



Kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmän toimivuus

Miika Reili

**Opinnäytetyö
Tammikuu 2009**

Luonnonvara-ala



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Tekijä(t) REILI, Miika	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 36	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi KAATOPAIKKAKAASUN TALTEENOTTOJÄRJESTELMÄN TOIMIVUUS		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) RIIHINEN, Arto		
Toimeksiantaja(t) MUSTANKORKEA OY		
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli selvittää kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmien toimivuus ja kunto Jyväskylän Mustankorkea Oy:n jätteenkäsittelyasemalla. Selvitys tehtiin aiempien ja kesän 2008 kaatopaikkakaasupitoisuuksien ja kaasuvirtauksien mittausten perusteella. Kaatopaikkakaasusta tarkasteltiin metaanin ja hapen mittaustulosten suhteita. Näistä pystyttiin päättämään kaasuputkikohtaisesti kyseisen jätepenkan osan kaasuntuotto-kyky sekä löytämään ne putkistot joissa kaasuputkiston voidaan olettaa vaurioituneen. Kaasun virtausmittausten perusteella selvitettiin kaasunkeruujärjestelmän käyttöaste. Työssä tarkasteltiin myös sateiden vaikutusta kaatopaikkakaasun tuotantoon.</p> <p>Tutkimuksessa käytettiin määrällisesti laajaa materiaalia, joka koostui aiemmista kaasunkeruujärjestelmän seurantamittauksista ja -raporteista sekä kesän 2008 tutkimusmittauksista. Tutkimuksen mittaukset tehtiin 13 päivänä 2.6 – 8.8.2008. Mittaustulokset tilastoitiin ja koottiin yhteen kaasunkeruujärjestelmän aiempien seurantamittauksien kanssa. Tulosten tarkastelussa käytettiin taulukointia, jonka avulla pystyttiin analysoimaan mittaustuloksia ja poimimaan esiin ongelmakohtat.</p> <p>Tarkastelu osoitti, että Mustankorkea Oy:n kaasunkeruujärjestelmän käyttöaste on alhainen. Lisäksi työssä löydettiin jätepenkasta kaasuputkia, joiden metaanipitoisuudet olivat alhaisia. Sateiden todettiin tutkimuksessa lisäävän jätepenkan kaasuntuotantoa.</p> <p>Tutkimuksen tulosten perusteella kaasunkeruujärjestelmien säädön ja tarkkailun tulisi olla aktiivisempaa, jotta saataisiin parannettua järjestelmän käyttöastetta. Heikon kaasunpitoisuuden omaaville putkille ehdotettiin virtausten perusteella tehtävää kaasuputkistojen kunnan lisäselvitystä sekä lisätutkimusta kaasumulinjastojen säädön vaikutuksesta kaasuntuotantoon. Tulosten perusteella työssä ehdotettiin lisäksi tukkeutuneiden kaasuputkien aukaisua putkiston alipaineen kohottamisen avulla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) kaatopaikkakaasu, metaani, Mustankorkea		
Muut tiedot		

Author(s) REILI, Miika	Type of Publication Bachelor´s Thesis	
	Pages 36	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title THE FUNCTIONALITY OF THE RECOVERY SYSTEM FOR LANDFILL SITE GAS		
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) RIIHINEN, Arto		
Assigned by MUSTANKORKEA OY		
<p>Abstract</p> <p>The goal of this thesis was to find out the functionality and the condition for the recovery system of landfill site gas located in the waste treatment plant of Jyväskylä Mustankorkea Oy. The study was based on the concentration and flow measurements of the landfill site gas taken in summer 2008 and also before that. The ratios between the methane and oxygen measuring results were being examined. Using these ratios the gas productivity of the waste bank could be detected and also those pipes which are supposed to be damaged. The utilization rate of the gas recovery system was determined by flow measurements. The thesis includes also the influence of rain on the production of landfill site gas.</p> <p>The study was based on a quantitatively extensive material composed of both old follow-up measurements and reports from the same recovery system and also the recent measurements of this study in summer 2008. The measurements for this study were taken in the period of 13 days between June the 2nd and August the 8th in 2008. On the measurements were compiled statistics and the results were collected together with the old follow-up measurements. The study of the result was based on the tabulation to help analyzing the measurements and noticing the areas of difficulty.</p> <p>As a result of the study it was noticed that the utilization rate of the gas recovery system is low in Mustankorkea Oy. Also some gas pipes with a low methane concentration were discovered in the waste bank. Rains were noted to add gas production in the waste bank.</p> <p>According to the results of the thesis the adjustment and observation for the gas recovery systems should be more active. This should improve the utilization rate of the system. Further studies are proposed. The first one based on the gas flow is directed towards the pipes having low concentration rate and the purpose is to clarify the condition of the gas pipes. The second study is directed towards the adjustment of the gas suction lines and the purpose is to examine its impact to gas production. The corrective maintenance is also proposed by opening the blocked gas pipes using low pressure in the pipes.</p>		
Keywords landfill site gas, methane, Mustankorkea		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	3
2 MUSTANKORKEA.....	4
2.1 Mustankorkea Oy:n toiminta	4
2.2 Erillistoiminnot	4
3 KAATOPAIKKAKAASUN MUODOSTUMINEN	5
3.1 Aerobinen vaihe	5
3.2 Anaerobinen vaihe	6
3.3 Hajoamisen tulokset.....	6
3.4 Jätteen laatu	6
3.5 Jättemassojen rakenne.....	7
4 KAATOPAIKKAKAASUN KERUUJÄRJESTELMÄ.....	7
4.1 Kaatopaikkakaasulaitoksen toimintaperiaate.....	7
4.2 Kaasunkeruujärjestelmä Mustankorkealla.....	8
4.3 Mustankorkean jätetäyttö.....	12
5 TUTKIMUSONGELMA	13
6 TUTKIMUSMITTAUKSET MUSTANKORKEALLA 2008.....	14
6.1 Käytännön toimet.....	14
6.2 Mittaustulokset kesällä 2008	14
6.3 Kaatopaikkakaasumittaukset Mustankorkealla 2002 -2007	17
6.4 Metaani- ja happipitoisuuksien kehitys	18
6.5 Kaatopaikkakaasun virtausmittausten analysointi	24
6.6 Sateiden vaikutus kaasuntuotantoon.....	26
7 TULOSTEN ANALYSOINTIA JA POHDINTOJA	27
7.1 Toimintamalleja.....	27
7.2 Pohdintoja.....	29
LÄHTEET.....	31
LIITTEET.....	32
Liite 1. Mustankorkea Oy:n kaatopaikkakaasun keruuputkistojen kartta.....	33
Liite 2. Tyyppipiirustus pystykaivosta	34
Liite 3. Tyyppipiirustus kaasusalojasta.....	35
Liite 4. Biokaasupumppaamon mittauspöytäkirja	36

KUVIOT

KUVIO 1. Periaatekuva Mustankorkean kaatopaikkakaasunkeruuputkistoista.....	8
KUVIO 2. Pystykaivon periaatekuva	10
KUVIO 3. Kaasusalaojan periaatekuva.....	11
KUVIO 4. Sisäkuva Mustankorkean kaasupumppaamosta.....	12
KUVIO 5. Mustankorkean kaasupumppaamo.....	13
KUVIO 6. Metaanin % - osuuden keskiarvot mittaustuloksissa Mustankorkean kaatopaikkakaasun imulinjastoissa kesällä 2008.....	17
KUVIO 7. Hapen % - osuuden keskiarvot mittauksissa kaatopaikkakaasun imulinjastoissa kesällä 2008.	18
KUVIO 8. Kaatopaikkakaasun virtauksen m/s mittausten keskiarvot Mustankorkean kaatopaikkakaasun imulinjastoissa kesällä 2008.....	19
KUVIO 9. Linjan 1 metaanin ja hapen keskiarvot Mustankorkealla 2006 – 2008 ..	21
KUVIO 10. Linjan 2 metaanin ja hapen keskiarvot Mustankorkealla 2006 – 2008	22
KUVIO 11. Linjan 18 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008	23
KUVIO 12. Linja 19 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008	24
KUVIO 13. Linja 23 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008	25
KUVIO 14. Linjojen 26 ja 27, metaani- ja happipitoisuudet Mustankorkealla 2008	26
KUVIO 15. Kaatopaikkakaasun virtaus (m/s) Mustankorkealla kesällä 2008.....	27
KUVIO 16. Kesän 2008 metaanipitoisuuden keskiarvo ja elokuun metaanipitoisuudet kaasulinjalla 9.....	29

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheen valintaan vaikutti biokaasujen talteenoton ajankohtaisuus yhteiskunta- ja yhdyskuntasuunnittelussa, toisaalta oma mielenkiintoni ja mahdollinen työskentelyni tulevaisuudessa alalla. Jätteenkäsittelyn tehokkuutta ja sen hyödynnettävyyttä pohdin tulevaisuuden haasteena nykyihmiskunnalle ja sen kulutustavoille. Näen myös jätteen hyödynnettävyyden tulevaisuuden bisneksenä, missä kaikenlainen jäteaines toimii kilpailtavana energiantuottomuotona, sekä erilaisten teollisuuden komponenttien ja kulutustavaroiden valmistuksen raaka-aineena yhä kasvavissa määrin. Ihmiskunnan energiantarvetta ei voida enää taata nykyisillä tuotantomuodoilla, jolloin energiaa on kehitettävä muualta. Myös ympäristönsuojelun kiristyminen ja tarkentuminen ohjaa väkisin jo lainsäädännön kautta jätteidenkäsittelyn tehostamiseen ja monipuoliseen hyödyntämiseen.

Hakiessani aihetta opinnäytetyölleni otin ensimmäisenä yhteyttä marraskuussa 2007 Jyväskylän jätteenkäsittelyasemalle Mustankorkea Oy:lle. Muutamien yhteydenottojeni jälkeen sovimme tapaamisesta Mustankorkea Oy:n käyttöpäällikkö Timo Nissisen kanssa. Tapaamisemme pohjalta minulle tarjottiin opinnäytetyötä Mustankorkean kaatopaikkakaasun keruujärjestelmien toimivuuden määrittämisestä. Otin aiheen vastaan ja perusteellinen opinnäytetyön tutkimussuunnitelman ja pohjatietojen kerääminen alkoi.

Tavoitteena työssäni on määrittää jätetäyttöpenkan kaasunkeruujärjestelmien toimivuus kaasupitoisuuksien ja virtausten perusteella. Mustankorkealla oli tarve selvittää ja saada tietoa kaatopaikkakaasujärjestelmän toimivuudesta ja kunnosta. Mustankorkealla ei ollut aiemmin tutkittu järjestelmien kuntoa, joten työni on uutuusarvoltaan heille tärkeä. Työni pohjalta Mustankorkealla on tavoitteena kunnostaa ja uusia mahdollisia vioittuneita kaatopaikkakaasun imuputkistoja sekä saada tietoa niiden uusimisaikavälistä ja käyttöiästä.

2 Mustankorkea

2.1 Mustankorkea Oy:n toiminta

Mustankorkea Oy on Keski-Suomen alueellinen jätteenkäsittely-yhtiö, jonka omistajina ovat Jyväskylän kaupunki, Jyväskylän maalaiskunta, Laukaa, Muurame ja Vapo Oy. Mustankorkea Oy:n asiakkaina ovat omistajakuntien lisäksi 13 muuta keski-suomalaista kuntaa ja sen toimialueella asuu noin 200 000 asukasta. (Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2006, 6.)

Mustankorkean alueella on toiminut kaatopaikka jo vuodesta 1963 lähtien. Tuolloin paikka tunnettiin Jyväskylän kaupungin yhdyskuntajätteen kaatopaikkana.

Mustankorkea Oy on toiminut alueella vuodesta 1998 lähtien. (Vuosikertomus 2007, 6.)

Mustankorkea Oy:n toiminta perustuu sen toiminta-alueelta syntyneiden yhdyskuntajätteiden käsittelyyn, kierrätykseen ja hyötykäyttöön. Mustankorkea Oy:n asiakaskunta koostuu kotitalouksista, yrityksistä ja yhteisöistä. (Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2006, 6.)

2.2 Erillistoiminnot

Erillistoimintona Mustankorkea Oy:llä on jo aloittamisvuonna 1998 käyttöön otettu kompostointilaitos, jossa käsitellään erikseen vastaanotettu biojäte ja puhdistamoliete. Kompostointilaitoksen käsittelyn tuote jälkikypsytetään vielä erillisellä neljän hehtaarin jälkikypsytyksentällä erillisissä aumoissa hyötykäyttöön sopivaksi. (Emt. 10, 18 - 19.)

