

## 7. Kaatopaikkaselvitys



Vastaanottaja  
**Tampereen vesi**

Asiakirjatyyppi  
**Riski- ja toimenpidekartoitus**

Päivämäärä  
**30.8.2012**

Projektinumero  
**82142248**

# SULKAVUOREN KAATO- PAIKKA **RISKI- JA TOIMENPIDE- KARTOITUS**



## **SULKAVUOREN KAATOPAIKKA RISKI- JA TOIMENPIDEKARTOITUS**

Tarkastus **30.8.2012**  
Päivämäärä **29.6.2012**  
Laatija **Sanna Pulkkinen, Jenni Haapaniemi**  
Tarkastaja **Tomi Pulkkinen**  
Hyväksyjä **Heidi Rauhamäki, Pekka Pesonen**

Viite 82142248

## TIIVISTELMÄ

Tampereen keskuspuhdistamon Sulkavuorivaihtoehtoa suunnitellaan alueelle, jolla on toiminut Laka-laivan kaatopaikka vuosina 1953-1974. Nykyisin alueella toimii Pelastuslaitoksen harjoitusalue. Alueella harjoittelevat myös rauniokoiraharrastajat. Kaatopaikalle on sijoitettu historiatietojen perusteella teollisuus-, tuotanto- ja yhdyskuntajätettä. Kaatopaikalle on sijoitettu myös nestemäisiä jätteitä ja jätevesilietettä. Tampereen itäistä ohitustietä rakennettaessa 1990-luvulla, siirrettiin noin 145 000 m<sup>3</sup> jätettä tien rakennuksen alta Sulkavuoren eteläiselle reunalle, nyt tarkasteltavan kaatopaikka-alueen itäpuolelle.

Entisen kaatopaikka-alueen maanpinta vaihtelee tasolla n. +127...+138. Tehtyjen tutkimusten perusteella mukaan jätetäytön paksuus on 4...12 m vanhan kaatopaikan alueella. Jätetäytön päällä on täytömaata 0,5...4,5 m kerros. Kohteessa tehtyjen maastohavaintojen perusteella täytön sisäistä vettä purkautuu pintavesiin kaatopaikan eteläpuolelta, Vt:n 9 penkasta. Kaasujen ja vesien purkautuminen kaatopaikka-alueelta ei ole nykytilassa hallittua.

Ramboll on tehnyt Tampereen Veden toimeksiannosta tutkimuksia entisellä kaatopaikka-alueella. Tutkimus sisälsi koekuoppien kaivua, porakonekairausta, pohjavesiputkien asentamista, pohjavesinäytteenottoa, kaatopaikkakaasumittausta ja näytteiden analysointia.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että jätetäyttökerros sisältää suuria haitta-ainepitoisuuksia ja sen alapuolinen maaperä on pilaantunut epäorgaanisilla ja orgaanisilla yhdisteillä. Kaatopaikan sisäisessä vedessä on havaittu korkeita pitoisuuksia vinyylikloridia, dikloorieteeniä, bentseeniä, tolueenia sekä öljyhiilivetyjen bensiinijakeita, keskitisleitä ja raskaita jakeita.

Kaatopaikkakaasussa on todettu enimmillään 47 % metaania ja 44 % hiilidioksidia. Kaasun mukana jätetäytöstä purkautuu myös haihtuvia orgaanisia yhdisteitä sekä rikkivetyä ja syaanivetyä.

Riskinarvioinnissa on todettu, että kaatopaikan päälle ei voida sijoittaa mitään Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon maanpäällisiä rakennuksia haitta-aineiden sisäilmakulkeutumisen ja räjähdysvaaran vuoksi. Mikäli maapäälliset rakennukset halutaan sijoittaa alkuperäisen suunnitelman mukaan, tulee jätetäyttö poistaa rakennusten alta ja ympäriltä. Toinen vaihtoehto on sijoittaa rakennukset kaatopaikan länsipuolelle ja varmistaa rakenteellisin ratkaisuin, ettei kaatopaikalta pääse virtaamaan haitta-ainepitoisia vesiä rakennusten alle.

Haitta-aineiden kulkeutuminen kalliopohjaveteen on mahdollista, mikä tulee huomioida kalliopuhdistamon ja ajotunneleiden suunnittelussa. Erityisesti vinyylikloridi voi aiheuttaa riskejä työntekijöiden terveydelle, mikäli sitä pääsee haihtumaan kalliopohjavedestä kalliotiloihin.

Alueelle suositellaan laadittavaksi kaatopaikan perustilaselvitys, jossa tehdään tarkemmat selvitykset jätetäytöstä, kaatopaikan aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja tarvittavista kunnostustoimenpiteistä

## Sisältö

|           |                                                                                             |           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Johdanto</b>                                                                             | <b>1</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Kohde</b>                                                                                | <b>1</b>  |
| 2.1       | Sijainti ja omistus                                                                         | 1         |
| 2.2       | Rajaukset ja koko                                                                           | 1         |
| 2.3       | Pohjasuhteet                                                                                | 2         |
| 2.4       | Pohjavesi ja pintavesi                                                                      | 2         |
| 2.5       | Nykyinen toiminta ja rakennukset                                                            | 4         |
| 2.6       | Kaavatilanne ja tuleva käyttö                                                               | 4         |
| 2.7       | Naapurusto                                                                                  | 5         |
| <b>3.</b> | <b>Alueen toimintahistoria</b>                                                              | <b>5</b>  |
| <b>4.</b> | <b>Aikaisemmat tutkimukset</b>                                                              | <b>6</b>  |
| <b>5.</b> | <b>Ramboll Finland Oy:n tutkimus 2012</b>                                                   | <b>7</b>  |
| 5.1       | Historiaselvitys ja näytteenottosuunnitelma                                                 | 7         |
| 5.2       | Maaperä- ja jätenäytteenotto                                                                | 7         |
| 5.3       | Maa- ja jätenäytteiden kenttämittaukset ja laboratorioanalyysit                             | 7         |
| 5.4       | Vesinäytteenotto                                                                            | 7         |
| 5.5       | Vesinäytteiden laboratorioanalyysit                                                         | 8         |
| 5.6       | Kaatopaikkakaasumittaukset ja laboratorioanalyysit                                          | 8         |
| <b>6.</b> | <b>Tulokset ja niiden tulkinta</b>                                                          | <b>8</b>  |
| 6.1       | Maaperä ja jäte                                                                             | 8         |
| 6.2       | Täytön sisäinen vesi ja suotovesi                                                           | 10        |
| 6.3       | Kaatopaikkakaasu                                                                            | 12        |
| <b>7.</b> | <b>Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi</b>                                      | <b>13</b> |
| 7.1       | Riskinarvioinnin rajaukset ja muut lähtökohdat                                              | 13        |
| 7.2       | Kriittiset haitta-aineet ja niiden esiintyminen                                             | 13        |
| 7.3       | Haitta-aineiden kulkeutuminen                                                               | 14        |
| 7.3.1     | Kulkeutumisreitit                                                                           | 14        |
| 7.3.2     | Kulkeutuminen pohjaveteen ja kalliopohjaveteen                                              | 15        |
| 7.3.3     | Kulkeutuminen pintavesiin                                                                   | 16        |
| 7.3.4     | Kulkeutuminen ulkoilmaan                                                                    | 16        |
| 7.3.5     | Kulkeutuminen sisäilmaan                                                                    | 17        |
| 7.3.6     | Kulkeutuminen maaperässä                                                                    | 17        |
| 7.3.7     | Kulkeutuminen kasveihin                                                                     | 18        |
| 7.3.8     | Kulkeutuminen verkostovesiin                                                                | 18        |
| 7.1       | Terveysriskit                                                                               | 18        |
| 7.1.1     | Mahdolliset altistujat                                                                      | 18        |
| 7.1.2     | Altistuminen hengitysilman kautta                                                           | 19        |
| 7.1.3     | Altistuminen veden kautta                                                                   | 19        |
| 7.1.4     | Altistuminen pintamaan kautta                                                               | 20        |
| 7.1.5     | Terveysvaikutukset                                                                          | 20        |
| 7.1.6     | Muut terveysriskit                                                                          | 20        |
| 7.1       | Ekologiset riskit                                                                           | 20        |
| 7.2       | Muut kaatopaikasta aiheutuvat riskit                                                        | 21        |
| 7.3       | Epävarmuustarkastelu                                                                        | 21        |
| 7.4       | Yhteenveto kaatopaikan aiheuttamista riskeistä ja kunnostustarpeesta                        | 23        |
| <b>8.</b> | <b>Kunnostusmenetelmien vertailu</b>                                                        | <b>24</b> |
| 8.1       | Kunnostusvaihtoehtojen esittely                                                             | 24        |
| 8.2       | Jätetäytön poistaminen, Sulkavuoren puhdistamo entisen kaatopaikan kohdalla                 | 24        |
| 8.3       | Jätetäytön osittainen poistaminen, Sulkavuoren puhdistamo entisen kaatopaikan länsipuolella | 24        |
| <b>9.</b> | <b>Johtopäätökset ja jatkotoimenpiteet</b>                                                  | <b>25</b> |

## LIITTEET

|          |                                                    |
|----------|----------------------------------------------------|
| Liite 1  | Valokuvia alueelta                                 |
| Liite 2  | Vanhat ilmakuvat ja kaatopaikan raja               |
| Liite 3  | Maanäytteiden analyysitulosten yhteenvetotaulukko  |
| Liite 4  | Koekuoppakortit                                    |
| Liite 5  | Maanäytteiden laboratorioanalyysien tulokset       |
| Liite 6  | Vesinäytteiden analyysitulosten yhteenvetotaulukko |
| Liite 7  | Pohjavesipurkikortit                               |
| Liite 8  | Vesinäytteiden laboratorioanalyysien tulokset      |
| Liite 9  | Kaasunäytteiden laboratorioanalyysien tulokset     |
| Liite 10 | Haitta-aineiden ominaisuudet                       |

## PIIRUSTUKSET

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| 82142248-001 | Sijaintikartta                 |
| 82142248-002 | Tutkimuspisteet ja alueen raja |
| 82142248-003 | Leikkaus A-A                   |
| 82142248-004 | Leikkaus B-B                   |
| 82142248-005 | Leikkaus B'-B'                 |
| 82142248-006 | Leikkaus C-C                   |
| 82142248-007 | Leikkaus D-D                   |
| 82142248-008 | Kallionpinnan tasot alueella   |

# 1. JOHDANTO

Tampereen seudun väestömäärän on arvioitu kasvavan merkittävästi seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana. Samalla on oletettavaa, että jäteveden puhdistusvaatimukset kiristyvät nykyisestä. Puhdistamokapasiteetin lisäystarpeen ja puhdistusvaatimusten kiristymisen vuoksi Pirkanmaalle suunnitellaan uutta keskusjätevedenpuhdistamoa, jossa olisivat Tampereen lisäksi mukana myös Kangasala, Lempäälä, Pirkkala, Tampere, Vesilahti ja Ylöjärvi. Pirkanmaan keskuspuhdistamohankkeen tarkoituksena on luoda jätevedenkäsittelyn perusratkaisu Tampereen seudulle useaksi kymmeneksi vuodeksi eteenpäin.

Pirkanmaan keskuspuhdistamohanke on edennyt ympäristövaikutusten arviointivaiheeseen. Ympäristövaikutusten arvioinnissa vertaillaan sekä keskitettyä, että hajautettua jätevesien käsittelyratkaisua. Vertailtavista vaihtoehdoista hajautetun mallin NYKY+ -vaihtoehdossa nykyiset Viinikanlahden, Raholan ja Lempäälän jätevedenpuhdistamot modernisoidaan vastaamaan kiristyviä puhdistusvaatimuksia ja kasvavia jätevesimääriä. Keskitetyssä Sulkavuori -vaihtoehdossa rakennetaan uusi, entiset puhdistamot korvaava keskuspuhdistamo Sulkavuoren kallion sisään.

Koska valtaosa puhdistamon rakenteista sijoitetaan maan alle, Sulkavuoren maanpäällinen alue säilyy pitkälti nykyisen kaltaisena. Maan pinnalle sijoitetaan ainoastaan hallintorakennus, lietteenkäsittely- ja varastointitilat, ilmastointikonehuone ja poistoilmapiippu sekä ajoteiden suuaukot maanalaisiin tiloihin. Alkuperäisen vaihtoehdon mukaisessa sijoittelussa maanpäälliset rakennukset tulisivat sijaitsemaan Sulkavuoren eteläpuolella sijaitsevan entisen kaatopaikan kohdalla.

Tampereen Sulkavuorella on toiminut Lakalaivan kaatopaikka vuosina 1953-1974. Kaatopaikalle on sijoitettu historiatietojen perusteella teollisuus-, tuotanto- ja yhdyskuntajätettä. Tämän riski- ja toimenpidekartoituksen tavoitteena oli selvittää entisen kaatopaikan aiheuttamat rajoitteet Sulkavuoren puhdistamon rakentamiselle. Kartoituksen osana tehtiin maastossa maaperätutkimuksia koekuopin sekä kairaamalla. Samalla asennettiin viisi tarkkailuputkea täytön sisäisten vesien ja kaasujen tarkkailua varten.

Työn on tilannut Tampereen Vesi, yhteyshenkilönään Heidi Rauhamäki. Ramboll Finland Oy:ssä työstä ovat vastanneet projektipäällikkö M.Sc. Tomi Pulkkinen, suunnittelijat Ins. (AMK) Sanna Pulkkinen ja DI Jenni Haapaniemi. Maaperänäytteenotosta ovat vastanneet Ins. (AMK) Kalle Putula ja Ins. (AMK) Osmo Jyräväkoski. Vesi- ja kaasunäytteenotosta on vastannut Ins. (AMK) Juha Parviainen.

# 2. KOHDE

## 2.1 Sijainti ja omistus

Kohde sijaitsee Tampereen Sulkavuoren eteläpuolella, noin 5 km etäisyydellä Tampereen keskustasta. Kohde sijaitsee Tampereen kaupungin omistamilla alueella, joiden kiinteistörekisteritunnukset ovat 837-306-9903-0, 837-581-1-83 ja 837-585-19-0. Jätetäyttö jatkuu myös liikenneviaston omistamalle alueelle Vt:n 9 varteen kiinteistöille 837-895-2-3 ja 837-895-2-4. Alue on Särkijärvenkadun varrella. Kohteen ETRS-GK:n -tasokoordinaatit ovat N: 6817165; E: 24488121.

Kohteen sijainti on esitetty sijaintikartalla piirustuksessa 82142248-001.

## 2.2 Rajaukset ja koko

Riski- ja toimenpidekartoituksen kohteena on entisen kaatopaikan alue, jolle on suunniteltu Sulkavuoren keskuspuhdistamon maanpäällisiä rakenteita. Kohde rajautuu etelässä ja lännessä tiealueeseen (Vt 9 ja Vt 3). Idässä on kaatopaikka-aluetta ja metsää, jonka takana on Kurssikeskuksenkatu. Pohjoisessa on Sulkavuori, jonka pohjoispuolella Nirvan asuinalue ja kauppakeskus.

Riski- ja toimenpidekartoitus koskee ainoastaan Sulkavuoren puhdistamon aluetta. Alueen pinta-ala on noin 2,5 ha. Kaatopaikka-alueen itäpuolella sijaitseva täyttöalue, jonne jätetäyttöä on siirretty Vt:n 9 rakentamisen aikana, on rajattu tämän selvityksen ulkopuolelle. Kokonaisuudessaan kaatopaikka-alueen pinta-ala on noin 5,3 ha.

Tutkimusalueen raja on esitetty kuvassa 1 sekä tutkimuspiirustuksessa 82142248-002.



Kuva 1. Kaatopaikan likimääräinen raja ilmakuvassa.

### 2.3 Pohjasuhteet

Tutkimuksen kohteena olevan alueen maanpinta vaihtelee tasolla n. +127...+138. Tehtyjen tutkimusten perusteella mukaan jätetäytön paksuus on 4...12 m vanhan kaatopaikan alueella. Jätetäytön päällä on täyttömaata 0,5...4,5 m kerros. Jätetäyttö on paksuimmillaan kaatopaikka-alueen keskiosassa. Leikkauspiirustukset kaatopaikka-alueelta on esitetty piirustuksissa 82142248-003...007.

Sulkavuoren alueen kallionpinta laskee entisen kaatopaikan keskelle, ja nousee taas kaatopaikan eteläosissa. Sulkavuoren alueella on paikoin avokalliota ja kallion pinta on korkeimmillaan tasolla +105. Kallionpintakairausten perusteella Sulkavuoren alueen kallion pinta on alimmillaan tutkimusalueen keskellä, entisen kaatopaikan kohdalla (+107). Entisen kaatopaikan alueella kallion pinta on korkeimmillaan pohjois- ja länsiosissa (+125). Tutkimusalueen eteläreunassa kallion pinta nousee taas hieman ylemmäs, tasolle +110...+120. Kallion pinnan tasot on esitetty piirustuksessa 82152248-008.

Oletettavasti kaatopaikalla on vielä jäljellä paljon biohajoavaa orgaanista ainesta ja kaatopaikka-kaasun tuotanto on merkittävää vielä kymmeniä vuosia. Kaatopaikkajätteen hajotessa jätetäyttö saattaa painua kasaan tai tiivistyä vielä pitkienkin aikojen päästä. Painumia saattaa muodostua sattumanvaraisiin paikkoihin sattumanvaraisina ajankohtina.

### 2.4 Pohjavesi ja pintavesi

Kohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Lähin pohjavesialue on noin 3,5 km päässä koillisessa oleva Aakkulanharjun (0483701) pohjavesialue.

Kaatopaikalla on täytön sisäistä vettä ja vedenpinta on noin 5...10 m syvyydellä maan pinnasta (kesäkuussa 2012 tasolla +120,52...122,62, N2000). Alueella on viisi havaintoputkea, joista tarkkaillaan täytön sisäisen veden laatua. Lisäksi kaksi pohjavesiputkea on asennettu siirretyn jätetäytön alueelle, arviointikohteen itäpuolelle. Täytön sisäinen vesi on yhteydessä alueen pohjaveeseen.

Täytön sisäinen vesi/pohjavesi virtaa kallionpintatarkastelujen ja pohjaveden pintojen perusteella pohjoisesta etelään. Alueen eteläpuolella kulkevan ohitustien rakenteet ja kuivatukset todennäköisesti katkaisevat mahdollisen pohjaveden virtauksen ja oletettavasti maavedet kulkeutuvat ohitustien suuntaisesti länteen. Pohjavesivirtaukset alueen ympäristössä ovat oletettavasti vähäisiä ohuiden maakerrosten ja moottoritien kuivatuksen vuoksi.



**Kuva 2. Pohjavesien arvioitu virtaussuunta alueella. Pohjavedet ja täytön sisäiset vedet purkautuvat ohitustien penkasta pintavedeksi. Ilmakuva 1995, Copyright Blom-kartta Oy 1996.**

Kohteessa tehtyjen maastohavaintojen perusteella täytön sisäistä vettä purkautuu pintavesiin kaatopaikan eteläpuolelta, Vt:n 9 penkasta. Valokuvia alueelta on esitetty liitteessä 1. Kaatopaikan itäpuolelle siirretyllä jätetäyttöalueella on suotovesien keräysjärjestelmä, josta vedet johdetaan alueen eteläpuolella sijaitsevaan keräyskaivoon ja edelleen kaupungin viemäriverkostoon. Maastohavaintojen perusteella kaivosta tapahtuu runsasta ylivuotoa maastoon. Kaatopaikan suotovesiä ei tiettävästi ole 1990-luvun alun jälkeen tarkkailtu.

Alueen pintavedet kulkeutuvat moottoritien kuivatusjärjestelmään, josta ne laskevat Härmälän ojan kautta Pyhäjärveen. Pintavesien kulkeutumisreitti on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Pintavesien purkautumisreitti Pyhäjärveen (karttapohja: paikkatietoikkuna.fi)

Aluepelastuslaitoksen harjoitusalueella on paikoin sadevesiviemäröinti.

## 2.5 Nykyinen toiminta ja rakennukset

Alueella toimii Pelastuslaitoksen harjoitusalue. Harjoitusalue on aidattu ja siellä on muutamia maan päällisiä rakennuksia. Alueella on paljon romua, jota ilmeisesti käytetään apuna pelastuslaitoksen harjoituksissa. Alueen halki kulkee vesijohto ja viemäri. Alueen eteläosassa kulkee Soneran maanalainen kaapeli.

Alueella harjoittelevat myös rauniokoiraharrastajat. Etsittävät henkilöt piiloutuvat osittain maahan kaivettuihin raunioihin, joista koirat heitä etsivät.

## 2.6 Kaavatilanne ja tuleva käyttö

Yleiskaavassa Sulkavuori on osoitettu maiseman- ja luonnonhoitoalueeksi (VLM). VLM-alueella tulee säilyttää alkuperäinen luonnonympäristö. VLM-alueella sallitaan vähäinen luonnonympäristön huomioonottava yleistä virkistystoimintaa palveleva rakentaminen. Puiden kaataminen, kaivamis-, tasoittamis- ja täyttötöyt tai näihin verrattavat toimenpiteet ovat alueella luvanvaraisia. Kantakaupungin yleiskaavan kartassa 2, Viherverkko ja suojelu Sulkavuori on osoitettu merkittäväksi viheralueena säilytettäväksi alueeksi.

Oikeusvaikutteisen Lahdesjärvi-Lakalaivan osayleiskaavan valmistelu on ollut käynnissä vuodesta 2006. Vuonna 2009 valmistuneessa kaavaehdotuksessa Sulkavuoren puhdistamo sijoittui suojaviheralueelle (EV), maiseman- ja luonnonhoitoalueeksi varatulle lähivirkistysalueelle (VLM-1) ja aluepelastuslaitoksen harjoittelualueeksi varatulle erityisalueelle (E-2). Tarkastelualueena oleva entinen kaatopaikka sijoittuu pääosin alueelle E-2.

Tarkastelualueella ei ole voimassa olevaa asemakaavaa.

Sulkavuoren alueelle on suunnitteilla Pirkanmaan keskuspuhdistamo, joka tulisi sijoittamaan pääosin kallion sisässä.

## 2.7 Naapurusto

Kohteen välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta tai muita herkkiä toimintoja. Lähin asutus on noin 250 metrin päässä koillisessa Nirvan kaupunginosassa. Sulkavuoren alueella kulkee virkistyskäytössä olevia ulkoilureittejä. Kohteen itä-/ koillispuolella on pieneläinten hautausmaa ja länsipuolella lemmikkieläinten uurnaholvi.

## 3. ALUEEN TOIMINTAHISTORIA

Sulkavuori toimi talvi- ja jatkosodassa ilmatorjunta-asemana, mutta talvisodassa tykit vaurioituivat ensimmäisessä taistelutehtävässä, eikä niitä saatu korjattua talvisodan loppuun mennessä. Jatkosodassa Tampereetta ei pommitettu, joten ilmatorjuntaakaan ei todennäköisesti käytetty. Sotien jälkeen ilmatorjunta-asemaa käytettiin varusmiesten koulutukseen vuosina 1945-50.

Nykyisen kaatopaikan alueella oli vuoden 1946 ilmakuvan perusteella peltoa. Vuoden 1956 ilmakuvassa (kuva 2) näkyy vuonna 1953 perustettu kaatopaikka. Kaatopaikka on toiminut vuoteen 1974 asti ja sinne on sijoitettu Tampereen alueelta kertynyttä yhdyskunta- ja tuotantojätettä. Alueelle sijoitetun jätteen kokonaismääräksi on arvioitu noin 240 000 m<sup>3</sup>. Kaatopaikan koillisosaan oli padottu lammikot, joihin ajettiin jätevesilietettä. Lietealue on täytetty myöhemmin muilla jätteillä ja täyttömailla.



**Kuva 4. Ilmakuva vuodelta 1956. Tummat alueet ovat nestemäisiä jätteitä.**

Tampereen itäistä ohitustietä rakentaessa 1990-luvulla, siirrettiin noin 145 000 m<sup>3</sup> jätettä tien rakennuksen alta Sulkavuoren eteläiselle reunalle, nyt tarkasteltavan kaatopaikka-alueen itäpuolelle. Alkuperäinen kaatopaikka-alue sijaitsee todennäköisesti osittain tien rakentamisen yhteydessä täytetyn alueen alla.

Sittemmin alueelle perustettiin pelastuslaitoksen harjoitusalue, joka toimii paikalla vielä nykyäänkin. Harjoitusalueella on erilaisia rakennuksia/ rakennelmia ja alueella harjoittelee myös etsintäkoiria.

Vanhoja ilmakuvia ja tarkastelukohteena olevan kaatopaikan osan rajausta on esitetty liitteessä 2.

## 4. AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

### **Jätepenkereen koekaivututkimus 1988, jäte- ja suotovesianalyysit, Vesi- ja ympäristöhallitus, 19.5.1988.**

Vesi- ja ympäristöhallitus on tehnyt vuonna 1988 Sulkavuoren kaatopaikalle tutkimuksen ”Jätepenkereen koekaivututkimus, jäte- ja suotovesianalyysi, 19.5.1988”. Jätepenkereen laatua tutkittiin metallimääritysten osalta 30 kokoomanäytteestä viidestä kaivannosta noin 1 metrin välein. Orgaaniset määritykset tehtiin 20 jätenäytteen viidestä yhdistelmästä. Useissa näytteissä todettiin suuria pitoisuuksia kuparia, kromia, lyijyä ja sinkkiä. Jätenäytteistä on tutkittu myös metallien liukoisuutta (ammoniumasetaattiutto) ja liukoisuustulosten perusteella kupari, lyijy ja sinkki ovat melko liukoissa muodossa (vähintään noin ¼ kokonaispitoisuudesta liukenee ammoniumasetaattiin). Dikloorieteenien pitoisuus oli huomattavan suuri (keskipitoisuus 7 mg/kg), verrattuna nykyisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Dikloorimetaanin keskipitoisuus jätetäytössä ylitti ylemmän ohjearvopitoisuuden.

Vedenlaatua tutkittiin kahdesta pisteestä, P1 (purku) ja K2 (kaivo). Vedessä todettiin kohonneita dikloorieteenien, tolueenin ja kresolien pitoisuuksia.

### **Lakalaivan vanhan kaatopaikan vesientarkkailu vuodelta 1991, vuosiraportti, Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri, 29.10.1991. (nro 91/773/kuv342)**

Tampereen kaupunki on Tampereen vesi- ja ympäristöpiirin velvoituksesta tarkkaillut Sulkavuoren (Lakalaivan vanhan) kaatopaikan suoto- ja valumavesien määrää ja laatua. Saamamme tarkkailuraportti (*Lakalaivan vanhan kaatopaikan vesientarkkailu vuodelta 1991, vuosiraportti, Tampereen vesi- ja ympäristöpiiri, 29.10.1991. (nro 91/773/kuv342)*) on vuodelta 1991, jolloin kaatopaikan läntinen osa oli siirretty läntisen ohitustien alta pois kaatopaikan itäreunalle. Suotoveden määrää mitattiin suotovesien tarkkailukaivosta. Vedenlaatua mittaavat näytteet oli otettu suotovesikaivosta ja pohjaveden tarkkailupisteestä 2. Suotovesikaivo on olemassa nykyisellään Vt 9:n varressa. Tämän tarkkailuohjelman mukaisesta pohjavesiputkesta PVP2 ei ole nykyisellään maastohavaintoa. Raportin perusteella pohjaveden pitoisuuksissa näkyy selvästi kaatopaikan vaikutus, mutta pohjaveden laatu on kuitenkin parempi kuin keskimäärin kaatopaikkavesien vaikutuspiirissä olevissa pohjavesissä (Viittaus VYH julkaisuun nro 67, Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset). Raportissa esitetään tarkkailun lopettamista tässä laajuudessa.

### **Pima-selvitys, Pöyry Finland Oy, 17.12.2010**

Pöyry Finland Oy on tehnyt Tampereen Veden toimeksiannosta pima-selvityksen osana Pirkanmaan keskuspuhdistamon yleissuunnitelmaa, *PIMA-selvitys. 17.12.2010. Pöyry Finland Oy*. Alueelle kairattiin neljä tutkimuspistettä kallioon asti ja kahteen pisteeseen asennettiin pohjavesiputket (PE2 ja PE3), joista tutkittiin täytön sisäisen veden laatua sekä kaatopaikkakaasun esiintymistä. Kairauksista otettiin jatkuvat maanäytteet koko jätetäyttökerroksesta noin 1 m kokoomina ja niistä tutkittiin mm. raskasmetallit, öljyt ja liuottimet. Vesinäytteestä tutkittiin samat haitta-aineet kuin maanäytteistä ja lisäksi kaatopaikan indikaattoriaineita. Kaasusta analysoitiin metaanin, hiilidioksidin ja hapen pitoisuudet. Jätetäytössä oli korkeita raskasmetallipitoisuuksia (kromi, kupari, sinkki, antimoni ja kadmium). Kaikissa tutkimuspisteissä todettiin öljypitoisuuksia 6000 – 22 000 mg/kg. Bensiinihiilivetyjen (C5-C10) kokonaispitoisuus oli luokkaa 800 – 2600 mg/kg ja kloorieteenien maksimipitoisuus yli 100 mg/kg. Täytön sisäisessä vedessä oli korkeita pitoisuuksia benziinihiilivetyjä (putkessa PE2 tolueenia 1 100 µg/l) ja kloorattuja hiilivetyjä (putkessa PE2 cis-1,2-dikloorieteeniä 17 000 µg/l) sekä kaatopaikalle tyypillisesti korkeahko ammonium- sekä COD<sub>Cr</sub> pitoisuus.

## 5. RAMBOLL FINLAND OY:N TUTKIMUS 2012

### 5.1 Historiaselvitys ja näytteenottosuunnitelma

Ramboll on tehnyt tätä tutkimusta varten historiaselvityksen ja näytteenottosuunnitelman. Tutkimuksen maastotyöt on suoritettu tilaajan hyväksymän näytteenottosuunnitelman mukaisesti. Tutkimus sisälsi koekuoppien kaivua, porakonekairausta, pohjavesiputkien asentamista, pohjavesinäytteenottoa, kaatopaikkakaasumittauksia ja näytteiden analysointia. Lisäksi otettiin näytteitä kaatopaikan etelän puoleisesta penkasta purkautuvasta suotovedestä sekä siirretyn kaatopaikan suotovesijärjestelmän suotovesikaivosta. Tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty piirustuksessa 82142248-003

### 5.2 Maaperä- ja jätenäytteenotto

Näytteenotto maaperästä ja jätteestä suoritettiin kaivinkoneella kaivetuista koekuopista sekä raskaalla porakonekairalla kairaamalla. Koekuoppien kaivulla tutkittiin peitemaakerroksen paksuutta ja kaatopaikan rajausta, tehtiin havaintoja maavedestä sekä otettiin näytteitä jätetäytön yläpinnasta ja peitemaakerroksesta. Koekuoppia kaivettiin yhteensä 18 kpl.

Porakonekairauksia tehtiin Tampereen kaupungin toimesta jätetäytön alueella 4 kpl. Kairauksilla määritettiin jätetäytön paksuus ja otettiin maanäytteitä jätetäytön alapuolisesta perusmaasta. Pohjavesiputkia asennettiin viisi kappaletta, joista kolme (PVP2, PVP3 ja PVP4) sijoittui tarkastelualueelle ja kaksi (PVP5 ja PVP6) tarkastelualueen itäpuolelle siirretyn jätetäytön alueelle. Suunnitelman mukaan havaintoputkia piti asentaa kuusi kappaletta, mutta pisteessä PVP1 ei havaittu vettä, eikä putkea asennettu.

Maanäytteitä otettiin tutkimuksen yhteydessä yhteensä 83 kpl. Kenttähavaintojen ja analyysitulosten yhteenvetotaulukko on liitteenä 3 ja koekuoppakortit liitteenä 4.

### 5.3 Maa- ja jätenäytteiden kenttämittaukset ja laboratorioanalyysit

Kaikki koekuopista ja kairakoneella otetut maanäytteet tutkittiin epäorgaanisten haitta-aineiden röntgenfluoresenssiin perustuvalla kenttämittarilla.

