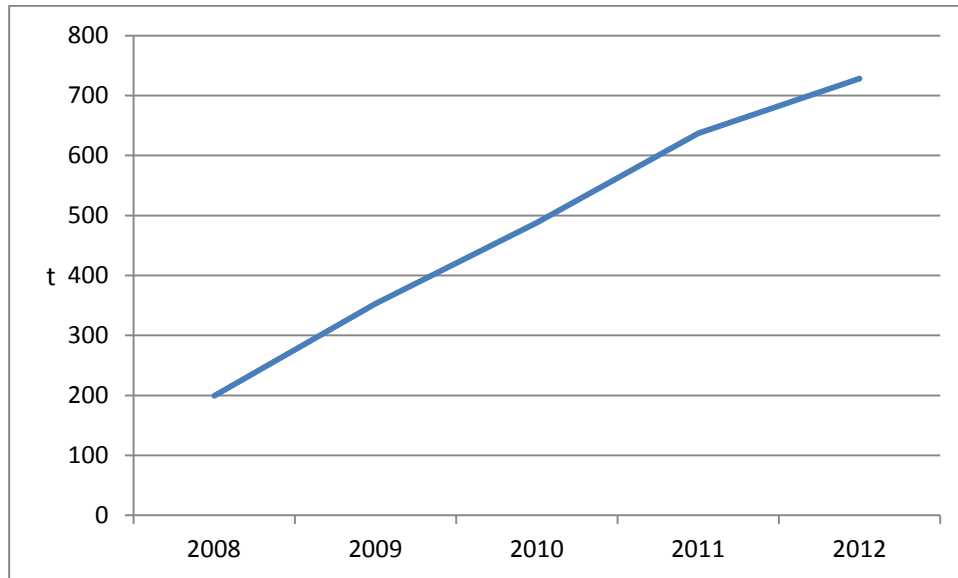
Toisessa vaiheessa taulukon Muut_lähtötiedot-välilehdelle (Ks. kuvio 9) syötetään jätetäytön käyttöönottovuosi ja jätetäytön sulkemisvuosi. Jätetäytön käyttöönotto-

1									
2									
3	Yhteenveto päästötuloksista								
4									
5			Laskentaan:						
6	Valitse tarkasteluvuosi:	2012	2012						
7									
8									
9	FOD-menetelmä	Sekalainen	Muu	Biohaj. pak-					
10		yhdysk.jäte	yhdysk.jäte	kaus ym. jäte	Raken.jäte	Teoll.jäte	Yhdysk.liete	Teoll.liete	Yhteensä
11	Vuotuinen jätemäärä (t/v)	28 811,8	1,5	0,0	10 343,9	1 371,2	93,8	0,8	40 623
12	Vuotuinen DOC-määrä (t/v)	5 689,2	0,2	0,0	912,2	22,6	46,9	0,3	6 672
13	Kumulatiivinen jätemäärä (t)	162 689	10	0	47 449	73 116	292	4	283 559
14	Kumulatiivinen DOC-määrä (t)	32 125	2	0	4 171	75	146	2	36 521
15	Muodostunut metaani (t CH ₄)	681,2	0,1	0,0	38,9	1,1	6,5	0,1	728
16	Muodost. metaani (t CO ₂ -ekv.)	14304,6	1,3	0,0	816,7	23,6	137,1	1,5	15 285
17	Talteenotettu metaani (t CH ₄)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
18	Talteenot. metaani (t CO ₂ -ekv.)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
19	Metaanipäästö (t CH₄)	613,1	0,1	0,0	35,0	1,0	5,9	0,1	655
20	Metaanipäästö (t CO₂-ekv.)	12874,1	1,2	0,0	735,0	21,2	123,4	1,3	13 756
21	Kumul. metaanipäästö (t CO ₂ -ekv.)	42 848	5	0	2 145	61	363	5	45 426