Kaatopaikkakaasua Mustankorkealla on kerätty vuodesta 2002 asti. Nykyään kaasusta saatava energiantuotto on yli seitsenkertainen verrattuna Mustankorkea Oy:n energian kulutukseen. Mittasuhteiltaan kaatopaikkakaasun energiantuotto vastaa tällä hetkellä yli 1000 omakotitalon vuoden lämmönkulutusta. Mustankorkea Oy:llä on sopimus

kaasuntuotannosta Jyväskylän Energia Oy:n kanssa, joka polttaa kaasun energiaksi Jyväskylän Keltinmäen lämpökeskuksessaan. Järjestelmää on rakennettu vuodesta 2001 asti lisäten koko ajan kaasunkeruun kapasiteettia. Kaatopaikkakaasun keräyksessä tavoitteena on myös kaasun energiakäytön lisäksi vähentää metaanipäästöjä ilmakehään, hallita kaasumuodostumista jätekentässä, parantaa paloturvallisuutta kaatopaikka-alueella sekä lieventää hajuhaittoja. (Emt. 19 - 21.)

Pilaantuneita maa-aineksia Mustankorkealle otetaan vastaan ympäristöluvan mukaisesti 100 000 t/a. Pilaantuneet maa-ainekset käsitellään tapauskohtaisesti, epäpuhtauksien määrän ja laadun mukaan. (Emt. 18.)

Hyötyjätteiden terminaali valmistui Mustankorkealle vuonna 2006. Terminaaliin otetaan vastaan kotitalouksien, yritysten, kauppaliikkeiden sekä teollisuuden tuottamaa keräyspaperia, -kartonkia ja -pahvia. Terminaalissa hyötyjäte paalataan teollisuuden raaka-aineeksi. (Emt. 19.)

Pienille jäte-erille Mustankorkealla on erikseen oma lajittelupiha, jonne voidaan tuoda kotitalouksista syntyneet kuiva-, puu-, metalli- ja betonijäte. Lajittelupihalla on myös erikseen ongelmajätteiden, elektroniikan, keräyslasiin ja paperin/pahvin vastaanotto. (Emt. 18.)

3 Kaatopaikkakaasun muodostuminen

3.1 Aerobinen vaihe

Jätteen orgaanisen aineksen hajoamista alkaa tapahtua heti jätteen läjityksen jälkeen. Alkuun hajoaminen tapahtuu hapen eli aerobisen hajoamisen tilassa, mutta jätetäytön happipitoisuuden pienentyessä hajoaminen muuttuu hapettomaksi eli anaerobiseksi. Aerobisen hajoamisen vaihe tuottaa pääasiassa hiilidioksidia. Jätteen läjityksen jatkuessa ja jätetäytön tiivistyessä, hapen pääsy jätemassaan estyy aerobisten hajotusreaktioiden kuluttaessa jäljellä olevankin hapen loppuun. (Ekholm, Pajuniemi, Niskanen, Väisänen, Walavaara 2000, 4.)

3.2 Anaerobinen vaihe

Kaasun anaerobinen muodostuminen jakaantuu happo- ja metaanikäymisen vaiheisiin. Happovaihe alkaa heti hapen kuluttua loppuun jätetäytöstä. Happovaihe kestää ainoastaan muutaman kuukauden, jolloin hiilidioksidipitoisuudet voivat nousta hyvinkin korkeiksi, aina 70 %:iin kaasun sisällöstä. Happovaiheen jälkeen, alkaa metaanikäymisen vaihe, jolloin kaasun metaanipitoisuudet hakevat muutaman vuoden paikkaansa, tasoittuen kaatopaikkojen yleiselle tasolle 40- 65 %:iin kaatopaikkakaasun koostumuksesta. Hiilidioksidipitoisuus laskee metaanikäymisen vakiinnuttua noin 40 %:n tasolle. Metaanikäymisen vaihe jatkuu useita vuosia jätepenkan kaasutuotannon ja pitoisuuksien hiljalleen vähentyessä hajotettavan orgaanisen jätteen kuluessa hiljalleen loppuun. (Ekholm ym. 2000, 4.)

3.3 Hajoamisen tulokset

Kaatopaikkakaasun muodostuminen syntyy mikrobien hajottaessa orgaanista jätettä hapettomissa (anaerobisissa) olosuhteissa. Tuloksena syntyy runsaasti metaania sisältävää kaasua sekä orgaanista jäännöstä. (Biokaasuesite 2008.) Kaatopaikkakaasu on siis kaasuseos sisältäen metaanin, hiilidioksidin ja hapen lisäksi pieniä pitoisuuksia muita yhdisteitä, kuten typpeä, vetyä, rikkivetyä ja haihtuvia orgaanisia VOC (volatile organic compounds) - yhdisteitä. Kaatopaikkakaasun pitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä on useita. Yleisesti ottaen tärkeimmiksi tekijöiksi voidaan nimetä jätteen laatu, kosteus, ikä ja tiivistyneisyys penkassa. (Ekholm ym. 2000, 4.)

3.4 Jätteen laatu

Jätteen laadulla on suuri merkitys sen hajoamistapahtumaketjun kannalta. Orgaaniset jätteet jaotellaan kahteen luokkaan, nopeasti ja hitaasti hajoaviin. Nopeasti hajoaviin kuuluvat esim. ruokajätteet, paperit ja pahvi. Hajoamisaika nopeasti hajoavilla on 3 kk – 5 v. Hitaasti hajoavilla jätteillä kuten kumilla, nahkalla, puulla ja tekstiileillä hajoamisaika voi olla jopa 50 vuotta. (Väisänen & Salmenoja n.d, 4.)

3.5 Jättemassojen rakenne

Tiivistetyissä jättemassoissa kosteus jakautuu tasaisemmin kuin tiivistämättömissä, jolloin hajottavilla bakteereilla on suurempi tilavuus toimia. Kosteus ei pääse tiiviissä massassa valumaan jätepenkan pohjalle niin helposti kuin löyhässä jätepenkassa. (Emt. 4.) Maamassoilla peitettyt penkat estävät hapen pääsyn penkkaan, jolloin anaerobista hajotusta ei tapahdu ainoastaan penkan hapettomissa sisäosissa vaan lähes koko penkan tilavuudessa. Jätepenkkaa peittävillä maamassoilla estetään myös metaanin pääsy ilmakehään, millä on niin ympäristöllisiä kuin esteettisiä (haju) seikkoja parantavia vaikutuksia. (Mustankorkea Oy vuosikertomus ja ympäristöselonteko 2006, 21.)

Yleisesti kaatopaikoilla, joissa jätetäyttö on jatkunut jo vuosia, kuten Mustankorkealla, orgaanisen aineksen hajoaminen tapahtuu jätepenkan sisällä anaerobisesti. Isoimmilla kaatopaikoilla jätepenkat ovat yleensä hyvin korkeita ja tiivistettyjä. Näin ollen happea ei jätepenkkaan pääse, minkä seurauksena aerobinen hajoaminen estyy. (Väisänen & Salmenoja n.d, 2.) Aerobinen jätteenhajoaminen on kuitenkin mahdollista, jos penkkaan kulkeutuu happea esim. jätepenkkaa auottaessa. Myös jätetäytön pintakerroksissa voi tapahtua aerobista hajoamista jätetäytön pinnan ollessa löyhempään tiivistynyttä (happitaskuja) kuin penkan sisäosissa. Aerobinen hajoaminen mahdollistuu myös, jos jätetäytön pintakerroksia suojaavien maamassojen paksuus ja tiiveys eivät estä hapen kulkeutumista jätepenkkaan.

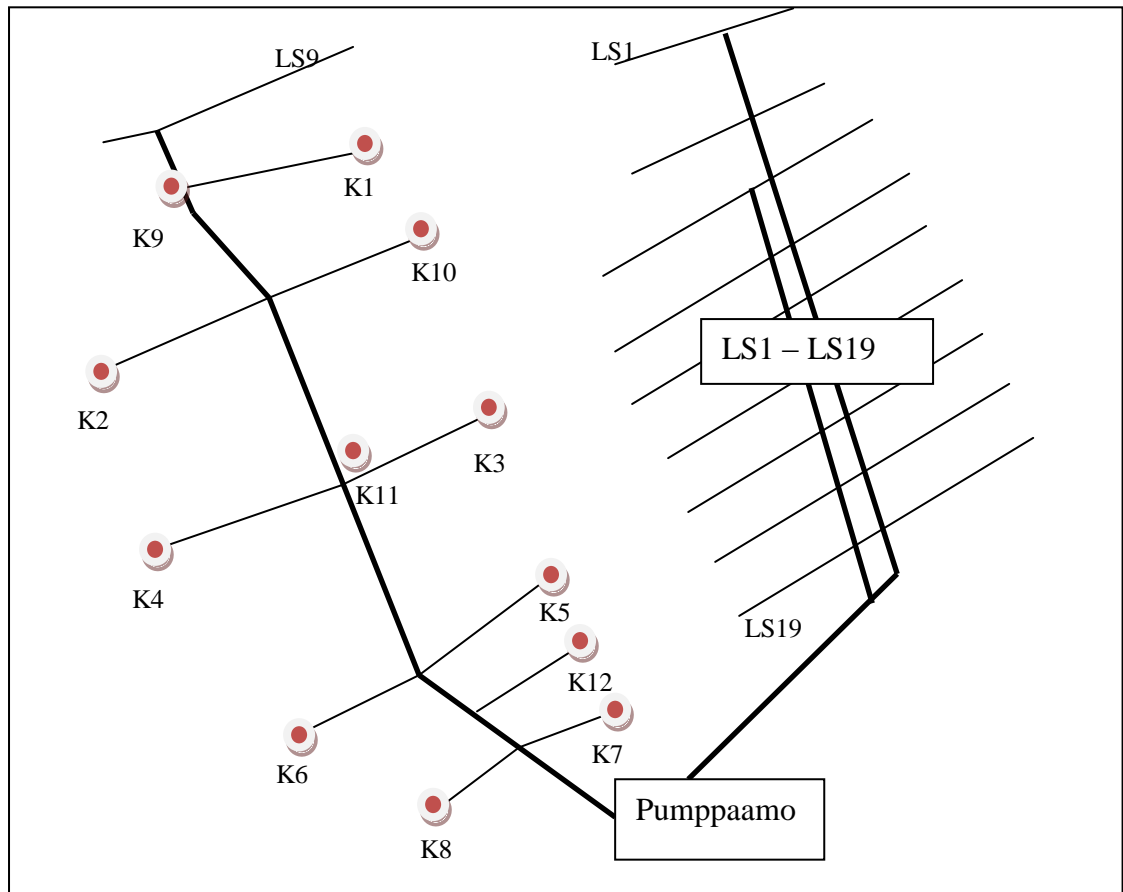
4 Kaatopaikkakaasun keruujärjestelmä

4.1 Kaatopaikkakaasulaitoksen toimintaperiaate

Mustankorkean kaatopaikkakaasulaitoksen toiminnan tarkoituksena on kerätä muodostuva kaatopaikkakaasu poltettavaksi Jyväskylän Energia Oy:n Keltinmäen lämpökeskuksessa tai sen käyttökäytön aikana erillisessä soih tupolttimessa. Itse Mustankorkean kaatopaikkakaasujärjestelmä koostuu imukaivoista, kaasusalaajista,

imuputkistoista, pumppaamosta, soih tupoltimesta ja kaasunsiirtolinjasta. (BKP -600 Tekninen erittely/prosessikuvaus n.d, 1.)