Laboratoriossa analysoitiin valikoiduista maaperänäytteistä kenttähavaintojen perusteella:

- epäorgaaniset haitta-aineet ja elohopea, 10 kpl
- öljyhiilivedyt (C10-C40), 9 kpl
- öljyhiilivedyt (C5-C10), 4 kpl
- aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit, 5 kpl
- PAH-yhdisteet, 8 kpl
- klooratut alifaattiset hiilivedyt 5 kpl
- PCB, 6 kpl
- dioksiinit ja furaanit (PCDD/DF), 1 kpl
- torjunta-aineet, 1 kpl

Yhteensä laboratorioon toimitettiin näytteitä analysoitavaksi 14 kappaletta.

Maanäytteiden laboratorioanalyysitulokset ovat liitteessä 5.

### 5.4 Vesinäytteenotto

Tutkimuksen yhteydessä asennettiin maastoon viisi havaintoputkea. Alueella oli ennestään kolme havaintoputkea ja yksi suotovesikaivo. Vesinäytteet saatiin otettua suotovesikaivosta ja kuudesta havaintoputkesta. Yksi uusi havaintoputki (PVP 6) oli kuiva ja vanhan tarkkailuohjelman mukainen PVP 1 oli tukossa tai kuiva. Yhteensä pohjavesinäytteitä on otettu 6 kpl ja suotovesinäytteitä 4 kpl. Suotovesikaivosta on haettu näyte myös myöhemmin ja samalla otettiin vesinäytteet myös

kaatopaikan eteläisen penkan läpi suotautuvasta kaatopaikan sisäisestä vedestä. Vesinäytteiden analyysitulokset ovat liitteessä 6. Pohjavesiputkikortit ovat liitteenä 7.

## 5.5 Vesinäytteiden laboratorioanalyysit

Vesinäytteet toimitettiin analysoitavaksi Ramboll Finland Oy:n laboratorioon Lahteen. Otetuista vesinäytteistä analysoitiin:

- epäorgaaniset haitta-aineet 10 kpl
- öljyhiilivetyjen bensiinijakeet 9 kpl
- mineraaliöljyt, (C10-C40), 10 kpl
- aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit, 10 kpl
- PAH-yhdisteet, 10 kpl
- klooratut alifaattiset hiilivedyt, 10 kpl
- torjunta-aineet, 7 kpl
- pH
- sähkönjohtavuus
- COD<sub>Mn</sub>
- BOD<sub>7</sub>ATU

Vesinäytteiden laboratorioanalyysitulokset ovat liitteessä 7.

## 5.6 Kaatopaikkakaasumittaukset ja laboratorioanalyysit

Kaasujen muodostumista ja koostumusta mitattiin huhtikuussa 2012 havaintoputkista kenttämitareilla sekä laboratorionäytteiden avulla. Dräger X-am 7000 -monikaasumittarilla mitattiin maastossa huokoskaasujen rikki- ja syaanivetypitoisuus. Lisäksi käytettiin kaatopaikkakaasumittaria GA2000, jolla mitattiin muodostuvan kaasun metaani-, hiilidioksidi- ja happipitoisuudet. Mittausaika oli noin 10 minuuttia.

Kesäkuussa 2012 kaatopaikkakaasuja mitattiin Dräger X-am -monikaasumittarilla kaikista alueen pohjavesiputkista.

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet otettiin metalliseen TENAX-putkeen, joiden läpi imetään kaasua. TENAX-putkista analysoidaan laboratoriossa aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit sekä klooratut alifaattiset hiilivedyt. Vinyylidikloridien määrittystä ei analyysiteknisistä syistä tehty.

Tulokset on esitetty taulukossa 3 kappaleessa 6.3.

# 6. TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

## 6.1 Maaperä ja jäte

Tutkimuskohteessa on jätetäytön päällä sekalaisesta täytöstä koostuva pilaantumaton maakerros, jonka paksuus vaihtelee välillä 0,5 ja 4,5 m. Tämän kerroksen alapuolella on jätetäyttö, joka koostuu mm. puhdistamolietteestä ja välppäjätteestä. Tehtyjen tutkimusten perusteella mukaan jätetäytön paksuus vaihtelee välillä 4 ja 12 m vanhan kaatopaikan alueella. Jätetäyttö on paksuimmillaan kaatopaikka-alueen keskiosassa. Jätetäyttökerros ja sen alapuolinen maaperä sisältää korkeita pitoisuuksia epäorgaanisia ja orgaanisia haitta-aineita.

Kenttähavaintojen ja analyysitulosten yhteenvetotaulukko on liitteenä 3. Taulukossa on myös aiempien tutkimusten tulokset (Pöyry, 2010). Yhteenvetotaulukossa on esitetty myös vertailu VNa 214/2007 mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Kohteessa pilaantuneisuuden arvioinnissa voidaan käyttää ylempiä ohjearvoja.

Kaikkien alueella tehtyjen tutkimusten perusteella entisen kaatopaikan maaperä/jätetäyttökerros on pilaantunut metalleilla ja puolimetalleilla (antimoni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, sinkki), öljyhiilivedyillä (C<sub>5</sub>.....C<sub>40</sub>), PAH-yhdisteillä (fenantreeni, fluoranteeni, naftaleeni), PCB-yhdisteillä, klooratuilla alifaattisilla hiilivedyillä (dikloorieteeni, trikloorieteeni, tetrakloorieteeni)

ja aromaattisilla hiilivedyillä (tolueeni ja ksyleenit). Taulukossa 1 on esitetty havaitut haitta-aineet ja yhteenveto tutkimustuloksista. Maaperän/jätteen syanidipitoisuuksia ei ole tutkittu. Tehdyt tutkimukset ja tulokset on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1. Kaikki kohteen maaperästä ja jätteestä tehty tutkimukset**

| Haitta-aine                    | Analyysien lkm (kenttämittausten lkm) | Kynnysarvon ylityksiä (alemman ohjearvon alituksia) | Alemman ohjearvon ylityksiä (ylemman ohjearvon alituksia) | Ylemmän ohjearvon ylityksiä | Määrittämissä rajojen ylittävien pitoisuuksien keskiarvo, mg/kg | Pitoisuuksien maksimi, mg/kg |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Antimoni                       | 29                                    | 5                                                   | 7                                                         | 3                           | 154                                                             | 1 314                        |
| Arseeni                        | 29(83)                                | 24                                                  | 1                                                         | 1                           | 20                                                              | 200                          |
| Kadmium                        | 29                                    | 12                                                  | 1                                                         | 3                           | 11                                                              | 110                          |
| Koboltti                       | 29                                    | 0                                                   | 0                                                         | 0                           | 13                                                              | 32                           |
| Kromi                          | 29(83)                                | 6                                                   | 0                                                         | 5                           | 176                                                             | 1 500                        |
| Kupari                         | 29(83)                                | 4                                                   | 2                                                         | 7                           | 176                                                             | 1 100                        |
| Nikkeli                        | 29(83)                                | 3                                                   | 0                                                         | 0                           | 31                                                              | 87                           |
| Lyijy                          | 29(83)                                | 10                                                  | 4                                                         | 0                           | 128                                                             | 598                          |
| Vanadiini                      | 29                                    | 0                                                   | 0                                                         | 0                           | 56                                                              | 97                           |
| Sinkki                         | 29(83)                                | 3                                                   | 3                                                         | 9                           | 413                                                             | 2 100                        |
| Elohopea                       | 29                                    | 8                                                   | 4                                                         | 1                           | 2                                                               | 6                            |
| Öljyhiilivedyt C10-C40         | 23                                    | 16                                                  | -                                                         | -                           | 6 975                                                           | 21 800                       |
| C5-10                          | 18                                    | -                                                   | 2                                                         | 6                           | 684                                                             | 2 600                        |
| C10-21                         | 23                                    | -                                                   | 3                                                         | 12                          | 4 381                                                           | 15 000                       |
| C21-C40                        | 23                                    | -                                                   | 2                                                         | 13                          | 2 991                                                           | 8 300                        |
| Bentseeni                      | 19                                    | 7                                                   | 0                                                         | 0                           | 0,11                                                            | 97                           |
| Tolueeni                       | 19                                    | -                                                   | 1                                                         | 5                           | 23                                                              | 110                          |
| Etylibentseeni                 | 19                                    | -                                                   | 3                                                         | 0                           | 6                                                               | 36                           |
| Ksyleenit                      | 19                                    | -                                                   | 3                                                         | 3                           | 24                                                              | 115                          |
| TEX-summa                      | 19                                    | 11                                                  | -                                                         | -                           | 51                                                              | 208                          |
| PAH (summa)                    | 8                                     | 0                                                   | 1                                                         | 2                           | 90                                                              | 260                          |
| Antraseeni                     | 8                                     | 2                                                   | 0                                                         | 0                           | 2                                                               | 5                            |
| Bentso(a)antraseeni            | 8                                     | 1                                                   | 2                                                         | 0                           | 6                                                               | 15                           |
| Bentso(a)pyreeni               | 8                                     | 0                                                   | 3                                                         | 0                           | 4                                                               | 11                           |
| Bentso(k)fluoranteeni          | 8                                     | 2                                                   | 1                                                         | 0                           | 2                                                               | 6                            |
| Fenantreeni                    | 8                                     | 0                                                   | 1                                                         | 2                           | 9                                                               | 28                           |
| Fluoranteeni                   | 8                                     | 0                                                   | 1                                                         | 2                           | 11                                                              | 35                           |
| Naftaleeni                     | 8                                     | 1                                                   | 0                                                         | 2                           | 17                                                              | 74                           |
| Dikloorimetaani                | 19                                    | 0                                                   | 0                                                         | 0                           | <mr                                                             | <mr                          |
| Vinyylilokloridi               | 5                                     | 5                                                   | 0                                                         | 0                           | <mr                                                             | <mr                          |
| Dikloorieteenit                | 19                                    | 2                                                   | 2                                                         | 8                           | 13,5                                                            | 89                           |
| Trikloorieteenit               | 19                                    | 6                                                   | 0                                                         | 1                           | 1,1                                                             | 5,8                          |
| Tetrakloorieteeni              | 19                                    | 7                                                   | 0                                                         | 2                           | 2,4                                                             | 18                           |
| Triklooribentseenit            | 14                                    | 0                                                   | 0                                                         | 0                           | <mr                                                             | <mr                          |
| PCDD/F                         | 1                                     | 0                                                   | 0                                                         | 0                           | <mr                                                             | <mr                          |
| Torjunta-aineet                | 1                                     | -                                                   | -                                                         | -                           | <mr                                                             | <mr                          |
| PCB                            | 6                                     | 2                                                   | 1                                                         | 1                           | 3,8                                                             | 9,4                          |
| <mr=alle määrittämissä rajojen |                                       |                                                     |                                                           |                             |                                                                 |                              |

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että jätetäyttökerros sisältää suuria haitta-ainepitoisuuksia ja sen alapuolinen maaperä on pilaantunut epäorgaanisilla ja orgaanisilla yhdisteillä.

Aikaisempien tutkimusten perusteella jätetäytön kupari, lyijy ja sinkki ovat melko liukoissa muodossa. Jätetäytön alapuolisen maaperän on todettu pilaantuneen elohopealla, kadmiumilla, kromilla, kuparilla ja sinkillä, mikä myös viittaa siihen, että jätetäytön metallit ovat liukoissa muodossa.

## **6.2 Täytön sisäinen vesi ja suotovesi**

Vuosina 2012 ja 2010 otettujen vesinäytteiden tulokset on koottu liitteeseen 6. Tehdyt tutkimukset ja tulokset on esitetty taulukossa 2.

Vuonna 2012 (Ramboll) ja vuonna 2010 (Pöyry) tehdyissä tutkimuksissa kaatopaikan sisäisessä vedessä on havaittu korkeita (yli 1 000 µg/l) pitoisuuksia vinyylidikloridia ja diklooriaeteeniä (putket PVP3, PVP4 ja PE2), bentseeniä (PE 2), tolueenia (PE2) sekä öljyhiilivetyjen bensiinijakeita (PVP4, PE2 ja PE3), keskitisleitä (PVP3 ja PE3) ja raskaita jakeita (PE3). Lisäksi tarkastelualueen itäpuolella, siirrettyssä jätetäytössä on havaittu korkeita öljypitoisuuksia putkessa PVP5.

Suurin osa jätetäytön metalleista pidättyy melko hyvin maa-ainekseen, sillä liukoisten metallien todetut pitoisuudet kaatopaikan sisäisessä vedessä ja suotovedessä ovat melko pieniä verrattuna jätetäytöstä todettuihin pitoisuuksiin. Koholla olivat liukoisen arseenin pitoisuus (100 µg/l) pohjavesiputkessa PVP2, liukoisen nikkelin pitoisuus (210 µg/l) suotovesikaivossa maaliskuussa 2012, liukoisen sinkin pitoisuus (150 µg/l) pohjavesiputkessa PE3 ja liukoisen kromin pitoisuus pohjavesiputkissa PVP3 (35 µg/l) ja PE2 (29 µg/l).

Lisäksi alueen täytön sisäisessä vedessä on koko alueella havaittu kohonneita PAH-yhdisteiden, öljyjen, aromaattisten yhdisteiden ja kloorattujen alifaattisten yhdisteiden pitoisuuksia.

Jätetäytön sisäistä vettä suotautuu maastotarkastelujen perusteella pintavedeksi kaatopaikan eteläpuolelta, ohitustien penkasta. Lisäksi kaatopaikkavesiä purkautuu pintavedeksi ylivuotona suotovesikaivosta, johon tiettävästi kerätään ohitustien rakentamisen yhteydessä siirretyn kaatopaikan osan suotovedet. Pintaveteen suotautuvassa vedessä on havaittu kohonneita (yli 100 µg/l) pitoisuuksia kloorattuja alifaattisia yhdistettä. Vesiympäristölle vaarallisiksi luokiteltuja alifaattisia kloorattuja yhdisteitä (trikloorieteeni, tetrakloorieteeni) ei ole kohteen suotovesistä todettu.

**Taulukko 2. Kaikki kohteen vesistä tehdyt tutkimukset**

| Haitta-aine                | Analyyseiden<br>lkm | Määritysrajan<br>ylittävien pi-<br>toisuuksien<br>keskiarvo µg/l | Pitoisuuksien mak-<br>simi, µg/l |
|----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| pH                         | 12                  | 6,8                                                              | max 9,3 min 6,3                  |
| sähkönjohtavuus ms/m       | 12                  | 240                                                              | 530                              |
| CODMn, mg/l                | 10                  | 74,5                                                             | 250                              |
| CODCr, mg/l                | 2                   | 515                                                              | 800                              |
| Cl, mg/l                   | 2                   | 33,2                                                             | 58,4                             |
| SO <sub>4</sub> , mg/l     | 2                   | 46                                                               | 81                               |
| NH <sub>4</sub> , mg/l     | 2                   | 227,5                                                            | 390                              |
| NO <sub>3</sub> , mg/l     | 2                   | 2,7                                                              | 2,7                              |
| P, mg/l                    | 2                   | 3,5                                                              | 3,8                              |
| BOD <sub>7</sub> ATU, mg/l | 12                  | 217,7                                                            | 900                              |
| Antimoni                   | 10                  | 0,9                                                              | 1,1                              |
| Arseeni                    | 12                  | 22,8                                                             | 100                              |
| Kadmium                    | 12                  | <mr                                                              | <mr                              |
| Koboltti                   | 12                  | 13,5                                                             | 47                               |
| Kromi                      | 12                  | 6,6                                                              | 25                               |
| Kupari                     | 12                  | 2,5                                                              | 3                                |
| Nikkeli                    | 12                  | 36,9                                                             | 210                              |
| Lyijy                      | 12                  | 0,6                                                              | 0,6                              |
| Vanadiini                  | 12                  | 8,6                                                              | 27                               |
| Sinkki                     | 12                  | 45,3                                                             | 150                              |
| Elohopea                   | 2                   | 0,3                                                              | 0,3                              |
| Öljyhiilivedyt C10-C40     | 12                  | 5 599                                                            | 58 000                           |
| C5-10                      | 11                  | 1 085                                                            | 2 700                            |
| C10-21                     | 12                  | 4 899                                                            | 43 000                           |
| C21-C40                    | 12                  | 2 251                                                            | 15 000                           |
| Bentseeni                  | 12                  | 351                                                              | 4 000                            |
| Tolueeni                   | 12                  | 263,5                                                            | 1 100                            |
| Etylibentseeni             | 12                  | 26,9                                                             | 100                              |
| Ksyleenit                  | 12                  | 129,2                                                            | 670                              |
| Antraseeni                 | 10                  | 0,9                                                              | 5,3                              |
| Asenaftteeni               | 10                  | 0,6                                                              | 2,7                              |
| Asenaftyleeni              | 10                  | 0,1                                                              | 0,1                              |
| Bentso(a)antraseeni        | 10                  | 6,1                                                              | 29                               |
| Bentso(a)pyreeni           | 10                  | 3                                                                | 14                               |
| Bentso(b)fluoranteeni      | 10                  | 5,4                                                              | 26                               |
| Bentso(k)fluoranteeni      | 10                  | 2,1                                                              | 10                               |
| Dibentso(a,h)antraseeni    | 10                  | 0,5                                                              | 2,4                              |
| Fenantreeni                | 10                  | 6,3                                                              | 49                               |
| Fluoranteeni               | 10                  | 8,1                                                              | 76                               |
| Indeno(1.2.3-c,d)pyreeni   | 10                  | 2,6                                                              | 12                               |
| Kryseeni                   | 10                  | 6,3                                                              | 30                               |
| Naftaleeni                 | 10                  | 9,2                                                              | 26                               |
| Pyreeni                    | 10                  | 6,6                                                              | 55                               |
| Dikloorimetaani            | 12                  | <mr                                                              | <mr                              |
| Vinyylidloridi             | 10                  | 1 253                                                            | 8 000                            |
| Dikloorieteenit            | 12                  | 12 780                                                           | 91 130                           |
| Trikloorieteenit           | 12                  | 32,5                                                             | 110                              |
| Tetrakloorieteeni          | 12                  | 124,3                                                            | 640                              |
| Torjunta-aineet            | 7                   | <mr                                                              | <mr                              |
| <mr=alle määritysrajan     |                     |                                                                  |                                  |

### 6.3 Kaatopaikkakaasu

Kaatopaikkakaasun tuottomittauksella voidaan arvioida jätekerroksen anaerobisen hajoamisen vaihetta. Kaatopaikkakaasun ominaisuuksia mitattiin viidestä havaintoputkesta (PVP 2-PVP 6). Metaanintuotanto on alhaisinta putkessa PVP 2; 0 %. Suurimmillaan metaanin tuotanto oli havaintoputkessa PVP4; 47 %. Neljästä putkesta purkautui myös myrkyllistä syaanivetyä (HCN). Havaintoputkessa PVP 4 syaanivedyn pitoisuudeksi mitattiin suurimmillaan 40 ppm. Viidestä putkesta purkautui rikkivetyä (H<sub>2</sub>S). Korkein hiilidioksidipitoisuus, 38%, havaittiin putkessa PVP 5.

Jätetäytöstä purkautuvasta kaasusta on kaikissa tutkimuksissa mitattu 0...47 % metaania, 0...44 % hiilidioksidia, 0...10 ppm rikkivetyä, 0...40 ppm syaanivetyä ja 41...133 mg/m<sup>3</sup> haihtuvia hiilivetyjä (mm. dikloorieteeniä ja tolueenia). Analyysiteknisistä syistä kaatopaikalta purkautuvasta kaasusta ei saatu määritettyä vinyylikloridin pitoisuuksia, mutta kaasun dikloorieteenipitoisuuksien perusteella voidaan olettaa myös vinyylikloridia esiintyvän runsaasti kaasumuodossa. Myös alueen täytön sisäisessä vedessä todetut suuret vinyylikloridipitoisuudet ja sen herkkä haihtuminen huomioituna on oletettavaa, että purkautuvassa kaasussa on vinyylikloridia. Oletettavasti kaatopaikalla on vielä jäljellä paljon biohajoavaa orgaanista ainesta ja kaatopaikkakaasun tuotanto on merkittävää vielä kymmeniä vuosia.

Kaasujen kenttämittausten ja laboratorioanalyysien tulokset on koottu taulukkoon 3. Laboratorioanalyysitodistukset ovat liitteenä 9.

**Taulukko 3. Kaikkien kaasumittausten tulokset.**

| PVM                                                         |            | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> S | HCN | Σ TVOC (Tenax-putkeen) | Dikloorieteeni    | Tolueeni          | Ksyleenit         | Bentseeni               | Etyylibentseeni   |
|-------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|-----|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
|                                                             |            | %               | %               | %              | ppm              | ppm | mg/m <sub>3</sub>      | mg/m <sub>3</sub> | mg/m <sub>3</sub> | mg/m <sub>3</sub> | mg/m <sup>3</sup>       | mg/m <sup>3</sup> |
| Vertailuarvo, sallittu pitoisuus hengitysilmassa (U.S. EPA) |            |                 | 2*              |                | 5                | 10  |                        | 0,02<br>...0,2    | 5                 | 0,1               | 0,0013<br>...<br>0,0045 | 0,1               |
| <b>PVP2</b>                                                 | 13.4.2012  | 0               | 1               | 19             | 0                | 0   | 41                     | 12,4              | 2,4               | 0,6               | 0,7                     | 0,2               |
|                                                             | 15.6.2012  | 0               | 0               | 20,9           | 0                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PVP3</b>                                                 | 13.4.2012  | 24              | 14              | 3              | 3                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
|                                                             | 15.6.2012  | 11,6            | 23              | 12,5           | 0                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PVP4</b>                                                 | 13.4.2012  | 28              | 16              | 0              | 2                | 10  | 133                    | 23,0              | 7,5               | 1,9               | 0,7                     | 0,5               |
|                                                             | 15.6.2012  | 47              | 4               | 10,5           | 10               | 40  |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PVP5</b>                                                 | 13.4.2012  | 45              | 26              | 0              | 3                | 3   | 50                     | 3,6               |                   | 0,6               | 1,0                     | 0,2               |
|                                                             | 15.6.2012  | 43              | 38              | 0,4            | 0                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PVP6</b>                                                 | 13.4.2012  | 20              | 17              | 2              | 1                | 2   | 94                     | 14,9              | 2,9               |                   | 0,5                     | 0,3               |
|                                                             | 15.6.2012  | 24,5            | 29              | 3,8            | 0                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PE2</b>                                                  | 26.10.2010 | 47              | 44              | 3              |                  |     |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
|                                                             | 15.6.2012  | 30              | 33              | 8,7            | 0                | 0   |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
| <b>PE3</b>                                                  | 26.10.2010 | 18              | 24              | 3              |                  |     |                        |                   |                   |                   |                         |                   |
|                                                             | 15.6.2012  | 4,3             | 28              | 1              | 10               | 10  |                        |                   |                   |                   |                         |                   |

## 7. PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN ARVIOINTI

### 7.1 Riskinarvioinnin rajaukset ja muut lähtökohdat

Riskinarvioinnin tavoitteena on selvittää kohteen maaperän, jätteen, huokoskaasun ja täytön sisäisen veden haitta-ainepitoisuuksia ja puhdistustarvetta ja sitä kautta kohteen soveltuvuutta nykyiselle ja tulevalle käytölle. Soveltuvuutta arvioidaan haitta-aineiden kulkeutumisen sekä niiden mahdollisesti aiheuttamien terveys- ja ympäristöriskien avulla.

Kaatopaikan kohdalle on suunniteltu rakennettavaksi Pirkanmaan keskuspuhdistamon Sulkavuorivaihtoehtoon maanpäällisiä rakennuksia. Tässä kappaleessa on arvioitu rakentamisen mahdollisuuksia riskiperusteisesti ja todettu, että rakentaminen ei ole mahdollista ilman mittavia kunnostustoimenpiteitä. Tämän vuoksi riskinarvioinnissa on käsitelty myös puhdistamorakennusten vaihtoehtoista sijaintia kaatopaikka-alueen länsipuolella.

Riskinarviointi rajataan koskemaan ainoastaan alkuperäistä Lakalaivan kaatopaikkaa. Kaatopaikan itäpuolelle ohitustien rakentamisen yhteydessä läjitetyt jätettä sisältävät massat rajataan tämän tarkastelun ulkopuolelle.

### 7.2 Kriittiset haitta-aineet ja niiden esiintyminen

Riskinarvioinnissa on keskitytty arvioimaan kaatopaikan keskeisimpiä haitta-aineita. Tarkasteluun on valittu haitta-aineet seuraavin perustein:

- Haitta-ainepitoisuus maaperässä tai jätteessä ylittää VNa 214/2007 mukaisen alemman ohjearvon
- Haitta-ainepitoisuus maaperässä tai jätteessä saattaa olla haitallinen terveydelle tai ympäristölle, mutta haitta-aineelle ei ole määritetty VNa 214/2007 mukaisia kynnysarvoja
- Haitta-ainepitoisuus kaatopaikan sisäisessä vedessä saattaa olla haitallinen terveydelle tai ympäristölle.
- Yhdisteen pitoisuus kaatopaikkakaasussa saattaa olla haitallinen terveydelle tai ympäristölle
- Yhdisteen pitoisuus maaperässä/jätteessä, sisäisessä vedessä tai purkautuvassa kaasussa saattaa kasvaa todettujen yhdisteiden hajoamisen myötä

Tarkastelussa on huomioitu kaikki tiedossa olevat tutkimustulokset alueelta. Kriittiset haitta-aineet, sekä niiden esiintyminen on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 4. Kriittiset haitta-aineet sekä niiden esiintyminen**

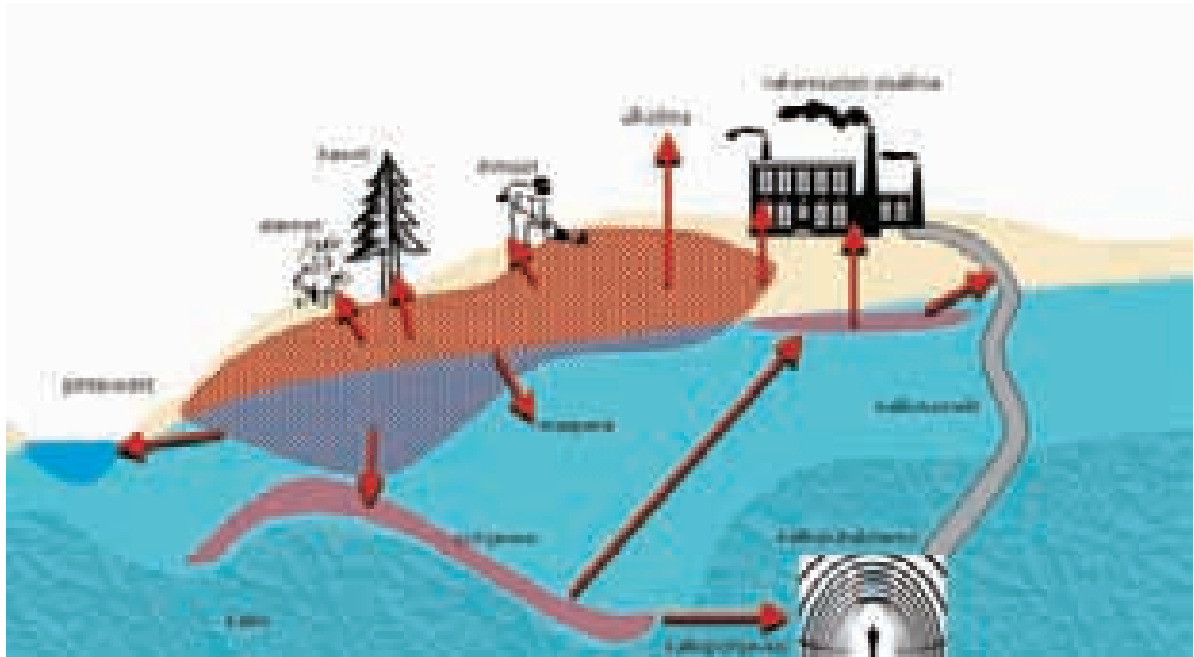
|                                          | Maaperä, jäte | Sisäinen vesi | Kaasu | Hajoaminen |
|------------------------------------------|---------------|---------------|-------|------------|
| <b>Metallit ja puolimetallit</b>         |               |               |       |            |
| Antimoni                                 | X             |               |       |            |
| Elohopea                                 | X             |               |       |            |
| Kadmium                                  | X             |               |       |            |
| Kromi                                    | X             |               |       |            |
| Kupari                                   | X             |               |       |            |
| Lyijy                                    | X             |               |       |            |
| Nikkeli                                  |               | X             |       |            |
| Sinkki                                   | X             |               |       |            |
| Vanadiini                                | X             |               |       |            |
| Syanidi, syaanivety                      |               |               | X     |            |
| <b>Öljyhiilivedyt</b>                    |               |               |       |            |
| Bensiinijakeet C5...C10                  | X             |               |       |            |
| Keskitisleet C10...C21                   | X             |               |       |            |
| Raskaat jakeet C21...C40                 | X             |               |       |            |
| <b>Aromaattiset hiilivedyt</b>           |               |               |       |            |
| Bentseeni                                |               | X             | X     |            |
| Tolueeni                                 | X             |               | X     |            |
| Etylibentseeni                           | X             |               | X     |            |
| Ksyleenit                                | X             |               | X     |            |
| <b>PAH-yhdisteet</b>                     |               |               |       |            |
| Bentso(a)antraseeni                      | X             |               |       |            |
| Bentso(a)pyreeni                         | X             |               |       |            |
| Bentso(b)fluoranteeni                    | X             |               |       |            |
| Fenantreeni                              | X             |               |       |            |
| Fluoranteeni                             | X             |               |       |            |
| Naftaleeni                               | X             |               |       |            |
| PAH-summapitoisuus                       | X             |               |       |            |
| PCB-yhdisteet                            | X             |               |       |            |
| <b>Klooratut alifaattiset hiilivedyt</b> |               |               |       |            |
| Dikloorimetaani                          | X             |               |       |            |
| Vinyylikloridi                           |               | X             | ?     | X          |
| Dikloorieteenit                          | X             | X             | X     |            |
| Trikloorieteenit                         | X             |               |       |            |
| Tetrakloorieteenit                       | X             |               |       |            |

Kriittisten haitta-aineiden ominaisuuksia on kuvattu liitteessä 10.

### 7.3 Haitta-aineiden kulkeutuminen

#### 7.3.1 Kulkeutumisreitit

Haitta-aineiden kulkeutumisen käsitteellinen malli on esitetty kuvassa 5. Haitta-aineiden kulkeutumisreittien arvioinnissa on huomioitu haitta-aineiden esiintyminen ja pitoisuudet sekä ominaisuudet.



Kohteessa merkittävimmät kulkeutumisriskit aiheutuvat sellaisista orgaanisista yhdisteistä, jotka liikkuvat helposti veden mukana tai haihtuvat herkästi ilmaan. Eri kulkeutumisreittejä on tarkasteltu tarkemmin kappaleissa 7.3.2 - 7.3.6.

Jätetäytön pinnassa ei ole tiiviitä pintarakenteita, joten alueen sadevedet pääsevät osittain suodautumaan jätetäyttöön täytön sisäiseksi vedeksi. Jätetäytöstä haitta-aineita siirtyy täytön sisäiseen veteen. Jätetäytön sisäinen vesi on käytännössä alueen pohjavettä, joten haitta-aineita katsotaan kulkeutuvan myös pohjaveteen.

Dikloorieteenit ja sitä korkeammin klooratut alifaattiset hiilivedyt ovat vettä raskaampia ja painuvat yleensä pohjavesikerroksessa läpäisemättömään maakerrokseen tai kallionpintaan asti. Kohteessa nämä yhdisteet ovat todennäköisesti faasina kallion pinnalla tai kallion raoissa, varsinaisen pohjavesikerroksen alapuolella. Liukoisina yhdisteitä voi esiintyä koko pohjavesikerroksessa. Korkeammin klooratut yhdisteet hajoavat vinyylikloridiksi, joka on vettä kevyempi yhdiste. Vinyylikloridi voi näin ollen nousta pohjavesikerroksen pintaan.