KUVIO 11. Metaanilaskentamallin Päästötulokset-välilehti

7.2 Mustankorkea Oy:n uudella loppusijoitusalueella muodostuva metaani

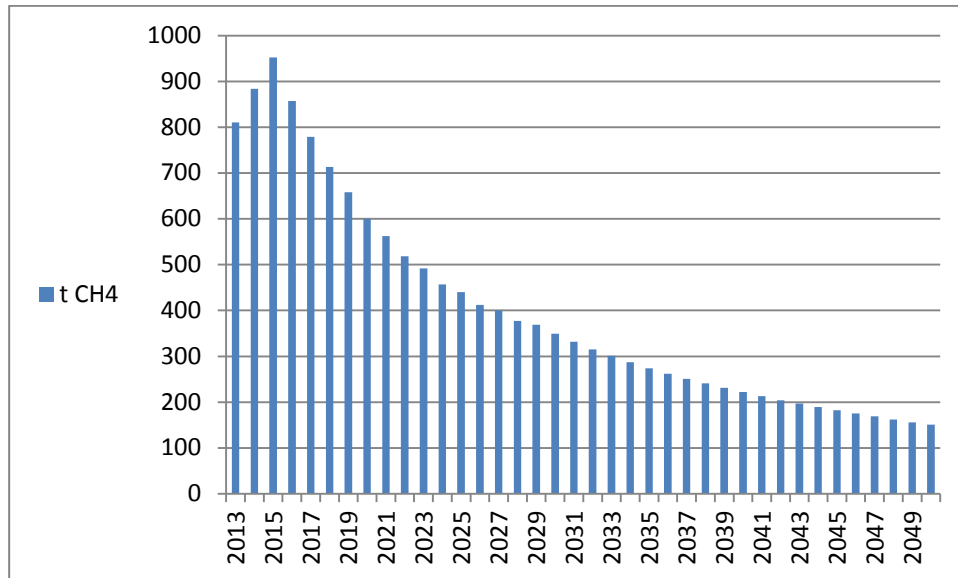
Vuonna 2008 avatulle uudelle jätetäyttöalueelle on loppusijoitettu Taulukko 1:ssä (S. 15) näkyvät vuosittaiset jätemäärät. Nämä jätelajit ja jätemäärät syöttämällä Kaato-
paikkojen metaanilaskentamalliin saadaan vuosittain muodostuva metaanimäärä.
Kuviosta 12 nähdään vuosina 2008–2012 vuosittain muodostunut metaanimäärä.
Vuonna 2012 metaania muodostui uudessa jätetäytössä 728 tonnia.



KUVIO 12. Mustankorkean uudella jätetäyttöalueella muodostunut metaani vuosina 2008-2012.

Tulevina vuosina muodostuvaa metaanimäärää on mahdotonta arvioida tarkasti, sillä jätemäärät voivat oleellisesti muuttua edellisistä vuosista. Kuvioista 13 nähdään arvioitu metaanin muodostuminen vuosittain, jos loppusijoitetut jätemäärät pysyvät tulevina vuosina vuoden 2012 tasolla (Taulukko1) ja olettaen kuivajätteen loppusijoituksen loppuvan vuoden 2015 jälkeen. Vuodesta 2013 eteenpäin käytin lentotuhkan loppusijoitettuna määränä 736,24 tonnia. Luku on sama kuin vuonna 2012 loppusijoitukseen tulleen lentotuhkan määrä. Tämä ei kuitenkaan vaikuta metaanin tuottoon, sillä lentotuhka ei ole biohajoavaa.

Vuoden 2015 jälkeen muodostuvan metaanin määrä laskee voimakkaasti sillä, kuivajätteen loppusijoitus loppuu kokonaan. Tällöin loppusijoitukseen ei enää päädy suuria määriä biohajoavaa jätettä, josta metaania syntyy. Jätetäyttöön päätynyt biohajoava jäte on ollut nopeasti hajoavaa jätettä, mikä vaikuttaa myös muodostuvan metaanin määrän nopeaan alenemiseen. Kun materiaali hajoaa nopeasti, se ei myöskään tuota metaania useana vuonna. Vuotta 2030 olen käyttänyt jätetäytön sulke-misvuotena, jolloin uuteen jätetäyttöön ei päätyisi enää minkäänlaista jätettä.



KUVIO 13 Arvio muodostuvasta metaanista vuosina 2013-2050

7.3 Kaatopaikkakaasun määrän laskeminen muodostuvan metaanin määrän avulla

7.3.1 Arvio kaatopaikkakaasun koostumuksesta Mustankorkean uudella jäte- täyttöalueella

Kaatopaikkojen metaanilaskentamalli ei laske suoraan muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää vaan, tämä joudutaan laskemaan erikseen käyttämällä kaatopaikkakaasun koostumusta.

Kaatopaikkakaasu koostuu pääasiallisesti metaanista, hiilidioksidista, typestä ja muista yhdisteistä. Eri tietolähteissä on esitetty vaihtelevia arvioita kaatopaikkakaasun koostumuksesta. Ekholmin ym. (2000, 4) mukaan kaatopaikkakaasu sisältää metaania noin 40–65 prosenttia ja hiilidioksidia noin 35–50 prosenttia. Näiden lisäksi kaatopaikkakaasu sisältää pieniä määriä myös muista yhdisteistä.

Tässä tutkimuksessa käytän kaatopaikkakaasun koostumuksessa 50 prosentin metaanipitoisuutta, jonka myös Kaatopaikkojen metaanilaskentamalli antaa kaatopaikkakaasun metaanipitoisuudeksi. Hiilidioksidipitoisuutena käytän 40 prosentin arvoa. Viimeinen kymmenen prosenttia on muita yhdisteitä.