4.2 Kaasun keruujärjestelmä Mustankorkealla



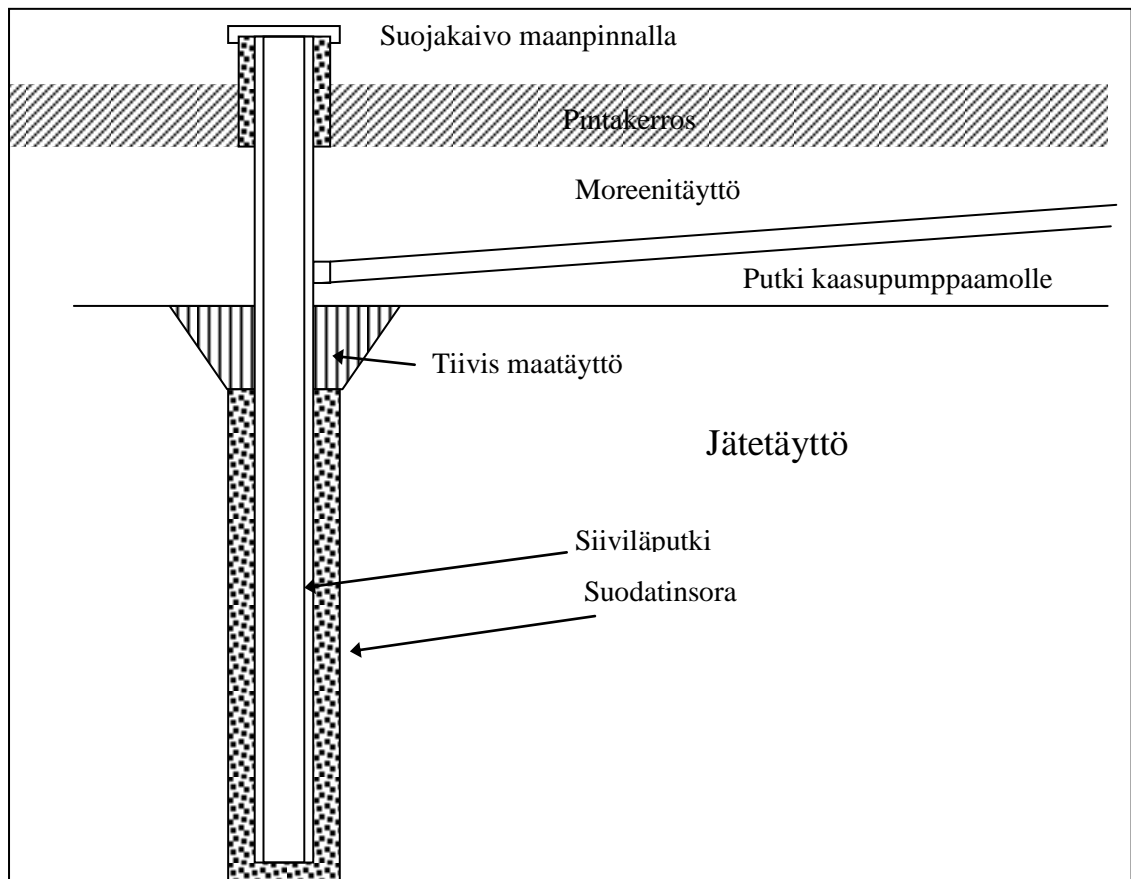
KUVIO 1. Periaatekuva Mustankorkean kaatopaikkakaasun keruuputkistoista.

Kuviossa 1 on esitetty Mustankorkean kaasun keruujärjestelmä. Kaasusalaojat (LS) ja kaasukaivot (K) vastaavat kaasupumppaamolle merkittyjä putkia 1 – 28.

LS19 = 1	K11 = 12	LS2 = 23
LS18 = 2	K3 = 13	LS1 = 24
K8 = 3	K5 = 14	LS16 = 25
K6 = 4	K12 = 15	LS15 = 26
K4 = 5	K7 = 16	LS14 = 27
K2 = 6	LS8 = 17	LS13 = 28

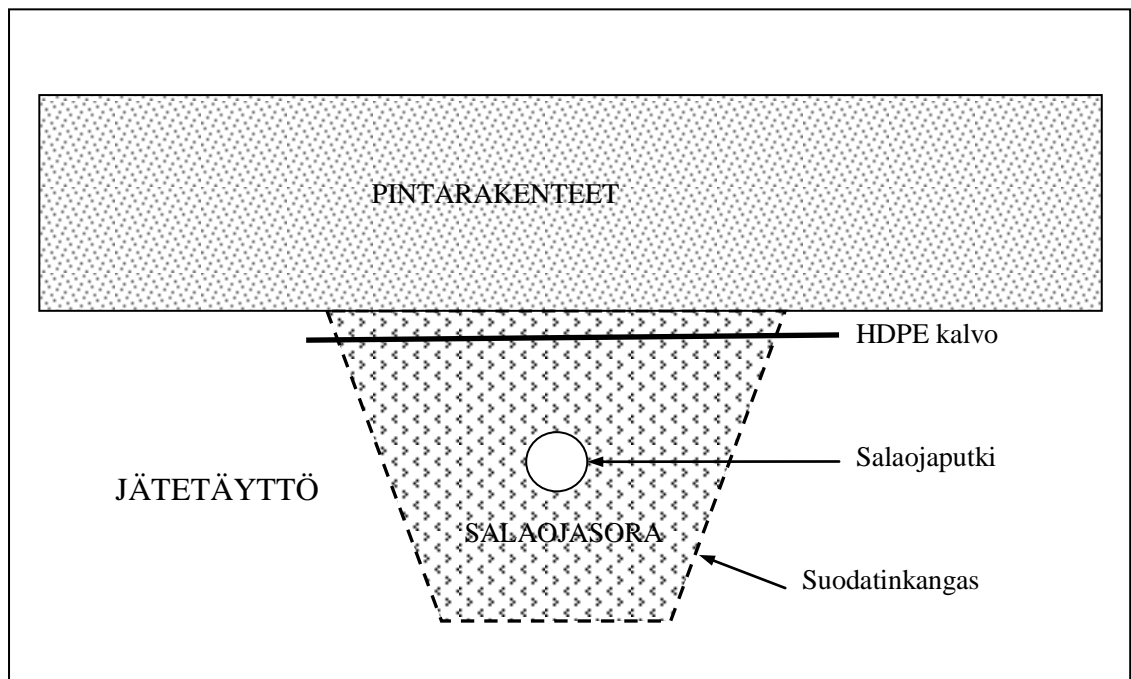
LS9 = 7	LS7 = 18
LS17 = 8	LS6 = 19
K9 = 9	LS5 = 20
K1 = 10	LS4 = 21
K10 = 11	LS3 = 22

Mustankorkean kaasunkeruujärjestelmä on sijoitettu vanhaan jätetäyttöön, jossa on kahta erilaista kaasunkeruun putkistomallia. Ensimmäiset vuonna 2001 rakennetut kaasunkeruujärjestelmät olivat ns. imukaivoja (kuvio 2), joista kaasu johdetaan imulinjastoon jätetäyttöön pystysuoraan sijoitetuista kaivoista. Pystykaivoja täytössä sijaitsee tällä hetkellä 12 kpl. Kaivot ovat reijitettyä siiviläputkea, jotka on ympäröity karkealla kiviaineksella. Pystykaivosta kaasu imetään imulinjastoon DN 90 PEH PN 10 -tyypin imuputkea pitkin, joka on asennettu kaivon yläreunaan 5 % nousukulmaan. Kaivon yläosa on tiivistetty kaasutiiviiksi savikerroksella ja muovikalvoilla. (Ekholm ym. 2000, 14 - 15.)



KUVIO 2. Pystykaivon periaatekuva.

Loput 18 kaasunkeruuputkea ovat ns. kaasusalaojamallia(kuvio 3, 10), jossa kaasu imetään alipaineella vaakasuorassa jätetäytössä olevaan salaojaputkistoon ja tästä edelleen yhteiseen imulinjastoon. Salaojaputket ovat asennettu kukin omaan uomaansa, jossa täyttöaineena on käytetty karkeaa kiviainesta tai louhetta. Itse putket ovat muovisia paksuseinäisiä 100 mm:n salaojaputkia, jotka on vuorattu asennettaessa suodatinsoralla, louheella ja suodatinkankaalla. Salaojaputket on vielä liitetty umpiputkeen 6 m ennen yhteiseen imulinjastoon liittämistä. (Emt, 14 - 15.)



KUVIO 3. Kaasusalaojan periaatekuva.

Yhteisestä imulinjastosta kaasunkeruuputket tulevat kaasupumppaamolle, josta järjestelmää johdetaan koneellisesti. Pumppaamossa kaasu imetään jokaisesta imulinjasta erikseen yhteiseen kaasunkokoojatukkiin(-putkeen). Kaasun virtausta voidaan säätää putkikohtaisesti ennen kokoojatukkia imulinjastoissa olevilla säätöventtiileillä. Lisäksi imulinjastoissa on omat putkikohtaiset mittauspisteet, joista kaasun koostumus ja virtaus mitataan.(BKP-600 käyttöohje, n.d, 3.)



KUVIO 4. Sisäkuva Mustankorkean kaasupumppaamosta.

Pumppaamon tehtävänä on pitää imuputkistoissa riittävä alipaine, jotta kaasu saadaan hallitusti virtaamaan järjestelmään. Alipaine imuputkistoihin ja lähtöpaine pumppaamolta lähtevälle siirtolinjalle luodaan kiertomäntäpuhaltimella, jota voidaan käyttää vakiokierroksilla tai lähtöpainesäädöllä. Vakiokierrossäätöä käytetään yleensä vain, jos järjestelmään halutaan luoda lähes tasainen kaasun virtausnopeus, esim. imulinjastojen putkikohtaisia mittauksia tai venttiilien säätöjä tehdessä.

Lähtöpainesäätöä käytettäessä puhaltimen sähkömoottorin taajuusmuuttaja säätää puhaltimen kierrosnopeuden haluttujen imu- ja lähtöpaineraja-arvojen mukaan. Tällöin puhaltimen kierrosnopeus ja kaasun virtaus muuttuvat sen mukaan kunnes imu- ja lähtöpaineen asetusarvot saavutetaan. Järjestelmä seuraa tällä käytötavalla kaasun kulutuksen, tuotannon ja ilmanpaineen suhdetta, mikä on teholtaan ja hyötysuhteeltaan järkevin käyttötapa. (Emt, 3.)



KUVIO 5. Mustankorkean kaasupumppaamo.

Mustankorkean kaatopaikkakaasun pumppaamo on miehittämätön ja automaattisesti toimiva laitos, jonka toimintaa ohjaa ohjelmoitu logiikkajärjestelmä.

Kaatopaikkakaasulaitos on mallia Sarlin BKP-600 ja se on Suomen patenti- ja rekisterihallituksen suojaama (Hyödyllisyysmalli nro 3619). (BKP -600 Tekninen erittely/prosessikuvaus n.d, 1)

4.3 Mustankorkean jätetäyttö

Mustankorkealla kaatopaikkakaasun keruuputkistot on sijoitettu vanhan jätetäytön alueelle, jonne jätteen toimittaminen on pääasiallisesti lopetettu. Alueella sijaitsee nykyisin vain pienautoille tarkoitettu kuivajätteen purkupaikka, jossa ainoastaan vanhan jätetäytön penkka on auki. Muualla vanha jätetäyttö on suojattu ja peitetty maakerroksin. Vanha jätepenkka pitää sisällään lähes kaikkea mahdollista jäteainesta. Kaatopaikan alkuaikoina jätetäyttöön laitettiin kaikki yhdyskuntien sekajäte sellaisenaan. Vanha penkka sisältää erityisen paljon nopeasti orgaanisesti hajoavaa jätettä, sillä sinne on ajettu vuosikymmenien ajan yhteiskunnasta syntyvää bio-organista ainesta. Vasta vuodesta 1996 lähtien on yhdyskuntabiojäte kerätty erikseen ja kompostoidaan nykyäänkin vielä kompostointilaitoksella ja jälkikypsytyksentällä.

(Ekholm ym. 2000, 4.) Nykyään uudelle jätetäytölle menevän biojätteen määrä on huomattavasti pienempi, vain noin 30 % erilliskeräyksen massasta (Emt, 9).

5 Tutkimusongelma

Mustankorkealla kaatopaikkakaasun keruujärjestelmä on toiminut osittain jo vuodesta 2002 lähtien. Sen toimintaa on valvottu Espoolaisen järjestelmän rakentajan Sarlin Hydorin Oy:n toimesta. Sarlin Hydor Oy on mitannut joka kuukausi kaasuputkistojen kaasukoostumukset ja virtaukset putkikohtaisesti, tehden niistä vuosittaisen kaasupumppaamon toimintaraportin. Sarlin Hydor Oy on myös hoitanut kaasupumppaamon kaasulinjojen virtausten säädön kaasupitoisuuksien perusteella, sekä pitänyt huolta pumppaamon toiminnasta ja laitteistojen sekä mittareiden kalibroinneista. Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraporteista 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 ja 2007 käy ilmi jokaisen kaasunimulinjaston kaasutuotannot ja niiden koostumuksien vuosittaiset heilahtelut. Sarlin Hydor Oy on raporteissaan arvioinut pumppaamon toimintaa ja mahdollisia kaasutuotannon heilahteluiden syitä hyvin pintapuolisesti ja keskittyen juuri kyseisen vuoden saantoon ja tuloksiin. Vuosiraporteista koottua yhtenäistä järjestelmän kunnon määrittystä ei ole tehty. Eli tietyn linjaston kaasutuotannon pidempiaikainen analyysi ja seuraaminen sekä perehtyminen kaasuntuotannon heilahteluiden syihin ovat vuosiraporteissa varsin vähän selvitettyjä tai kokonaan huomioimatta.