On myös mahdollista, että kloorattuja alifaattisia hiilivetyjä kulkeutuu alueen ulkopuolelle rengastai porakaivoihin ja edelleen talousvedeksi. Pohjavesien todennäköinen virtaussuunta alueelta on pohjoisesta etelään. Kaatopaikan eteläpuolella pohjavesien virtauksen todennäköisesti katkaisee

ohitustie, jonka rakenteissa ja kuivatusjärjestelmissä virtaus todennäköisesti jatkuu länteen päin. Virtaavan pohjaveden määrä alueen lähiympäristössä oletetaan ohuiden maakerrosten vuoksi vähäiseksi. Haitta-aineiden kulkeutumista talousvesikaivoihin ei pidetä merkittävänä riskinä.

Pohjavedestä on todettu suuria pitoisuuksia myös bentseeniä sekä öljyhiilivetyjen bensiinijakeita, keskitisleitä ja raskaita jakeita. Näistä erityisesti bentseeni ja öljyjen kevyemmät jakeet voivat kulkeutua pohjaveden mukana alueen ulkopuolelle.

Jätetäytössä ja sen alapuolisessa maaperässä on paikoin korkeita metallien ja PAH-yhdisteiden. Täytön sisäisessä vedessä ja alueelta suotautuvassa vedessä havaitut metallien ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat pääosin näihin verrattuna melko pieniä, mikä viittaa siihen, että suurin osa metalleista ja PAH-yhdisteistä pidättyy hyvin maa-ainekseen, eikä kulkeudu vesien mukana. Metalleista kulkeutuvassa muodossa on todennäköisesti nikkeli, arseeni ja sinkki. PAH-yhdisteistä naftaleeni on kulkeutuvassa muodossa. Metallien ja PAH-yhdisteiden kulkeutuminen pohjaveteen ja kohteen ulkopuolelle on huomattavasti pienempi riski, kuin kloorattujen alifaattisten hiilivetyjen tai bentseenin ja öljyhiilivetyjen.

### 7.3.3 Kulkeutuminen pintavesiin

Kohteesta kulkeutuu pintavesiin jätetäytön sisäistä vettä ainakin kaatopaikan eteläreunalta. Pintavesiin purkautuvassa suotovedessä on huomattavia pitoisuuksia vinyylikloridia, *cis*-1,2-dikloorieteeniä ja tolueenia. Suotatuvan veden määrä toukokuussa oli huomattava, sillä penkan läpi suotautuvasta vedestä voitiin helposti ottaa näytteet.

Haitta-aineita sisältävää suotovettä purkautuu kaatopaikan etelän puoleisesta penkasta ohitustien reunassa pintaveteen. Pintavesien todennäköinen virtaussuunta on länteen Härmälänojaan ja edelleen Pyhäjärveen. Pintavedestä vinyylikloridi, dikloorieteeni ja tolueeni todennäköisesti haihtuvat melko nopeasti ulkoilmaan, mikä vähentää haitta-aineiden päätymistä vesistöön.

Pintavesiin laskevissa vesissä ylittyvät VNa 1002/2006 mukaiset ympäristölaatumormit penkan läpi purkautuvassa vedessä naftaleenin osalta, sekä osittain pintaveteen ylivuotona purkavan suotovesikaivon vedessä naftaleenin sekä nikkelin osalta. Nikkelin osalta ylitys sulamisaikaan maaliskuussa on merkittävä, yli 10-kertainen ympäristölaatumormiin nähden. Ympäristölaatumormeja ei asetuksen mukaan sovelleta noroon tai ojaan, mutta niitä on tässä arvioinnissa käytetty vertailuarvoina.

### 7.3.4 Kulkeutuminen ulkoilmaan

Maaperästä ja jätetäytöstä voi kulkeutua haitta-aineita alueen ulkoilmaan haihtumalla. Paikoin pintakerrokset ovat melko ohuita (n. 0,5 m), jolloin haihtumista voi merkittävässä määrin tapahtua. Merkittävimpiä haihtuvia yhdisteitä kohteessa ovat klooratut alifaattiset hiilivedyt (vinyylikloridi, dikloorieteenit, trikloorieteenit, tetrakloorieteeni). Myös tolueeni, ksyleenit, naftaleenit ja öljyhiilivetyjen kevyemmät jakeet voivat haihtua jätetäytöstä ulkoilmaan.

Haitta-aineiden lisäksi ilmaan voi kaatopaikalta kulkeutua merkittävästi kaatopaikkakaasuja (metaani, hiilidioksidi, rikkivedyt, syaanivedyt), joita muodostuu jätemateriaalin hajotessa.

Maastohavaintojen perusteella kaatopaikka-alueella on paikoin epämiellyttävä haju, mikä viittaa siihen, että jätetäytöstä kulkeutuu ulkoilmaan kaasuja ja/tai hiilivetyjä.

Vinyylikloridia, dikloorieteeniä ja tolueenia haihtuu todennäköisesti ulkoilmaan myös kaatopaikan suotovesistä, joita suotautuu kaatopaikan etelän puoleisen penkan läpi pintavedeksi. Lisäksi vinyylikloridia voi haihtua ulkoilmaan, mikäli sitä pääsee haihtumaan pohjaveden pinnalta huokosilmaan.

Pintamaasta haitta-aineita voi kulkeutua ulkoilmaan myös maan pölyämisen seurauksena. Kohteen pintamaassa ei kuitenkaan ole todettu merkittäviä pitoisuuksia haitta-aineita, minkä vuoksi pölyämiskäskyä pidetään kohteessa nykytilassaan merkityksettömänä. Mikäli alueelle rakennettaisiin

siin Sulkavuoren puhdistamon maanpäällisiä rakenteita, tulisi maan pintakerros todennäköisesti pinnoitetuksi, eikä kulkeutumisriskiä pölyämisen kautta tällöin olisi.

#### 7.3.5 Kulkeutuminen sisäilmaan

Sisäilmakulkeutumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat haihtuvien haitta-aineiden esiintymissyvyys ja pitoisuus rakennuksen alapuolisessa maaperässä, sekä rakennuksen perustamistapa ja ilmanvaihto.

Mikäli suunnitellulle alueelle rakennetaan puhdistamon maanpäällisiä rakennuksia, on erittäin todennäköistä, että haihtuvimpia haitta-aineita pääsee kulkeutumaan rakennusten sisäilmaan. Suurimman kulkeutumisriskin aiheuttaisivat klooratut alifaattiset hiilivedyt, jotka ovat erittäin helposti haihtuvia. Näistä erityisesti vinyylikloridi aiheuttaa suuren kulkeutumisriskin, sillä vettä kevyempänä sitä voi esiintyä pohjavesikerroksen pinnalla, josta se voi helposti haihtua huokosilmaan ja edelleen rakennusten sisäilmaan. Vinyylikloridia ei ole mitattu kaatopaikkakaasusta, mutta vesinäytetulosten ja kaasussa todettujen korkeiden dikloorieteenin pitoisuuksien perusteella vinyylikloridin esiintyminen on oletettavaa. Myös öljyhiilivetyjen bensiinijakeet, naftaleeni, tolueni ja ksyleenit voivat kulkeutua maaperästä haihtumalla sisäilmaan.

Varsinaisten haitta-aineiden lisäksi myös kaatopaikkakaasuja sekä rikki- ja syaanivetyjä voi kulkeutua maaperästä ja jätetäytöstä merkittävässä määrin rakennusten sisäilmaan.

Haitta-aineiden ja syttyvien kaasujen kulkeutumista rakennusten sisäilmaan pidetään erittäin merkittävänä riskinä, mikäli kaatopaikan päälle rakennetaan. Kulkeutumista ei voida riittävän luotettavasti estää rakenteellisin ratkaisuin.

Jotta kulkeutumista ei tapahtuisi, tulee kaatopaikan jätetäyttö poistaa rakennusten alta ja ympäriltä. Toinen vaihtoehto on muuttaa alueelle suunniteltujen maanpäällisten rakennusten sijoittelua.

Mikäli puhdistamon maanpäälliset rakennukset siirrettäisiin kaatopaikka-alueen länsipuolelle, jossa jätetäyttöä ei ole todettu, on haitta-aineiden kulkeutuminen rakennusten sisäilmaan huomattavasti epätodennäköisempää kuin kaatopaikan päälle sijoitettaessa. Haihtuvia haitta-aineita voi kulkeutua sisäilmaan, mikäli haitta-ainepitoista pohjavettä pääsee virtaamaan rakennusten alle. Kulkeutuminen on estettävä rakenteellisin ratkaisuin.

Haitta-aineita voi kulkeutua myös kallio puhdistamon ja nostokuilun pumppamohalliin johtavan ajotunnelin sisäilmaan, mikäli pilaantunutta pohjavettä pääsee virtaamaan tunneleihin. Suurimman riskin aiheuttaa klooratut alifaattiset hiilivedyt. Haihtuvat haitta-aineet ja niiden aiheuttamat riskit on huomioitava kallioon sijoitettavien rakenteiden suunnittelussa. Nostokuilun pumppamohalliin johtavan ajotunnelin uudelleensijoittelua tulisi tarkastella siten, ettei se kulkisi entisen kaatopaikan alapuolella.

Kaatopaikkakaasujen aiheuttama räjähdysvaara, sekä haitta-aineiden kulkeutumisriski rakennusten sisäilmaan on olemassa alueella nykyiselläänkin, sillä pelastuslaitoksen harjoittelualueella on rakennuksia, joiden sisäilmaan kulkeutumista voi tapahtua. Kaasuja ja haitallisia yhdisteitä voi kerääntyä maaperästä myös rauniokoirien harjoituksissa käytössä oleviin osittain maahan kaivettuihin raunioihin.

Mikäli vinyylikloridia sisältäviä pohjavesiä kulkeutuu alueen ulkopuolelle, on vinyylikloridin haihtuminen pohjavedestä huokosilmaan ja edelleen rakennusten sisäilmaan mahdollista. Riskiä pidetään kuitenkin pienenä, sillä pohjaveden virtaukset alueen ympäristössä katsotaan melko vähäisiksi. Lähimmät rakennukset kohteen eteläpuolella (oletettu pohjavesien virtaussuunta) ovat noin 300 m etäisyydellä.

#### 7.3.6 Kulkeutuminen maaperässä

Sadevedet ja pohjavedet ovat jatkuvasti yhteydessä täytön sisäiseen veteen ja vesi huuhtoo jätetäytöstä haitta-aineita syvemmälle maakerrokseen. Tutkimusten perusteella haitta-aineiden kul-

keutumista jätetäytöstä syvemmälle perusmaahan on jo tapahtunut merkittävässä määrin. On todennäköistä, että kulkeutumista tapahtuu vastakin, sillä haitta-ainepitoisuudet jätetäytössä ovat edelleen suuria, vaikka hajoamista ja kulkeutumista on jo vuosikymmenten ajan tapahtunut.

Jätetäytöstä kulkeutuu ja on kulkeutunut jätetäytön alapuoliseen maakerrokseen pääasiassa metalleja, PAH-yhdisteitä ja öljyhiilivetyjä. Helpoimmin kulkeutuneet yhdisteet kuten klooratut alifaattiset hiilivedyt eivät ole pidäytyneet perusmaakerrokseen vaan kulkeutuneet syvemmälle kalion pintaan tai kohteen ulkopuolelle pohjavesien ja suotovesien mukana.

Jos alueella tehdään kaivutöitä, voivat haitta-aineet kulkeutua pohjamaasta ja jätetäytöstä pintaamaan maakerrosten sekoittuessa. Haitta-aineet eivät merkittävässä määrin kulkeudu maaperässä ylöspäin ilman maakerrosten sekoittumista.

#### 7.3.7 Kulkeutuminen kasveihin

Kohteessa ei viljellä ravintokasveja. Kaatopaikan päällä kasvaa vähäisessä määrin puustoa, risukkoa ja aluskasvillisuutta, joihin haitta-aineita voi maaperästä ja jätteestä siirtyä, mikäli niiden juuret ulottuvat jätekerrokseen asti.

Pääosin jätetäyttöä peittää yli 0,5 m kerros pilaantumaton maa-ainesta, eikä haitta-aineiden kulkeutumista kasveihin siten pidetä alueella merkittävänä riskinä.

#### 7.3.8 Kulkeutuminen verkostovesiin

Alueen itäpuolisella siirretyllä jätetäyttöalueella on osittaista suotovesien keräystä ja suotovedet päätyvät Viinikanlahden jätevedenpuhdistamolle. Haitta-aineiden pitoisuudet voivat alueelta johdettavassa vedessä nousta korkeiksi verkostoissa ja kaivoissa kaatopaikan lähialueella. Suotovedestä ei ole tutkittu kaikkia VNa 1022/2006 mukaisia yhdisteitä, joiden päästäminen viemäriin on kiellettyä. Näistä ainoastaan tri- ja tetrakloorieteenien pitoisuudet on tutkittu suotovedestä, ja niiden pitoisuudet alittivat laboratorion määritysrajat.

Tulevaisuudessa haitta-aineita voi kulkeutua kalliopohjavedessä kalliopuhdistamon kuivatusvesiin, mikä tulee huomioida kuivatusvesien käsittelyn ja johtamisen suunnittelussa.

Kohteen läpi kulkee koillis-lounais-suunnassa valurautainen 300 mm vesijohto ja siitä haarautuu keskeltä aluetta 110mm PVC-vesijohto luoteeseen. Oletettavasti vesijohdot sijaitsevat ainakin osittain jätetäyttökerroksessa, sillä paikoin pilaantumaton pintamaata on vain 0,5 m kerros. Orgaanisten haitta-aineiden kulkeutumisriski valurautaisen putkimateriaalin läpi katsotaan vähäiseksi, mutta PVC-putken ja liitosten kautta kulkeutumismahdollisuus on periaatteessa olemassa. Kulkeutumisriskiä vähentää se, että johdossa on korkea paine. Metallien ei katsota kulkeutuvan maaperästä putkimateriaalin läpi talousveeteen. Pahiten pilaantunut liete-kerros on kuitenkin todennäköisesti alempana, kuin vesijohto, joten kulkeutumista ei pidetä merkittävänä.

### 7.1 Terveysriskit

#### 7.1.1 Mahdolliset altistujat

Mikäli kaatopaikka-alueelle rakennetaan Sulkavuoren puhdistamo, työntekijöiden altistuminen on mahdollista.

Nykytilanteessa haitta-aineille voivat altistua pelastuslaitoksen harjoitusaluetta käyttävät henkilöt sekä rauniokoiraharrastajat. Myös muut alueella mahdollisesti liikkuvat henkilöt, kuten pieneläinten hautausmaalla kävijät ja ulkoilijat voivat altistua haitta-aineille.

Mikäli haitta-aineita pääsee virtaamaan pohjavesien mukana kohteen ulkopuolelle, on myös lähi-alueen asukkaiden ja työntekijöiden altistuminen mahdollista. Lähialueen asukkaiden ja työntekijöiden altistumista pidetään mahdollisena, mutta pienenä.

Myös viemäriverkostojen sekä tulevaisuudessa kallio puhdistamon kuivatusvesien huoltajat voivat altistua haitta-aineille.

#### 7.1.2 Altistuminen hengitysilman kautta

Suurimman terveysriskin kohteessa aiheuttaa vinyylikloridi, joka voi pohjavedestä haihtuessaan kulkeutua rakennusten sisäilmaan. Vinyylikloridi aiheuttaa terveyshaittaa jo erittäin pienissä pitoisuuksissa. U.S. EPA:n asettama raja hengitysilman enimmäispitoisuudeksi on  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kohteen huokoskaasusta vinyylikloridipitoisuutta ei ole analyysiteknisistä syistä voitu määrittää, mutta muiden VOC-yhdisteiden todettujen (kokonaispitoisuudet pohjavesiputkissa  $41\ldots 133 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) pitoisuuksien perusteella voidaan myös vinyylikloridin pitoisuuden olettaa olevan korkea ja altistumisen mahdollista. Vinyylikloridin esiintyminen kaasumuodossa on oletettavaa myös suurten pohjaveden pitoisuuksien perusteella.

Dikloorieteenien pitoisuus huokoskaasussa on suuri ( $3,6\ldots 23 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) verrattuna U.S.EPA:n esittämään enimmäissaannin raja (0,02...0,2  $\text{mg}/\text{m}^3$  riippuen esiintymismuodosta), minkä vuoksi myös dikloorieteenille altistuminen kohteessa on mahdollista.

Muita hengitysilman kautta mahdollisesti altistavia haitta-aineita kohteessa ovat BTEX-yhdisteet (bentseeni, tolueni, etyylibentseeni, ksyleenit) sekä öljyhiilivedyt. Myös kaatopaikasta purkautuville rikkiyhdisteille ja syaanivedylle altistumista voi tapahtua.

Nykytilanteessa haitta-aineille altistuminen voi olla mahdollista ulkoilman kautta, sillä haitta-aineita voi paikoin purkautua jätetäytöstä pintakerrosten läpi huomattavina pitoisuuksina. Myös sisäilman kautta altistuminen on mahdollista nykytilanteessa, sillä alueella on rakennuksia ja rakennelmia. Rauniokoiraharrastajat ja etenkin raunioihin piiloutuvat etsittävät henkilöt voivat altistua haitta-aineille, mikäli raunioihin kerääntyy haihtuvia yhdisteitä. Kaatopaikka-alueella ulkoilman kautta tapahtuvaa altistumista ei voida pitää hyväksyttävänä.

Alueelle mahdollisesti rakennettavan keskuspuhdistamon työntekijät voivat altistua merkittävästi maaperän haihtuville haitta-aineille, mikäli kaatopaikan päälle sijoitetaan puhdistamon maanpäällisiä rakenteita. Altistumista voidaan pitää merkittävänä ja todennäköisenä, minkä vuoksi kaatopaikasta aiheutuvia terveysriskejä ei voida pitää hyväksyttävänä. Kaatopaikka-alueelle ei voida sijoittaa mitään keskuspuhdistamon toimintoja tai rakennuksia ilman kunnostustoimenpiteitä. Keskuspuhdistamon maanpäällisten rakennusten sijoittaminen alueelle edellyttää kaatopaikan poistamista tai maanpäällisten rakennusten uudelleen sijoittelua. Myös nostokuilun pumppaamohalliin johtavan ajotunnelin uudelleensijoittelua tulisi tarkastella siten, ettei se kulkisi entisen kaatopaikan alapuolella.

Mikäli puhdistamorakennukset sijoitetaan kaatopaikan länsipuolelle ja haitta-ainepitoisten pohjavesien kulkeutuminen rakennusten alle estetään, ei työntekijöiden arvioida altistuvan haitta-aineille sisäilman kautta.

Vaikka puhdistamorakennukset sijoitettaisiin kaatopaikka-alueen länsipuolelle, on ulkoilman kautta altistuminen edelleen mahdollista ja kaatopaikalla tarvitaan riskinhallintatoimenpiteitä.

Alueen ulkopuolella altistuminen sisäilman kautta on mahdollista, jos pohjaveden mukana pääsee kulkeutumaan haihtuvia haitta-aineita rakennusten alapuolelle. Riskiä pidetään kuitenkin melko pienenä.

#### 7.1.3 Altistuminen veden kautta

Kohteessa ei ole pohjaveden talouskäyttöä, eikä kohteessa altistumista katsota tapahtuvan. Lähialueella ei tiettävästi ole pohjaveden talouskäyttöä ja pohjaveden kautta tapahtuvaa altistumisriskiä pidetään pienenä.

Haitta-aineita sisältävien pintavesien kautta altistuminen on mahdollista. Pintavesiin kulkeutuu vinyylikloridia, dikloorieteeniä, naftaleenia, toluenia ja nikkeliä. Suurimmat pitoisuudet ovat

suotovesikaivosta ja moottoritien penkasta moottoritien reuna-osaan purkautuvassa vedessä. Todennäköisesti moottoritien reuna-alueella altistumista ei tapahdu, sillä alueella liikkuminen on kiellettyä. Vedet kulkevat alkuosan moottoritien reunaa, putkessa ja teollisuusalueella, eikä altistumista näillä alueilla katsota merkittävästi tapahtuvan. Todennäköisesti haitta-aineet ovat Här-mälänojaan päätyessään haihtuneet tai laimenneet muihin vesiin niin, ettei niitä voida enää vedestä todeta eikä niille altistuminen ole merkittävää.

Kalliopuhdistamon kuivatusvedet voivat sisältää merkittäviä määriä haitta-aineita. Haitta-aineille altistuminen voi olla mahdollista esimerkiksi huoltotoimenpiteiden yhteydessä.

#### 7.1.4 Altistuminen pintamaan kautta

Kohteessa pintamaan kautta tapahtuvaa suoraa altistumista ei pidetä nykytilanteessa tai tulevalle käytöllä merkittävänä, sillä kohteen pintamaassa ei ole todettu korkeita haitta-ainepitoisuuksia.

#### 7.1.5 Terveysvaikutukset

Haihtuville orgaanisille yhdisteille altistuminen hengitysteitse on kohteessa merkittävin riski. Mikäli altistumista tapahtuu, voi aiheutua mm. seuraavia terveysvaikutuksia

- syöpä (bentseeni, vinyylikloridi)
- perimävaurioita (bentseeni)
- haitallisia vaikutuksia maksassa, keuhkoissa, ruoansulatuskanavassa (vinyyl-kloridi)
- vaaraa sikiölle (tolueeni)
- haitallisia vaikutuksia keskushermostossa, maksassa, munuaisissa, keuhkoissa, kiveksissä ja kilpirauhasessa (etylibentseeni)

#### 7.1.6 Muut terveysriskit

Nykytilanteessa maahan kaivetuissa raunioissa voi aiheutua tilanne, jossa hiilidioksidi ja metaanipitoisuudet kasvavat ja syrjäyttävät ilmasta hapen, jolloin voi aiheutua tukehtumisvaaraa etsittäville henkilöille.

### 7.1 Ekologiset riskit

Merkittävimmät ekologiset riskit katsotaan aiheutuvan siitä, että haitta-aineita pääsee kulkeutumaan suotovesistä pintavesiin. Pintavedeksi suotautuvassa vedessä on todettu korkeita pitoisuuksia kloorattuja alifaattisia yhdisteitä, naftaleenia ja tolueenia ja nikkeliä. Näistä naftaleenin ja nikkelin pitoisuudet ylittävät VNa 1022/2006 mukaiset ympäristölaatumormit pintavesissä.

Pintaveteen purkavasta vedestä on todettu vesiympäristössä mahdollisesti haitallisina pitoisuuksina ( $HC5_{aq}$ ) kadmiumia, nikkeliä, ksyleenejä, MTBE:tä, naftaleenia ja dikloorieteeniä. Näistä ainoastaan dikloorieteenin pitoisuus ylittää selvästi  $HC5_{aq}$ -arvon sekä myös  $HC50_{aq}$ -pitoisuuden (cis-1,2-dikloorieteenin todettu pitoisuus 290 µg/l) ja sen voidaan katsoa aiheuttavan mahdollisia haitallisia vaikutuksia, mikäli sitä pääsee kulkeutumaan vesistöön alueelta. Cis-1,2-dikloorieteeni on haitallista vesieliöille. Muiden edellä mainittujen yhdisteiden pitoisuudet ovat niin pieniä, että vaikutukset jäävät laimenemisen vuoksi todennäköisesti melko pieniksi. Dikloorieteenin osalta vaikutuksia vähentää laimenemisen lisäksi myös haihtuminen. Moottoritien penkasta purkautuvalle suotovedelle voivat altistua maaperäeliöt, matelijat, pikkunisäkkäät (mm. myyrät ja jänikset), linnut ja purkautumispaikassa kasvavat kasvit.

Alueella liikkuvat eläimet voivat altistua maaperästä ja jätetäytöstä haihtuville yhdistelle. Kaivautuvat eläimet ja maaperäeliöt voivat altistua haitta-aineille suoraan kosketuksen ja maansyönnin sekä huokosilman kautta.

Alueelta hallitsemattomasti purkautuvat kaatopaikan suotovedet sekä kaatopaikkakaasut ja haihtuvat yhdisteet voivat aiheuttaa haittaa eliöstölle kohteessa ja sen ympäristössä.

Kaatopaikalla kasvien kasvu on heikkoa, sillä niiden juuret todennäköisesti kärsivät hapenpuutteesta kaatopaikalta purkautuvien kaatopaikkakaasujen suurten pitoisuuksien vuoksi.

## **7.2 Muut kaatopaikasta aiheutuvat riskit**

Vanhasta kaatopaikoista saattaa aiheutua myös muita kuin kemiallisen altistuksen aiheuttamia riskejä. Riskit saattavat koskea niin asukkaita, työntekijöitä, alueen virkistyskäyttäjiä, kuin eläimiäkin.

Kaatopaikka-alueella saattaa olla teräviä esineitä, kuten lasia ja metalliesineitä, jotka voivat aiheuttaa naarmuja ja haavoja alueella liikkuville ihmisille ja eläimille. Kaatopaikka-alueella jätetäytön päällä on kuitenkin tutkimuksen perusteella vähintään 0,5 metrin paksuinen täyttömaakerros, joka vähentää riskiä joutua kosketuksiin jätetäytön terävien esineiden kanssa. Alueella tehtävien kaivutöiden yhteydessä terävät esineet saattavat aiheuttaa työtapaturmia ilman asianmukaista suojautumista.

Kun kaatopaikan jätetäyttö hajoaa ikääntyessään, saattaa jätetäyttö painua. Jätetäytön painuessa myös sen päällä olevat maakerrokset saattavat painua ja alueen jätetäytön päällä olevat rakennukset vaurioitua. Painumisen ei oleteta olevan niin äkillistä ja voimakasta, että siitä voisi aiheutua välitöntä vaaraa alueella liikkuville (esimerkiksi äkillisesti syntyneeseen painanteeseen putoamiseen).

Kaatopaikan hajoavasta jätetäytöstä vapautuu kaasuja ja hajuja, jotka eivät välttämättä ole terveydelle haitallisia hengitettynä, mutta aiheuttavat haittaa alueella. Lisäksi jätetäytöstä vapautuva metaani voi etenkin sisäilmaan päästessään aiheuttaa räjähdysvaaran, sillä metaani on syttymisherkkä jo pienissäkin (n. 5 %) pitoisuuksissa.

Nykyisellään syttymis- ja räjähdysriski katsotaan erittäin suureksi, sillä aluepelastuslaitoksen harjoitusalueella sytytetään tulipaloja harjoitustilanteissa.

## **7.3 Epävarmuustarkastelu**

Riskinarviointiin liittyy aina useita tekijöitä, jotka aiheuttavat epävarmuuksia. Epävarmuustekijöiden seurauksena riskit voivat olla joko yli- tai aliarvioituja. Riskinarvioinnissa on pyritty yliarvioimaan riskit aina kun se on ollut mahdollista ja perusteltua. Epävarmuudet ja niiden vaikutukset riskiin on esitetty taulukossa 5. Taulukossa on ilmoitettu tekijän todennäköinen vaikutus riskiin; (+) = yliarvioi riskiä, (-) = aliarvioi riskiä ja (?) = vaikutusta vaikea arvioida.

**Taulukko 5. Epävarmuustekijät riskinarvioinnissa**

| Epävarmuustekijä                         | Vaikutus riskiin | Perustelut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yleiset epävarmuutta aiheuttavat tekijät |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kohteen maaperä                          | -                | Suurimmat epävarmuudet riskinarvioinnissa aiheutuvat kohteen maaperän heterogeenisuudesta. Koska maaperä on sekalaista jätetäyttöä, eikä täyttöhistoriasta ole tarkkaa tietoa, on mahdollista, että kohteen maaperässä, täytön sisäisessä vedessä tai huokoskaasussa on haitta-aineita joita ei ole tutkimuksissa todettu, eikä siten tässä riskinarvioinnissa ole käsitelty. Kaikkien mahdollisten yhdisteiden tutkiminen kaatopaikalta on mahdotonta, minkä vuoksi on päädytty tutkimaan aistinvaraisten havaintojen ja historiatietojen perusteella oleellisia yhdisteitä. Todennäköistä on, että kaatopaikalla on sellaisia merkittäviä haitta-aineita, joita ei tässä tutkimuksessa ole tutkittu eikä niiden aiheuttamia riskejä siten arvioitu. Toisaalta kohteessa on havaittu erittäin helposti kulkeutuvia ja haihtuvia myrkyllisiä yhdisteitä, joiden riskit on arvioitu. Näin ollen merkittävimmät riskit katsotaan tunnistetuiksi, ja epävarmuudet liittyvät lähinnä eri haitta-aineiden aiheuttamiin erilaisiin terveysvaikutuksiin, joita ei välttämättä kaikkia ole tunnistettu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Analyysimenetelmien epätarkkuus          | -/+              | Yleensä maanäytteille $\pm 10... \pm 50$ %. Vaihtelee riippuen haitta-aineesta ja pitoisuudesta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kenttämittausten epätarkkuus             | -/+              | <p>Metallien ja puolimetallien osalta maanäytteiden kenttämittaukset on tehty Niton-kenttämittarilla. Niton mittaa metallien ja puolimetallien kokonaispitoisuuksia röntgenfluoresenssiin perustuvalla tekniikalla. Mittauksessa epävarmuuksia aiheuttaa näytteen matriisi ja kosteus. Lisäksi esimerkiksi pienet metallinpalat näytteessä voivat näkyä suurina pitoisuuksina tuloksissa. Mittauksen epävarmuutta on pyritty vähentämään tekemällä jokaisesta näytteestä kolme rinnakkaista mittausta (jokainen eri puolelta näytettä) ja tulos on esitetty näiden kolmen mittauksen keskiarvona. Metallien aistinvarainen arviointi on mahdotonta ja Nitonilla saadaan riittävää tietoa maaperän pilaantuneisuudesta, sillä joka näytteestä laboratorioanalyysien teettäminen ei ole mahdollista.</p> <p>Öljyhiilivetyjä on tutkittu maanäytteistä PetroFlag-kenttämittarilla, jonka toiminta perustuu fotometriaan. Epävarmuuksia menetelmässä aiheuttaa pieni näytemäärä (1...10 g pitoisuudesta riippuen), jolloin näytteen homogenisointi on erittäin tärkeää. Näyte uutetaan metanoliin, jonka jälkeen se suodatetaan reagenssinesteeseen. Öljyhiilivetyjen lisäksi metanoliin uuttuvat myös PAH-yhdisteet ja luonnolliset hiilivedyt, kuten humusyhdisteet, mikä lisää epävarmuuksia ja usein kasvattaa tulosta. Menetelmällä voidaan kuitenkin todeta voimakkaasti pilaantuneet tai täysin pilaantumattomat näytteet melko luotettavasti.</p> <p>Kaatopaikkakaasuja on mitattu GA2000-kenttämittarilla pohjavesiputkista. GA2000 mittaa hiilidioksidi- ja metaanipitoisuuksia sisäisellä kaksikanavaisella IR-anturilla. Happipitoisuus mitataan sisäisellä sähkökemiallisella kennolla. Metaanin ja mittaustulos on 0...100 % ja tarkkuus 0-5% vol: <math>\pm 0,5</math> %, 5-15%vol: <math>\pm 1,0</math> % ja 15-100%vol: <math>\pm 3</math> %. Hapen mittaustulos on 0...25% ja tarkkuus kaikilla pitoisuustasoilla <math>\pm 1,0</math> %.</p> <p>Kaatopaikkakaasuja on mitattu myös Dräger X-am-kenttämittarilla, jolla on mitattu myös rikkivedyn ja syaanivedyn pitoisuuksia. Dräger on kaasujen mittausta- ja valvontalaite, jolla voi samanaikaisesti mitata kolmella elektrokemiallisella anturilla myrkyllisiä kaasuja (rikkivety, syaanivety) ja happea, sekä kahdella infrapuna-anturilla metaania ja hiilidioksidiä. Mittaustulos metaanille on 0...100 tilavuus% ja tyypillinen lineaarisuusvirhe alle <math>\pm 5</math>% mittaustulosta. Mittaustulos hiilidioksidiä on 0...100 tilavuus% ja tyypillinen lineaarisuusvirhe alle <math>\pm 5</math>% mittaustulosta tai alle 1 tilavuus% CO<sub>2</sub>.</p> |

| Epävarmuustekijä                  | Vaikutus riskiin | Perustelut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Haikka-aineiden yhteisvaikutukset | -                | Haikka-aineiden mahdollisia yhteisvaikutuksia ei ole arvioitu, mikä voi aiheuttaa epävarmuuksia ja aliarvioida riskejä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Pohjaveden virtaukset             | -/+              | Pohjaveden virtauksista ja virtausnopeuksista ei ole tietoa. Kohteessa maakerrokset ovat ohuita ja eteläpuolella moottoritien rakenteet ja kuivatusjärjestelmät todennäköisesti katkaisevat pohjaveden virtauksen, minkä vuoksi pohjaveden virtaus ja haikka-aineiden kulkeutuminen pohjaveden mukana alueen ympäristössä on arvioitu vähäiseksi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Vesientarkkailun kesto            | -                | Alueelta purkautuvien vesien tarkkailu on lopetettu 1990-luvun alussa, sillä metallipitoisuuksien ei tarkkailun aikana oltu todettu kasvaneen. Tämän riski- ja toimenpidetarkastelun yhteydessä on otettu yhden näytteet pohjavesiputkista ja moottoritien penkan läpi suotautuvasta vedestä sekä kaksi näytettä (maaliskuussa ja toukokuussa) suotovesikaivosta. Maaliskuun ja toukokuun näytteissä suotoveden laadussa oli suuria vaihteluita, mikä viittaa siihen, että sade- ja sulamisvesien vaikutus veden laatuun on suuri. Tämän vuoksi tutkimustuloksia tulisi olla usean vuoden ajalta, eri vuodenaajoilta, jotta voitaisiin saada luotettava kuva täytön sisäisen veden ja alueelta purkautuvan veden laadusta. |
| Kulkeutuminen kalliopohjavedessä  | -                | Mikäli alueen kallio on hyvin rakoillut tai rakoilee kallio puhdistamon rakentamisen myötä, voi haikka-ainepitoista pohjavettä päätyä myös kallio pohjavedeen. Kallio pohjavedestä haikka-aineita voi kulkeutua edelleen kalliotunnelin sisäilmaan tai kuivatusvesiin ja mahdollisesti myös Sulkavuoren alueen ulkopuolelle, jos kallio jatkuu rakoilleena. Kallion rakoisuudesta, rakosysteemeistä ja kallio pohjaveden esiintymisestä tai virtauksista ei ole tietoa, mikä aiheuttaa epävarmuutta arvioitaessa haikka-aineiden kulkeutumista kaatopaikka-alueen ulkopuolelle.                                                                                                                                            |

Riskinarviointiin liittyviä epävarmuuksia pidetään tässä perusarvioinnissa hyväksyttävänä ja epävarmuuksista huolimatta on saatu tunnistettua merkittävimmät kulkeutumis-, terveys- ja ympäristöriskit alueella ja sen ympäristössä. Riskinarvioinnin perusteella voidaan jatkaa Sulkavuoren puhdistamon ympäristövaikutusten arviointia ja päättää jatkotoimenpiteistä alueella.