Laskettaessa kaatopaikkakaasun koostumusta täytyy myös selvittää metaanin, hiilidioksidin ja muiden yhdisteiden tiheys. Muiden yhdisteiden osalta käytän typen tiheyttä, sillä kaatopaikkakaasu sisältää kolmanneksi eniten typpeä ja muiden yhdisteiden osuudet ovat varsin pieniä ja niiden tiheydet vastaavat melko hyvin typen tiheyttä.

TAULUKKO 2. Kaatopaikkakaasun sisältämien aineiden tiheydet (Haavisto, Karkela, Kervinen, Seppänen, Smolander, Tiihonen, Varho & Wuolijoki, 2000, 78.)

Metaani	0,72	kg/m ³
Hiilidioksidi	1,97	kg/m ³
Typpi	1,25	kg/m ³

7.3.2 Kaatopaikkakaasun tilavuuden määrittäminen

Kun tiedetään kaatopaikkakaasun koostumus ja sen sisältämien yhdisteiden tiheydet, voidaan laskea kaatopaikkakaasun tilavuus. Kaatopaikkakaasun tilavuus voidaan määrittää metaanin tilavuuden avulla.

Laskemisen helpottamiseksi määritetään X määrän kaatopaikkakaasua sisältävän 1000 kg puhdasta metaania eli $m_{CH_4} = 1000\text{kg}$, metaanin tilavuuden määrittämisessä tarvitaan myös metaanin tiheyttä eli $\rho_{CH_4} = 0,72\text{kg/m}^3$. Näiden avulla voidaan ratkaista metaanin tilavuus

$$V_{CH_4} = \frac{m_{CH_4}}{\rho_{CH_4}} = \frac{1000\text{kg}}{0,72\text{kg/m}^3} = 1388,89\text{m}^3$$

(Jokiranta 2013)

Kun puhtaan metaanin tilavuus on selvitetty, voidaan sen avulla ratkaista kaatopaikkakaasun tilavuus, joka sisältää 50 prosenttia metaania. Kaatopaikkakaasun tilavuus on

$$V_{tot} = 2 \cdot V_{CH_4} = 2777,78 \text{m}^3$$

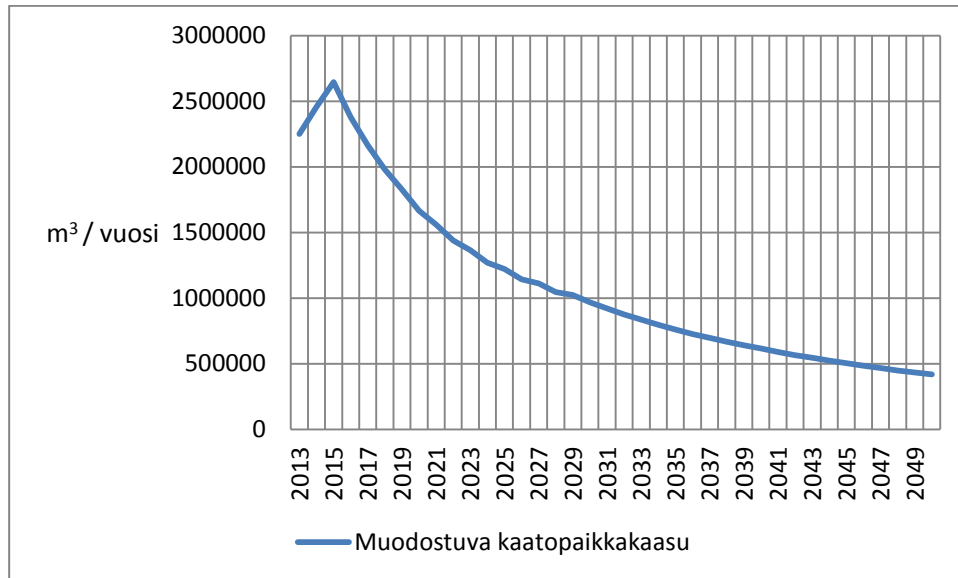
(Jokiranta 2013)

Kun metaania on 1000 kg on silloin kaatopaikkakaasua 2778 kuutiometriä ja yksi metaanikilo on noin 2,78 kuutiometriä kaatopaikkakaasua.