Työni tarkoituksena on selvittää Mustankorkean kaatopaikkakaasun keruujärjestelmän kunto ja kaasutuotannon kehitys jokaiselta imulinjastolta erikseen pidemmältä aikaväliltä. Tulosten perusteella voidaan tehdä järjestelmään mahdollisia korjaustoimenpiteitä, sekä määrittää järjestelmän elinkaarta, minkä määrittäminen auttaa Mustankorkealla ennakoimaan tulevaisuudessa uudelle jätetäyttöalueelle sijoitettavan kaasunkeruujärjestelmän teknisissä ratkaisuihin, sekä ajoittamaan huoltotoimenpiteitä putkiston ikäkaaren lähestyessä loppuaan. Laitteiden toimintavarmuus takaa Mustankorkea Oy:n kaasuntuotannon Jyväskylän Energia Oy:lle. Näin ollen Mustankorkealla pystytään tehostamaan jätetäytöstä saatavan energian käyttöä.

6 Tutkimusmittaukset Mustankorkealla 2008

6.1 Käytännön toimet

Ensimmäisenä laadimme Mustankorkea Oy:n käyttöpäällikkö Timo Nissisen kanssa mittaussuunnitelman kesälle 2008. Tarkoituksena oli suorittaa ensin 10 päivän yhtäjaksoinen mittausjakso, jossa jokaisesta kaasulinjastosta otettiin pumppaamon mittauspisteistä ylös linjaston metaani (CH₄), hiilidioksidi (CO₂), happi (O₂) % - pitoisuudet sekä kaasun virtaus (m/s). Nämä tulokset kootaan excel -taulukkoon ja verrataan niitä aiempien vuosien raporteista koottaviin tuloksiin. Mikäli mittaustulosten perusteella havaittaisiin tarvetta jatkaa mittauksia, näin myös tehtäisiin. Tarkoituksena on saada poimittua putkilinjastoista esiin ne linjastot, joilta kaasuntuotto on ollut heikkoa tai täysin loppunutta. Heinäkuussa 2008 olleiden kovien sateiden vaikutusta mittaustuloksiin päätettiin tutkia jatkamalla mittauksia sadejakson jälkeen.

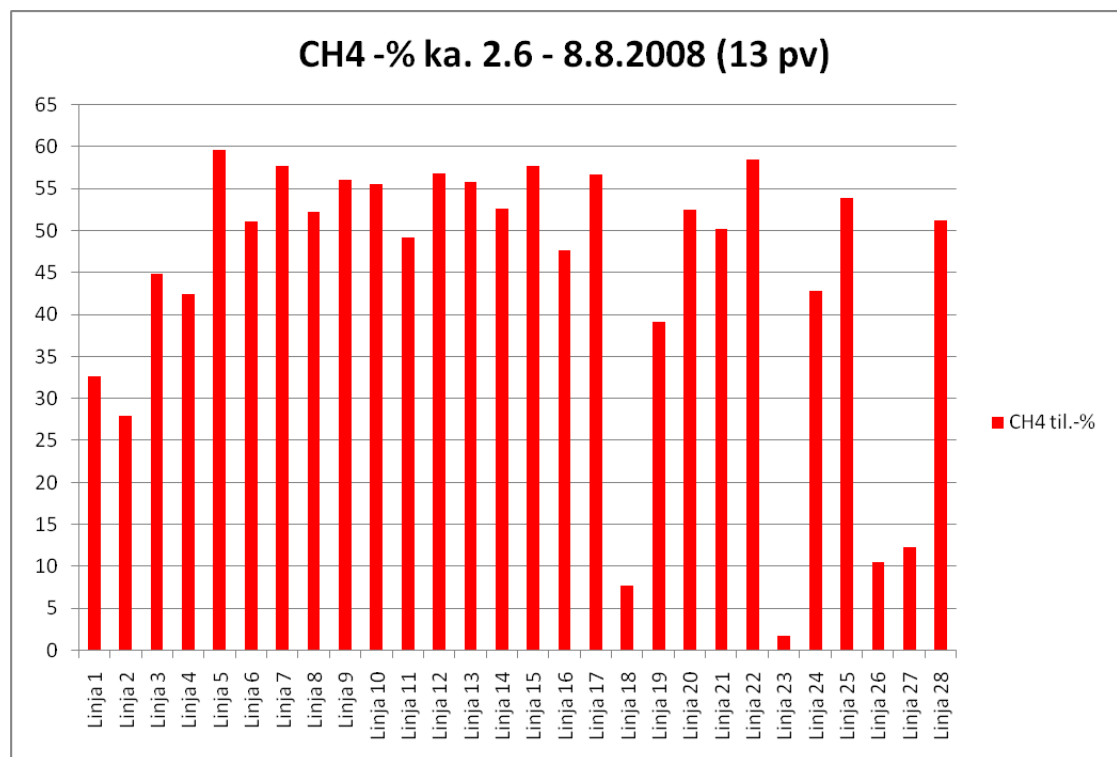
Mittaukset suoritin itsenäisesti kaasupumppaamolla. Alkuopastuksen pumppaamon toimintaan ja mittauslaitteiston käyttöön sain Sarlin Hydor Oy:n pumppaamon huoltohenkilöltä. Mittauksissa käytössäni oli Enviromental Instruments Oy:n valmistama, Mustankorkean omistama kaasuanalysointilaite mallia GA 2000 sekä virtausten mittaukseen virtausmittari TSL Velocicalc. Kaasuanalysointilaitteella mittasin jokaisesta kaasunimulinjastoista erikseen metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuuden, jotka mittari ilmoitti prosentiosuutena kaasusta. Virtausmittarilla saatiin jokaisesta kaasunimulinjastosta erikseen kaasun virtausnopeus m/s.

6.2 Mittaustulokset kesällä 2008

Mittaukset suoritin kahdessa eri ajanjaksossa, 10 päivän ajan kesäkuussa sekä kolmen päivän ajan elokuussa 2008. Elokuussa suoritettavat mittaukset tapahtuivat heinäkuun loppupuolen kovan sadejakson jälkeen. Mittaukset suoritettiin jokainen kerta samalla tavalla, tulokset merkatien valmiille biokaasupumppaamon mittausspöytäkirjalomakkeelle (Liite 4). Mittausten jälkeen syötin kunkin päivän

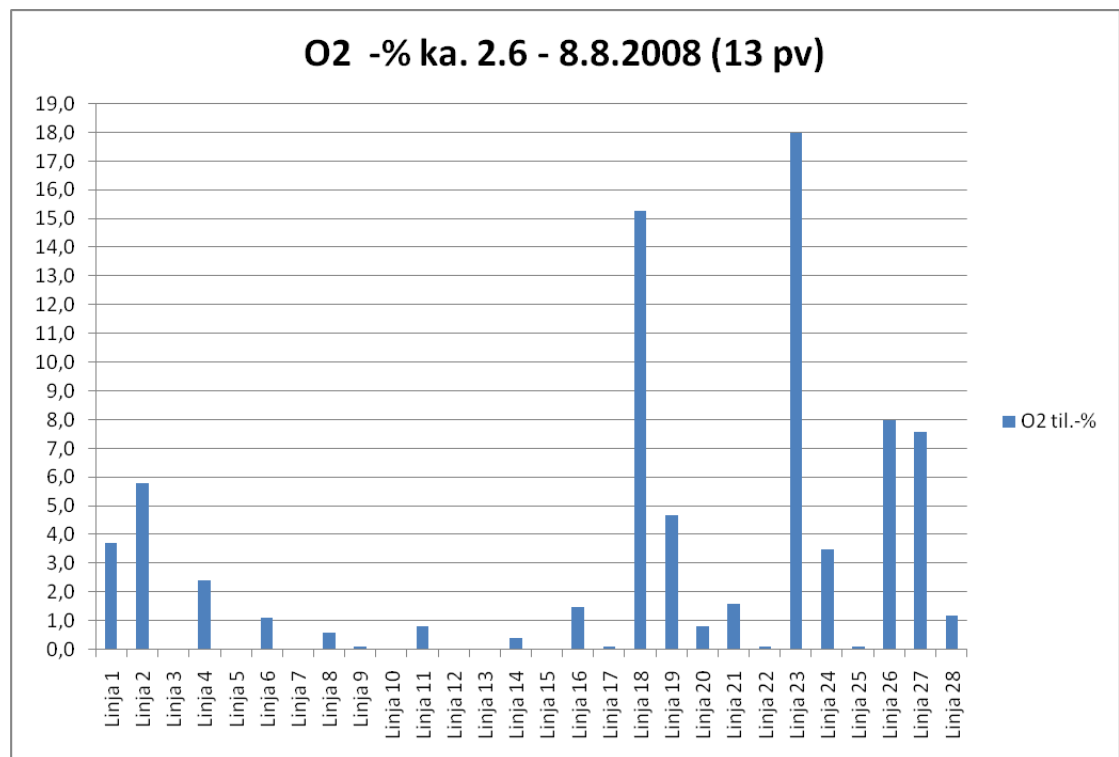
tulokset excel- taulukkoon, josta koostin mittausten loputtua yhteenvedon, mistä ilmenevät eri kaasujen pitoisuudet ja virtausten keskiarvot kullekin imulinjastolle. Nämä tulokset yhdistämällä ja vertaamalla niitä aiempiin kaasupumppaamon vuosiraporttien mittaustuloksiin, pääsin selville imulinjaston toiminnasta. Näin pystyin havaitsemaan siellä olevat ongelmakohdat ja ne tietyt linjastot, joilta kaasun tuotto oli heikkoa. Otin tutkimuksen tulosten tarkasteluun erityisesti metaani-, happi- ja kaatopaikkakaasun virtaustulokset sekä niiden keskiarvojen kehityksen. Stabiilissa metaanikäymistilassa oleva jätepenkan tiedetään tuottavan metaania useita vuosikymmeniä, jolloin parhaiten kuvaava kaasu on juuri metaani, sen ollessa prosenttiosuudeltaan suurin jätekaasun koostumuksesta. (Emt, 4.)

Päätelmäni mukaan metaanin prosenttiosuuden lasku ilmentää ongelmia joko kyseisen imulinjaston vaikutusalueella olevassa anaerobisessa toiminnassa tai imulinjaston rakenteessa. Hapen prosenttiosuuden kohoamisen oletin kertovan kyseisen imuputkiston alueella olevasta anaerobisen toiminnan heikentymisestä tai siitä, että penkkaan/imujärjestelmiin pääsee virtaamaan happea. Virtausten heikentymisen oletan taas putkistoissa kertovan putkirakenteiden kasaan painumisesta tai tukkeutumisesta.



KUVIO 6. Metaanin % - osuuden keskiarvot mittaustuloksissa Mustankorkean kaatopaikkakaasun imulinjastoissa kesällä 2008.

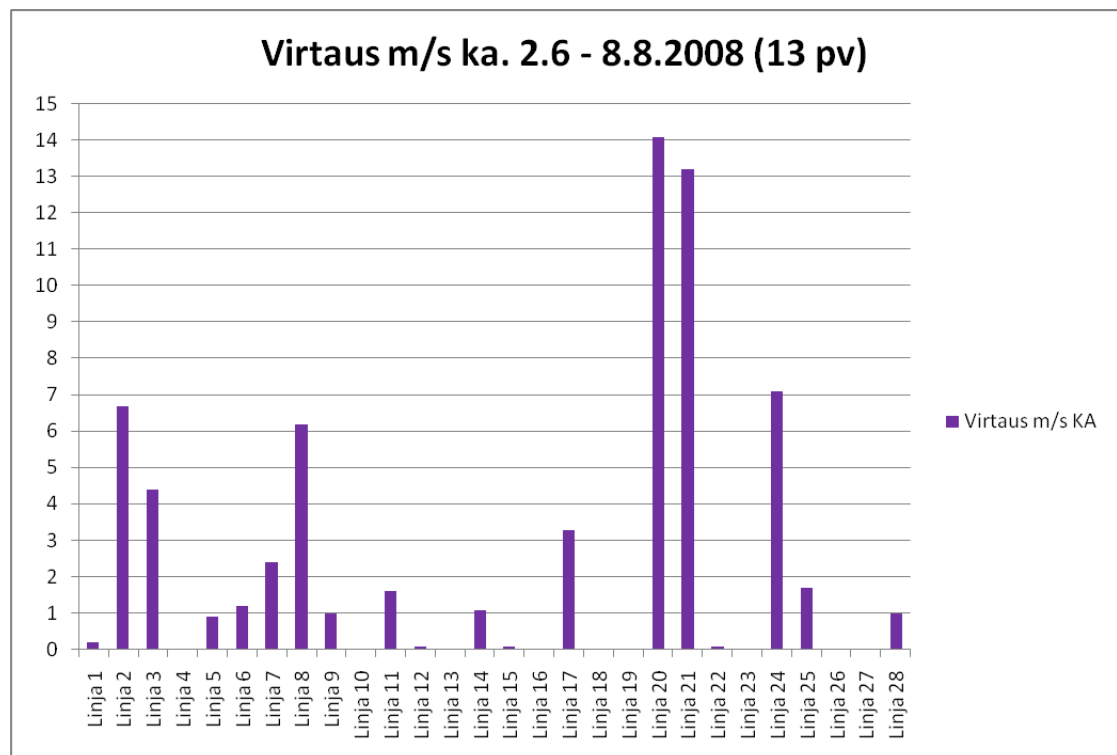
Kuviossa 6 olevien tulosten mukaan metaanin tuotto ylittää yli tai on noin 40 %, imulinjastoissa 3-17, 19-22, sekä 24, 25 ja 28. Heikkoa (< 40 %) tuotto on ollut mittaustulosten mukaan imulinjastoissa 1, 2, 18, 23, 26 ja 27. Metaanin osuus kaatopaikkojen jätekaasusta on normaalisti 40 – 65 %. (Emt, 4.) Tämän mukaan pidin 40 % metaanitasoa tutkimuksessani raja-arvona, jonka alittuessa oletin ongelmia olevan joko imulinjastoissa tai kyseisen imulinjaston vaikutusalueen anaerobisessa tuotannossa. Huomattavaa oli, että linjastot 3-6 ja 9-16 ovat kaasunkeruujärjestelmään ensin rakennettua pystykaivojärjestelmää ja loput vaakasalaojamallia. Yleisesti ottaen pystykaivoista saamani mittaustulokset kertoivat metaanin % -osuuden kaatopaikkakaasusta olleen mittaussjaksoni aikana hyviä, eikä niiden osalta voinut kohdistaa epäilyksiä järjestelmän toimivuuteen. Heikot metaanin mittaustulokset kohdistuivat uudempiin, vuodesta 2003 ja sen jälkeen käyttöön otettuihin vaakasalaojamalleihin.