#### 7.4 Yhteenveto kaatopaikan aiheuttamista riskeistä ja kunnostustarpeesta

Entiseltä Lakalaivan kaatopaikalta suotautuu täytönsisäistä vettä hallitsemattomasti pintavedeksi ja pohjavedeksi. Suotovesien mukana ympäristöön kulkeutuu mm. kloorattuja alifaattisia hiilivetyjä, öljyjä ja BTEX-yhdisteitä.

Kaatopaikka-alueella ei ole kaasujen keräystä, joten kaasuja purkautuu jätetäytöstä hallitsemattomasti ympäristöön. Kaasujen lisäksi jätetäytöstä voi purkautua helposti haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, jotka voivat olla terveydelle haitallisia.

Nykytilanteessa pelastuslaitoksen alueella olevat rakennukset ja rauniokoirien harjoittelun alueen rauniot eivät riskitarkastelun perusteella sovellu lainkaan käytettäväksi, sillä niiden sisätiloissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet voivat nousta terveydelle haitalliselle tasolle. Lisäksi rakennuksissa on räjähdysvaara, sillä kaatopaikkakaasuja voi kerääntyä rakennusten sisäilmaan. Rakennukset tulisi purkaa tai poistaa alueelta.

Kaatopaikan päälle ei voida sijoittaa mitään Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon maanpäällisiä rakennuksia haikka-aineiden sisäilmakulkeutuminen ja räjähdysvaaran vuoksi. Mikäli maanpäälliset rakennukset halutaan sijoittaa alkuperäisen suunnitelman mukaan, tulee jätetäyttö poistaa rakennusten alta ja ympäriltä. Toinen vaihtoehto on sijoittaa rakennukset kaatopaikan länsipuolelle ja varmistaa rakenteellisin ratkaisuin, ettei kaatopaikalta pääse virtaamaan haikka-ainepitoisia vesiä rakennusten alle.

Haikka-aineiden kulkeutuminen kalliopohjaveteen on mahdollista, mikä tulee huomioida kalliopuhdistamon ja ajotunneleiden suunnittelussa. Erityisesti vinyylidikloridi voi aiheuttaa riskejä työntekijöiden terveydelle, mikäli sitä pääsee haihtumaan kalliopohjavedestä kalliotiloihin.

## 8. KUNNOSTUSMENETELMIEN VERTAILU

### 8.1 Kunnostusvaihtoehtojen esittely

Sulkavuoren puhdistamon maanpäällisten rakennusten sijoittaminen alun perin suunnitellulle alueelle vaatisi jätetäytön poistamisen entisen Lakalaivan kaatopaikan alueelta. Tämän vuoksi on päädytty tarkastelemaan myös vaihtoehtoa, jossa puhdistamon maanpäällisiä rakennuksia siirretäisiin kaatopaikan länsipuolelle.

Riippumatta siitä toteutuuko Sulkavuoren puhdistamo kaatopaikan kohdalle vai sen länsipuolelle, edellyttävät ympäristöriskit eristystoimenpiteitä sekä kaasun- ja vesienhallintatoimenpiteitä kaatopaikka-alueella. Suunnittelualueen itäpuolella on 1990-luvulla siirrettyä jätetäyttöaluetta, jonka alueelta voi edelleen kulkeutua haikka-aineita suunnittelualueelle.

Toisaalta suojaustoimenpiteitä on tehtävä alueella, vaikka Sulkavuoren puhdistamoa ei rakennettaisikaan. Nykytilannetta, jossa haikka-aineita sisältävät kaatopaikkakaasut ja suotovedet purkautuvat ympäristöön hallitsemattomasti, ei voida pitää hyväksyttävänä.

### 8.2 Jätetäytön poistaminen, Sulkavuoren puhdistamo entisen kaatopaikan kohdalla

Jätetäytön poistaminen ja loppusijoittaminen suunnittelualueelta toiseen paikkaan mahdollistaisi Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon sijoittamisen alun perin suunnitellulle alueelle.

Massanvaihtoon liittyy kuitenkin useita työnaikaisiin ympäristövaikutuksiin, työtapaan ja työturvallisuuteen liittyviä ongelmia. Jätetäyttö tulisi kuitenkin poistaa noin 13 000 m<sup>3</sup>:n alueelta ja lisäksi alueelle tulisi rakentaa teknisesti vaativa vesien ja kaasujen keräys- ja käsittelyjärjestelmä. Kunnostustyöntekijät joutuisivat suojautumaan jätetäytössä olevilta ja siitä vapautuvilta haikka-aineilta. Jätetäytön kaivaminen aiheuttaisi myös merkittäviä hajuhaittoja kaatopaikan lähialueilla ja työntekijöiden pitäisi suojautua jätteessä olevilta ja siitä vapautuvilta haikka-aineilta. Jätteen kaivaminen jouduttaisiin ainakin osittain suorittamaan paineistetussa teltassa.

Pelkällä massanvaihdolla ei välttämättä saataisi kaikkia kulkeutumis-, ympäristö- ja terveysriskejä poistettua, sillä kalliopohjaveteen on saattanut jo kulkeutua haikka-aineita, joiden aiheuttamat riskit eivät massanvaihdolla poistu.

Kokonaiskustannuksiltaan massanvaihto on lähes epärealistinen vaihtoehto. Pelkästään poistettavien jätteen jätteenkäsittelymaksuista kertyisi miljoonien eurojen kustannus. Massanvaihdon ongelmista johtuen myös maanrakennuskustannukset nousisivat hyvin korkeiksi. Koska kaivettavan jätteen laatu vaikuttaa voimakkaasti kustannuksiin, tarvittaisiin mittavia lisätutkimuksia, ennen kuin edes kohtuullisesti luotettava kustannusarvio voitaisiin laatia.

Massanvaihdon ekologinen jalanjälki olisi myös merkittävä. Suuren poiskaivetun jätemäärän siirtäminen toiseen paikkaa aiheuttaisi merkittävän ekologisen kuormituksen verrattuna vaihtoehtoon, jossa Sulkavuoren puhdistamon maanpäällisiä osia siirretään pois kaatopaikan päältä.

### 8.3 Jätetäytön osittainen poistaminen, Sulkavuoren puhdistamo entisen kaatopaikan länsipuolella

Maanpäällisten rakennusten uuden sijoittelun mukainen rakentaminen vaatii jätetäytön poistamisen noin 3 000 m<sup>2</sup> alueelta. Lisäksi jäljelle jäävän kaatopaikan osalle toteutetaan kaasujen ja vesien keräilyjärjestelmä, jolla estetään kaatopaikkakaasujen ja suotovesien hallitsematon purkautuminen alueelta.

Kaivettavia massoja ei välttämättä poistettaisi kiinteistöltä kokonaan, vaan ne siirrettäisiin kiinteistön sisällä kokonaan tai osittain. Esimerkiksi ongelmajätteet ja hyödynnettävät jätteet voitaisiin poistaa ja muut jätejakeet jättää. Kaivutyöt tehtäisiin alueella, jolla ongelmajätteitä on tutkimusten perusteella vähän ja jätetäyttökerros ohut.

Kustannuksiltaan kaivamisen ja eristämisen yhdistelmä olisi pelkkää massanvaihtoa huomattavasti edullisempi. Suurin säästö syntyisi jälleen jätteen vastaanottomaksuista, vaikka joitakin jätteitä todennäköisesti jouduttaisiin poistamaan. Maanrakennuskustannukset olisivat myös huomattavasti pienemmät, sillä massanvaihto tehtäisiin maanrakentamisen kannalta suhteellisen helpolle alueelle.

Työnaikaisia ympäristö- ja terveysriskejä aiheutuisi vähemmän, kuin laajassa massanvaihtotyössä, sillä massanvaihtoa ei tehtäisi pahiten pilaantuneella alueella.

Jätteen kaivamisesta ja läjittämisestä aiheutuisi jonkin verran hajuhaittoja kaivukohteen välittömässä läheisyydessä ja työntekijöiden pitäisi suojautua jätteessä olevilta ja siitä vapautuvilta haitta-aineilta.

Osittaisen massanvaihdon ekologinen jalanjälki olisi pienempi kuin ensimmäisessä vaihtoehdossa. Maanrakentamista ja etenkin kuljetusta tarvittaisiin vähemmän kuin koko alueen massanvaihdossa.

Haitta-ainepitoisen pohjaveden virtaus kaatopaikalta rakennuksen alapuoliseen maaperään on estettävä.

## 9. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Kaatopaikan päälle ei voida haitta-aineiden ja kaatopaikkakaasujen aiheuttamista terveysriskeistä johtuen sijoittaa mitään maanpäällisiä rakennuksia. Mikäli puhdistamo rakennetaan entisen kaatopaikan kohdalle, tulee jätetäyttö ensin poistaa.

Suositeltava vaihtoehto jätetäytön poistamiselle on sijoittaa puhdistamon rakennukset kaatopaikan länsipuolelle, jolloin suurin osa jätetäytöstä voidaan jättää paikoilleen. Tällöin tarvittavat massanvaihdot ovat huomattavasti pienempiä. Kaatopaikalle täytyy kuitenkin tässäkin vaihtoehdossa toteuttaa vesien ja kaasujen hallittu keräys ja käsittely.

Nykyisellään alueen ei katsota soveltuvan aluepelastuslaitoksen harjoitteluun tai rauniokoiraharastukseen. Pelastuslaitoksen harjoittelualueelta rakennukset tulisi poistaa ja sammutusharjoitukset lopettaa. Raunioihin piiloutuminen tulee myös lopettaa alueella.

Alueelle suositellaan laadittavaksi kaatopaikan perustilaselvitys, jossa tehdään tarkemmat selvitykset jätetäytöstä, kaatopaikan aiheuttamista ympäristövaikutuksista ja tarvittavista kunnostustoimenpiteistä. Perustilaselvityksessä tulee huomioida myös 1990-luvulla siirretty kaatopaikan osa.

Alueelta suotautuvasta vedestä suositellaan jatkossa tutkittavaksi aiempien parametrien lisäksi myös elohopea. Veden kemiallinen hapenkulutus tulisi aiempien COD<sub>Mn</sub>-määritysten sijaan tutkia COD<sub>Cr</sub>. Jätetäytön syanidipitoisuudet tulisi tutkia.

Kaatopaikalla työskenneltäessä (esimerkiksi näytteenottojen yhteydessä) tulee kiinnittää erityistä huomiota työsuojeluun. Jätetäyttöä kaivettaessa tulee suojautua suojavaatein sekä soveltuvien hengityssuojaimin ja kaivutyön lähistöllä tulee olla käytössä hälyttimellä varustettu monikaasumittari (esim. Dräger).

Ramboll Finland Oy

Tomi Pulkkinen  
Ryhmäpäällikkö

Jenni Haapaniemi  
Suunnittelija



Kuva 1. Koekuopan KK5 kaivua entisellä kaatopaikalla 1.3.2012



Kuva 2. Kaatopaikkaa ja pohjavesiputki PE2 4.4.2012



Kuva 3. Öljyistä täytön sisäistä vettä pohjavesiputkessa PE3 11.4.2012



Kuva 4. Kaatopaikkakaasujen mittausta putkesta PVP2 13.4.2012



Kuva 5. Kaatopaikalta suotautuvaa vettä moottoritien vieressä 8.5.2012.



Kuva 6. Kaatopaikka-aluetta kuvattuna etelästä koilliseen 8.5.2012.



Kuva 7. Kaatopaikka-alueen pohjoisosaa 8.5.2012



Kuva 8. Suotovesikaivo, josta kaatopaikkavesiä valuu ylivuotona maastoon, sekä penkan läpi suotautuvaa vaahtoista vettä rinteen alareunassa 11.5.2012.



Kuva 1. Ilmakuva vuodelta 1946 ja tarkastelualueen raja. Kaatopaikan alue on peltoa ja metsää, eikä kaatopaikkatoiminta ole vielä alkanut.



Kuva 2. Ilmakuva vuodelta 1956 ja tarkastelualueen raja. Alueelle on ajettu jätteitä ja tarkastelualueen itäosissa on myös nestemäisiä jätteitä.



Kuva 3. Ilmakuva vuodelta 1966 ja tarkastelualueen rajaus. Nestemäisten jätteiden alueen päälle on ajettu maata/kiinteää jätettä ja kaatopaikka on laajentunut myös tarkastelualueen eteläpuolelle.



Kuva 4. Ilmakuva vuodelta 1974 ja tarkastelualueen rajaus. Nestemäisiä jätteitä on ajettu tarkastelualueen eteläpuolelle. Alueen ympäristöön on rakentunut teollisuutta.



Kuva 5. Ilmakuva vuodelta 1984 ja tarkastelualueen raja. Kaatopaikka-aluetta on maisemoitu ja kaatopaikkatoiminta loppunut.



Kuva 6. Ilmakuva vuodelta 1995 ja tarkastelualueen raja. Kaatopaikan eteläiset osat on siirretty ohitustien rakentamisen yhteydessä tarkastelualueen itäpuolelle.

[illegible]

[illegible]



**LIITE 4**  
**KOEKUOPPAKORTIT**

LAATIJA: KPut

NRO:KK1

PVM: 6.3.2012

Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

|           |                                     |
|-----------|-------------------------------------|
| syvyys, m | maalaji                             |
| 0-0,3     | Hk                                  |
| 0,3-3,0   | Täyttö                              |
| 3,0->     | Maatunutta jätettä, lietettä, maata |
|           |                                     |
|           |                                     |

-

-

2\*5 m

4,3 m

ei hav.

|     |           |                         |
|-----|-----------|-------------------------|
| nro | syvyys, m | kuvaus                  |
|     | 0-0,3     | Hk                      |
|     | 0,3-2,7   | Täyttö                  |
|     | 3,0-4,3   | Liki mustaa, maatunutta |
|     |           |                         |
|     |           |                         |
|     |           |                         |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: KPut

NRO: KK2

PVM: 5.3.2012

Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                 |
|-----------|-------------------------|
| 0-0,7     | Sr                      |
| 0,7-1,5   | Hk                      |
| 1,7-3,2   | Kallio, pinta vaihtelee |
|           |                         |
|           |                         |

-

-

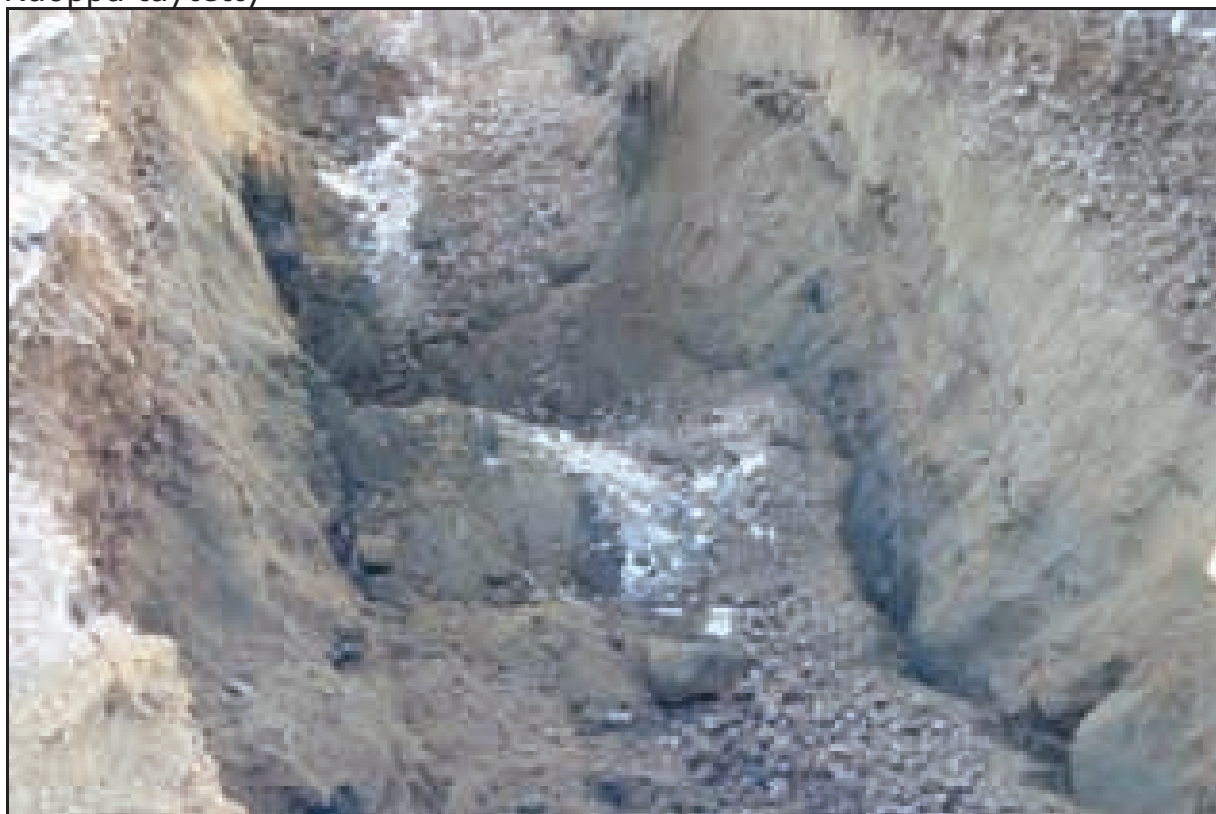
2\*7 m

3,2 m

1,7 m, laskee keskelle kenttää päin

| nro | syvyys, m | kuvaus                     |
|-----|-----------|----------------------------|
|     | 0-1,5     | Sr, Hk                     |
|     | 1,5-3,2   | Mustaa hiekkaa, öljyn haju |
|     |           |                            |
|     |           |                            |
|     |           |                            |
|     |           |                            |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: KPut

NRO: KK3

PVM: 5-6.3.12

Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

|           |                                      |
|-----------|--------------------------------------|
| syvyys, m | maalaji                              |
| 0-0,2     | Murske                               |
| 0,2-4,0   | Täyttö, kiviä, savea                 |
| 4,0->     | Lietettä, vähän välppäjätettä, savea |
|           |                                      |
|           |                                      |

-

-

2\*5 m

5,0 m

ei hav.

|     |           |                      |
|-----|-----------|----------------------|
| nro | syvyys, m | kuvaus               |
|     | 0-0,2     | Murskekerros         |
|     | 0,2-2,5   | Täyttö, harmaa       |
|     | 2,5-4,0   | Täyttö, harmaa, SaHk |
|     | 4,0-5,0   | Savea, lietettä      |
|     |           |                      |
|     |           |                      |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: KPut

NRO: KK4

PVM: 5.3.2012

| Työ:                   | 82142248                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|--------|---------|--------|----------------------|---------|----------------------|------------------------|-------|---------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Tutkimuskohde:         | Sulkavuoren kaatopaikka                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tilaaja:               | Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Sijainti:              | x: Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24<br>y:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Piste/Paalu:           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Maanpinnan taso:       | + m Korkeusjärjestelmä: N2000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kaivutapa:             | kk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Rakennekerrokset:      | <table border="1"> <thead> <tr> <th>syvyys, m</th> <th>maalaji</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-1,0</td> <td>Mrs, Hk</td> </tr> <tr> <td>n. 1,0</td> <td>Asfalttia</td> </tr> <tr> <td>1,0-3,5</td> <td>Täyttö, kiviä, puuta</td> </tr> <tr> <td>3,5-&gt;</td> <td>Liete</td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                         |                        | syvyys, m | maalaji   | 0-1,0  | Mrs, Hk | n. 1,0 | Asfalttia            | 1,0-3,5 | Täyttö, kiviä, puuta | 3,5->                  | Liete |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| syvyys, m              | maalaji                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0-1,0                  | Mrs, Hk                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| n. 1,0                 | Asfalttia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1,0-3,5                | Täyttö, kiviä, puuta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3,5->                  | Liete                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vedenpinta:            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Vedentulo:             | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Koekuopan halkaisija:  | 2*6 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Koekuopan syvyys:      | 5,1 m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kalliopinnan sijainti: | ei hav.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Näytteet:              | <table border="1"> <thead> <tr> <th>nro</th> <th>syvyys, m</th> <th>kuvaus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0-1,0</td> <td>Mrs, Hk, Asf, täyttö</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,0-3,5</td> <td>Harmaa täyttö, Sa, si,</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3,5-5,1</td> <td>Lietettä</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                        | nro       | syvyys, m | kuvaus |         | 0-1,0  | Mrs, Hk, Asf, täyttö |         | 1,0-3,5              | Harmaa täyttö, Sa, si, |       | 3,5-5,1 | Lietettä |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| nro                    | syvyys, m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | kuvaus                 |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        | 0-1,0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Mrs, Hk, Asf, täyttö   |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        | 1,0-3,5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Harmaa täyttö, Sa, si, |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        | 3,5-5,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Lietettä               |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |           |           |        |         |        |                      |         |                      |                        |       |         |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: KPut

NRO: KK5

PVM: 1.3.2012

Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                   |
|-----------|---------------------------|
| 0-0,5     | Hk, Ti, Be                |
| 0,5-3,3   | Täyttöä, louhetta, Hk, Sr |
| 3,3-5,0   | Louhetta enemmän          |
|           |                           |
|           |                           |

-

-

2\*6,5 m

5,0

ei hav.

| nro | syvyys, m | kuvaus                         |
|-----|-----------|--------------------------------|
|     | 0-0,5     | Hk, Sr, Täytemaata             |
|     | 0,5-3,3   | Harmaata täyttöä, soraa, savea |
|     | 3,3-5,0   | rusk./harm täyttöä, Hk         |
|     |           |                                |
|     |           |                                |
|     |           |                                |

Kuoppa täytetty



Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                |
|-----------|------------------------|
| 0-5,0     | Harmaa, kivinen täyttö |
| n. 1,5    | vähän asfalttia        |
|           |                        |
|           |                        |
|           |                        |

-

2,7

3,5\*6,0 m

5,0 m

ei hav.

| nro | syvyys, m | kuvaus                  |
|-----|-----------|-------------------------|
|     | 0-2,0     | Tummahko, asf., täyttöä |
|     | 2,0-4,0   | -"-                     |
|     | 4,0-5,0   | -"-, puuta              |
|     |           |                         |
|     |           |                         |
|     |           |                         |

Kuoppa täytetty



Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                                                       |
|-----------|---------------------------------------------------------------|
| 0-1,5     | Rusk. kivinen täyttö                                          |
| 1,5-3,5   | Harm. kivinen täyttö, vähäisiä määriä jätettä, Asf, Ti, puuta |
| 3,5       | Asfalttia, kaivinkoneella ei päästy läpi                      |
|           |                                                               |
|           |                                                               |

-

-

2\*5,0 m

3,70 m

ei hav.

| nro | syvyys, m | kuvaus                       |
|-----|-----------|------------------------------|
|     | 0-1,5     | Täyttömaa                    |
|     | 1,5-3,0   | Täyttöä, jätettä asf. tummaa |
|     |           |                              |
|     |           |                              |
|     |           |                              |
|     |           |                              |

Kuoppa täytetty



Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                                |
|-----------|----------------------------------------|
| 0-4,0     | Harmaa täyttömaa,kiviä, pinnassa Hm,   |
| 4,0-5,0   | Täytön joukossa vähän puuta ja jätettä |
|           |                                        |
|           |                                        |
|           |                                        |

3,7 m

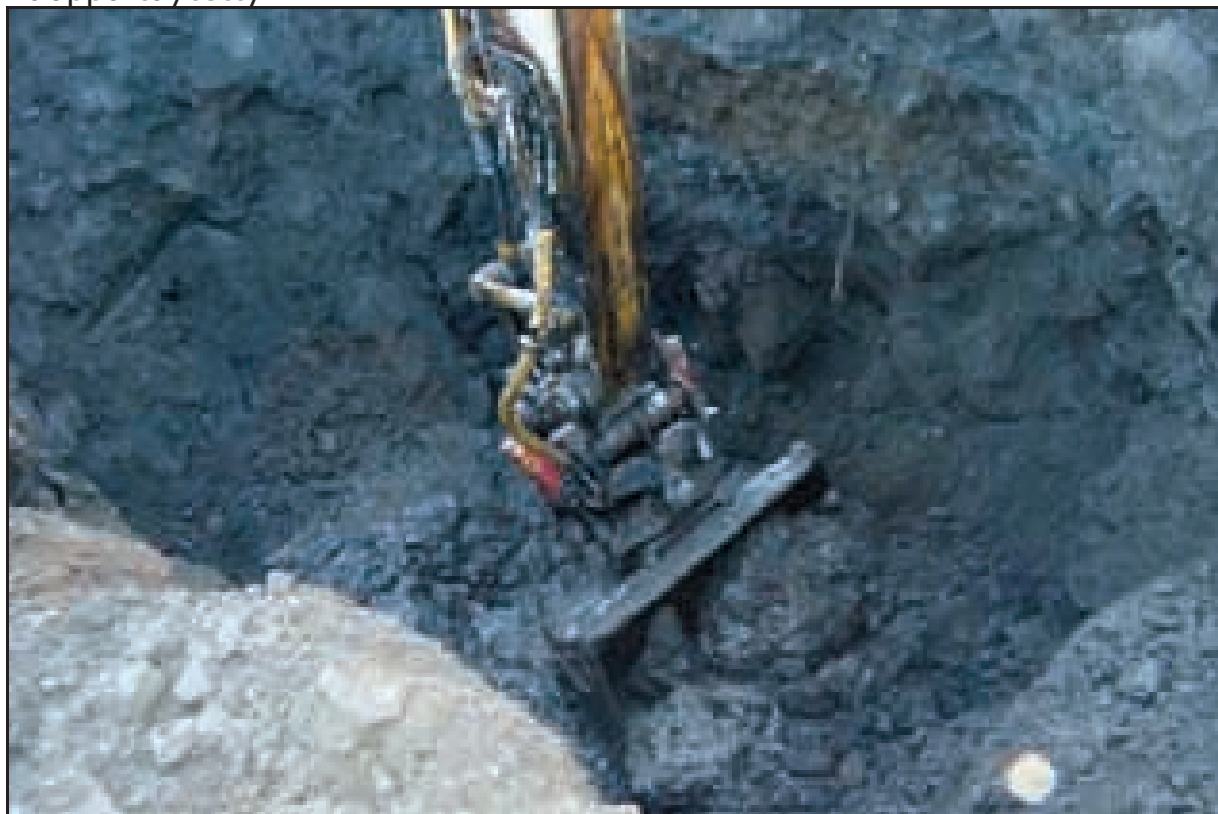
3\*9 m

5,0 m

ei hav.

| nro | syvyys, m | kuvaus                                 |
|-----|-----------|----------------------------------------|
|     | 0-2,0     | Harm. täyttömaa                        |
|     | 2,0-4,0   | Harm. täyttömaa                        |
|     | 4,0-5,0   | Savisempi täyttö, vähän jätettä, kiviä |
|     |           |                                        |
|     |           |                                        |
|     |           |                                        |

Kuoppa täytetty



Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                       |
|-----------|-------------------------------|
| 0-4,5 m   | Kivinen täyttö                |
| 4,5 ->    | vesi, pieni öljykalvo vedessä |
|           |                               |
|           |                               |
|           |                               |

4,5 m

3\*6,5 m

5,0 m

Ei hav.

| nro | syvyys, m | kuvaus                         |
|-----|-----------|--------------------------------|
|     | 0-2,0     | Täyttöä, tumman harmaa         |
|     | 2,0-4,5   | Täyttöä, tumman harmaa, kostea |
|     |           | Veden alta ei saanut näytettä  |
|     |           |                                |
|     |           |                                |
|     |           |                                |

Kuoppa täytetty



Työ:

Tutkimuskohde:

Tilaaja:

Sijainti:

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

Kaivutapa:

Rakennekerrokset:

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x:

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji                     |
|-----------|-----------------------------|
| 0-0,5     | Hm, vanhoja KL-putkia       |
| 0,5-4,0   | Kiviä, täyttömaata          |
| 4,0->     | Kallio tai todella iso kivi |
|           |                             |
|           |                             |

-

-

2\*5 m

4,0 m

ei täyttä varmuutta

| nro | syvyys, m | kuvaus                |
|-----|-----------|-----------------------|
|     | 0-1,5     | Hm, kiviä, Hk, ruskea |
|     | 1,5-2,2   | Hk, vähän tiiltä      |
|     | 2,2-4,0   | Harm. täyttö          |
|     |           |                       |
|     |           |                       |
|     |           |                       |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr NRO:KK11  
PVM: 22.5.2012

Työ: 82142248  
Tutkimuskohde: Sulkavuoren kaatopaikka  
Tilaaaja: Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos  
Sijainti: x: 6817150 Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24  
y: 24488063  
Piste/Paalu:  
Maanpinnan taso: + m Korkeusjärjestelmä: N2000  
Kaivutapa: kk  
Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji                                         |
|-----------|-------------------------------------------------|
| 0-0,5     | SrHk                                            |
| 0,5-1,5   | SrHm, betoni                                    |
| 1,5-2,5   | SiHm, lohkareita, jokunen tiili, hieman jätettä |
| 2,5-3,5   | SiHm, lohkareita, hieman jätettä                |

Vedenpinta: -  
Vedentulo: - 2 mmp

Koekuopan halkaisija:  
Koekuopan syvyys:  
Kalliopinnan sijainti:  
Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus                                          |
|-----|-----------|-------------------------------------------------|
|     | 0-0,5     | SrHk                                            |
|     | 0,5-1,5   | SrHm, betoni                                    |
|     | 1,5-2,5   | SiHm, lohkareita, jokunen tiili, hieman jätettä |
|     | 2,5-3,5   | SiHm, lohkareita, hieman jätettä                |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
22.5.2012