7.3.3 Mustankorkea Oy:n uudessa jätetäytössä muodostunut kaatopaikkakaasun määrä

Kaatopaikkojen metaanilaskentamalliin syötetyillä jätemäärätiedoilla vuonna 2012 puhdasta metaania muodostui Mustankorkea Oy:n uudella jätetäyttöalueella 728 tonnia. Kaatopaikkakaasun määrän selvittämiseksi tämä määrä kerrotaan edellisen luvun kertoimella (tuhat kiloa metaania on 2778 kuutiometriä kaatopaikkakaasua). Näillä arvoilla kaatopaikkakaasua muodostui vuonna 2012 2,02 miljoonaa kuutiometriä.

Kaatopaikkakaasun hyötykäyttöä mietittäessä on myös laskettava tulevaisuudessa muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää. Laskelmat perustuvat arvioihin, sillä tulevaisuudessa loppusijoitettavat jätteet ovat myös arvioita. Kuviossa 14 on esitelty arvio vuosina 2013–2050 muodostuvasta kaatopaikkakaasusta.



KUVIO 14. Arvio vuosittain muodostuneesta kaatopaikkakaasusta (m³) vuosina 2013-2050

7.4 Kaatopaikkakaasun talteenotto uudella jätetäyttöalueella

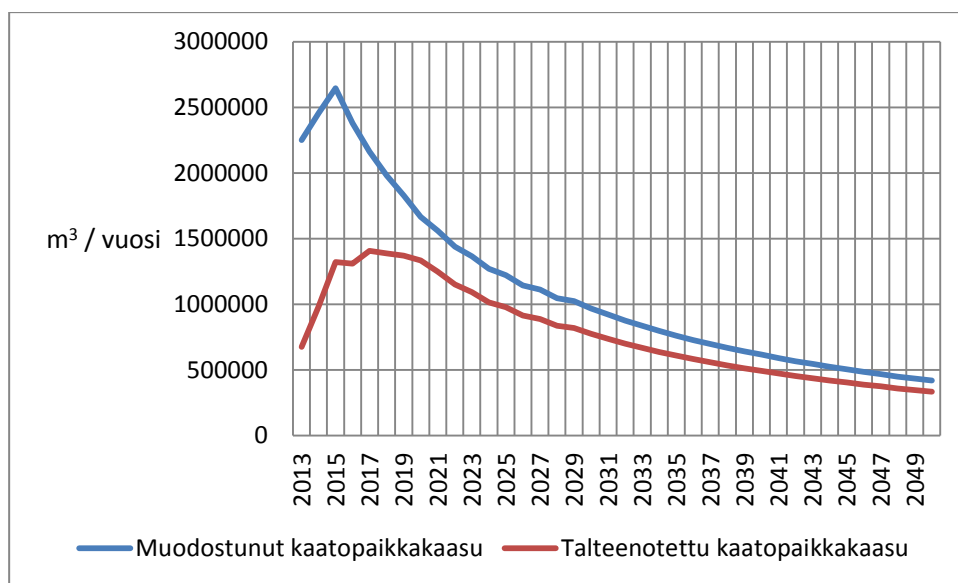
7.4.1 Talteenotettava kaatopaikkakaasun määrä Mustankorkealla

Kaatopaikkakaasun hyödyntämisvaihtoehtoja tarkasteltaessa, joudutaan ottamaan huomioon muodostuvan kaatopaikkakaasun määrien lisäksi myös mahdollinen hyötykäyttöaste, koska muodostuvasta kaatopaikkakaasusta ei kaikkea voida hyödyntää energian tuotannossa. Osa muodostuvasta kaatopaikkakaasusta karkaa jätetäytön pintakerroksen läpi ilmakehään ja osa kerätystä kaatopaikkakaasusta poltetaan soihutpolttimessa erilaisten käyttökatkosten takia. Nämä asiat vaikuttavat hyötykäyttöasteeseen.

Arvioin Mustankorkea Oy:n uuden jätetäytön kaatopaikkakaasun tulevaisuuden keräysasteeksi vuoteen 2020 mennessä 80 prosenttia. Arvio perustuu Huttunen & Kuittinen (2012, 31.) teoksen biokaasun tuotanto- ja hyödyntämistietoihin. Loppu 20 prosenttia päätyisi ilmakehään ja poltettavaksi soihdussa käyttökatkoksiensa aikana. Vuonna 2013 kaatopaikkakaasun keräysaste olisi 30 prosenttia keräysjärjestelmän laajetessa vuodessa 10 prosenttia, aina vuoden 2015 loppuun asti jolloin keräysaste olisi 50 prosenttia. Tämän jälkeen keräysjärjestelmää laajennettaisiin vuodessa 5 prosenttia

saavuttaen vuonna 2020 80 prosentin keräysasteen. Keräysasteen kasvattamia toimia ovat mm. kaasuputkien ja –kaivojen lisääminen sekä pintasuojarakenteiden rakentaminen, jotta kaatopaikkakaasu ei pääsisi karkaamaan ilmakehään.