KUVIO 7. Hapen % - osuuden keskiarvot mittauksissa kaatopaikkakaasunimulinjastoissa kesällä 2008.

Tarkasteltaessa hapen prosentiosuuksien esiintymistä kuvion 7 mittaustuloksissa, käy ilmi sillä olevan osittain yhtäläisyyksiä linjastoihin, joissa metaanin tuotto on ollut heikkoa. Juuri linjastoissa 1, 2, 18, 19, 23, 26 ja 27 alittui metaanin 40 %:in raja-arvo.

Näillä heikon metaanituotoksen linjastoilla vastaavasti hapen osuus oli noussut osassa merkittävästi. Hapen normaalitasona pidetään 0 -2 % stabiilissa metaanikäymistilassa olevassa jätepenkassa (Väisänen & Salmenoja n.d, 22). Joten imulinjaston mittauksissa havaitsemani yli kahden 2 % happipitoisuudet kertonevat aiemmin mainitsemistani jätepenkan anaerobisen tuotannon ongelmista tai imujärjestelmässä olevista vuotokohdista.



KUVIO 8. Kaatopaikkakaasun virtauksen m/s mittausten keskiarvot Mustankorkean kaatopaikkakaasun imulinjastoissa kesällä 2008.

Kuvion 8 virtausten perusteella imulinjaston tuotto on yleisesti ottaen ollut heikkoa. Yli 3 m/s tuottavia linjoja ei ole kuin linjat 2, 3, 8, 17, 20, 21 ja 24. Näihin linjoihin perustuu pääosin Mustankorkean vanhan jätepenkan kaasuntuotto tällä hetkellä. Virtausta säädellään pumppaamolta käsisäädöllä putkikohtaisilla venttiileillä, kaasuputkistojen metaanipitoisuuksien mukaan. Venttiilien säädöt on hoitanut järjestelmän rakentaja Sarlin Hydor Oy.

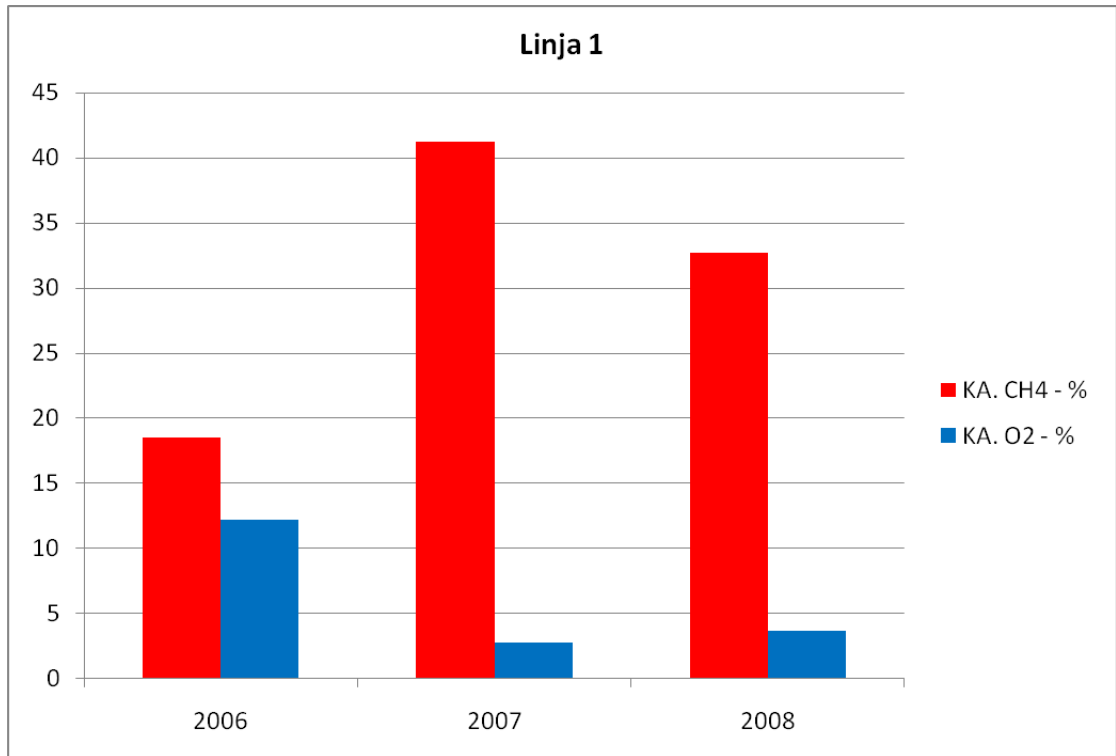
6.3 Kaatopaikkakaasumittaukset Mustankorkealla 2002 -2007

Sarlin Hydor Oy on hoitanut pumppaamon toiminnan ja kaatopaikkakaasun mittauksia putkistoista vuodesta 2002 lähtien. Mittaukset ovat tapahtuneet kerran kuukaudessa, ja näin ollen ne ovat koostaneet joka vuosi 12 mittauksen perusteella vuosiraportin pumppaamon ja imujärjestelmän toiminnasta. Sarlin Hydor Oy:n Mustankorkean biokaasulaitoksen raporteista 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 ja 2007 käy ilmi keskeiset pumppaamon tunnusluvut; metaani-, hiilidioksidi ja happipitoisuus, sekä virtausten ja imuputkistojen paineiden keskiarvot. Raporteissa on ilmoitettu myös pumpattu kaasunmäärä ja -teho (kw/h). Itse pumppaamon ja imujärjestelmän toimintaa on arvioitu hyvin vähäsanaisesti ja aikaisempia vuosia toistaen. Kaasulinjastoista on poimittu hyvin tuottavat linjastot esiin, ja mainittu niiden tunnusluvut numeroina. Heikompien linjastojen tuoton syiksi on yleisesti mainittu kaasuntuoton heikentyminen penkassa, liikenteestä johtuva tiivistyminen, penkan aukominen ja sään vaikutukset. Mitään näistä syistä ei ole pystytty kohdentamaan kyseisen imulinjaston heikon tuoton syyksi. Lisäksi raporteissa ei ole juurikaan arvioitu aikaisempien vuosien tuloksia verraten kyseisen vuoden tietystä linjastosta saatuihin tuloksiin.

Imulinjastot on rakennettu Mustankorkealle viidessä eri vaiheessa, joten putkistojen historiaa ei ole kaikista linjastoista vuodelta 2002 lähtien. Tämä hankaloittaa näiden myöhemmin asennettujen linjastojen arviointia, kun taustatietoa ei ole kertynyt yhtä pitkältä ajalta kuin jo vuonna 2002 rakennetuista. Pumppaamolle merkityt linjat 3-6 ja 9-16 ovat näitä ensin 2002 käyttöön otettuja pystykaivoputkistoja. Ensimmäiset vaakasalaojaputkistot otettiin käyttöön vuonna 2003 ja ne ovat pumppaamolle merkittynä linjoina 17 - 23. Vuonna 2006 on käyttöön otettu seuraavat vaakasalaojaputkistot ja ne ovat linjoja 1, 2, 7, 8, 24 ja 25. Viimeisenä on otettu käyttöön 2007 linja 28 sekä 2008 vielä linjat 26 ja 27.

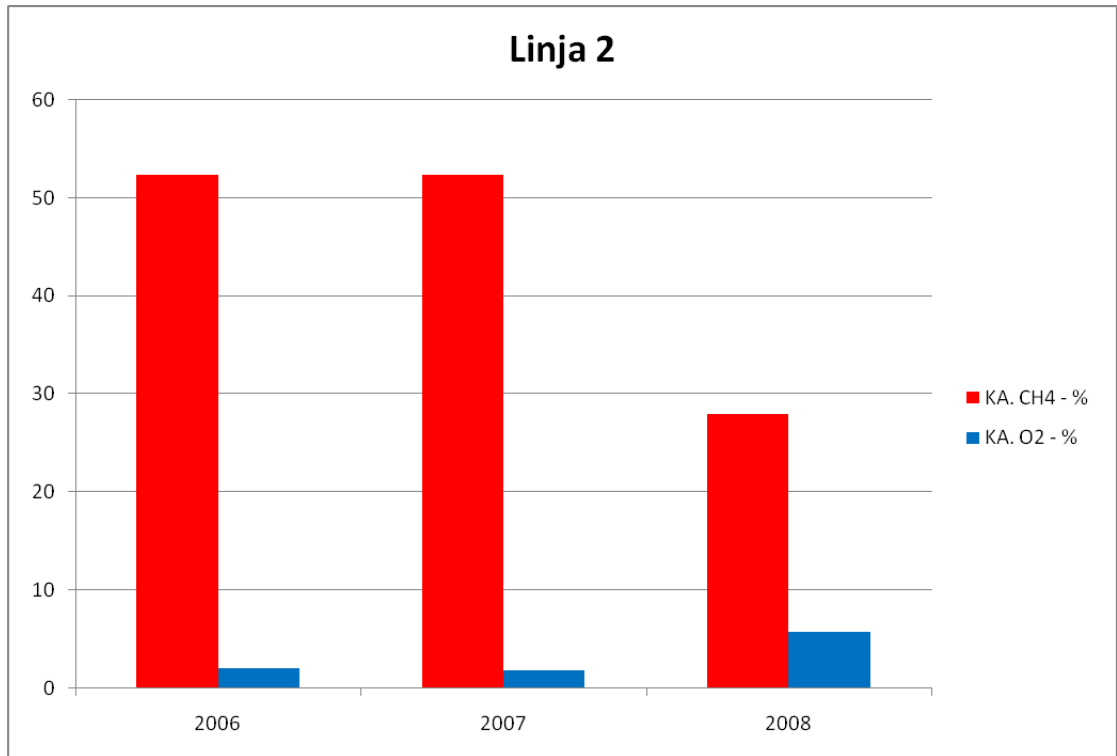
6.4 Metaani- ja happipitoisuuksien kehitys

Lähdin ensin poimimaan ne putkilinjastot tarkasteluun, joissa havaitsin kesän 2008 aikana tekemissäni mittauksissa heikkoja metaanin pitoisuuksia ja korkeita hapen pitoisuuksia. Nämä linjastot olivat 1, 2, 18, 19, 23, 26 ja 27 (Kuviot 6 ja 7, 16-17).