NRO:KK12

PVM:

Työ:

82142248

Tutkimuskohde:

Sulkavuoren kaatopaikka

Tilaaaja:

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

Sijainti:

x: 6817133

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24488077

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

+

m

Korkeusjärjestelmä: N2000

Kaivutapa:

kk

Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji |
|-----------|---------|
| 0-0,5     | SrHk    |
| 0,5-1,5   | SrSa    |
| 1,5-2,5   | SrHkKi  |
| 2,5-3,5   | SrHkKi  |
| 3,5-      | Sa      |

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus |
|-----|-----------|--------|
|     | 0-0,5     | SrHk   |
|     | 0,5-1,5   | SrSa   |
|     | 1,5-2,5   | SrHkKi |
|     | 2,5-3,5   | SrHkKi |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
22.5.2012

NRO:KK13

PVM:

Työ:

82142248

Tutkimuskohde:

Sulkavuoren kaatopaikka

Tilaaja:

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

Sijainti:

x: 6817159

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24488049

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

+ m

Korkeusjärjestelmä: N2000

Kaivutapa:

kk

Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji    |
|-----------|------------|
| 0-1       | Hk, ki, Sr |
| 1-1,7     | Mr         |
| 1,7-2     | Savi       |
| 2-        | Kallio     |

Vedenpinta:

-

Vedentulo:

-

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

- 2m

Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus     |
|-----|-----------|------------|
|     | 0-1       | Hk, ki, Sr |
|     | 1-1,7     | Mr         |
|     | 1,7-2     | Savi       |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
PVM:22.5.2012

NRO:KK14

Työ:  
Tutkimuskohde:  
Tilaaja:  
Sijainti:  
Piste/Paalu:  
Maanpinnan taso:  
Kaivutapa:  
Rakennekerrokset:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x: 6817124

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24488031

+ m

Korkeusjärjestelmä: N2000

kk

| syvyys, m | maalaji             |
|-----------|---------------------|
| 0-1       | Hk, Sr, Mr          |
| 1-1,5     | Sa                  |
| 1,5-2,8   | Jätetäyttöä         |
| 2,8-4,0   | Jätetäyttöä         |
| 4-        | Kiviä, ehkä moreeni |

Vedenpinta:  
Vedentulo:  
Koekuopan halkaisija:  
Koekuopan syvyys:  
Kalliopinnan sijainti:  
Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus                                |
|-----|-----------|---------------------------------------|
|     | 0-1       | Hk, Sr, Mr                            |
|     | 1-1,5     | Sa                                    |
|     | 1,5-2,8   | Jätetäyttöä, normaali jätetäytön haju |
|     | 2,8-4,0   | Jätetäyttöä, normaali jätetäytön haju |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
PVM:22.5.2012

NRO:KK15

Työ:  
Tutkimuskohde:  
Tilaaja:  
Sijainti:  
Piste/Paalu:  
Maanpinnan taso:  
Kaivutapa:  
Rakennekerrokset:

82142248

Sulkavuoren kaatopaikka

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

x: 6817133

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24488016

+ m

Korkeusjärjestelmä:N2000

kk

| syvyys, m | maalaji             |
|-----------|---------------------|
| 0-1       | Sr, Ki              |
| 1-2       | SaSr, vähän jätettä |
| 2-3       | SaSr, kiviä         |
| 3-        | Isoja kiviä, Mr?    |

Vedenpinta:  
Vedentulo:  
Koekuopan halkaisija:  
Koekuopan syvyys:  
Kalliopinnan sijainti:  
Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus              |
|-----|-----------|---------------------|
|     | 0-1       | Sr, Ki              |
|     | 1-2       | SaSr, vähän jätettä |
|     | 2-3       | SaSr, kiviä         |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
22.5.2012

NRO:KK16

PVM:

Työ:

82142248

Tutkimuskohde:

Sulkavuoren kaatopaikka

Tilaaja:

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

Sijainti:

x: 6817136

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24487997

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

+ m

Korkeusjärjestelmä:N2000

Kaivutapa:

kk

Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji                    |
|-----------|----------------------------|
| 0-1       | Sa Sr                      |
| 1-2       | SaSr                       |
| 2-3       | SrSa, puuta, muutama tiili |
| 3-        | SaKi, Asf, hiemajätettä    |

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus                     |
|-----|-----------|----------------------------|
|     | 0-1       | Sa Sr                      |
|     | 1-2       | SaSr                       |
|     | 2-3       | SrSa, puuta, muutama tiili |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
22.5.2012

NRO:KK17

PVM:

Työ:

82142248

Tutkimuskohde:

Sulkavuoren kaatopaikka

Tilaaja:

Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos

Sijainti:

x: 6817148

Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24

y:24487972

Piste/Paalu:

Maanpinnan taso:

+ m

Korkeusjärjestelmä:N2000

Kaivutapa:

kk

Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji       |
|-----------|---------------|
| 0-1       | Sa Sr, tiiltä |
| 1-2       | SaSr, Asf     |
| 2-3       | SaSr, Asf     |
| 3-        | SaKi          |

Vedenpinta:

Vedentulo:

Koekuopan halkaisija:

Koekuopan syvyys:

Kalliopinnan sijainti:

Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus        |
|-----|-----------|---------------|
|     | 0-1       | Sa Sr, tiiltä |
|     | 1-2       | SaSr, Asf     |
|     | 2-3       | SaSr, Asf     |

Kuoppa täytetty



LAATIJA: OJyr  
22.5.2012

NRO:KK18

PVM:

Työ: 82142248  
Tutkimuskohde: Sulkavuoren kaatopaikka  
Tilaaaja: Tampereen kaupunki / Tampereen Vesi liikelaitos  
Sijainti: x: 6817143 Koordinaattijärjestelmä: ETRS-GK24  
y: 24488035  
Piste/Paalu:  
Maanpinnan taso: + m Korkeusjärjestelmä: N2000  
Kaivutapa: kk  
Rakennekerrokset:

| syvyys, m | maalaji                   |
|-----------|---------------------------|
| 0-1       | Sr                        |
| 1-1,5     | SrKi, Asf, hieman jätettä |
| 1,5-      | Mr                        |
|           |                           |
|           |                           |

Vedenpinta:  
Vedentulo:  
Koekuopan halkaisija:  
Koekuopan syvyys:  
Kalliopinnan sijainti:  
Näytteet:

| nro | syvyys, m | kuvaus                    |
|-----|-----------|---------------------------|
|     | 0-1       | Sr                        |
|     | 1-1,5     | SrKi, Asf, hieman jätettä |

Kuoppa täytetty



**LIITE 5**  
**MAANÄYTTEIDEN**  
**LABORATORIOANALYYSIEN TULOKSET**

## Tutkimustodistus

1/5

Projekti: 82139965/10

Ramboll Finland Oy, /Tampere

Sanna Pulkkinen

PL 718

33101 TAMPERE

Tutkimuksen nimi: 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoitus

Näytteenottopvm:

Näyte saapui: 4.4.2012

Näytteenottaja:

Analysointi aloitettu: 4.4.2012

## Maanäytteet

|                                               |               |               |               |               |               | Yksikkö  | Menetelmä |
|-----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| Näytteenottopisteet                           | KA 4          | KA 3          | KK 2          | KK 3          | KK 4          |          |           |
| Näytenumero                                   | 12MM<br>00663 | 12MM<br>00664 | 12MM<br>00665 | 12MM<br>00666 | 12MM<br>00667 |          |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                            |               |               |               |               |               |          |           |
| Näytteenottosyvyys                            | 2,5-3,4       | 8,7-9,7       | 1,5-3,2       | 4,0-5,0       | 3,5-5,1       | m        |           |
| Kuiva-aine                                    | 78            | 81            | 84            | 61            | 54            | m-%      | RA4016    |
| Esikäsittely, mikroaaltohajotus, kuningasvesi | ok            |               | ok            | ok            | ok            |          | RA3007    |
| Metallit, PIMA maa                            | ok            |               | ok            | ok            | ok            |          |           |
| Antimoni (Sb)                                 | <0,5          |               | 0,88          | 9,9           | 130           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Arseeni (As)                                  | 6,4           |               | 11            | 12            | 8,5           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Elohopea (Hg), PIMA                           | <0,1          |               | 0,57          | 2,2           | 4,2           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kadmium (Cd)                                  | <0,2          |               | 1,5           | 2,1           | 5,3           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Koboltti (Co)                                 | 18            |               | 7,3           | 8,1           | 7,3           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kromi (Cr)                                    | 69            |               | 41            | 170           | 180           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kupari (Cu)                                   | 35            |               | 51            | 120           | 340           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Lyijy (Pb)                                    | 13            |               | 120           | 130           | 300           | mg/kg ka | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni)                                  | 32            |               | 19            | 60            | 34            | mg/kg ka | RA3000*   |
| Sinkki (Zn)                                   | 95            |               | 170           | 540           | 1200          | mg/kg ka | RA3000*   |
| Vanadiini (V)                                 | 77            |               | 42            | 33            | 38            | mg/kg ka | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40), maa            |               | 18            | 8000          | 7500          | 16000         | mg/kg ka | RA4020*   |
| Keskisleeet (C10-C21)                         |               | <10           | 2900          | 2400          | 7300          | mg/kg ka | RA4020*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                  |               | 11            | 5000          | 5200          | 8300          | mg/kg ka | RA4020*   |
| VOC-PIMA, maa                                 |               | ok            | ok            |               |               |          | RA4049*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaatit, PIMA |               | ok            | ok            |               |               |          | RA4049*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA-maa   |               | ok            | ok            |               |               |          | RA4049*   |
| Vinyylilokloridi                              |               | <0,01         | 0,01          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| 1,1-dikloorieteeni                            |               | <0,01         | <0,01         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                        |               | 0,26          | 0,09          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                      |               | <0,01         | <0,01         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Triokloorieteeni                              |               | <0,01         | 0,21          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Tetrakloorieteeni                             |               | 0,02          | 0,02          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Dikloorimetaani                               |               | <0,01         | <0,01         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Bentseeni                                     |               | 0,03          | <0,02         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Tolueeni                                      |               | 1,4           | 0,10          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Etylibentseeni                                |               | <0,05         | 0,10          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| m+p-ksyleeni                                  |               | 0,06          | 1,9           |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

2/5

Projekti: 82139965/10

|                                   | 12MM<br>00663 | 12MM<br>00664 | 12MM<br>00665 | 12MM<br>00666 | 12MM<br>00667 | Yksikkö  | Menetelmä |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| o-ksyleeni                        |               | <0,05         | 0,08          |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylietteri) |               | <0,05         | <0,05         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| TAME (tert.amyylimetyylietteri)   |               | <0,05         | <0,05         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| TAAE (tert.amyylieetteri)         |               | <0,05         | <0,05         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylietteri)  |               | <0,05         | <0,05         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| DIPE (di-isopropylietteri)        |               | <0,05         | <0,05         |               |               | mg/kg ka | RA4049*   |
| Bensiinijakeet C5-C10             |               | 1,5           | 47            |               |               | mg/kg ka | RA4049C   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt yht.  |               | <0,2          | 3,4           | 48            | 140           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Antraseeni                        |               | <0,01         | 0,09          | 0,71          | 1,8           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftteeni                      |               | <0,01         | <0,1          | <0,2          | <0,5          | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftyleeni                     |               | <0,01         | <0,1          | <0,2          | <0,5          | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)antraseeni               |               | <0,01         | 0,16          | 3,6           | 9,7           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)pyreeni                  |               | <0,01         | 0,15          | 2,4           | 5,8           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(b)fluoranteeni             |               | <0,01         | 0,20          | 3,8           | 10            | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei            |               | <0,01         | 0,16          | 1,9           | 6,3           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(k)fluoranteeni             |               | <0,01         | 0,09          | 1,3           | 4,3           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni           |               | <0,01         | <0,05         | 0,36          | 1,2           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fenantreeni                       |               | <0,01         | 0,15          | 6,2           | 18            | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoranteeni                      |               | <0,01         | 0,44          | 10            | 23            | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoreeni                         |               | <0,01         | 0,10          | 0,54          | 2,4           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni          |               | <0,01         | 0,13          | 2,0           | 6,5           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Kryseeni                          |               | <0,01         | 0,22          | 3,5           | 12            | mg/kg ka | RA4053*   |
| Naftaleeni                        |               | 0,01          | 0,82          | 3,8           | 25            | mg/kg ka | RA4053*   |
| Pyreeni                           |               | <0,01         | 0,69          | 7,8           | 17            | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB yht.                          |               |               | 0,41          | 0,30          | 9,4           | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 28                            |               |               | 0,004         | 0,046         | 3,2           | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 52                            |               |               | 0,013         | 0,031         | 1,3           | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 101                           |               |               | 0,058         | 0,038         | 0,55          | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 118                           |               |               | 0,028         | 0,017         | 0,30          | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 138                           |               |               | 0,097         | 0,053         | 1,0           | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 153                           |               |               | 0,12          | 0,066         | 1,4           | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 180                           |               |               | 0,090         | 0,044         | 1,6           | mg/kg ka | RA4053*   |
| Torjunta-aineet PIMA              | ok            |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| Atratsiini                        | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 2,4'-DDD                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 2,4'-DDE                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 2,4'-DDT                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 4,4'-DDD                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 4,4'-DDE                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 4,4'-DDT                          | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| Dieldriini                        | <0,02         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| a-endosulfaani                    | <0,02         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| b-endosulfaani                    | <0,02         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| gamma-HCH (lindaani)              | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| Heptakloori                       | <0,01         |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| PCDD/F maa                        | ok            |               |               |               |               |          | RA4035*   |
| 2,3,7,8-TetraCDD                  | <0,5          |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8-PentaCDD                | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8-HexaCDD               | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,6,7,8-HexaCDD               | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8,9-HexaCDD               | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD            | 9,1           |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| OctaCDD                           | 72            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

3/5

Projekti: 82139965/10

|                                          | 12MM<br>00663 | 12MM<br>00664 | 12MM<br>00665 | 12MM<br>00666 | 12MM<br>00667 | Yksikkö  | Menetelmä |
|------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| 2,3,7,8-TetraCDF                         | <0,5          |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8-PentaCDF                       | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 2,3,4,7,8-PentaCDF                       | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8-HexaCDF                      | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,6,7,8-HexaCDF                      | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 2,3,4,6,7,8-HexaCDF                      | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8,9-HexaCDF                      | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF                   | 84            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF                   | <2            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| OctaCDF                                  | 95            |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound NATO(1989)-TEQ               | 0,000001      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound NATO(1989)-TEQ              | 0,000003      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound NATO(1989)-TEQ               | 0,000005      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound WHO(1998)-TEQ                | 0,000001      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound WHO(1998)-TEQ               | 0,000004      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound WHO(1998)-TEQ, (Vn 214/2007) | 0,000004      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound WHO(2005)-TEQ                | 0,000001      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound WHO(2005)-TEQ               | 0,000003      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound WHO(2005)-TEQ                | 0,000004      |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |

## Maanäytteet

|                     |               |               |               |               |               | Yksikkö | Menetelmä |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Näytteenottopisteet | KK 6          | KA 4          | PV 5          | KK 5          | PV 6          |         |           |
| Näyttenumero        | 12MM<br>00668 | 12MM<br>00669 | 12MM<br>00670 | 12MM<br>00671 | 12MM<br>00672 |         |           |

## MÄÄRITYKSET

|                                                |       |          |           |         |           |          |         |
|------------------------------------------------|-------|----------|-----------|---------|-----------|----------|---------|
| Näytteenottosyvyys                             | 0-2,0 | 9,7-11,0 | 18,0-18,8 | 3,3-5,0 | 11,5-12,2 | m        |         |
| Kuiva-aine                                     | 87    | 53       | 94        | 90      | 96        | m-%      | RA4016  |
| Esikäsittely, mikroaaltohajotus, kuningasvesi  | ok    | ok       |           | ok      |           |          | RA3007  |
| Metallit, PIMA maa                             | ok    | ok       |           | ok      |           |          |         |
| Antimoni (Sb)                                  | <0,5  | 33       |           | <0,5    |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Arseeni (As)                                   | 7,1   | 16       |           | 6,9     |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Elohopea (Hg), PIMA                            | <0,1  | 5,9      |           | <0,1    |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Kadmium (Cd)                                   | <0,2  | 110      |           | <0,2    |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Koboltti (Co)                                  | 11    | 10       |           | 9,7     |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Kromi (Cr)                                     | 42    | 1500     |           | 34      |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Kupari (Cu)                                    | 28    | 420      |           | 32      |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Lyijy (Pb)                                     | 31    | 440      |           | 6,1     |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Nikkeli (Ni)                                   | 20    | 87       |           | 16      |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Sinkki (Zn)                                    | 75    | 2100     |           | 66      |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Vanadiini (V)                                  | 51    | 54       |           | 47      |           | mg/kg ka | RA3000* |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40), maa             | 210   | 4400     | 950       | 18      | 830       | mg/kg ka | RA4020* |
| Keskitisleet (C10-C21)                         | 13    | 2200     | 360       | <10     | 59        | mg/kg ka | RA4020* |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                   | 200   | 2200     | 590       | 16      | 770       | mg/kg ka | RA4020* |
| VOC-PIMA, maa                                  |       | ok       | ok        |         | ok        |          | RA4049* |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit, PIMA |       | ok       | ok        |         | ok        |          | RA4049* |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA-maa    |       | ok       | ok        |         | ok        |          | RA4049* |
| Vinyylikloridi                                 |       | <0,01    | <0,01     |         | <0,01     | mg/kg ka | RA4049* |
| 1,1-dikloorieteeni                             |       | <0,01    | <0,01     |         | <0,01     | mg/kg ka | RA4049* |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

4/5

Projekti: 82139965/10

|                                   | 12MM<br>00668 | 12MM<br>00669 | 12MM<br>00670 | 12MM<br>00671 | 12MM<br>00672 | Yksikkö  | Menetelmä |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| Cis-1,2-dikloorieteeni            |               | <0,01         | 0,01          |               | <0,01         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni          |               | <0,01         | <0,01         |               | <0,01         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Trikloorieteeni                   |               | <0,01         | <0,01         |               | <0,01         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Tetrakloorieteeni                 |               | <0,01         | <0,01         |               | <0,01         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Dikloorimetaani                   |               | <0,01         | <0,01         |               | <0,01         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Bentseeni                         |               | <0,02         | <0,02         |               | <0,02         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Tolueeni                          |               | 0,53          | 0,45          |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Etylibentseeni                    |               | <0,05         | 0,07          |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| m+p-ksyleeni                      |               | 0,06          | 0,24          |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| o-ksyleeni                        |               | <0,05         | 0,16          |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylietteri) |               | <0,05         | <0,05         |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| TAME (tert.amyylimetyylietteri)   |               | <0,05         | <0,05         |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| TAAE (tert.amyylitetyylietteri)   |               | <0,05         | <0,05         |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylietteri)  |               | <0,05         | <0,05         |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| DIPE (di-isopropylietteri)        |               | <0,05         | <0,05         |               | <0,05         | mg/kg ka | RA4049*   |
| Bensiinijakeet C5-C10             |               | 0,6           | 11            |               | <0,5          | mg/kg ka | RA4049C   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt yht.  | <0,2          | 260           |               | <0,2          |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Antraseeni                        | <0,01         | 4,6           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftteeni                      | <0,01         | <1            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftyleeni                     | <0,01         | <1            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)antraseeni               | <0,01         | 15            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)pyreeni                  | <0,01         | 11            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(b)fluoranteeni             | <0,01         | 17            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei            | 0,01          | 9,9           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(k)fluoranteeni             | <0,01         | 5,9           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni           | <0,01         | 2,0           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fenantreeni                       | 0,01          | 28            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoranteeni                      | 0,02          | 35            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoreeni                         | <0,01         | 5,3           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni          | <0,01         | 10            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Kryseeni                          | <0,01         | 18            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Naftaleeni                        | <0,01         | 74            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Pyreeni                           | 0,02          | 27            |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB yht.                          | <0,01         | 5,0           |               | <0,01         |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 28                            | <0,001        | 1,3           |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 52                            | <0,001        | 0,55          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 101                           | <0,001        | 0,50          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 118                           | <0,001        | 0,26          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 138                           | <0,001        | 0,83          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 153                           | <0,001        | 0,96          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| PCB 180                           | <0,001        | 0,63          |               | <0,001        |               | mg/kg ka | RA4053*   |
| Torjunta-aineet PIMA              |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| Atratsiini                        |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 2,4'-DDD                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 2,4'-DDE                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 2,4'-DDT                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| 4,4'-DDD                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 4,4'-DDE                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| 4,4'-DDT                          |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| Dieldriini                        |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |
| a-endosulfaani                    |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| b-endosulfaani                    |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| gamma-HCH (lindaani)              |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

5/5

Projekti: 82139965/10

|                                             | 12MM<br>00668 | 12MM<br>00669 | 12MM<br>00670 | 12MM<br>00671 | 12MM<br>00672 | Yksikkö  | Menetelmä |
|---------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|-----------|
| Heptakloori                                 |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4036    |
| PCDD/F maa                                  |               |               |               |               |               |          | RA4035*   |
| 2,3,7,8-TetraCDD                            |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8-PentaCDD                          |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8-HexaCDD                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,6,7,8-HexaCDD                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8,9-HexaCDD                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD                      |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| OctaCDD                                     |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 2,3,7,8-TetraCDF                            |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8-PentaCDF                          |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 2,3,4,7,8-PentaCDF                          |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8-HexaCDF                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,6,7,8-HexaCDF                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 2,3,4,6,7,8-HexaCDF                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,7,8,9-HexaCDF                         |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF                      |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| 1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF                      |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| OctaCDF                                     |               |               |               |               |               | ng/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound NATO(1989)-TEQ                  |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound NATO(1989)-TEQ                 |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound NATO(1989)-TEQ                  |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound WHO(1998)-TEQ                   |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound WHO(1998)-TEQ                  |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound WHO(1998)-TEQ, (Vn<br>214/2007) |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Lower bound WHO(2005)-TEQ                   |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Middle bound WHO(2005)-TEQ                  |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |
| Upper bound WHO(2005)-TEQ                   |               |               |               |               |               | mg/kg ka | RA4035*   |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Salla Partio  
FM, Tutkimuskemisti, +358 20 755 7921

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Lisätiedot** Näytteistä 12MM00666, 12MM00667 ja 12MM00669 Asenaftyleenin ja Asenaftenin määritysrajoja nostettu näytematriisista johtuen.  
Näytteestä 12MM00665 Asenaftyleenin, Asenaftenin, Fluoreenin ja Dibentso(a,h)antraseenin määritysrajoja nostettu näytematriisista johtuen.

**Jakelu** kalle.putula@ramboll.fi; sanna.pukkinen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82139965/23

Ramboll Finland Oy / Tampere

Sanna Pulkkinen

PL 718

33101 TAMPERE

Tutkimuksen nimi: 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoit

Näytteenottopvm:

Näyte saapui: 30.5.2012

Näytteenottaja:

Analysointi aloitettu: 30.5.2012

## Maanäytteet

|                                               |         |         |         |         | Yksikkö  | Menetelmä |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|
| Näytteenottopisteet                           | KK 11   | KK14    | KK14    | KK16    |          |           |
| Näyttenumero                                  | 12MM    | 12MM    | 12MM    | 12MM    |          |           |
|                                               | 01240   | 01241   | 01242   | 01243   |          |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                            |         |         |         |         |          |           |
| Näytteenottosyvyys                            | 1,5-2,0 | 1,5-4,0 | 1,5-2,5 | 2,0-3,0 | m        |           |
| Kuiva-aine                                    | 89      | 81      | 79      | 85      | m-%      | RA4016    |
| Esikäsittely, mikroaaltohajotus, kuningasvesi |         | ok      | ok      | ok      |          | RA3007    |
| Metallit, PIMA maa                            |         | ok      | ok      | ok      |          |           |
| Antimoni (Sb)                                 |         | 9,3     | 20      | 0,68    | mg/kg ka | RA3000*   |
| Arseeni (As)                                  |         | 79      | 200     | 9,5     | mg/kg ka | RA3000*   |
| Elohopea (Hg), PIMA                           |         | 0,48    | 0,95    | <0,1    | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kadmium (Cd)                                  |         | 2,2     | 1,9     | <0,2    | mg/kg ka | RA3000*   |
| Koboltti (Co)                                 |         | 19      | 32      | 11      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kromi (Cr)                                    |         | 44      | 44      | 51      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Kupari (Cu)                                   |         | 400     | 1100    | 39      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Lyijy (Pb)                                    |         | 100     | 170     | 50      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni)                                  |         | 40      | 63      | 22      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Sinkki (Zn)                                   |         | 560     | 690     | 98      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Vanadiini (V)                                 |         | 65      | 95      | 59      | mg/kg ka | RA3000*   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt yht.              | 0,6     |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Antraseeni                                    | <0,01   |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftteeni                                  | <0,01   |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Asenaftyleeni                                 | <0,01   |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)antraseeni                           | 0,02    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(a)pyreeni                              | 0,03    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(b)fluoranteeni                         | 0,03    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei                        | 0,06    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Bentso(k)fluoranteeni                         | 0,02    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni                       | <0,01   |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fenantreeni                                   | 0,09    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoranteeni                                  | 0,11    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Fluoreeni                                     | <0,01   |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni                      | 0,05    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Kryseeni                                      | 0,05    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Naftaleeni                                    | 0,01    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |
| Pyreeni                                       | 0,08    |         |         |         | mg/kg ka | RA4053*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Anri Aallonen  
FM, kemisti, +358 20 755 7930

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Jakelu** sanna.pulkkinen@ramboll.fi; osmo.jyravankoski@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.



**RAMBOLL FINLAND OY**  
HAVAINTOPISTEKORTTI

Lint 7.1  
 19.6.2012

|                |                         |                |                |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817288.265 | Y: 2488350.314 |
| Tilaaaja       | Tampereen kaupunki      |                |                |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                |
| Asennuspvm     | 20.10.2010              |                |                |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Yhteys         |                |

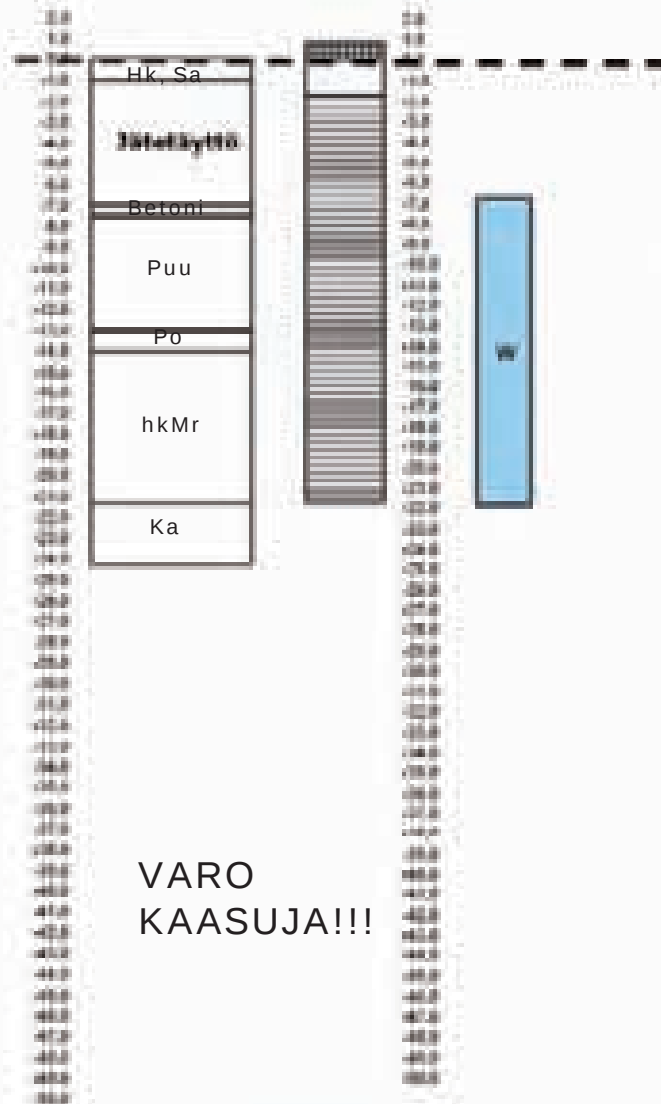
## Materials

100

PE3

### Workgroup Instructions

W2000



VARO  
KAASUJA!!!