Vuonna 2013 muodostuvan kaatopaikkakaasun määrä oli 2,25 miljoonaa kuutiometriä. Kaatopaikkakaasun keräysasteen ollessa vuonna 2013 30 prosenttia, muodostunutta kaatopaikkakaasua saataisiin kerättyä vuonna 2013 noin 0,68 miljoonaa kuutiometriä.

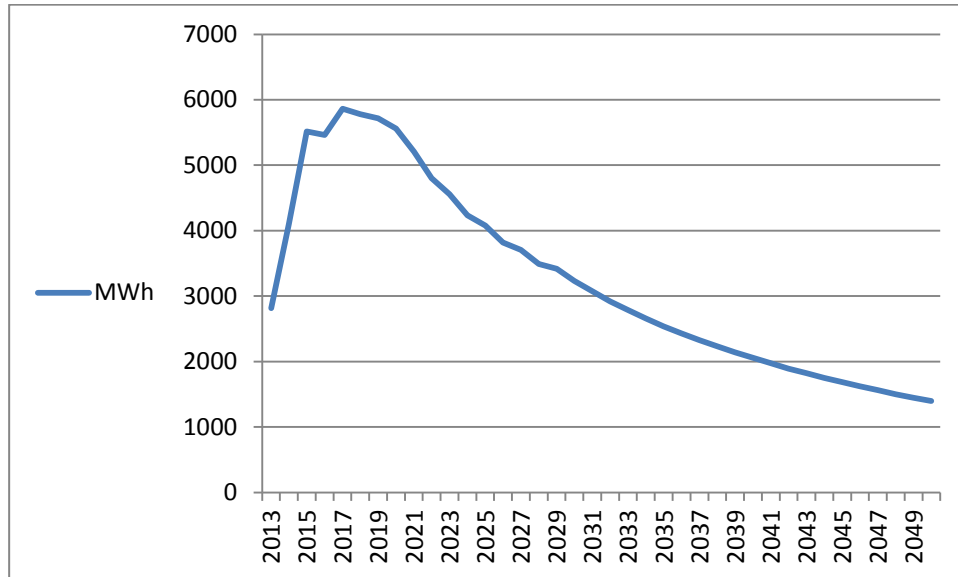


KUVIO 15. Vertailu vuosina 2013-2050 muodostuneesta kaatopaikkakaasusta ja talteenotetusta kaatopaikkakaasusta.

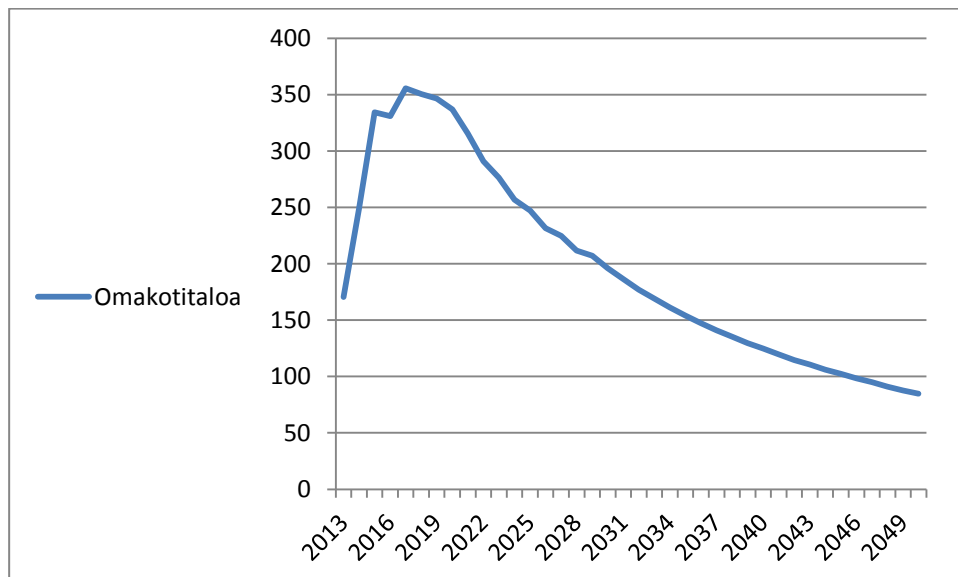
7.4.2 Kaatopaikkakaasusta saatava energia