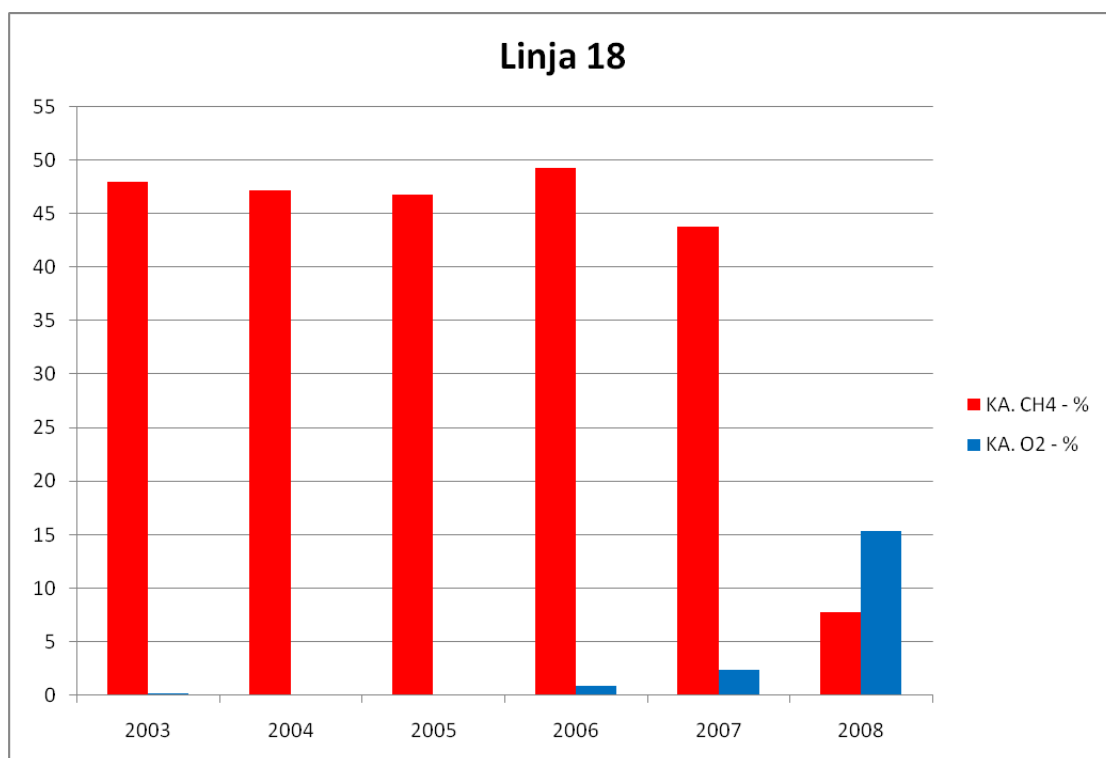
KUVIO 9. Linjan 1 metaanin ja hapen keskiarvot Mustankorkealla 2006 – 2008.

Linja 1 sijoittuu Mustankorkean vanhan jätetäytön etummaiseen osaan pumppaamolta päin tarkasteltaessa. Alueella ei ole ollut mainittavia kaivaustöitä tai raskasta liikennettä mikä olisi saattanut aiheuttaa kaasuputkistoille tai jätepenkan suojarakenteille vaurioita. Kuviosta 9 käy ilmi, että metaanipitoisuudetkaan eivät ole vielä hälyttävän alhaisella tasolla. Happipitoisuus on myös pysynyt alhaisena.



KUVIO 10. Linjan 2 metaanin ja hapen keskiarvot Mustankorkealla 2006 – 2008.

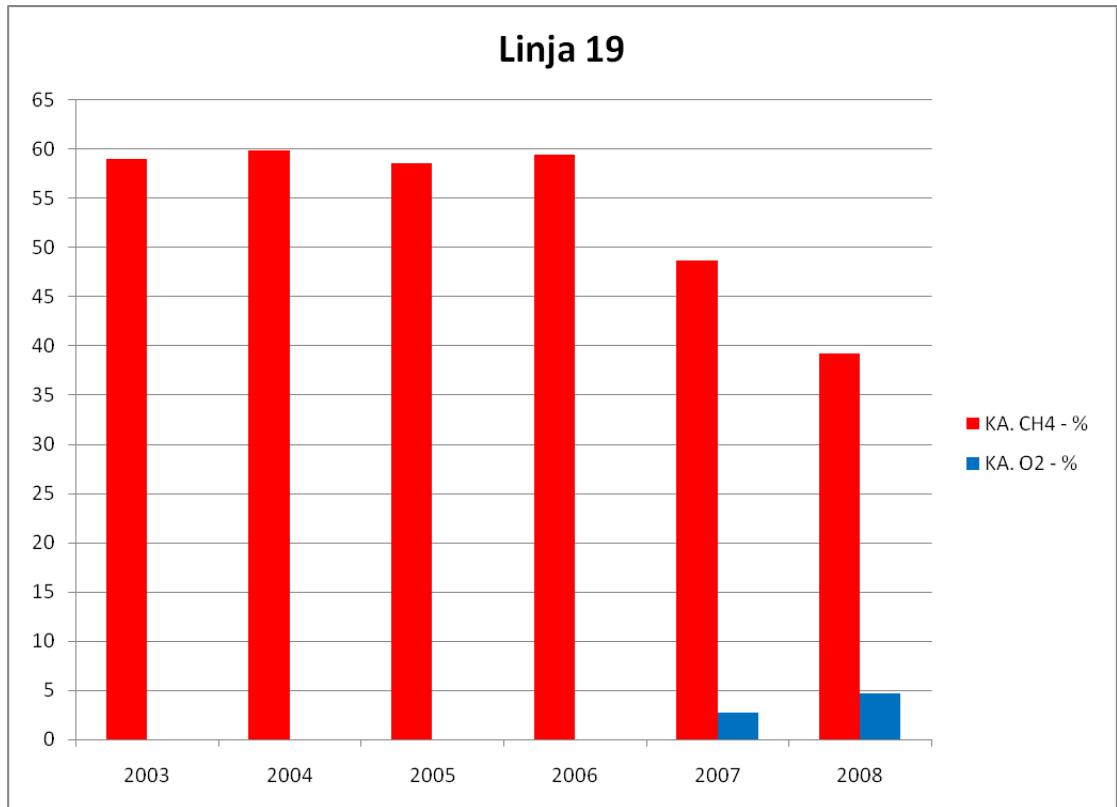
Linja 2 sijoittuu linjan 1 tavoin Mustankorkean vanhan jätetäytön etummaiseen osaan pumppaamolta päin tarkasteltaessa. Myöskään linjan 2 alueella ei ollut jätepenkan päällä ylimääräistä liikennettä tai muuta jätepenkan suojarakenteita vaurioittavaa toimintaa. Kuvion 10 mukaan metaanipitoisuudet ovat olleet vuosina 2006 ja 2007 varsin hyvällä tasolla, yli 50 %. Metaanipitoisuuden lasku näkyy kesällä 2008 saamissani mittaustuloksissa. Hapen % - osuuden nousua on ollut myös havaittavissa kesän 2008 mittaustuloksissani.



KUVIO 11. Linja 18 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008.

Kuviosta 11 havaitaan linjalla 18 selkeä metaanipitoisuuksien lasku vuodelle 2008. Laskua on tapahtunut jo vuoden 2007 puolella metaanipitoisuuden keskiarvon laskettua ensimmäistä kertaa alle 45 % sen historiassa. Tosin 45 % metaanipitoisuutta voidaan pitää vielä hyvänä tuloksena. Vuoden 2008 mittaukset perustuvat minun kesällä ottamiin mittauksiin, ja näin ollen ne eivät kata koko vuoden keskiarvoa. Lasku on kuitenkin niin raju, että oletuksena lähdän siitä, että ongelmia on linjan 18 vaikutusalueella anaerobisessa tuotannossa tai imujärjestelmän tukkeutumisessa.

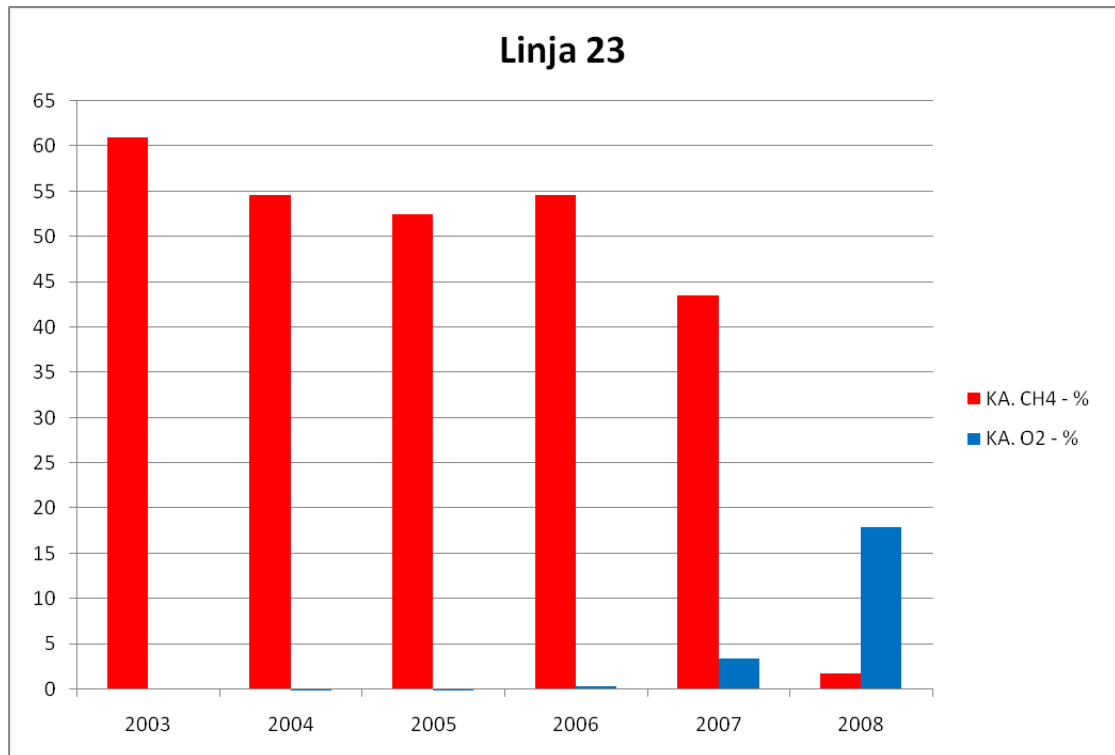
Hapen pitoisuuksien kasvu linjalla 18 kertonee anaerobisen hajoamisen heikentyneen linjan vaikutusalueella. Hapen pääsy penkkaan voi olla merkki ongelmista penkan rakenteessa tuolla alueella. Tosin jätepenkalla ei kyseisellä alueella ole ollut mainittavia kaivauksia tai raskasta liikennettä, mikä olisi saanut penkan suojarakenteet murtumaan ja vuotamaan happea sisäänsä.



KUVIO 12. Linja 19 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008.

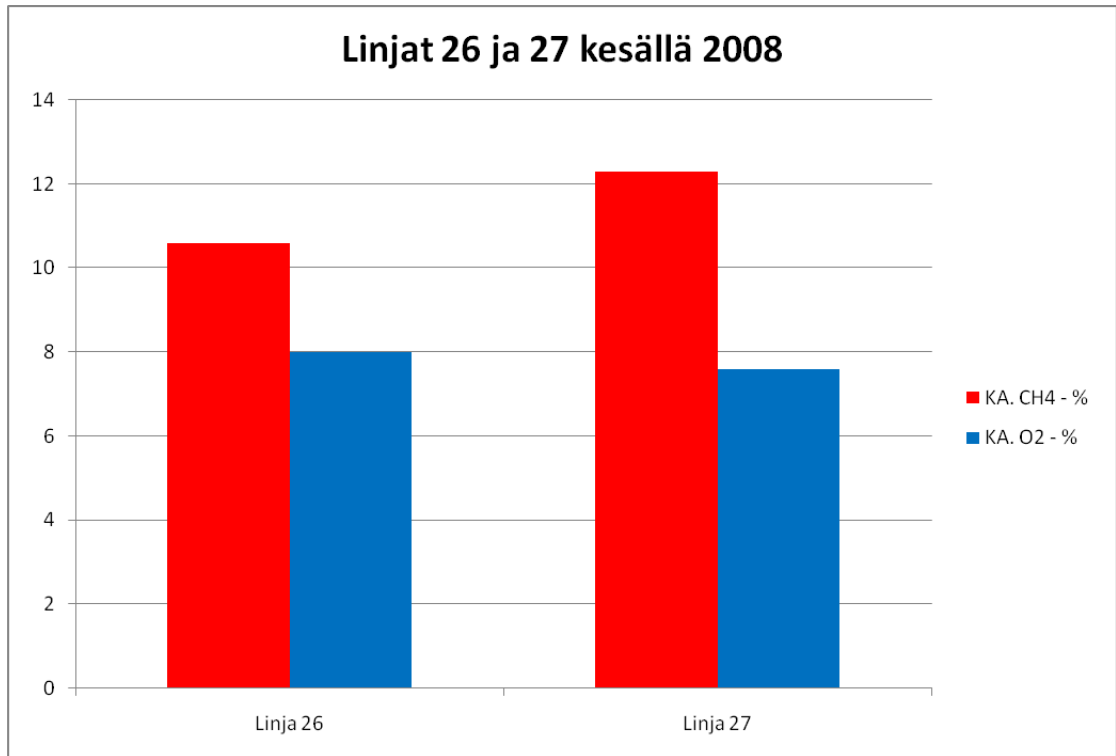
Linjalla 19 oli myös alle 40 % metaanipitoisuudet kesän 2008 mittauksissa.