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| Putken pää, PP    | +130,490    |
| Maanpinta, MP     | +129,500    |
| Vesipinta, W      | +122,620    |
| Siviliän yläpää   | +127,890    |
| Siviliän alapää   | +107,890    |
| Pohja/Kärki       | +107,890    |
| Putken kok.pituus | 22,60 m     |
| Putken laatu      | PEH         |
| Sisähalkaisija    | ø 50 mm     |
| Siviliäntyyppi    | rakosiviliä |

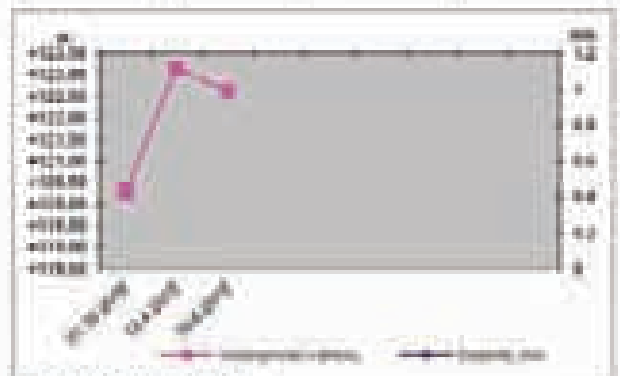
**Allylthioetherhydrogels (ca. 1.5 m pattern pitch)**

**Abstract**

### Veden esiintymismuoto

[illegible]

### Pohjaveden pinnankorkeus

[illegible]

## Must have a must

History identifier: Polakowich-Litvak; William; Weymann

Page 10 of 10

*Helicoverpa virescens* (L.) / *postponens*

**RAMBOLL FINLAND OY**  
**HAVAINTOPISTEKORTTI**

Lite 7.3  
 19.6.2012

|                |                         |                |                                                                                     |
|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817159.399 | Y: 24488096.602                                                                     |
| Tilaaaja       | Tampereen kaupunki      |                |                                                                                     |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                                                                                     |
| Asennuspvm     | 6.3.2012                |                |                                                                                     |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Voimaväylä     |  |

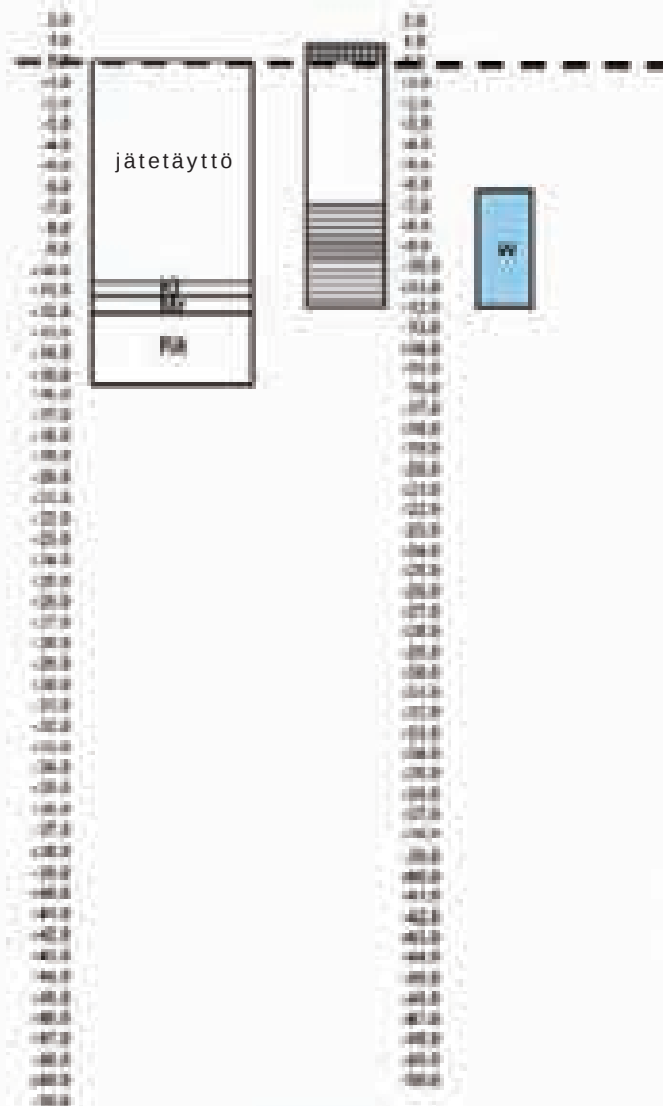
## Calculus

**Publ**

**PVP2**

**Contributing Organizations**

**IN 2000**



|                   |             |
|-------------------|-------------|
| Putken pää, PP    | +129,090    |
| Maanpinta, MP     | +128,268    |
| Vesipinta, W      | +121,800    |
| Siviliän yläpää   | +121,230    |
| Siviliän alapää   | +116,258    |
| Pohja/Kärki       | +116,250    |
| Putken kok.pituus | 12,84 m     |
| Putken laatu      | PVC         |
| Sisähalkaisija    | ø 50 mm     |
| Siviliätyyppi     | rakosiviliä |

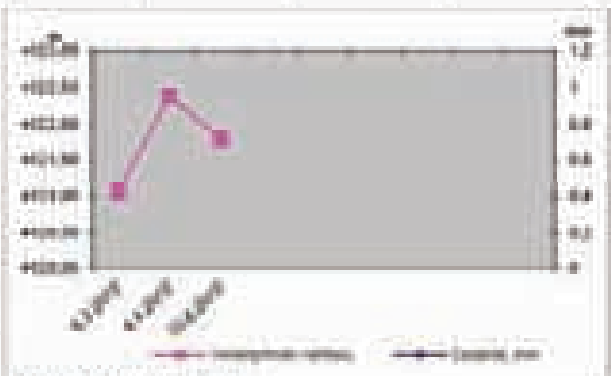
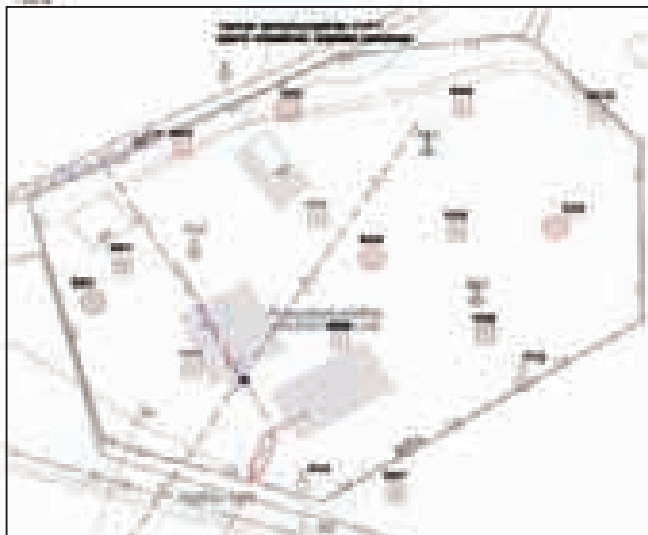
Mylttsessuhtolaps (n. 9 m guthen pööstä)

1000

Western culture/youth

| Year | 1999 | 2000 | 2001 |
|------|------|------|------|
| 1999 | 1999 | 1999 | 1999 |
| 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 2001 | 2001 | 2001 | 2001 |

**Pohjaveden pintakorroosio**

[illegible]

## Huut havainnot

### Einige kleinere Publikationen: Veltens Wörterbuch

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

Beispielhaft seien zwei Transportarten verglichen worden:

**Verbindungsbezeichnungen / polsterfrei**

**RAMBOLL FINLAND OY**  
**HAVAINTOPISTEKORTTI**

Lite 7.2  
 19.6.2012

|                |                         |                |                |
|----------------|-------------------------|----------------|----------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817331.264 | Y: 2488331.315 |
| Tilaaaja       | Tampereen kaupunki      |                |                |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                |
| Asennuspvm     | 25.10.2010              |                |                |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Vieräkyte      |                |

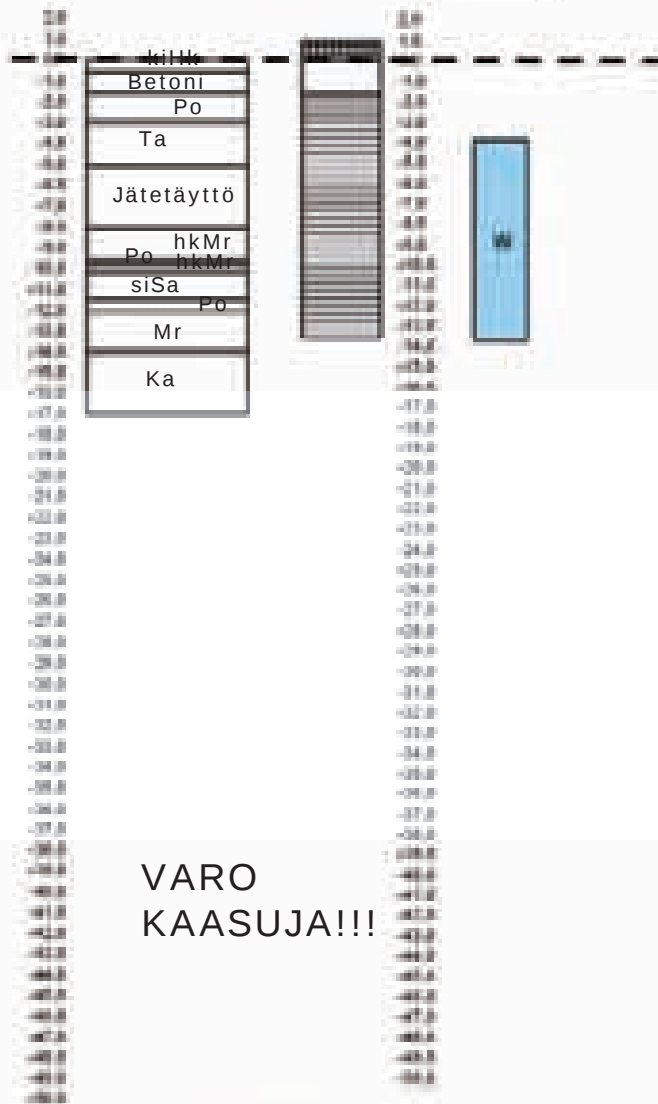
## Kalrus

**PMW**

**PE4**

**Markus J. Milne and Jennifer M. Milne**

12000



VARO  
KAASUJA!!!

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Putken pää, PP    | +130,510   |
| Maanpinta, MP     | +129,610   |
| Vesipinta, W      | +125,510   |
| Sivillän yläpää   | +128,010   |
| Sivillän alapää   | +116,010   |
| Pohja/Kärki       | +116,010   |
| Putken kok.pituus | 14,50 m    |
| Putken laatu      | PEH        |
| Sisäheikaisija    | ø 50 mm    |
| Sivililätyyppi    | rakosivili |

Helyettesítéskor (v. 15 m pulzom pólusú)

## ACKNOWLEDGMENTS

### Veden esiintymismuoto

Taylorian socialism: 1904

### Pohjaveden pinnan korkeus

[illegible]

**Mout havalnnot**

**History identifier:** *Poland: Lodz: Wielki Wzgorec*

2019年12月10日 星期二

Vom antichristlichen Erbsenorden verweist sie auf die

[Schilke'sche Musikinstrumente / Musikinstrumente](#)

**RAMBOLL FINLAND OY**  
HAYAINTOPISTEKORTTI

Lila 7.4  
 19.6.2012

|                |                         |                |                                                                                     |
|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817133.648 | Y: 24488168.227                                                                     |
| Tilaaaja       | Tampereen kaupunki      |                |                                                                                     |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                                                                                     |
| Asennuspvm     | 9.3.2013                |                |                                                                                     |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Wondak         |  |

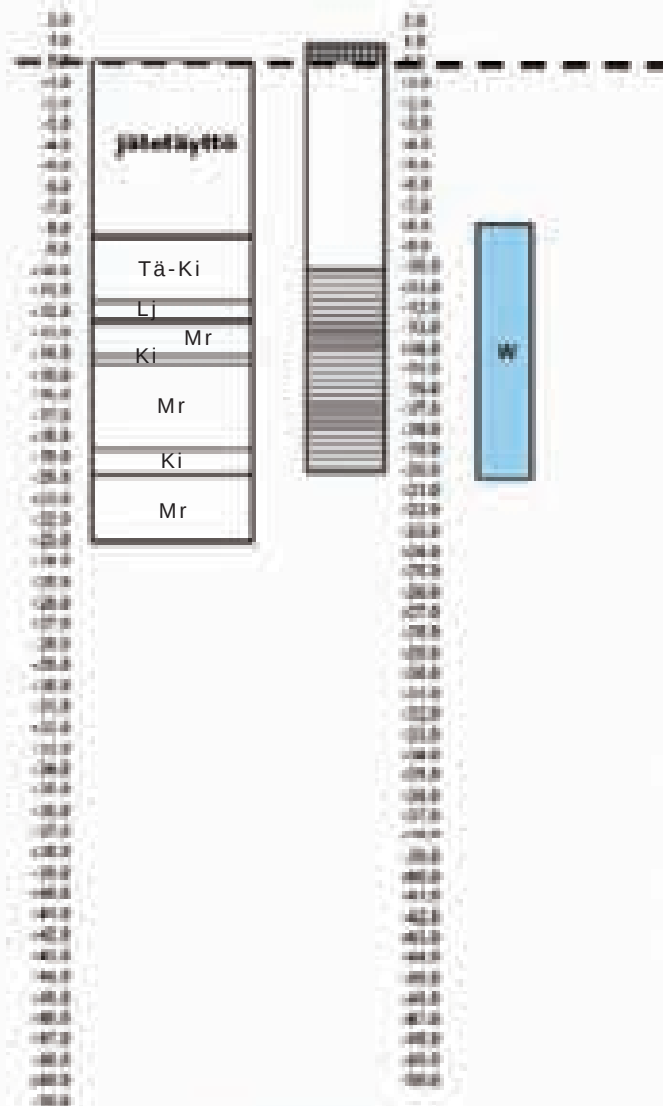
## Conclusions

**Publi**

**PVP3**

### ● Conjugate Gradient ●

IN 2000



|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Putken pää, PP    | +130,220     |
| Maanpinta, MP     | +129,300     |
| Vesipinta, W      | +121,315     |
| Siivolan yläpää   | +119,220     |
| Siivolan alapää   | +109,220     |
| Pohja/Kärki       | +109,220     |
| Putken kok.pituus | 21,00 m      |
| Putken laatu      | PVC          |
| Sisähalkaisija    | ø 50 mm      |
| Siivälätyyppi     | rakosiiviliä |

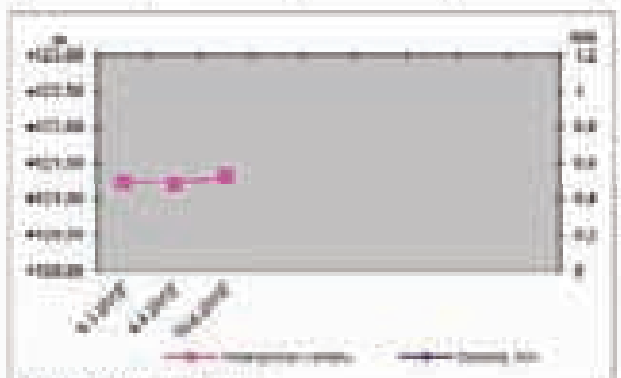
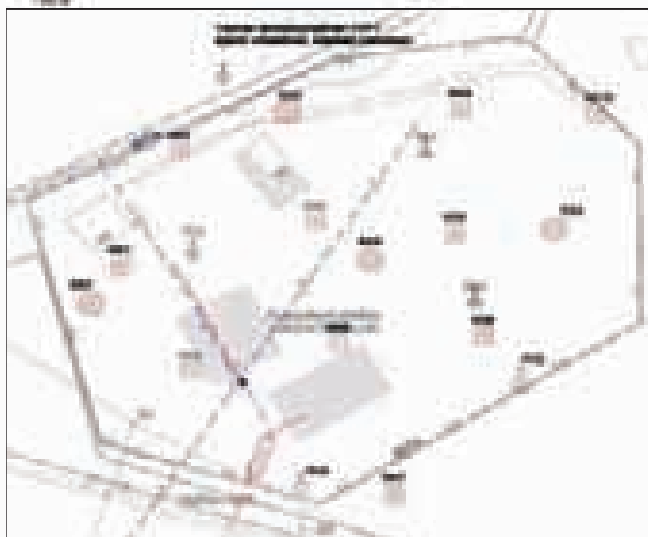
Näytteenselostaja (n. 15 m putken päähän)

**Abstract**

### Veden lähtömuoto

Dayton, Indiana 45424

### Pohjaveden pinnankorkeus

[illegible]

## Huut havainnot

### Einige Beispiele: Bedeutungsarten, Vektoren, Überzeugen

1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 26

Teşekkürler, benim Targem'in kuyucuları var

**Verwendete Materialien / Komponenten**

**RAMBOLL FINLAND OY**  
**HAVAINTOPISTEKORTTI**

Lite 7.5  
 19.6.2012

|                |                         |                |                                                                                     |
|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817096.851 | Y: 24488125.036                                                                     |
| Tilaaaja       | Tampereen kaupunki      |                |                                                                                     |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                                                                                     |
| Asennuspvm     | 20.3.2012               |                |                                                                                     |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Vesinäyte      |  |

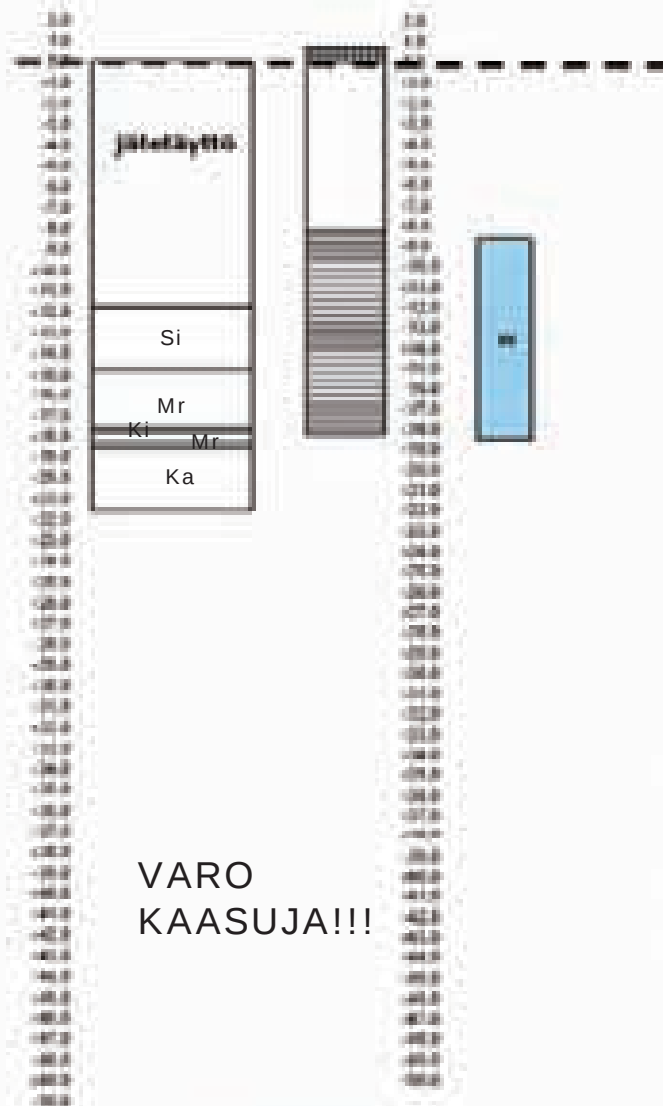
## Calculus

**Publ**

**PVP**

**Contributing Organizations**

1999



VARO  
KAASUJA!!!

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Putken pää, PP    | +129,960   |
| Maanpinta, MP     | +129,260   |
| Vesipinta, W      | +120,520   |
| Sivulinän yläpää  | +120,960   |
| Sivulinän alapää  | +118,960   |
| Pohja/Kärki       | +110,960   |
| Putken kok.pituus | 19,00 m    |
| Putken laatu      | PVC        |
| Sisähalkaisija    | ø 50 mm    |
| Sivililyyppi      | rakosivili |

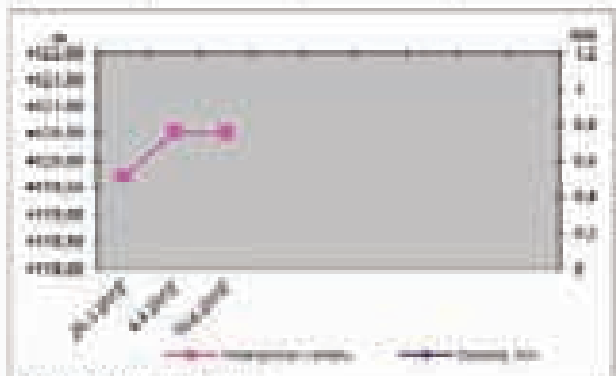
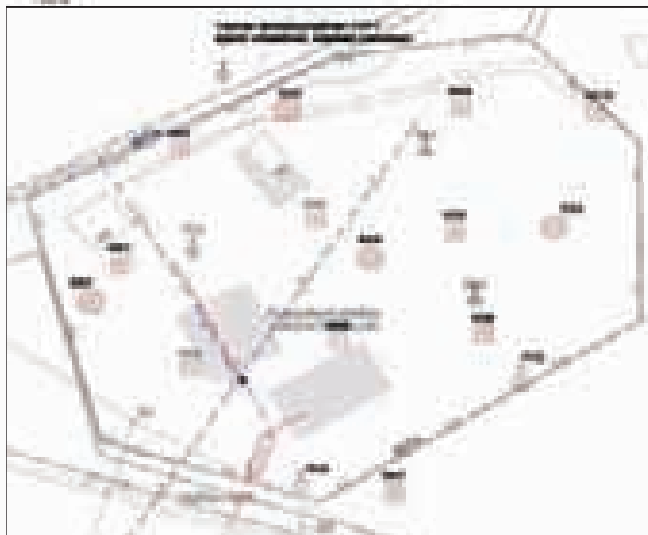
Mäytteenottoalapa (n. 15 m pitken päästä)

1000

### Veden lämpötilamuoto

| Year | 2000 | 2001 | 2002 |
|------|------|------|------|
| 2000 | 100  | 100  | 100  |
| 2001 | 100  | 100  | 100  |
| 2002 | 100  | 100  | 100  |

### Pohjaveden pinnankorkeus

[illegible]

## Huut havainnot

### Einige kleinere Publikationen: Veltner Vörsen

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

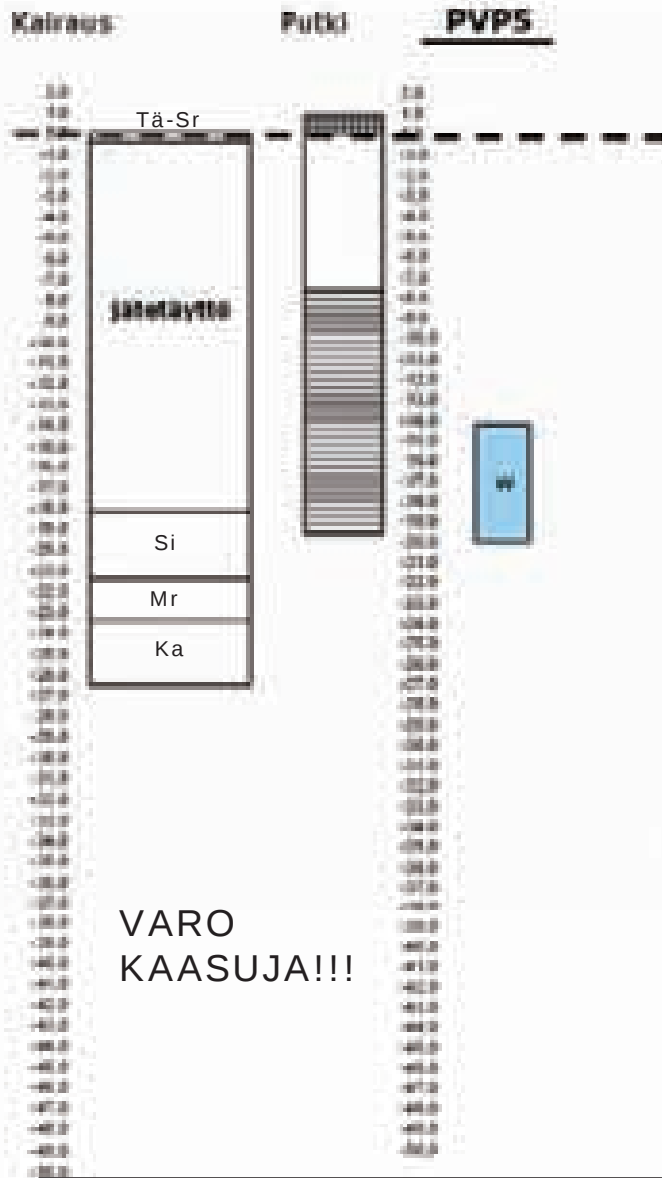
### Beispiel einer ersten Darstellungsmöglichkeit

**Verbindungsbezeichnungen / polsterfrei**

**RAMBOLL FINLAND OY**  
HAVAINTOPISTEKORTTI

Liite 7.6  
19.6.2012

|                |                         |                |                 |
|----------------|-------------------------|----------------|-----------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817107.446 | Y: 24488228.154 |
| Tilaaja        | Tampereen kaupunki      |                |                 |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki  |                 |
| Asennuspvm     | 21.3.2012               |                |                 |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | Vesinäyte      |                 |



|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Korkousjärjestelmä | N2000       |
| Putken pää, PP     | +138,260    |
| Maanpinta, MP      | +137,300    |
| Vesipinta, W       | +123,235    |
| Siviliän yläpää    | +129,660    |
| Siviliän alapää    | +117,660    |
| Pohja/Kärki        | +117,660    |
| Putken kok.pituus  | 20,60 m     |
| Putken laatu       | PVC         |
| Sisähalkaisija     | ø 50 mm     |
| Siviliäntyyppi     | rakosiviliä |

Näytteensittolapa (n. 17 m putken päästä)

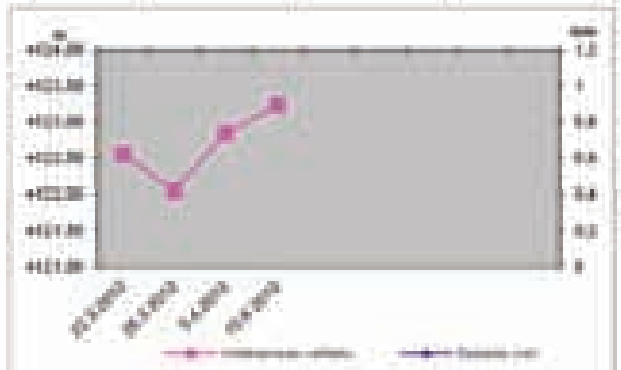
Alkuperäinen

Veden esiintymismuoto

Täytin osien ves

Pohjaveden pinnankorkeus

| Pvm       | Pinta, m pp | Tasoa, m | Sadanta, mm |
|-----------|-------------|----------|-------------|
| 23.3.2012 | 18,71       | +123,88  |             |
| 26.3.2012 | 16,31       | +123,85  |             |
| 5.4.2012  | 15,42       | +123,84  |             |
| 15.6.2012 | 15,02       | +123,28  |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |
|           |             |          |             |



**Muut havainnot**

Suojaputken asen Tampereen kaupungin sarak.

Siviliänsäiliön suodattimen / pohjatuulet

Tien suunta: Virmä Ky / Mikko Ruuska

puh. 050 436 8948

**RAMBOLL FINLAND OY**  
**HAYAINTOPISTEKORTTI**

Lite 7.7  
 19.6.2012

|                |                         |                                            |                 |
|----------------|-------------------------|--------------------------------------------|-----------------|
| Tutkimuspaikka | Sulkavuoren kaatopaikka | X: 6817107.446                             | Y: 24488228.154 |
| Tilaaja        | Tampereen kaupunki      |                                            |                 |
| Projektinumero | 82142248                | Havaintoputki                              |                 |
| Asennuspvm     | 23.3.2012               |                                            |                 |
| Asentaja       | Tampereen kaupunki      | <input type="text" value="Vastuuhenkilö"/> |                 |

| Kairous | Puthi | PVP6 |
|---------|-------|------|
|---------|-------|------|



VARO  
KAASUJA!!!



|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Korkeusjärjestelmä | N2000       |
| Putken pää, PP     | +129,290    |
| Maanpinta, MP      | +138,300    |
| Vesipinta, W       | +126,110    |
| Sivulan yläpää     | +129,890    |
| Sivulan alapää     | +121,890    |
| Pohja/Kärki        | +121,890    |
| Putken kok.pituus  | 17,40 m     |
| Putken laatu       | PVC         |
| Sisähalkaisija     | ø 50 mm     |
| Sivulätyritys      | rakosivilla |

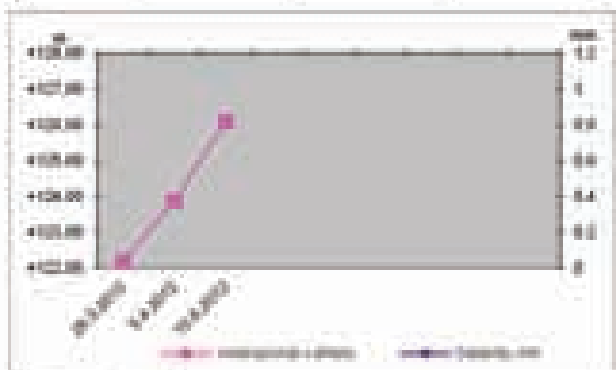
Eläytteenottoa pidettiin poikkeuksellisen mielenkiintoisena.

**Abstract**

### Veden esittymismuoto

**Discretionary income** is the amount of money that remains after all taxes and living expenses have been paid. It is the money that can be used for anything the individual chooses.

**Poljavenen pinnankorjuus**

[illegible]

**Huut havainnot**

Susutaputkum: gawin. Tawpawin: katupungit: sarjak

*Synaldisa nuchiformis* / *polystichos*

Team members: Václav Plz / Miroslav Kozubík

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

Sivittäisen koulutuksen, osien ja osioiden tähtäysnäkökulma

**LIITE 8**  
**VESINÄYTTEIDEN**  
**LABORATORIOANALYYSIEN**  
**TULOKSET**

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82142248/1

Ramboll Finland Oy, /Tampere

PL 718

33101 TAMPERE

|                    |                                                                           |                        |          |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| Tutkimuksen nimi:  | Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus | Näytteenottopvm:       | 7.3.2012 |
| Näytteenottopiste: | Suotovesikaivo                                                            | Näyte saapui:          | 8.3.2012 |
| Näytteenottaja:    | Juha Parviainen                                                           | Analysointi aloitettu: | 8.3.2012 |

## Vesitutkimus

| Määrittäminen                                  | 12SL00638 | Yksikkö | Menetelmä |
|------------------------------------------------|-----------|---------|-----------|
| Esikäsittely, suodatus                         | ok        |         |           |
| pH                                             | 9,3       |         | RA2000*   |
| Sähkönjohtavuus                                | 240       | mS/m    | RA2013*   |
| CODMn                                          | 250       | mg/l    | RA2012*   |
| BOD 7-ATU                                      | 900       | mg/l    | RA2006*   |
| Metallit PIMA, liukoiset                       | ok        |         |           |
| Antimoni (Sb), liuk.                           | 0,001     | mg/l    | RA3000*   |
| Arseeni (As), liuk.                            | 0,016     | mg/l    | RA3000*   |
| Kadmium (Cd), liuk.                            | <0,0001   | mg/l    | RA3000*   |
| Koboltti (Co), liuk.                           | 0,003     | mg/l    | RA3000*   |
| Kromi (Cr), liuk.                              | 0,003     | mg/l    | RA3000*   |
| Kupari (Cu), liuk.                             | 0,002     | mg/l    | RA3000*   |
| Lyijy (Pb), liuk.                              | <0,0005   | mg/l    | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni), liuk.                            | 0,21      | mg/l    | RA3000*   |
| Sinkki (Zn), liuk.                             | <0,005    | mg/l    | RA3000*   |
| Vanadiini (V), liuk.                           | 0,027     | mg/l    | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)                  | 0,05      | mg/l    | RA4019*   |
| Keskitysleht (C10-C21)                         | <0,05     | mg/l    | RA4019*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                   | <0,05     | mg/l    | RA4019*   |
| VOC-PIMA, vesi                                 | ok        |         | RA4050*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit, PIMA | ok        | mg/l    | RA4050*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA        | ok        | µg/l    | RA4050*   |
| Vinyyliloriidi                                 | <0,1      | µg/l    | RA4050*   |
| 1,1-dikloorieteeni                             | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                         | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                       | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Trikloorieteeni                                | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Tetrakloorieteeni                              | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Dikloorimetaani                                | <1        | µg/l    | RA4050*   |
| Bentseeni                                      | 0,002     | mg/l    | RA4050*   |
| Tolueeni                                       | 0,005     | mg/l    | RA4050*   |
| Etylibentseeni                                 | 0,0005    | mg/l    | RA4050*   |
| m+p-ksyleeni                                   | 0,002     | mg/l    | RA4050*   |
| o-ksyleeni                                     | 0,0007    | mg/l    | RA4050*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylieteteri)             | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| TAME (tert.amyylimetyylieteteri)               | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| TAEE (tert.amyylimetyylieteteri)               | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylieteteri)              | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| DIPE (di-isopropylieteteri)                    | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 82142248/1

|                             |        |      |         |
|-----------------------------|--------|------|---------|
| Bensiinijakeet C5-C10       | <0,05  | mg/l | RA4050C |
| Polyaromaattiset hiilivedyt | ok     | µg/l | RA4031* |
| Antraseeni                  | <0,1   | µg/l | RA4031* |
| Asenaftteeni                | 0,97   | µg/l | RA4031* |
| Asenaftyleeni               | <0,1   | µg/l | RA4031* |
| Bentso(a)antraseeni         | <0,005 | µg/l | RA4031* |
| Bentso(a)pyreeni            | <0,005 | µg/l | RA4031* |
| Bentso(b)fluoranteeni       | <0,005 | µg/l | RA4031* |
| Bentso(g,h,i)peryleeni      | <0,001 | µg/l | RA4031* |
| Bentso(k)fluoranteeni       | <0,005 | µg/l | RA4031* |
| Dibentso(a,h)antraseeni     | <0,001 | µg/l | RA4031* |
| Fenantreeni                 | 1,5    | µg/l | RA4031* |
| Fluoranteeni                | 0,034  | µg/l | RA4031* |
| Fluoreeni                   | 1,4    | µg/l | RA4031* |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni    | <0,001 | µg/l | RA4031* |
| Kryseeni                    | <0,01  | µg/l | RA4031* |
| Naftaleeni                  | 8,1    | µg/l | RA4031* |
| Pyreeni                     | 0,017  | µg/l | RA4031* |
| Torjunta-aineet PIMA        | ok     | µg/l | RA4038* |
| Atratsiini                  | <0,5   | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDD                   | <1     | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDE                   | <1     | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDT                   | <1     | µg/l | RA4038* |
| Dieldriini                  | <2     | µg/l | RA4038* |
| a-endosulfaani              | <0,5   | µg/l | RA4038* |
| b-endosulfaani              | <0,5   | µg/l | RA4038* |
| Endosulfaanisulfaatti       | <0,5   | µg/l | RA4038* |
| gamma-HCH (lindaani)        | <1     | µg/l | RA4038* |
| Heptakloori                 | <1     | µg/l | RA4038* |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Salla Partio  
FM, Tutkimuskemisti, +358 20 755 7921

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Lisätiedot** Matriisista johtuen näytteen 12SL00638 torjunta-aineiden sekä Asenaftyleenin, Antraseenin ja Kryseenin määrittämisrajoja jouduttiin nostamaan.