Kaatopaikkakaasun sisältämä energia voidaan selvittää kaatopaikkakaasun lämpöarvon avulla joka on 15 MJ/Nm^3 (Tuhkanen 2002, 38). 15 Megajoulea vastaa energiana 4,17 kilowattituntia ja megawattitunteina tämä on 0,00417. Vuonna 2013 talteenotettavan kaatopaikkakaasun määrä oli noin 0,68 miljoonaa kuutiometriä. Tämä on megawattitunteina $0,68 \text{ milj.} \times 0,00417 = 2815$. Vuonna 2013 talteenotettavasta kaatopaikkakaasusta saataisiin energiaa siis 2815 MWh. Kuvioista 16 Nähdään talteenotetusta kaatopaikkakaasusta saatava energiamäärä vuosina 2013–2050 ja kuvioista

17 nähdään tällä energiamäärällä lämmitettävien omakotitalojen määrä. Tämä energiamäärä riittäisi lämmittämään esimerkiksi 171 omakotitaloa, joiden vuotuinen lämmittämiseen tarvittava energiamäärä olisi 16500 kWh.



KUVIO 16. Talteenotetusta kaatopaikkakaasusta saatava energiamäärä MWh vuosina 2013-2050



KUVIO 17. Talteenotetulla kaatopaikkakaasulla lämpiävät omakotitalot vuosina 2013-2050

8 TULOSTEN ANALYSOINTIA JA POHDINTOJA

8.1 Kaatopaikkakaasun hyötykäytön vaihtoehtojen tarkastelua

Mustankorkealla uudesta jätetäytöstä saatavan kaatopaikkakaasun määrä jää pieneksi. Vuosina 2013-2050 saatava energiamäärä on yhteensä 123188 MWh eli 123 GWh. Kaasunkeräystä aloitettaessa talteenotetun kaasun määrä on varsin pieni, ja kun kaasunkeräysjärjestelmä vuonna 2020 olisi kokonaisuudessaan valmis, on kaasun muodostuminen jo selkeästi heikentynyt jätetäytössä. Suurin syy tähän on kuivajätteen loppusijoituksen loppuminen vuoden 2015 jälkeen. Tämä asettaa myös valitulle hyötykäyttöratkaisulle haasteen.

Uudesta jätetäytöstä saatava kaatopaikkakaasu voitaisiin ohjata hyödynnettäväksi samaan Jyväskylän Energian Keltinmäen lämpökeskukseen, johon Mustankorkealta jo syötetään vanhasta jätetäytöstä tuleva kaatopaikkakaasu. Vanhan kaatopaikkakaasun pumppaamon viereen voitaisiin hankkia sähköntuotantoon soveltuva mikroturbiini, joka muuttaisi kaatopaikkakaasun sähköksi. Näin vanhasta jätetäytöstä voitaisiin syöttää kaasua myös mikroturbiiniin, jos Keltinmäen lämpölaitoksessa tulisi käyttökätkos. Mikroturbiinin tuottaman sähkön Mustankorkean jätteenkäsittelyasema voisi hyödyntää omassa toiminnassaan ja näin ollen sen ei tarvitsisi ostaa kallista sähköä muualta. Jos kaikkea tuotettua sähköä ei tulisi käytettyä, voitaisiin se syöttää valtakunnalliseen sähköverkkoon ja tästä saataisiin Mustankorkea Oy:lle lisätuloja. Lisäinvestoinneilla voitaisiin järjestää mikroturbiinin tuottaman lämmön talteenotto. Tästä saadulla lämmöllä voitaisiin lämmittää Mustankorkean alueella olevat rakennukset.

Toisena vaihtoehtona kaatopaikkakaasun hyödyntämisessä voisi olla kaatopaikkakaasun puhdistaminen liikennepolttoaineeksi. Tämä vaihtoehto on varsin kallis, sillä sen vaatimat laitteistot maksavat paljon. Liikennepolttoainekäyttöä suunniteltaessa pitäisi olla myös varmuus sen toimittamisesta jollekin asiakasryhmälle, esim. taksiyrittäjät tai Jyväskylän liikenne. Jos tällainen toimija saataisiin mukaan, voisi tämä olla huomionarvoinen vaihtoehto mietittäessä kaatopaikkakaasun hyödyntämistä. Mutta

ilman tällaista asiakasryhmän sitoutumista kaatopaikkakaasun jalostaminen liikenne-polttoaineeksi ei olisi järkevää.

Kolmas vaihtoehto olisi pelkkä sähkön tuotanto. Tässä vaihtoehdossa uudesta jäte-täytöstä talteen kerätystä kaatopaikkakaasusta tuotettaisiin vain sähköä. Sähkön tuotannon avulla Mustankorkea Oy olisi energiaomavarainen ja ylitse jäävä sähkö syötettäisiin valtakunnalliseen sähköverkkoon ja siitä saataisiin myyntituloja. Tässä ratkaisussa uutta ja vanhan jätetäyttöalueen kaatopaikkakaasun hyödyntämiskai-suja ei yhdistettäisi yhdeksi kokonaisuudeksi.