Metaanipitoisuus ei ole vielä hälyttävän alhaisella tasolla, mutta kuviosta 12 pystyy havaitsemaan metaanipitoisuuksien selkeän laskusuunnan, sekä samalla happipitoisuuksien kasvun. Kyseinen linja sijoittuu vanhan jätetäytön alueella heikon metaanituotoksen omaavan linjan 18 viereen. Syitä linjan 19 metaanipitoisuuden laskuun voidaan hakea samalta alueelta kuin linjalta 18.



KUVIO 13. Linja 23 metaanin ja hapen pitoisuudet Mustankorkealla 2003 – 2008.

Kuviosta 13 havaitaan linjalla 23 metaanin tuoton olleen hyvää aina vuoteen 2007 asti. Kesällä 2008 saamissani mittaustuloksissa linjalla oli kaikkein heikoin metaanin % -osuus, keskiarvon jäädessä alle 5 %. Linja 23 sijoittuu Mustankorkean vanhan jätetäytön kaukaisimpaan pohjoisosaan kaasupumppaamolta päin tarkasteltaessa. Linjan 23 alueella sijaitsee nykyisin pilaantuneiden maiden vastaanottokenttä sekä betonin murskauskenttä. Alueella on ollut viime vuosina voimakasta raskaskoneiden liikennettä, mikä on saattanut johtaa jätetäytön tiivistymiseen ja sitä myötä kaasuputkien kasaan painumiseen. Hapen osuus linjan 23 kaasuseoksesta on lähes 20 %.

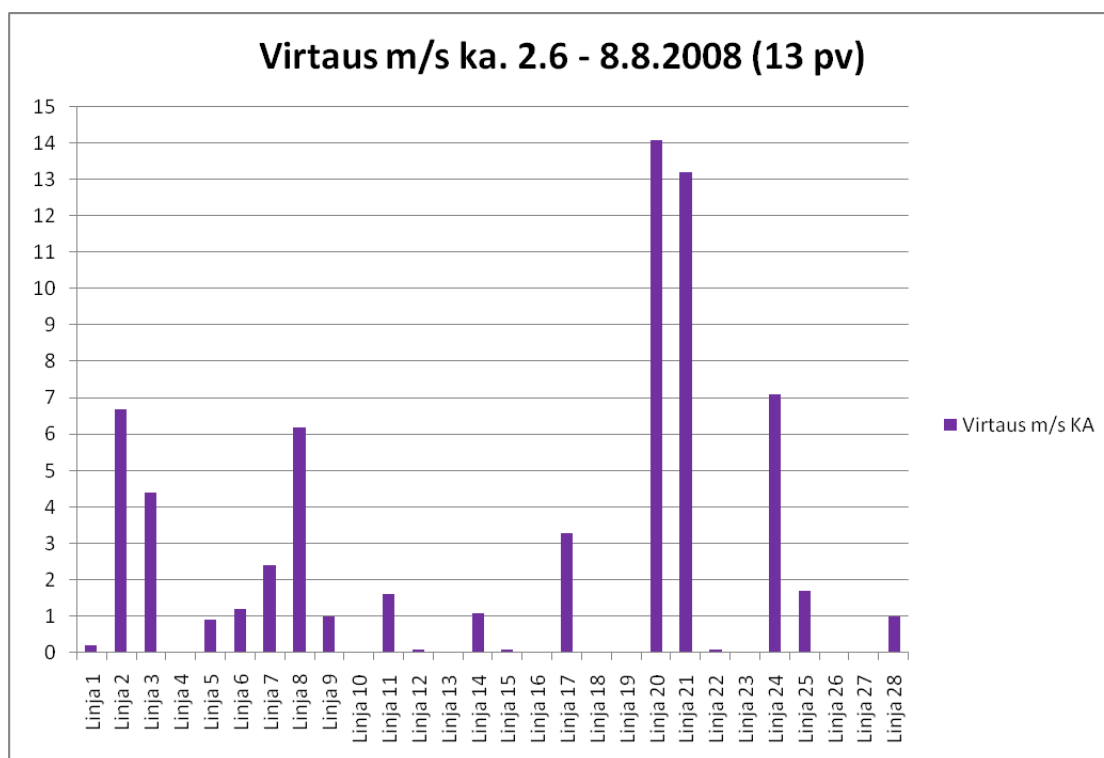


KUVIO 14. Linjojen 26 ja 27, metaani- ja happipitoisuudet Mustankorkealla 2008.

Linjat 26 ja 27 on otettu käyttöön vasta kesällä 2008, joten niiden osalta ei vielä voida suuria johtopäätöksiä tehdä. Kuviosta 14 pystyy havaitsemaan kuitenkin heikot metaani- ja korkeat happipitoisuudet kyseisillä linjastoilla. Linjat 26 ja 27 sijaitsevat vanhan jätetäytön keskiosassa vierekkäisinä linjastoina. Mikäli metaanipitoisuudet pysyvät tulevaisuudessa alhaisina se voi olla merkki tuon alueen heikosta anaerobisesta tuotannosta tai ongelmista jätepenkan rakenteissa.

6.5 Kaatopaikkakaasun virtausmittausten analysointi

Tuloksieni perusteella Mustankorkealla kaasuntuotto perustuu tällä hetkellä seitsemästä putkilinjastosta saatavaan kaasuntuottoon. Kuviossa 15 havaitaan, että vain linjastoissa 2, 3, 8, 17, 20, 21 ja 24 kaasun virtaus ylitti pumppaamolta tehdyissä mittauksissani yli 3 m/s.



KUVIO 15. Kaatopaikkakaasun m/s virtaus Mustankorkealla kesällä 2008

Tulos oli minulle yllätys, sillä virtausta säädellään pumppaamon venttiileillä Sarlin Hydor Oy:n toimesta putkistojen aikaisempien metaanipitoisuuksien mukaan. Tuloksieni perusteella kuitenkin korkeita metaanipitoisuuksia oli useammassa kuin näissä kyseisessä seitsemässä putkistossa. Järjestelmän rakentajan Sarlin Hydor Oy:n mukaan venttiileihin tehtävät säädöt perustuvat kunkin imuputkiston lähiaikaisiin metaanipitoisuuksiin. Heidän mukaansa kaasuntuotannon ollessa hyvin pientä, lähes kiinni olevan linjan aukaiseminen voi roimasti tiputtaa metaanipitoisuutta. Venttiilien säädöissä keskitytäänkin Sarlin Hydor Oy:n mukaan parhaiten metaania tuottaviin linjoihin, joissa metaanipitoisuudet pysyvät korkeina venttiilien aukaisusta ja virtausten kohoamisesta huolimatta. Heidän mukaansa putkistoista saadut heikot metaanipitoisuudet johtuvat läjitysmateriaalin laadusta salaojaputkiston tai kaasukaivon vaikutusalueella. (Valovirta 2008.)

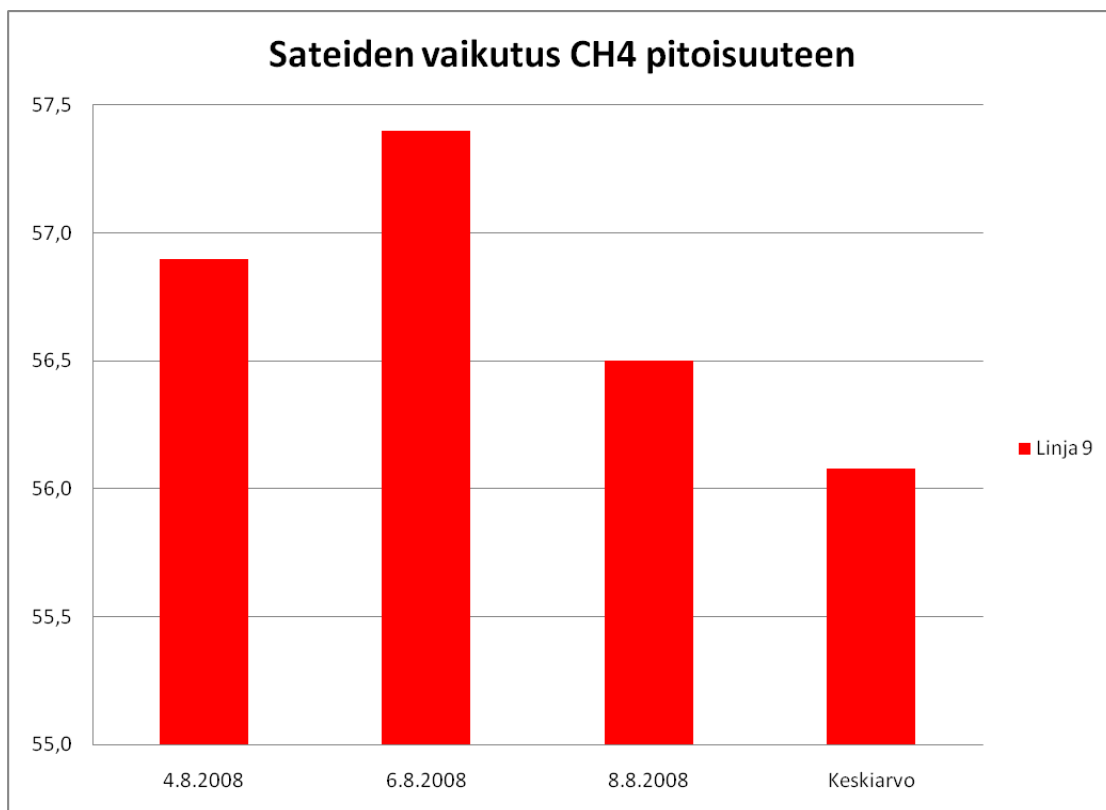
Asiaa voidaan tarkastella myös eri näkökulmasta. Mustankorkea Oy:n käyttöpäällikkö Timo Nissisen ja minun näkemyksieni mukaan hyviä yli 40 % metaania sisältävien linjastojen venttiilejä kannattaisi aukaista, jolloin saataisiin aktivoitua penkan kaasuntuottoa tuolta osin. Nyt ongelmana mielestämme on liian korkean metaanipitoisuuden saaminen putkistoon, ennen kuin venttiilin säätöihin tehdään muutoksia. Säättämisen tulisi olla aktiivisempaa, jossa kokeiltaisiin hyvän

metaanipitoisuuden omaavia, mutta venttiilisäädöiltään pienellä olevia linjastoja. Tätä yli 40 % metaanipitoisuutta linjastoissa tulisi hyödyntää, kuitenkin kaasuntuotannon kokonaisuutta heikentämättä. Toimitettavan kaasun metaanipitoisuus voisi olla 50 % luokkaa. 50 % metaanitaso ei heikennä kaasupolttimien ja kattiloiden toimintaa, sillä minimivaatimuksena Jyväskylän Energia Oy:n käyttämällä kaasunpoltinlaitteistolla on kaasun 43 % metaanipitoisuus. Jyväskylän Energia Oy:ltä kerrottiin kuitenkin, että kaasun metaanipitoisuutta voitaisiin laskea 50 % tasoon. Tuolloin heidän ei tarvitsisi tehdä säätöjä polttimen ja laitoksen toimintaan. Nyt Jyväskylän Energia Oy:lle toimitettavan kaasun pitoisuus on yli 50 %. Tällä aktiivisen säätämisen mallilla saataisiin jätepenkassa oleva imuputkisto tehokkaampaan hyötykäyttöön. Nyt ongelmaksi muodostu näkemyksemme mukaan putkistojen oleminen ”seisovassa” tilassa, jossa täytössä oleva kaasuntuotanto tukehtuu, jos kaasua ei päästetä virtamaan pois imulinjastoja pitkin. Metaanikaasua pääsee hiljalleen karkaamaan ajan kanssa penkasta ilmaan jos imua ei ole.

Virtausmittausteni perusteella ei voida antaa lausuntoa kaasuputkistojen kunnosta. Virtausmittaukset kertovat venttiilien säädön suuruudesta, eivät putkiston kunnosta tai mahdollisista tukkeutumisista. Mikäli virtausten perusteella haluttaisiin selvittää mahdolliset ongelmakohdat, olisi jokaisen putkilinjan venttiili aukaistava täysin ja suoritettava mittaukset tällöin. Virtausten ollessa edelleen heikkoa, voitaisiin olettaa putkiston painuneen kasaan tai tukkeutuneen muusta syystä.