**Jakelu** sanna.pulkkinen@ramboll.fi; juha.parviainen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82139965/11

Ramboll Finland Oy, /Tampere  
Sanna Pulkkinen  
PL 718  
33101 TAMPERE

|                   |                                                                                     |                        |          |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| Tutkimuksen nimi: | 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoitus | Näytteenottopvm:       | 4.4.2012 |
|                   |                                                                                     | Näyte saapui:          | 5.4.2012 |
| Näytteenottaja:   | Juha Parviainen                                                                     | Analysointi aloitettu: | 5.4.2012 |

## Pohjavesi

|                                               |               |               |               | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Näytteenottopisteet                           | PVP2          | PVP3          | PVP4          |         |           |
| Näyttenumero                                  | 12TP<br>00466 | 12TP<br>00467 | 12TP<br>00468 |         |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                            |               |               |               |         |           |
| Esikäsittely, suodatus                        | ok            | ok            | ok            |         |           |
| Esikäsittely, dekantointi (epäorg. analyysit) | ok            | ok            | ok            |         |           |
| pH                                            | 6,5           | 6,5           | 6,5           |         | RA2000*   |
| Sähkönjohtavuus                               | 190           | 380           | 100           | mS/m    | RA2013*   |
| CODMn                                         | 72            | 66            | 32            | mg/l    | RA2012*   |
| BOD 7-ATU                                     | 5,8           | 680           | 190           | mg/l    | RA2006*   |
| Metallit PIMA, liukoiset                      | ok            | ok            | ok            |         |           |
| Antimoni (Sb), liuk.                          | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Arseeni (As), liuk.                           | 0,10          | 0,018         | 0,012         | mg/l    | RA3000*   |
| Kadmium (Cd), liuk.                           | <0,0001       | <0,0001       | <0,0001       | mg/l    | RA3000*   |
| Koboltti (Co), liuk.                          | 0,004         | 0,035         | 0,002         | mg/l    | RA3000*   |
| Kromi (Cr), liuk.                             | 0,005         | <0,001        | 0,003         | mg/l    | RA3000*   |
| Kupari (Cu), liuk.                            | <0,001        | <0,001        | <0,001        | mg/l    | RA3000*   |
| Lyijy (Pb), liuk.                             | 0,0006        | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni), liuk.                           | 0,003         | 0,032         | 0,007         | mg/l    | RA3000*   |
| Sinkki (Zn), liuk.                            | <0,005        | 0,010         | <0,005        | mg/l    | RA3000*   |
| Vanadiini (V), liuk.                          | 0,020         | <0,001        | 0,002         | mg/l    | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)                 | 0,17          | 1,6           | 0,33          | mg/l    | RA4019*   |
| Keskitisleet (C10-C21)                        | 0,10          | 1,1           | 0,23          | mg/l    | RA4019*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                  | 0,06          | 0,47          | 0,09          | mg/l    | RA4019*   |
| VOC-PIMA, vesi                                | ok            | ok            | ok            |         | RA4050*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaatit, PIMA | ok            | ok            | ok            | mg/l    | RA4050*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA       | ok            | ok            | ok            | µg/l    | RA4050*   |
| Vinyylikloridi                                | 10            | 8000          | 350           | µg/l    | RA4050*   |
| 1,1-dikloorieteeni                            | <0,5          | 440           | 3             | µg/l    | RA4050*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                        | 180           | 90000         | 14000         | µg/l    | RA4050*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                      | <0,5          | 690           | 29            | µg/l    | RA4050*   |
| Trikloorieteeni                               | 7             | 52            | 8             | µg/l    | RA4050*   |
| Tetrakloorieteeni                             | 25            | 53            | 1             | µg/l    | RA4050*   |
| Dikloorimetaani                               | <1            | <1            | <1            | µg/l    | RA4050*   |
| Bentseeni                                     | 4             | 0,059         | 0,088         | mg/l    | RA4050*   |
| Tolueeni                                      | 0,03          | 0,69          | 0,85          | mg/l    | RA4050*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 82139965/11

|                                   | 12TP<br>00466 | 12TP<br>00467 | 12TP<br>00468 | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Etylibentseeni                    | 0,10          | 0,029         | 0,048         | mg/l    | RA4050*   |
| m+p-ksyleeni                      | 0,15          | 0,095         | 0,14          | mg/l    | RA4050*   |
| o-ksyleeni                        | 0,005         | 0,026         | 0,053         | mg/l    | RA4050*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylietteri) | 0,01          | <0,0005       | 0,0008        | mg/l    | RA4050*   |
| TAME (tert.amyylimetyylietteri)   | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| TAE (tert.amyylimetyylietteri)    | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylietteri)  | 0,0006        | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| DIPE (di-isopropylietteri)        | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| Bensiinijakeet C5-C10             | 0,34          | 0,91          | 1,3           | mg/l    | RA4050C   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt       | ok            | ok            | ok            | µg/l    | RA4031*   |
| Antraseeni                        | 0,043         | 0,27          | 0,016         | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftteeni                      | 0,060         | 0,34          | 0,068         | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftyleeni                     | <0,005        | 0,019         | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)antraseeni               | 0,063         | 0,28          | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)pyreeni                  | 0,032         | 0,14          | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(b)fluoranteeni             | 0,057         | 0,20          | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei            | 0,022         | 0,093         | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(k)fluoranteeni             | 0,020         | 0,076         | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni           | 0,003         | 0,010         | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Fenantreeni                       | 0,42          | 1,8           | 0,16          | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoranteeni                      | 0,33          | 0,82          | 0,018         | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoreeni                         | 0,12          | 0,70          | 0,13          | µg/l    | RA4031*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni          | 0,022         | 0,087         | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Kryseeni                          | 0,073         | 0,32          | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Naftaleeni                        | 2,6           | 10            | 3,6           | µg/l    | RA4031*   |
| Pyreeni                           | 0,23          | 0,76          | 0,017         | µg/l    | RA4031*   |
| Torjunta-aineet PIMA              | ok            | ok            | ok            | µg/l    | RA4038*   |
| Atratsiini                        | <0,05         | <0,05         | <0,05         | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4'-DDD                          | <0,1          | <0,1          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4'-DDE                          | <0,1          | <0,1          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4'-DDT                          | <0,1          | <0,1          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |
| Dieldriini                        | <0,2          | <0,2          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |
| a-endosulfaani                    | <0,05         | <0,05         | <0,05         | µg/l    | RA4038*   |
| b-endosulfaani                    | <0,05         | <0,05         | <0,05         | µg/l    | RA4038*   |
| Endosulfaanisulfaatti             | <0,05         | <0,05         | <0,05         | µg/l    | RA4038*   |
| gamma-HCH (lindaani)              | <0,1          | <0,1          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |
| Heptakloori                       | <0,1          | <0,1          | <0,1          | µg/l    | RA4038*   |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics

Sanna Partio

Salla Partio

FM, Tutkimuskemisti, +358 20 755 7921

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

Jakelu sanna.pulkkinen@ramboll.fi; juha.parviainen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82139965/12

Ramboll Finland Oy, /Tampere  
Sanna Pulkkinen  
PL 718  
33101 TAMPERE

|                    |                                                                                   |                        |          |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------|
| Tutkimuksen nimi:  | 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoit | Näytteenottopvm:       | 5.4.2012 |
| Näytteenottopiste: | PVP5                                                                              | Näyte saapui:          | 5.4.2012 |
| Näytteenottaja:    | Juha Parviainen                                                                   | Analysointi aloitettu: | 5.4.2012 |

## Pohjavesi

| Määrittely                                    | 12TP00469 | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------------------|-----------|---------|-----------|
| Esikäsittely, suodatus                        | ok        |         |           |
| pH                                            | 7,0       |         | RA2000*   |
| Sähkönjohtavuus                               | 530       | mS/m    | RA2013*   |
| CODMn                                         | 110       | mg/l    | RA2012*   |
| BOD 7-ATU                                     | 13        | mg/l    | RA2006*   |
| Metallit PIMA, liukoiset                      | ok        |         |           |
| Antimoni (Sb), liuk.                          | 0,0011    | mg/l    | RA3000*   |
| Arseeni (As), liuk.                           | 0,005     | mg/l    | RA3000*   |
| Kadmium (Cd), liuk.                           | <0,0001   | mg/l    | RA3000*   |
| Koboltti (Co), liuk.                          | 0,012     | mg/l    | RA3000*   |
| Kromi (Cr), liuk.                             | 0,025     | mg/l    | RA3000*   |
| Kupari (Cu), liuk.                            | 0,003     | mg/l    | RA3000*   |
| Lyijy (Pb), liuk.                             | <0,0005   | mg/l    | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni), liuk.                           | 0,025     | mg/l    | RA3000*   |
| Sinkki (Zn), liuk.                            | 0,010     | mg/l    | RA3000*   |
| Vanadiini (V), liuk.                          | 0,004     | mg/l    | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)                 | 2,5       | mg/l    | RA4019*   |
| Keskitisleat (C10-C21)                        | 1,1       | mg/l    | RA4019*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                  | 1,4       | mg/l    | RA4019*   |
| VOC-PIMA, vesi                                | ok        |         | RA4050*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaatit, PIMA | ok        | mg/l    | RA4050*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA       | ok        | µg/l    | RA4050*   |
| Vinyyliloriidi                                | 7         | µg/l    | RA4050*   |
| 1,1-dikloorieteeni                            | 0,8       | µg/l    | RA4050*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                        | 100       | µg/l    | RA4050*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                      | 1         | µg/l    | RA4050*   |
| Trikloorieteeni                               | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Tetrakloorieteeni                             | <0,5      | µg/l    | RA4050*   |
| Dikloorimetaani                               | <1        | µg/l    | RA4050*   |
| Bentseeni                                     | 0,010     | mg/l    | RA4050*   |
| Tolueeni                                      | 0,010     | mg/l    | RA4050*   |
| Etylibentseeni                                | 0,002     | mg/l    | RA4050*   |
| m+p-ksyleeni                                  | 0,026     | mg/l    | RA4050*   |
| o-ksyleeni                                    | 0,003     | mg/l    | RA4050*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylieteteri)            | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| TAME (tert.amyylimetyylieteteri)              | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| TAE (tert.amyylimetyylieteteri)               | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylieteteri)             | <0,0005   | mg/l    | RA4050*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

# Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 82139965/12

|                             |         |      |         |
|-----------------------------|---------|------|---------|
| DIPE (di-isopropyyleetteri) | <0,0005 | mg/l | RA4050* |
| Bensiinijakeet C5-C10       | 0,06    | mg/l | RA4050C |
| Polyaromaattiset hiilivedyt | ok      | µg/l | RA4031* |
| Antraseeni                  | 1,3     | µg/l | RA4031* |
| Asenaftteeni                | 2,7     | µg/l | RA4031* |
| Asenaftyleeni               | 0,13    | µg/l | RA4031* |
| Bentso(a)antraseeni         | 1,1     | µg/l | RA4031* |
| Bentso(a)pyreeni            | 0,95    | µg/l | RA4031* |
| Bentso(b)fluoranteeni       | 0,86    | µg/l | RA4031* |
| Bentso(g,h,i)peryleeni      | 0,64    | µg/l | RA4031* |
| Bentso(k)fluoranteeni       | 0,44    | µg/l | RA4031* |
| Dibentso(a,h)antraseeni     | 0,094   | µg/l | RA4031* |
| Fenantreeni                 | 9,4     | µg/l | RA4031* |
| Fluoranteeni                | 3,6     | µg/l | RA4031* |
| Fluoreeni                   | 2,8     | µg/l | RA4031* |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni    | 0,76    | µg/l | RA4031* |
| Kryseeni                    | 0,97    | µg/l | RA4031* |
| Naftaleeni                  | 26      | µg/l | RA4031* |
| Pyreeni                     | 2,9     | µg/l | RA4031* |
| Torjunta-aineet PIMA        | ok      | µg/l | RA4038* |
| Atratsiini                  | <0,05   | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDD                   | <0,1    | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDE                   | <0,1    | µg/l | RA4038* |
| 4,4' -DDT                   | <0,1    | µg/l | RA4038* |
| Dieldriini                  | <0,1    | µg/l | RA4038* |
| a-endosulfaani              | <0,05   | µg/l | RA4038* |
| b-endosulfaani              | <0,05   | µg/l | RA4038* |
| Endosulfaanisulfaatti       | <0,05   | µg/l | RA4038* |
| gamma-HCH (lindaani)        | <0,1    | µg/l | RA4038* |
| Heptakloori                 | <0,1    | µg/l | RA4038* |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Anri Aallonen  
FM, kemisti, +358 20 755 7930

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Jakelu** juha.parviainen@ramboll.fi; sanna.pukkinen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82139965/14

Ramboll Finland Oy, /Tampere  
Sanna Pulkkinen  
PL 718  
33101 TAMPERE

Tutkimuksen nimi: 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoitus  
Näytteenottopvm: 13.4.2012  
Näyte saapui: 13.4.2012  
Näytteenottaja: Juha Parviainen  
Analysointi aloitettu: 13.4.2012

## Pohjavesi

|                                                |               |               | Yksikkö | Menetelmä |
|------------------------------------------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Näytteenottopisteet                            | PE2           | PE3           |         |           |
| Näyttenumero                                   | 12TP<br>00491 | 12TP<br>00492 |         |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                             |               |               |         |           |
| Esikäsittely, suodatus                         | ok            | ok            |         |           |
| pH                                             | 6,4           | 6,3           |         | RA2000*   |
| Sähkönjohtavuus                                | 270           | 89            | mS/m    | RA2013*   |
| CODMn                                          | 110           | 37            | mg/l    | RA2012*   |
| BOD 7-ATU                                      | 190           | 23            | mg/l    | RA2006*   |
| Metallit PIMA, liukoiset                       | ok            | ok            |         |           |
| Antimoni (Sb), liuk.                           | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Arseeni (As), liuk.                            | 0,028         | 0,003         | mg/l    | RA3000*   |
| Kadmium (Cd), liuk.                            | <0,0001       | <0,0001       | mg/l    | RA3000*   |
| Koboltti (Co), liuk.                           | 0,029         | 0,007         | mg/l    | RA3000*   |
| Kromi (Cr), liuk.                              | 0,004         | 0,002         | mg/l    | RA3000*   |
| Kupari (Cu), liuk.                             | <0,005        | <0,005        | mg/l    | RA3000*   |
| Lyijy (Pb), liuk.                              | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni), liuk.                            | 0,034         | 0,004         | mg/l    | RA3000*   |
| Sinkki (Zn), liuk.                             | 0,017         | 0,15          | mg/l    | RA3000*   |
| Vanadiini (V), liuk.                           | 0,007         | 0,001         | mg/l    | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)                  | 0,18          | 58            | mg/l    | RA4019*   |
| Keskitisleet (C10-C21)                         | 0,11          | 43            | mg/l    | RA4019*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                   | 0,07          | 15            | mg/l    | RA4019*   |
| VOC-PIMA, vesi                                 | ok            | ok            |         | RA4050*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaattit, PIMA | ok            | ok            | mg/l    | RA4050*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA        | ok            | ok            | µg/l    | RA4050*   |
| Vinyyliloriidi                                 | 1500          | 5             | µg/l    | RA4050*   |
| 1,1-dikloorieteeni                             | 15            | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                         | 4300          | 23            | µg/l    | RA4050*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                       | 16            | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Triklloorieteeni                               | 16            | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Tetrakloorieteeni                              | 23            | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Dikloorimetaani                                | <1            | <1            | µg/l    | RA4050*   |
| Bentseeni                                      | 0,008         | 0,003         | mg/l    | RA4050*   |
| Tolueeni                                       | 0,10          | 0,006         | mg/l    | RA4050*   |
| Etyylibentseeni                                | 0,035         | 0,005         | mg/l    | RA4050*   |
| m+p-ksyleeni                                   | 0,072         | 0,016         | mg/l    | RA4050*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 82139965/14

|                                   | 12TP<br>00491 | 12TP<br>00492 | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| o-ksyleeni                        | 0,014         | 0,007         | mg/l    | RA4050*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylietteri) | <0,0005       | 0,0007        | mg/l    | RA4050*   |
| TAME (tert.amyylimetyylietteri)   | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| TAAE (tert.amyylimetyylietteri)   | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylietteri)  | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| DIPE (di-isopropylietteri)        | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| Bensiinijakeet C5-C10             | 0,37          | 1,0           | mg/l    | RA4050C   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt       | ok            | ok            | µg/l    | RA4031*   |
| Antraseeni                        | 0,046         | 5,3           | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftteeni                      | <0,1          | <0,5          | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftyleeni                     | <0,005        | <0,5          | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)antraseeni               | 0,052         | 29            | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)pyreeni                  | 0,038         | 14            | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(b)fluoranteeni             | 0,056         | 26            | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei            | 0,031         | 10            | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(k)fluoranteeni             | 0,022         | 10            | µg/l    | RA4031*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni           | 0,006         | 2,4           | µg/l    | RA4031*   |
| Fenantreeni                       | 0,37          | 49            | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoranteeni                      | 0,12          | 76            | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoreeni                         | 0,13          | 5,7           | µg/l    | RA4031*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni          | 0,032         | 12            | µg/l    | RA4031*   |
| Kryseeni                          | 0,048         | 30            | µg/l    | RA4031*   |
| Naftaleeni                        | 12            | 22            | µg/l    | RA4031*   |
| Pyreeni                           | 0,097         | 55            | µg/l    | RA4031*   |
| Torjunta-aineet PIMA              | ok            | ok            | µg/l    | RA4038*   |
| Atratsiini                        | <0,05         | <0,5          | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4' -DDD                         | <0,1          | <1            | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4' -DDE                         | <0,1          | <1            | µg/l    | RA4038*   |
| 4,4' -DDT                         | <0,1          | <1            | µg/l    | RA4038*   |
| Dieldriini                        | <0,2          | <2            | µg/l    | RA4038*   |
| a-endosulfaani                    | <0,05         | <0,5          | µg/l    | RA4038*   |
| b-endosulfaani                    | <0,05         | <0,5          | µg/l    | RA4038*   |
| Endosulfaanisulfaatti             | <0,05         | <0,5          | µg/l    | RA4038*   |
| gamma-HCH (lindaani)              | <0,1          | <1            | µg/l    | RA4038*   |
| Heptakloori                       | <0,1          | <1            | µg/l    | RA4038*   |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Anri Aallonen  
FM, kemisti, +358 20 755 7930

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

## Lisätiedot Näytteenotto 11.-12.4.2012

12TP00492: Asenaftteenin ja asenaftyleenin sekä torjunta-aineiden määrittäminen nostettu näytematriisista johtuen.

Jakelu juha.parviainen@ramboll.fi; sanna.pukkinen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

1/2

Projekti: 82139965/20

Ramboll Finland Oy / Tampere  
Sanna Pulkkinen  
PL 718  
33101 TAMPERE

Tutkimuksen nimi: 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikka, riski- ja toimenpidekartoitus  
Näytteenottopvm: 14.5.2012  
Näyte saapui: 14.5.2012  
Näytteenottaja: Analysointi aloitettu: 14.5.2012

## Vesitutkimus

|                                               |                          |               |               | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Näytteenottopisteet                           | Suoto-<br>vesikai-<br>vo | Penkka<br>1   | Penkka<br>2   |         |           |
| Näytenumero                                   | 12SL<br>01613            | 12SL<br>01614 | 12SL<br>01615 |         |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                            |                          |               |               |         |           |
| Esikäsittely, suodatus                        | ok                       | ok            | ok            |         |           |
| pH                                            | 6,7                      | 6,5           | 6,4           |         | RA2000*   |
| Sähkönjohtavuus                               | 270                      | 180           | 93            | mS/m    | RA2013*   |
| CODMn                                         | 2,9                      | 48            | 17            | mg/l    | RA2012*   |
| BOD 7-ATU                                     | 15                       | 7,5           | <3,0          | mg/l    | RA2006*   |
| Metallit PIMA, liukoiset                      | ok                       | ok            | ok            |         |           |
| Antimoni (Sb), liuk.                          | 0,0005                   | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Arseeni (As), liuk.                           | 0,003                    | 0,014         | 0,008         | mg/l    | RA3000*   |
| Kadmium (Cd), liuk.                           | <0,0001                  | <0,0001       | <0,0001       | mg/l    | RA3000*   |
| Koboltti (Co), liuk.                          | 0,005                    | 0,004         | 0,001         | mg/l    | RA3000*   |
| Kromi (Cr), liuk.                             | 0,011                    | 0,005         | 0,001         | mg/l    | RA3000*   |
| Kupari (Cu), liuk.                            | <0,001                   | <0,001        | <0,001        | mg/l    | RA3000*   |
| Lyijy (Pb), liuk.                             | <0,0005                  | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA3000*   |
| Nikkeli (Ni), liuk.                           | 0,009                    | 0,004         | 0,002         | mg/l    | RA3000*   |
| Sinkki (Zn), liuk.                            | <0,005                   | <0,005        | <0,005        | mg/l    | RA3000*   |
| Vanadiini (V), liuk.                          | 0,002                    | 0,001         | <0,001        | mg/l    | RA3000*   |
| Öljyhiilivetyjakeet (C10-C40)                 | 0,06                     | 0,09          | 0,08          | mg/l    | RA4019*   |
| Keskitisleet (C10-C21)                        | <0,05                    | 0,08          | 0,07          | mg/l    | RA4019*   |
| Raskaat öljyjakeet (C21-C40)                  | <0,05                    | <0,05         | <0,05         | mg/l    | RA4019*   |
| VOC-PIMA, vesi                                | ok                       | ok            | ok            |         | RA4050*   |
| Aromaattiset hiilivedyt ja oksygenaatit, PIMA | ok                       | ok            | ok            | mg/l    | RA4050*   |
| Klooratut alifaattiset hiilivedyt, PIMA       | ok                       | ok            | ok            | µg/l    | RA4050*   |
| Vinyylikloridi                                | <0,1                     | 3             | 150           | µg/l    | RA4050*   |
| 1,1-dikloorieteeni                            | <0,5                     | <0,5          | 0,0008        | µg/l    | RA4050*   |
| Cis-1,2-dikloorieteeni                        | <0,5                     | 0,011         | 290           | µg/l    | RA4050*   |
| Trans-1,2-dikloorieteeni                      | <0,5                     | <0,5          | 1             | µg/l    | RA4050*   |
| Trikloorieteeni                               | <0,5                     | <0,5          | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Tetrakloorieteeni                             | <0,5                     | <0,5          | <0,5          | µg/l    | RA4050*   |
| Dikloorimetaani                               | <1                       | <1            | <1            | µg/l    | RA4050*   |
| Bentseeni                                     | 0,003                    | 0,003         | 0,006         | mg/l    | RA4050*   |
| Tolueeni                                      | 0,001                    | <0,001        | 0,028         | mg/l    | RA4050*   |
| Etyylibentseeni                               | 0,003                    | 0,003         | 0,005         | mg/l    | RA4050*   |

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

## Tutkimustodistus

2/2

Projekti: 82139965/20

|                                   | 12SL<br>01613 | 12SL<br>01614 | 12SL<br>01615 | Yksikkö | Menetelmä |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| m+p-ksyleeni                      | 0,019         | 0,005         | 0,008         | mg/l    | RA4050*   |
| o-ksyleeni                        | 0,001         | 0,0007        | 0,001         | mg/l    | RA4050*   |
| MTBE (metyyli-tert.butyylietteri) | <0,0005       | <0,0005       | 0,003         | mg/l    | RA4050*   |
| TAME (tert.amyylimetyylietteri)   | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| TAAE (tert.amyylitietyylietteri)  | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| ETBE (etyyli-tert.butyylietteri)  | <0,0005       | <0,0005       | 0,0008        | mg/l    | RA4050*   |
| DIPE (di-isopropylietteri)        | <0,0005       | <0,0005       | <0,0005       | mg/l    | RA4050*   |
| Bensiinijakeet C5-C10             | <0,05         | <0,05         | 0,05          | mg/l    | RA4050C   |
| Polyaromaattiset hiilivedyt       | ok            | ok            | ok            | µg/l    | RA4031*   |
| Antraseeni                        | 0,015         | 0,025         | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftteeni                      | 0,37          | 0,30          | 0,050         | µg/l    | RA4031*   |
| Asenaftyleeni                     | <0,005        | <0,02         | <0,006        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)antraseeni               | <0,005        | <0,005        | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(a)pyreeni                  | <0,005        | <0,005        | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(b)fluoranteeni             | <0,005        | <0,005        | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(g,h,i)perylenei            | 0,001         | <0,001        | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Bentso(k)fluoranteeni             | <0,005        | <0,005        | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Dibentso(a,h)antraseeni           | <0,001        | <0,001        | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Fenantreeni                       | 0,26          | 0,31          | 0,071         | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoranteeni                      | 0,019         | 0,036         | 0,006         | µg/l    | RA4031*   |
| Fluoreeni                         | 0,27          | 0,28          | 0,095         | µg/l    | RA4031*   |
| Indeno(1,2,3-c,d)pyreeni          | <0,001        | <0,001        | <0,001        | µg/l    | RA4031*   |
| Kryseeni                          | <0,005        | <0,005        | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |
| Naftaleeni                        | 2,8           | 1,3           | 3,6           | µg/l    | RA4031*   |
| Pyreeni                           | 0,016         | 0,026         | <0,005        | µg/l    | RA4031*   |

\* FINAS -akkreditoitu menetelmä. Mittausepävarmuus ilmoitetaan tarvittaessa. Akkreditointi ei koske lausuntoa.

## Ramboll Analytics



Anri Aallonen  
FM, kemisti, +358 20 755 7930

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Lisätiedot** PAH-yhdisteet: asenaftyleenin määräysrajoja nostettu näytematriisista johtuen.

**Jakelu** sanna.pulkkinen@ramboll.fi; juha.parviainen@ramboll.fi; tomi.pulkkinen@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

**LIITE 9  
KAASUNÄYTTEIDEN  
LABORATORIOANALYYSIEN  
TULOKSET**

## Tutkimustodistus

1/1

Projekti: 82139965/17

Ramboll Finland Oy, /Tampere  
Tomo Pulkkinen  
PL 718  
33101 TAMPERE

|                   |                                                                                            |                        |           |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| Tutkimuksen nimi: | 82142248 Tampereen kaupunki, Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus, ilmanä | Näytteenottopvm:       | 13.4.2012 |
|                   |                                                                                            | Näyte saapui:          | 17.4.2012 |
| Näytteenottaja:   | Juha Parviainen                                                                            | Analysointi aloitettu: | 17.4.2012 |

## Päästömittaus

|                                     |                 |                 |                 |                 |                 | Yksikkö | Menetelmä |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----------|
| Näytteenottopisteet                 | PVP2 /<br>kaasu | PVP3 /<br>kaasu | PVP4 /<br>kaasu | PVP5 /<br>kaasu | PVP6 /<br>kaasu |         |           |
| Näyttenumero                        | 12PP<br>00241   | 12PP<br>00242   | 12PP<br>00243   | 12PP<br>00244   | 12PP<br>00245   |         |           |
| <b>MÄÄRITYKSET</b>                  |                 |                 |                 |                 |                 |         |           |
| Haihtuvahiilivedyt - Termodesorptio | Ok              | Ok              | Ok              | Ok              | Ok              | µg/m3   | RA4048    |

Lausunto Tulokset liitteenä

## Ramboll Analytics



Anri Aallonen  
FM, kemisti, +358 20 755 7930

Tämä tutkimustodistus on allekirjoitettu sähköisesti.

**Lisätiedot** Näyte otettu pumpun avulla Tenax TA adsorptioputkiin ja analysoitu ATD-GC/MSD menetelmällä. Tulokset on laskettu tunnetusta näytemäärästä joko yhdistekohtaisella standardilla tai vertaamalla tolueenin vasteeseen. Yhdisteet on tunnistettu massaspektrien ja Wiley -kirjastohaun avulla.

Näyte 12PP00242 näytestä PVP3 epäonnistui laitevian johdosta.

**Jakelu** sanna.pulkkinen@ramboll.fi; juha.parviainen@ramboll.fi; toni.pulkkinen@ramboll.fi

|                        |                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Työnumero:</b>      | 82139965/17                                           |
| <b>Projektin nimi:</b> | Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus |
| <b>Näytepiste:</b>     | PVP2                                                  |
| <b>Tunnus:</b>         | 12PP00241                                             |

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| <b>TVOC-pitoisuus<sup>1</sup>:</b> | <b>41 mg/m<sup>3</sup></b> |
|------------------------------------|----------------------------|

| <b>Yhdisteet</b>                | <b>mg/m<sup>3</sup></b> |
|---------------------------------|-------------------------|
| Dikloorieteeni (972,904)        | 12,4                    |
| C10-Hiilivety                   | 9,3                     |
| Tolueeni*                       | 2,4                     |
| Trikloorietaani (906,849)       | 1,3                     |
| Tunnistamaton hiilivety         | 1,2                     |
| Nonaani (967,941)               | 0,7                     |
| Ksyleenit*                      | 0,6                     |
| Dikloorietaani (968,801)        | 0,5                     |
| Tunnistamaton hiilivety         | 0,5                     |
| Tetrametyylipentaani (965,965)  | 0,5                     |
| Metyyliheksaani (962,925)       | 0,4                     |
| Tunnistamaton yhdiste           | 0,3                     |
| C8-Hiilivety                    | 0,3                     |
| Metyyliheptaani (968,938)       | <b>0,3</b>              |
| Etyylibentseeni*                | 0,2                     |
| C8-Hiilivety                    | 0,2                     |
| Metyyliisykloheksaani (966,929) | 0,2                     |
| C8-hiilivety                    | 0,2                     |
| Bentseeni*                      | 0,1                     |

Yhdisteen nimen perässä suluissa olevat luvut kuvaavat yhdisteen tunnistuksen todennäköisyyttä. Ensimmäinen luvuista kuvaa, kuinka todennäköisesti analysoitu piikki sisältää spektrikirjaston mukaista yhdistettä (ilmoitettu pitoisuus voi sisältää myös muita yhdisteitä mikäli luku on alhainen). Jälkimmäinen luvuista kuvaa kuinka todennäköisesti näytteestä analysoitu yhdiste on spektrikirjaston mukaista puhdasta yhdistettä. Todennäköisyyden maksimiarvot ovat 1000/1000. \*-merkittyjen yhdisteiden tunnistamiseen on käytetty lisäksi standardia, jolloin tunnistus on varmempi.

1)TVOC-pitoisuus on tunnistettujen ja tunnistamattomien hiilivetyjen kokonaispitoisuus, joiden kiehumispiste on noin 60-280 °C

|                        |                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Työnumero:</b>      | 82139965/17                                           |
| <b>Projektin nimi:</b> | Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus |
| <b>Näytepiste:</b>     | PVP4                                                  |
| <b>Tunnus:</b>         | 12PP00243                                             |

|                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>TVOC-pitoisuus<sup>1</sup>:</b> | <b>133 mg/m<sup>3</sup></b> |
|------------------------------------|-----------------------------|

| <b>Yhdisteet</b>                  | <b>mg/m<sup>3</sup></b> |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Dikloorieteeni (955,711)          | 23,0                    |
| Tunnistamaton yhdiste             | 13,4                    |
| Heptaani (993,993)                | 8,3                     |
| Tolueeni*                         | 7,5                     |
| Tunnistamaton terpeeni            | 6,7                     |
| 2-metyyliheptaani (980,960)       | 3,9                     |
| Trimetyylisykloheksaani (967,938) | <b>3,7</b>              |
| Nonaani (971,930)                 | 3,3                     |
| Oktaani (968,923)                 | 3,2                     |
| Metyylisykloheksaani (968,945)    | 3,1                     |
| Heksaani (976,967)                | 2,5                     |
| Ksyleenit*                        | 1,9                     |
| Dikloorietaani (970,936)          | 1,8                     |
| C7-Hiilivety                      | 1,3                     |
| Metyyliheksaani (974,955)         | 1,1                     |
| Pentaani (984,984)                | 0,8                     |
| Bentseeni*                        | 0,7                     |
| Etyylibentseeni*                  | 0,5                     |
| Metyylipentaani (981,952)         | 0,4                     |

Yhdisteen nimen perässä sulussa olevat luvut kuvaavat yhdisteen tunnistuksen todennäköisyyttä. Ensimmäinen luvusta kuvaa, kuinka todennäköisesti analysoitu piikki sisältää spektrikirjaston mukaista yhdistettä (ilmoitettu pitoisuus voi sisältää myös muita yhdisteitä mikäli luku on alhainen). Jälkimmäinen luvusta kuvaa kuinka todennäköisesti näytteestä analysoitu yhdiste on spektrikirjaston mukaista puhdasta yhdistettä. Todennäköisyyden maksimiarvot ovat 1000/1000. \*-merkittyjen yhdisteiden tunnistamiseen on käytetty lisäksi standardia, jolloin tunnistus on varmempi.