8.2 Pohdintoja

Tarkoituksena työssäni oli laskea muodostuvan kaatopaikkakaasun määrää Mustan-korkea Oy:n uudelta jätetäyttöalueelta. Tarkastelussa olivat myös kaatopaikkakaasun hyödyntämisen vaihtoehdot.

Laskelmissa kävi ilmi ettei uudelta jätetäyttöalueelta talteen saatava kaatopaikkakaasun määrä ole valtavan suuri, vaikka muodostuvan kaatopaikkakaasun määrä on koh-talainen. Tähän suurin vaikuttava tekijä on jätemäärien koostumuksien muuttumi-nen. Esimerkiksi lakimuutoksen myötä 2015 vuoden jälkeen loppusijoitukseen ei saa päätyä 10 % suurempaa määrää orgaanista jätettä. Näin ollen Mustankorkealle tule-vaa kuivajätettä ei enää saa loppusijoittaa. Kaatopaikkakaasun muodostumisessa kuivajäte onkin ollut suurin tekijä, sillä se sisältää niin paljon biohajoavaa jätettä.

Toinen iso vaikuttava tekijä talteenotetun kaatopaikkakaasun suhteen on talteenot-tojärjestelmän rakentaminen. Talteenottojärjestelmää ei ole vielä aloitettu rakenta-maan, mutta laskelmissa käytin 2013 vuonna talteenottojärjestelmän valmiusasteena 30 prosenttia. Talteenottojärjestelmää valmistuisi hieman lisää joka vuosi saavuttaen 2020 80 prosentin valmiusasteen. 100 prosenttista valmiusastetta en voinut käyttää, sillä laskelmissani jätetäyttö suljetaan vasta vuonna 2030. Kun vuonna 2020 kaato-

paikkakaasun talteenottojärjestelmä on valmis, on myös kaatopaikkakaasun muodostuminen alentunut merkittävästi.

Itselleni yllätyksenä tuli kuinka paljon muodostuvan kaatopaikkakaasun määrään vaikuttaa vuonna 2016 kuivajätteen loppusijoituskielto. Tällä on suuri vaikutus, koska uudessa jätetäytössä olevasta jätteestä suurin osa on nopeasti hajoavaa jätettä. Hitaasti hajoavat jätteet, kuten puu, on lajiteltu erilleen esimerkiksi rakennusjätetuormista.

Järkevimmäksi vaihtoehdoksi uudelta jätetäyttöalueelta muodostuvan kaatopaikkakaasun hyödyntämiskäytännönä näkisin vanhan kaasupumppaamon ja uuden tulevan kaasupumppaamon yhdistämisen yhteiseksi kokonaisuudeksi, koska uudelta jätetäyttöalueelta muodostuva kaatopaikkakaasun määrä jää pieneksi ja vanhalta jätetäyttöalueelta muodostuva kaatopaikkakaasun määrä tulee tulevina vuosina hiipumaan. Tämän avulla jätetäyttöalueiden kaatopaikkakaasun tuotanto pysyy voimissaan vielä pitkän aikaa, sen ansiosta myös investoinnin riskit pysyvät pienempinä. Tässä vaihtoehdossa kustannukset pysyisivät myös alhaisina, joka on myös hyvä asia tuotannon ollessa pientä.

Tämä voitaisiin toteuttaa laittamalla tulevan uuden kaasunpumppaamon yhteyteen sähköntuotantoon soveltuva mikroturbiinilaitos, jolla tuotettaisiin sähköä. Mikroturbiineja voitaisiin asentaa myös useampi rinnakkain, tämän ansiosta lähivuosina sähköntuotanto olisi suurempaa, ja kaatopaikkakaasun tuotannon heikentyessä tarpeettomaksi jääneet mikroturbiinit kytkettäisiin irti. Tuotettu sähkö voitaisiin käyttää joko Mustankorkealla tai myydä valtakunnan sähköverkkoon. Mahdollinen ylimääräinen kaatopaikkakaasu syötettäisiin vanhan jätetäytön yhteydessä olevaan kaasupumppaamoon, josta kaasu toimitettaisiin Jyväskylän Energian Keltinmäen lämpökeskukseen.

8.3 Tulosten arviointi

Saatuja tuloksia pidän tarkkoina, koska ne perustuvat valtakunnalliseen Kaatopaikkojen metaanilaskentamalliin. Suurimmat virheet laskelmissa voivat tulla kaatopaikka-

kaasun koostumuksen määrittämisessä. On erittäin vaikea arvioida jätetäytössä syntyvän kaatopaikkakaasun koostumusta ilman konkreettisia mittauksia. Täyden varmuuden tuloksiin saa sen jälkeen kun kaatopaikkakaasun keräysjärjestelmä on valmis. Kaasupumppaamolta voidaan tehdä metaani- ja hiilidioksidipitoisuuksien mittauksia, joiden avulla nähdään todellisuudessa muodostuvan kaatopaikkakaasun koostumus. Myös tulevaisuudessa loppusijoitettavien jätteiden määrät vaikuttavat tulosten oikeellisuuteen.