6.6 Sateiden vaikutus kaasuntuotantoon

Kesällä heinäkuussa 2008 olleiden voimakkaiden sateiden vaikutus näkyi Mustankorkean kaasupitoisuuksissa kohonneina metaanipitoisuuksina. Lisääntynyt kosteus jätepenkassa laajentaa hajottajamikrobien tilavuutta toimia, jolloin orgaanisenjätteen hajoaminen on voimakkaampaa. (Väisänen & Salmenoja n.d, 4.) Mustankorkealla tämä näkyi erityisesti heikon metaanituotoksen omaavissa kaasuputkissa, joissa metaanipitoisuus kohosi jopa yli 50 % sadejakson jälkeen.



KUVIO 16. Kesän 2008 metaanipitoisuuden keskiarvo ja elokuun metaanipitoisuudet kaasulinjalla 9.

Kuviossa 16 on esimerkkinä linja 9, josta nähdään kesällä heinäkuussa 2008 olleiden sateiden vaikutus kaatopaikkakaasun metaanipitoisuudessa.

7 Tulosten analysointia ja pohdintoja

7.1 Toimintamalleja

Linjastoilla 3 – 17, 20 – 22, 24, 25 ja 28 (kuvio 6, 17) kaasun metaanipitoisuudet ovat olleet mittausajanjaksoni aikana yli 40 %. Linjastojen ongelmana ovat pienet virtaukset, johtuen pumppaamon venttiilien säädöistä, vaikkakin osassa linjastoissa on hyviä metaanipitoisuuksia. Näille linjastoille toimintaehdotuksenani on testiluontoisesti avata hyvän metaanituotoksen omaavien linjojen venttiileitä, jolloin havaitaan mitä kaasuseoksen ja virtauksen osalta tapahtuu. Mikäli metaanipitoisuus pysyy entisellään virtauksen kasvaessa, linjaston hyötykäyttöä voidaan lisätä tällä

aktiivisen säätämisen mallilla. Ko. menetelmällä haetaan putkilinjaston maksimaalinen tuottokyky, jossa metaanin pitoisuus ja virtaus saadaan pidettyä korkealla. Tärkeätä on kuitenkin huomioida, ettei Jyväskylän Energia Oy:lle tuotettavan kaasun metaanipitoisuus pääse laskemaan alle 50 %. Näin ei aiheudu kaasun poltolle käyttökatkoksia. Mikäli metaanipitoisuus laskee roimasti venttiiliä aukaistaessa, tarkoittanee tämä jätepenkan anaerobisen toiminnan olevan heikkoa kyseisen imulinjaston vaikutusalueella. Tämä voi johtua mm. jätteen läjitysmateriaalin laadusta. Metaania ei vain synny tuolta osaa penkkaa, jolloin linjan venttiili voidaan säätää lähes kiinni.

Asiaa voidaan tarkastella myös kaasun virtauksen kehittymisellä. Jos virtaukset pysyvät alhaisena venttiiliä aukaistaessa, tarkoittaa tämä että jokin estää kaasun virtauksen pumppaamolle. Tähän syyksi voidaan nähdä joko putken tukkeutuminen veden kuljettamasta orgaanisesta hajoamismateriaalista, tai putken väsymisestä johtunut sen rakenteen kasaan painuminen. Tukkeutunutta putkea voitaisiin yrittää aukaista sulkemalla kaikkien muiden linjastojen venttiilit ja aukaista tukkeutumisesta epäillyn linjan venttiili täysin auki. Tällöin yhteen linjaan kohdistuu kova alipaine saattaa irrottaa putken tukkeutumisen aiheuttaneen aineksen. Kasaan painunut putki täytyy uusida kaivamalla salaoja auki ja vaihtamalla tilalle uusi putkisto.

Heikon metaanipitoisuuden omaaville linjoille 1, 2, 18, 19, 23, 26 ja 27 toimintaehdotuksenani on myös ensin tehtävä virtauksen testaus. Jokainen linja testataan aukaisemalla venttiilejä sen verran jotta nähdään virtauksen muutos. Mikäli venttiiliä aukaistaessa virtaus kasvaa, ei voida olettaa putkiston tukkeutuneen tai painuneen kasaan. Mikäli metaanipitoisuus pysyy edelleen alhaisena ja hapen osuuden noustessa, on kyseisen putkiston imualueella anaerobinen tuotanto heikkoa eikä metaania synny. Penkan sisällä putkistoihin kasvava alipaine imee penkkaan happea suojarakenteiden läpi. Toisena mahdollisuutena on penkan suojarakenteiden rikkoutuminen ja metaanin vuotaminen pois penkasta. Tämä voisi olla kyseessä putkiston 23 alueella olevan runsaan raskaan liikenteen ja kaivaustöiden johdosta. Huonon anaerobisen tuotannon osassa penkkaa ei ole juuri mitään tehtävissä. Metaania ei vain tuolla osaa jätepenkkaa synny, mutta näitäkin kyseisiä putkistoja kannattaa tarkkailla aktiivisesti, sillä metaanin tuotoksen heikkoudet voivat johtua osittain myös huonosta kosteuden jakautumisesta penkassa. Huonon

metaanituotoksen syitä voidaan hakea samasta syistä linjoille 1, 2, 18, 19, 26 ja 27, jotka sijoittuvat vanhan jätetäytön etu- ja keskiosiin pumppamolta päin tarkasteltaessa.

7.2 Pohdintoja

Tarkoituksena työssäni oli määrittää Mustankorkean kaatopaikkakaasun keruujärjestelmien toimivuus ja mahdolliset ongelmakohdat. Mittaustuloksistani paljastuvat esiin juuri heikon metaanituotoksen omaavat putkilinjat, sekä koko järjestelmän käyttöaste. Itselle tuli yllätyksenä että käytännössä toimitettava kaasu imetään vain 7 kaasuputkesta, sekä se että toimitettavan kaasun metaanipitoisuus on 53 – 56 % luokkaa. Toimitettavan kaasun metaanipitoisuuden laskemisella 50 % tasoon saadaan järjestelmä tehokkaampaan käyttöön, kun voidaan imeä kaasua useammasta putkesta.

Huonon metaanituotoksen omaaville linjoille ei paljon ole tehtävissä, mikäli tuotos riippuu hajotettavan materiaalin laadusta penkassa. Huonoon metaanipitoisuuteen johtavia syitä onkin hankala määrittää. Mahdollisuuksia on päätelmieni mukaan heikko anaerobinen tuotanto läjitysmateriaalista johtuen, hapen läpi vuotaminen penkan suojarakenteista, kasaan painuneet tai tukkeutuneet putkistot sekä penkan suojarakenteiden rikkoutuminen. Putkistojen tukkeutuminen tai kasaan painuminen voidaan selvittää venttiilien säätöjen ja virtausmittausten avulla. Mahdolliset jätepenkan suojarakenteiden vioittumiset tai läpivuotamiset ovat selvitettävissä tarkasteltaessa penkan päällä olevaa liikennettä tai kaivaustöitä. Kaasun metaanipitoisuuden heikkenemisen ja penkan päällisen liikenteen/kaivaustöiden ajankohtia vertaamalla voidaan hakea näiden yhteyksiä toisiinsa.

Vertailtaessa kaasukaivomallia ja kaasusalaojamallia, huomasin kaasukaivomalleissa metaanipitoisuuksien olevan hyvää luokkaa. Ongelmia mittaustuloksieni perusteella löytyi vain kaasusalaojista. Kaasusalaoja on herkempi reagoimaan penkan tiivistymiseen putkien ollessa vaakatasossa, mikä voi aiheuttaa juuri putkimateriaalin väsyessä sen kasaan painumisen. Veden kuljettamat partikkelit voivat myös aiheuttaa kaasusalaojan tukkeutumisen niiden tiivistyessä putken seinämiin. Hyvänä puolena kaasusalaojassa on, että sillä pystytään imemään kaasu talteen laajemmalla alalta kuin

kaasukaivoilta. Kaasukaivoista saamani virtausmittaukset osoittivat ainoastaan yhdeltä kaivolta tulevan yli 3 m/s virtauksen pumppaamolle. Kuitenkin metaanipitoisuudet olivat mittauksissani suurimmassa osassa kaasukaivoista yli 50 %. Ainoastaan neljästä kaasukaihosta saatiin alle 50 %:n metaanipitoisuuksia ja niissäkin metaanipitoisuudet ylittivät 40 %:n tason. Kaasukaivojen venttiilien säädöissä on tuloksieni perusteella tarkentamista, sillä niiden hyviä metaanipitoisuuksia voitaisiin hyödyntää tehokkaammin.

Kaasusalaojien uusiminen ja putkien korjaaminen on hankalaa toteuttaa. Osa salaojista on syvällä penkassa, ja niiden kokonaan aukaiseminen vaatisi kohtuuttomasti työtä. Ainoastaan viimeisimmäksi lisättyihin salaojiin voitaisiin tehdä kunnostus- ja uusimistöitä, niiden ollessa lähimpänä jätepenkan pintaa. Mahdollisen putkiston tukkeutumiskohdan tai kasaan painuneen kohdan paikallistaminen on kuitenkin hankalaa. Sitä voidaan kuitenkin yrittää selvittää virtausten perusteella. Esimerkiksi virtauksen puolittuminen putkistossa samalla venttiilin säädöllä kertoisi tukkeutumisen olevan puolivälissä putkistoa. Kaasukaiivot eivät ole yhtä herkkiä penkassa tapahtuville rakenteellisille muutoksille. Kaivoissa ei jätepenkan tiivistyminen saa aikaan kaivon siiviläputken kasaan painumista, koska jätemassan sivuttainen tiivistyminen ja liikehdintä on jätepenkassa vähäisempää kuin ylhäältä alaspäin tapahtuva liikehdintä.

Mittaustuloksiani tarkasteltaessa kriittiseltä näkökannalta, niin mittaukseni ovat toteutettu kuitenkin suppealla ajanjaksolla. Jätepenkan kaasuntuotannossa tapahtuu kuitenkin ajoittaisia heilahteluita, johtuen juuri esimerkiksi sademääristä. Myös ehdotukseni venttiilien säätöjen tarkastamisesta ja hyvän metaanipitoisuuden omaavien linjojen tehokkaammasta hyödyntämisestä perustuvat omiin mittauksiini ja huomioihini. Toimintaehdotuksieni mukainen vähäinenkin venttiilin aukaisu tällä hetkellä metaanipitoisuudeltaan hyvästä, mutta miltei kiinni olevasta linjastosta voi tiputtaa kyseisen linjaston kaasun tuoton nolnaan.

Yleisesti kuitenkin olen sitä mieltä, että Mustankorkean kaatopaikkakaasun imuputkistojen tarkkailu ja niiden venttiilien säätöjä tulisi hoitaa aktiivisen säätämisen mallilla. Tällä saadaan täysi hyöty irti järjestelmästä, sekä tietoa sen toiminnasta pienellä aikavälillä. Itse näen myös putkistojen tehokkaamman hyödyntämisen

parantavan niiden toimintaa, sekä mahdollisesti aktivoivan penkassa myös kaasuntuotantoa. Jos putkistoissa ei ole toimintaa (ts. imua) se ennen pitkää aiheuttaa järjestelmän rappeutumista. Pienelläkin imulla saadaan putkisto pidettyä toimintakuntoisena. Työni perusteella suosittelen lisätutkimusta imulinjaston virtausten säädön vaikutuksesta kaasuntuotantoon.

Lähteet

Biokaasuesite. 2008. Suomen Biokaasuyhdistys Ry.

BKP -600 Käyttöohje. n.d. Sarlin Hydor Oy.

BKP -600 Tekninen erittely/prosessikuvaus. n.d. Sarlin Hydor Oy.

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

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2002. Sarlin Hydor Oy.

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2003. Sarlin Hydor Oy.

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2004. Sarlin Hydor Oy.

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2005. Sarlin Hydor Oy.

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2006. Sarlin Hydor Oy.

Mustankorkean biokaasulaitoksen vuosiraportti. 2007. Sarlin Hydor Oy.

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

Valovirta, L. 2008. RE: Mustankorkean jätekaasun imuputkistojen virtausten m/s tulokset 2008. Sähköpostiviesti 9.10.2008, vastaanottaja Miika Reili.

Vuosikertomus 2007. 2007. Mustankorkea Oy

Väisänen, P. & Salmenoja, J. n.d. Biokaasun muodostuminen ja sen hallittu käsittely kaatopaikoilla.[Viitattu 5.11.2008.] Sivusto luotu 21.1.2002.
<http://www.biokaasuyhdistys.net/docs/kaatgas.pdf>.

Liitteet