LÄHTEET

Ekholm, E., Pajuniemi, P., Väisänen, P., Niskanen, J. & Walavaara, M. 2000. Mustankorkean kaatopaikkakaasun keräyksen ja hyötykäytön yleissuunnitelma. Raportti. Maa ja Vesi Jaakko Pöyry Group.

Fortum Markets Oy. 2012. Viitattu 4.5.2013. <http://www.fortum-sahkosopimus.fi/sahkosanasto/hiilidioksidi/>, Hiilidioksidi.

Huttunen, M., Kuittinen, V. 2012. Suomen biokaasuyhdistys. Viitattu 15.4.2013. <http://www.biokaasuyhdistys.net/media/Biokaasulaitosrekisteri2011.pdf>. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 15, Tiedot vuodelta 2011.

Jokiranta, K. 2013. Fysiikan opiskelija. Jyväskylän yliopisto. Haastattelu. 6.3.2013.

Kaatopaikkojen metaanilaskentamalli. n.d. Valtion ympäristöhallinto. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=21988&lan=fi>, Laskentamalli.

Karttunen, P. 2007. Kaatopaikkakaasun hyötykäyttömahdollisuudet Anjalankosken Ekoparkissa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 22.3.2013. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/30233/TMP.objres.769.pdf?sequence=1>.

Krook, K. 2011. Artikkel. Viitattu 4.5.2013. <http://www.vestia.fi/roskasakkia/?p=622>, Kaatopaikka lämmittää ja valaisee jätekeskuksen.

Kuitto, P. 2010. Mustankorkea Oy:n kuivajätteen lajittelututkimus. Opiskelijatyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Latvala, M. 2009. Suomen ympäristö. Viitattu 27.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106756&lan=FI>. Paras käytössä oleva tekniikka (BAT), Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä.

Metsäsairila Oy vuosikertomus 2012. 2012. Metsäsairila Oy.

Motiva Oy. 2013. Viitattu 20.4.2013. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu, Biokaasu.

Mustankorkea Oy vuosikertomus 2008. 2008. Mustankorkea Oy.

Mustankorkea Oy vuosikertomus 2010. 2010. Mustankorkea Oy.

Mustankorkea Oy vuosikertomus 2011. 2011. Mustankorkea Oy.

Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2006. 2006. Mustankorkea Oy.

Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2009. 2009. Mustankorkea Oy.

Pirkanmaan Jätehuolto Oy. n.d. Viitattu 4.5.2013. <http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/Yhtio/Kaasunkerays>, Jätteenkäsittelykeskuksissa kerätään kaatopaikka-kaasut talteen.

Seppänen, R., Tiihonen, S., Wuolijoki, H., Kervinen, M., Smolander, J., Haavisto, A., Karkela, L., Varho, K. 2000. MAOL-taulukot. 1. -2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannusyhtiö Otava.

Sormunen, K., Aittola, J-P. 2012. Ramboll. Selvitys. Kaatopaikkakaasujen hyödyntämisen vaihtoehtotarkastelu.

Suomen biokaasuyhdistys. 2012. Viitattu 20.3.2013. http://www.biokaasuyhdistys.net/media/yleisesite_kevat_2012.pdf, Biokaasuesite 2012.

Tuhkanen, S. 2002. VTT. Jätehuollonmerkitys Suomen kasviuonepäästöjen vähentämisessä, Kaatopaikkojen metaanipäästöt ja niiden talteenotto. Viitattu 14.4.2013. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2142.pdf>.

Tulppo, P. 2011. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän Yliopisto. Ympäristötiede- ja teknologia. Kaatopaikkakaasun muodostuminen ja hyödyntäminen pienellä ja etäisellä kaatopaikalla Esimerkkitapaus Kuusiselän kaatopaikka. Viitattu 20.3.2013. <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/36984/URN%3aNBN%3afi%3ajyu-2011112311717.pdf?sequence=1>.

Väisänen, P. & Salmenoja, J. n.d. Biokaasun muodostuminen ja sen hallittu käsittely kaatopaikoilla. Viitattu 20.3.2013. <http://www.biokaasuyhdistys.net/docs/kaatgas.pdf>.

LIITTEET

Liite 1. Kartta Mustankorkea Oy:n nykyisestä loppusijoitusalueesta