1)TVOC-pitoisuus on tunnistettujen ja tunnistamattomien hiilivetyjen kokonaispitoisuus, joiden kiehumispiste on noin 60-280 °C

|                        |                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Työnumero:</b>      | 82139965/17                                           |
| <b>Projektin nimi:</b> | Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus |
| <b>Näytepiste:</b>     | PVP5                                                  |
| <b>Tunnus:</b>         | 12PP00244                                             |

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| <b>TVOC-pitoisuus<sup>1</sup>:</b> | <b>50 mg/m<sup>3</sup></b> |
|------------------------------------|----------------------------|

| <b>Yhdisteet</b>                  | <b>mg/m<sup>3</sup></b> |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Tunnistamaton hiilivety           | 5,8                     |
| Dikloorieteeni (979,979)          | 3,6                     |
| Tunnistamaton terpeni             | 2,4                     |
| Trimetyylisykloheksaani (932,878) | 1,8                     |
| Tunnistamaton yhdiste             | 1,7                     |
| Heksaani (979,696)                | 1,4                     |
| Heptaani (981,981)                | 1,3                     |
| Metyyliheptaani (978,958)         | 1,2                     |
| Bentseeni*                        | 1,0                     |
| Metyyliisykloheksaani (990,990)   | 0,8                     |
| Tunnistamaton hiilivety           | 0,8                     |
| Metyyliheptaani (962,946)         | 0,8                     |
| Tunnistamaton hiilivety           | 0,8                     |
| Dimetyylisykloheksaani (969,937)  | 0,6                     |
| Ksyleenit*                        | 0,6                     |
| Tunnistamaton hiilivety           | 0,6                     |
| Oktaani (915,880)                 | 0,5                     |
| Metyyliheksaani (978,964)         | 0,5                     |
| Pentaani (986,986)                | 0,4                     |
| Metyyliheksaani (978,964)         | 0,4                     |
| Trikloorietaani (884,780)         | 0,4                     |
| Metyylipentaani (979,955)         | 0,3                     |
| C6-hiilivety                      | 0,3                     |
| Etylibentseeni*                   | 0,2                     |

Yhdisteen nimen perässä suluissa olevat luvut kuvaavat yhdisteen tunnistuksen todennäköisyyttä. Ensimmäinen luvuista kuvaa, kuinka todennäköisesti analysoitu piikki sisältää spektrikirjaston mukaista yhdistettä (ilmoitettu pitoisuus voi sisältää myös muita yhdisteitä mikäli luku on alhainen). Jälkimmäinen luvuista kuvaa kuinka todennäköisesti näytteestä analysoitu yhdiste on spektrikirjaston mukaista puhdasta yhdistettä. Todennäköisyyden maksimiarvot ovat 1000/1000. \*-merkittyjen yhdisteiden tunnistamiseen on käytetty lisäksi standardia, jolloin tunnistus on varmempi.

1)TVOC-pitoisuus on tunnistettujen ja tunnistamattomien hiilivetyjen kokonaispitoisuus, joiden kiehumispiste on noin 60-280 °C

|                        |                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Työnumero:</b>      | 82139965/17                                           |
| <b>Projektin nimi:</b> | Sulkavuoren kaatopaikan riski- ja toimenpidekartoitus |
| <b>Näytepiste:</b>     | PVP6                                                  |
| <b>Tunnus:</b>         | 12PP00245                                             |

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| <b>TVOC-pitoisuus<sup>1</sup>:</b> | <b>94 mg/m<sup>3</sup></b> |
|------------------------------------|----------------------------|

| <b>Yhdisteet</b>                  | <b>mg/m<sup>3</sup></b> |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Dikloorieteeni (945,755)          | 14,9                    |
| Tunnistamaton hiilivety           | 13,1                    |
| Tunnistamaton terpeni             | 6,1                     |
| Tolueeni*                         | 2,9                     |
| Metyylisykloheksaani (991,991)    | 2,8                     |
| Heptaani (980,980)                | 2,7                     |
| Trimetyylisykloheksaani (931,879) | 2,4                     |
| Metyyliheptaani (978,959)         | 1,9                     |
| Trikloorietaani (921,854)         | 1,6                     |
| Metyyliheptaani (967,956)         | 1,2                     |
| Dimetyylisykloheksaani (971,952)  | 1,1                     |
| C8-hiilivety                      | 1,1                     |
| Tunnistamaton hiilivety           | 0,9                     |
| Metyyliheksaani (980,968)         | 0,9                     |
| Metyyliheksaani (972,957)         | 0,8                     |
| Heksaani (963,927)                | 0,7                     |
| Dikloorietaani (971,936)          | 0,5                     |
| Bentseeni*                        | 0,5                     |
| Etylibentseeni                    | 0,3                     |

Yhdisteen nimen perässä sulussa olevat luvut kuvaavat yhdisteen tunnistuksen todennäköisyyttä. Ensimmäinen luvusta kuvaa, kuinka todennäköisesti analysoitu piikki sisältää spektrikirjaston mukaista yhdistettä (ilmoitettu pitoisuus voi sisältää myös muita yhdisteitä mikäli luku on alhainen). Jälkimmäinen luvusta kuvaa kuinka todennäköisesti näytteestä analysoitu yhdiste on spektrikirjaston mukaista puhdasta yhdistettä. Todennäköisyyden maksimiarvot ovat 1000/1000. \*-merkittyjen yhdisteiden tunnistamiseen on käytetty lisäksi standardia, jolloin tunnistus on varmempi.

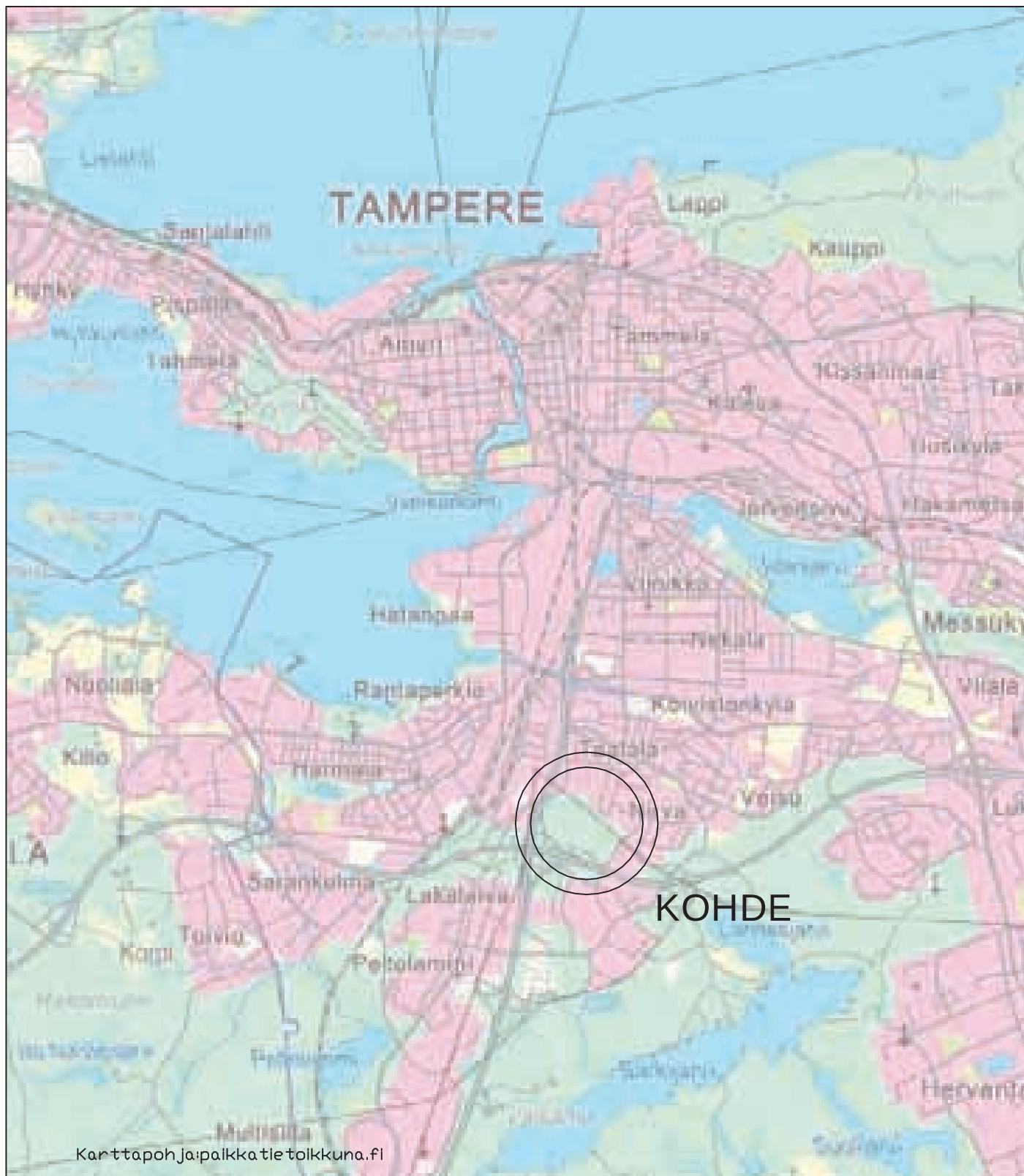
1)TVOC-pitoisuus on tunnistettujen ja tunnistamattomien hiilivetyjen kokonaispitoisuus, joiden kiehumispiste on noin 60-280 °C

| Haitta-aine          | Ominaisuudet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| antimoni             | Antimoni esiintyy luonnossa yleisimmin hapetusmuodossa +3 ja satunnaisesti muodoissa +5 ja -3. Antimoni ei ole maaperässä hyvin kulkeutuvassa muodossa. Emäksiset olosuhteet voivat lisätä antimonin liukoisuutta. Tietyt yhdisteet ovat syöpävaarallisia ja erittäin myrkyllisiä vesiliöille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| elohopea             | Elohopea voi esiintyä luonnossa alkuainemuodossa tai erilaisina epäorgaanisina ja orgaanisina yhdisteinä. Elohopea voi pelkistyä maaperässä haihtuvaan metalliseen muotoon, muodostaa niukkaliukosia sulfideja tai muuntua mikrobiologisesti epäorgaanisesta orgaaniseksi metyylielohopeaksi. Metallinen elohopea on myrkyllistä hengitettynä ja voi aiheuttaa terveyshaittaa pitkäaikaisessa altistuksessa. Elohopeayhdisteet ovat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta erittäin myrkyllisiä hengitettynä, nieltynä sekä iholle joutuessaan ja voivat aiheuttaa terveyshaittaa pitkäaikaisessa altistuksessa. Elohopea ja sen yhdisteet ovat ympäristölle vaarallisia ja myrkyllisiä vesiliöille.                                                                                                                           |
| kadmium              | Kadmium on maaperässä suhteellisen helposti kulkeutuvaa. Kadmium kertyy eläimiin ja kasveihin maaperästä ja voi aiheuttaa vaikutuksia ravintoketjussa jo suhteellisen pienissäkin pitoisuuksissa. Ihmisessä kadmium kertyy ensisijaisesti munuaisiin ja jatkuva altistuminen voi johtaa munuaisvaurioihin. Kadmiumyhdisteet ovat haitallisia hengitettynä, nieltynä ja iholle joutuessaan, sekä ympäristölle vaarallisia ja myrkyllisiä vesiliöille. Tietyt yhdisteet (kadmiumkloridi, kadmiumoksidi, kadmiumsulfaatti ja kadmiumsulfidi) ovat kuitenkin vaarallisempia ja aiheuttavat mm. syöpää, vaaraa sikiölle ja heikentävät hedelmällisyyttä.                                                                                                                                                                         |
| kromi                | Kromi esiintyy luonnossa hapetusasteilla +3 ja +6. Suomen maaperässä ei ole tavattu luontaisesti kuudenarvoista kromia. Kromi on maaperässä yleensä melko pysyvässä ja niukkaliukoisessa muodossa. Emäksisissä tai happamissa olosuhteissa kolmenarvoinen kromi hapettuu kuudenarvoiseksi, joka on huomattavasti liikkuvampaa kuin kolmenarvoinen. Kolmenarvoisen kromin haitallisuus lisääntyy liukoisuuden kasvaessa. Kolmenarvoinen kromi on ihmiselle välttämätön hivenaine. Kuudenarvoinen kromi puolestaan on syöpävaarallinen ja eliöille haitallisempi muoto. Kuudenarvoinen kromi imeytyy elimistöön kolmenarvoista helpommin.                                                                                                                                                                                     |
| kupari               | Kupari esiintyy maaperässä hapetusluvuilla 0, +1 ja +2. Kuparin kulkeutuvuus kasvaa happamissa olosuhteissa. Ihmistoiminnan seurauksena maaperään päässyt kupari on usein liukoisemmassa muodossa, kuin maaperän mineraaleihin sitoutunut kupari. Kupari on erittäin myrkyllistä vesiliöille ja tietyt yhdisteet voivat olla terveydelle haitallisia. Pieninä pitoisuuksina kupari on ihmiselle välttämätön hivenaine.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| lyijy                | Lyijy esiintyy luonnossa hapetusluvuilla +2 ja +4. Lyijyn kulkeutuvuus maaperässä on yleensä heikkoa. Happamat ja hapettavat olosuhteet sekä kompleksoituminen liukosiin yhdisteisiin lisäävät lyijyn liukoisuutta. Lyijy ja sen yhdisteet on luokiteltu vaaralliseksi sikiölle, ja lyijy voi alentaa hedelmällisyyttä. Lyijy voi myös aiheuttaa terveyshaittaa pitkäaikaisessa altistuksessa. Lyijy on erittäin myrkyllistä vesiliöille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| nikkeli              | Nikkeliä esiintyy luonnossa useilla hapetusasteilla, joista tavallisin on +2. Metallinen nikkeli ja jotkut nikkeliyhdisteet saattavat aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa. Jotkut nikkeliyhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä vesiliöille. Pieninä annoksina nikkeli on ihmiselle välttämätön hivenaine.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| sinkki               | Sinkki on luonnossa yleinen metalli, joka esiintyy hapetusasteella +2. Maaperässä sinkki voi muodostaa erilaisia epäorgaanisia ja orgaanisia kompleksiyhdisteitä, joista monet ovat liukoisia ja helposti liikkuvia. Emäksiset ja voimakkaasti pelkistävät olosuhteet heikentävät sinkkiyhdisteiden liukoisuutta. Ihmistoiminnan myötä maaperään päässyt sinkki on yleensä liukoisemmassa muodossa, kuin luontainen. Sinkki on tarpeellinen hivenaine kasveille, eliöille ja ihmisille. Eräät sinkin yhdisteet voivat olla haitallisia terveydelle ja erittäin myrkyllisiä vesiliöille.                                                                                                                                                                                                                                     |
| vanadiini            | Vanadiinia esiintyy luonnossa hapetusluvuilla +2, +3, +4 ja +5. Pelkistävässä oloissa vanadiini esiintyy kolmenarvoisena ja on hyvin heikosti liikkuva. Hapettavassa ympäristössä vanadiini esiintyy hapetusasteilla +4 ja +5. Viidenarvoisena vanadiini on hyvin kulkeutuvaa laajalla pH-alueella. Vanadiinin yhdisteistä eräät voivat olla pysyviä vaurioita aiheuttavia, sikiölle vaarallisia, terveydelle haitallisia tai myrkyllisiä vesiliöille. Vanadiinin myrkyllisyys kasvaa tyypillisesti suhteessa sen hapetuslukuun. Ihmiselle vanadiini on välttämätön hivenaine, jonka tarve on kuitenkin hyvin pieni.                                                                                                                                                                                                        |
| syaniidi, syaanivety | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Syaniidi on herkkä pH muutoksille, syaanivedyn muodostuminen on mahdollista hyvin happamissa ja emäksisissä olosuhteissa</li> <li>- Altistuminen pääasiassa hengitysteitse</li> <li>- syaanivety on heikosti haiseva</li> <li>- Syaanivety on myrkyllistä (HTP15 min 10 ppm)</li> <li>- Syaanivety kulkeutuu hengitysketjuun eli muutama hengenveto korkeassa pitoisuudessa voi tappaa.</li> <li>- Välttömästi vaarallinen pitoisuus (IDLH-arvo) syaanivedylle 50 ppm (55mg/m3)/ 30 min</li> <li>- Syaanivety aiheuttaa palovaaran</li> <li>- Syaanivety ärsyttävää silmiä, ihoa ja hengitysteitä</li> <li>- Saattavaa aiheuttaa huimausta, päänsärkyä, hengitysvaikeuksia, poltetta suussa, pulssin nopeutumista, tajuttomuutta, altistuminen saattaa johtaa kuolemaan</li> </ul> |

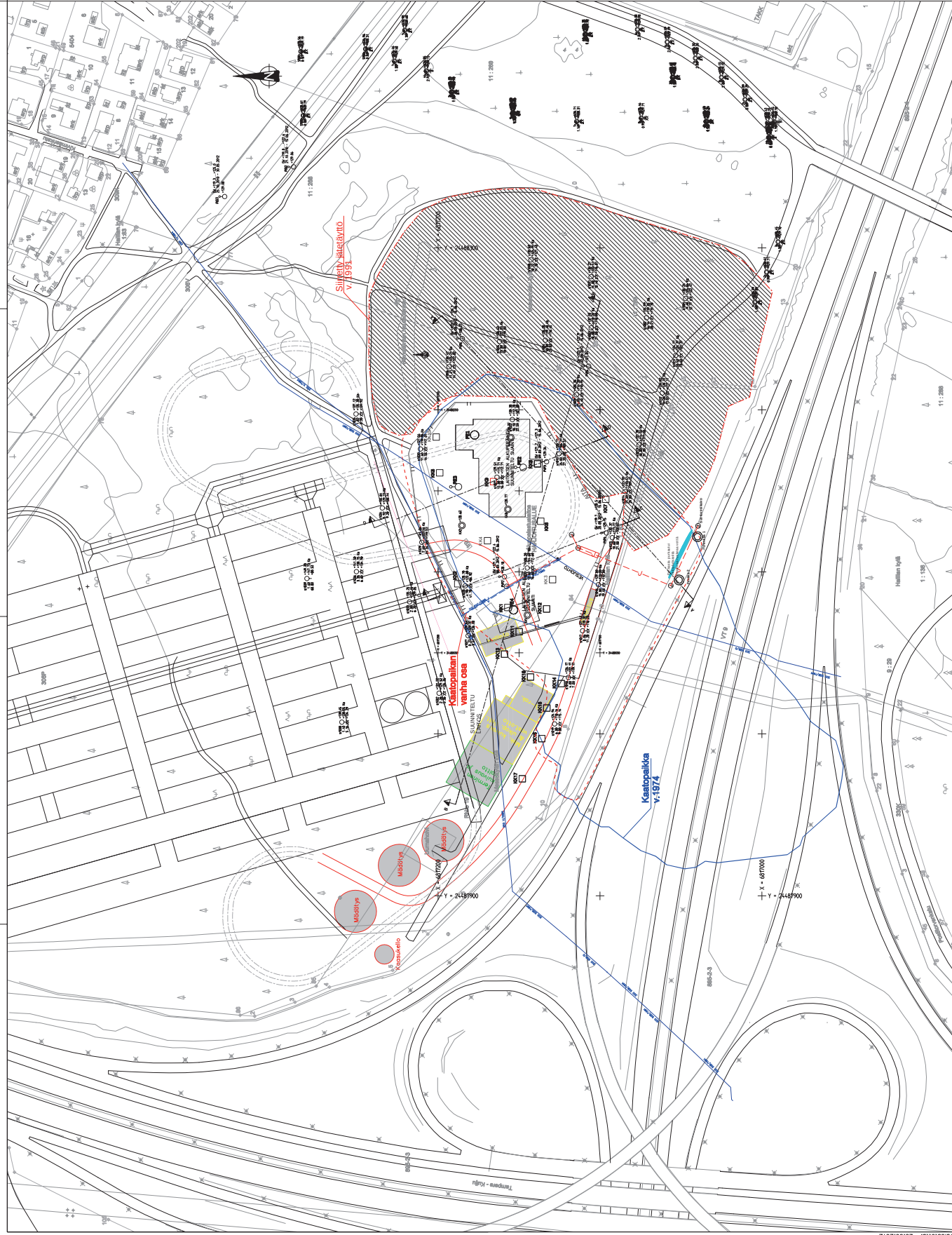
|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| öljyhiilivedyt (C5-C40) | <p>Öljytuotteiden hiilivetykoostumus ja yksittäisten hiilivetyjen myrkyllisyys ja käyttäytymisominaisuudet vaihtelevat, minkä vuoksi öljyjen aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä ei voi tavallisesti tarkastella kokonaisöljypitoisuuksien perusteella. Siksi maaperän öljyhiilivetykoostumuksen tarkempaan selvittämiseen ja öljystä aiheutuvien ympäristö- ja terveysriskien arviointiin suositellaan käytettäväksi avainyhdisteiden lisäksi ns. fraktiokohtaista lähestymistapaa. Erot hiilivetyjen ympäristökäyttäytymisessä kevyiden ja raskaiden jakeiden välillä ovat erittäin suuria. Esimerkiksi ohjearvoille määritellyn keskitislejakeen (&gt;C10-C21) alkupäässä olevat aromaattiset hiilivedyt liukenevat suhteellisen hyvin veteen ja sekä aromaattiset että alifaattiset hiilivedyt haihtuvat herkästi ilmaan. Saman jakeen loppupäässä olevat alifaattiset hiilivedyt sen sijaan ovat käytännössä maaperässä kulkeutumattomia. Raskaammat jakeet puolestaan ovat kaikki maaperässä melko pysyviä. Kevyen polttoöljyn/dieselöljyn kevyemmät (C8 - C16) alifaattiset jakeet vaikuttavat elimistössä maksaan ja vereen ja raskaammat jakeet (C16 – C35) vaikuttavat maksaan. Aromaattiset kevyet jakeet vaikuttavat kehon, maksan ja munuaisten painoon ja raskaat jakeet munuaisiin. Maaperän ekologia riskitasoja ei ole määritetty öljyhiilivetyjakeille. Nimetyt öljyhiilivetyjakeet (C4-C10, C10-C21 ja &gt;C21-C40) sisältävät kukin lukuisia ominaisuuksiltaan vaihtelevia ja suurelta osin vielä tuntemattomia aineita, joiden haitallisuutta maaperässä ei voi arvioida summautuvasti. Kirjallisuudessa ekotoksikologista tietoa öljyhiilivetyjen osalta on saatavissa vain vähän, eivätkä terveydelle vaaralliset karsinogeenit (mm. bentseeni ja tietyt PAH-yhdisteet) välttämättä edusta maaperäeliöstön suhteen haitallisimpia öljyhiilivetykomponentteja. Tunnettujen öljyhiilivetyjen haitallisuutta moniin muihin orgaanisiin yhdisteisiin verrattuna pidetään kuitenkin yleisesti melko alhaisena ja öljyhiilivedyt toimivat maaperässä usein myös mikrobien ravintolähteenä.</p> |
| bentseeni               | <p>Bentseeni on vesiliukoinen ja helposti haihtuva aromaattinen neste. Maaperässä bentseeni kulkeutuu hyvin ja päättyy helposti pohjaveteen. Maaperässä ja pohjavedessä bentseeni hajoaa helposti sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa. Bentseeni on syöpävaarallinen yhdiste ja voi aiheuttaa periytyviä perimävaurioita. Se on myrkyllistä hengitettynä ja joutuessaan iholle sekä voi aiheuttaa terveydelle haittaa nieltynä. Bentseeni on helposti syttyvää. Bentseeni aiheuttaa terveysriskejä pääasiassa pohjaveden ja sisäilman välityksellä. Bentseeni on myrkyllistä vesieliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| tolueeni                | <p>Tolueeni on aromaattinen neste, jota esiintyy luontaisesti maaöljyssä. Se on helposti haihtuvaa ja suhteellisen vesiliukoista ja maaperässä helposti kulkeutuvaa. Tolueeni on helposti syttyvää, terveydelle haitallista ja voi olla vaarallista sikiöille. Tolueeni on myrkyllistä vesieliöille, mutta ei todennäköisesti ole erityisen myrkyllistä maaperäeliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| etylibentseeni          | <p>Etylibentseeni on tolueenin kaltainen aromaattinen neste. Se pidättyy tolueenia paremmin maaperän orgaaniseen ainekseen, eikä ole ominaisuuksiltaan yhtä liikkuvaa. Etylibentseeni haihtuu tolueenia heikommin kemikaalifaasista, mutta herkemmin vesifaasista. Tolueeni on helposti syttyvää ja terveydelle haitallista. Etylibentseeni ärsyttää silmiä ja limakalvoja. Eläinkokeiden perusteella sen vaikutusten kohde-elimiä ovat keskushermosto, maksa, munuaiset, keuhkot, kivekset ja kilpirauhanen. Etylibentseeni on myrkyllistä vesieliöille, mutta ei todennäköisesti ole erityisen myrkyllistä maaperäeliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ksyleeni                | <p>Ksyleenit tuotetaan muiden BTEX-yhdisteiden tavoin maaöljystä. Ksyleenillä on kolme eri isomeeriä; o-ksyleeni, m-ksyleeni ja p-ksyleeni. Eri isomeerit ovat ominaisuuksiltaan saman kaltaisia. Ksyleenit ovat maaperässä helposti tai kohtalaisesti kulkeutuvia, riippuen maaperän laadusta ja pH:sta. Bentseeniin ja tolueeniin verrattuna kulkeutuvuus maaperässä, haihtuvuus ja vesiliukoisuus on astetta heikompaa. Ksyleenit vaikuttavat elimistössä huumavasti. Ksyleenit ovat syttyviä, terveydelle haitallisia hengitettynä tai iholle joutuessaan sekä myrkyllisiä vesieliöille. Ksyleenit eivät todennäköisesti ole erityisen myrkyllisiä maaperäeliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| PAH-yhdisteet:          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| bentso(a)antraseeni     | <p>Bentso(a)antraseeni koostuu neljästä bentseenirenkaasta. Bentso(a)antraseeni on kohtalaisen haihtuvaa. Yhdiste sitoutuu maaperässä orgaaniseen ainekseen, minkä vuoksi sen liikkuvuus maaperässä on vähäistä ja biologinen hajoaminen hidasta. Yhdiste voi kertyä biologisesti. Bentso(a)antraseenin on arvioitu aiheuttavan syöpävaaraa, sen syöpävaarallisuuden on arvioitu olevan noin 1/10 bentso(a)pyreenin syöpävaarallisuudesta. Yhdiste on erittäin myrkyllistä vesieliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| bentso(a)pyreeni        | <p>Bentso(a)pyreeni on viisirenkainen yhdiste, joka maaperässä pysyy tavallisesti orgaaniseen ainekseen sitoutuneena eikä merkittävässä määrin haihdu ilmakehään tai kulkeudu pohjaveteen. Biologinen kertyvyys on mahdollista ja biologinen hajoavuus hidasta. Tunnetuista PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreeni on herkimmin syöpää aiheuttava yhdiste, mistä johtuen muiden PAH-yhdisteiden syöpävaarallisuus ilmoitetaan usein suhteutettuna bentso(a)pyreenin syöpävaarallisuuteen. Yhdiste on vesieliöille erittäin myrkyllistä.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| bentso(k)fluoranteeni   | <p>Bentso(k)fluoranteeni on viisirenkainen yhdiste, joka maaperässä hyvin heikosti liikkuvaa alhaisen vesiliukoisuutensa ja haihtuvuutensa vuoksi. Bentso(k)fluoranteeni sitoutuu tiukasti maaperän orgaaniseen ainekseen. Bentso(k)fluoranteenin hajoavuus maaperässä on hidasta. Yhdiste on hydrofobinen, minkä vuoksi se on kertyvää. Bentso(k)fluoranteenin on todettu olevan syöpävaarallinen (syöpävaarallisuus noin 1/10 bentso(a)pyreenin syöpävaarallisuudesta). Yhdiste on erittäin myrkyllistä vesieliöille.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| fenantreeni             | <p>Fenantreeni muodostuu kolmesta bentseenirenkaasta. Fenantreeni on niukasti vesiliukoinen ja sen kulkeutuvuus raskaampiin PAH-yhdisteisiin verrattuna on parempaa. Fenantreenia voi kulkeutua pohjaveteen. Fenantreeni voi hajota biologisesti ja se on myrkyllistä vesieliöille. Fenantreenin on todettu olevan syöpävaarallista.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| fluoranteeni      | Fluoranteeni on nelirenkainen PAH-yhdiste, joka on niukasti vesiliukoinen, mutta ei kulkeudu helposti maaperässä. Fluoranteenin biologinen hajoaminen on hidasta. Pitkäaikainen altistuminen fluoranteenille voi aiheuttaa syöpää, vaikka syöpävaarallisuuden on arvioitu olevan vain noin 1/100 bentso(a)pyreenin syöpävaarallisuudesta. Fluoranteeni on myrkyllistä vesieliöille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| naftaleeni        | Naftaleeni muodostuu kahdesta bentseenirenkaasta ja on rakenteeltaan yksinkertaisin PAH-yhdiste. Yksinkertaisesta rakenteestaan johtuen se on PAH-yhdisteistä vesiliukoisin ja herkimmin haihtuva. Yhdiste voi siksi kulkeutua maaperässä ja päätyä pohjaveteen tai hengitysilmaan. Naftaleenin biologinen hajoavuus on nopeampaa kuin muiden PAH-yhdisteiden. Naftaleenin epäillään aiheuttavan syöpäsairauden vaaraa. Pitkäaikainen altistuminen naftaleenille voi aiheuttaa vaikutuksia mm. silmissä ja verisoluissa. Naftaleeni on erittäin myrkyllistä vesieliöille.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| PCB-yhdisteet     | Polykloorattuja bifenyylejä on tiedossa 209 yhdistettä (kogneeria). Näistä yli 130 yhdistettä on ollut käytössä kaupallisissa tuotteissa, joita on käytetty mm. muuntajissa, kondensaattoreissa ja saumaussmassoissa. Maaperässä PCB-yhdisteet ovat heikosti kulkeutuvia ja hyvin hitaasti hajoavia. Vesiliukoisuus ja haihtuvuus pienenee ja pysyvyys lisääntyy kloorautumisen asteen kasvaessa. Penta- ja sitä korkeammin kloorautuneet PCB-yhdisteet luokitellaan ympäristössä pysyviksi. PCB-yhdisteet ovat vesiympäristössä erittäin kertyviä ja voivat rikastua ravintoketjussa. Pitkäaikainen altistuminen on aiheuttanut kehityshäiriöitä mm. hylkeillä ja linnuilla. Ihmisillä pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa mm. neurologisia oireita ja ihomuutoksia, sekä mahdollisesti syöpää. PCB-yhdisteiden myrkyllisyys vaihtelee yhdisteittäin, myrkyllisimpiä ovat dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet. PCB-yhdisteitä tarkastellaan yleensä nimettyjen indikaattoriyhdisteiden avulla (kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180). PCB-yhdisteille tausta-altistusta tapahtuu kalan ja maitotuotteiden syönnin sekä hengitysilman kautta. |
| dikloorimetaani   | Dikloorimetaani on helposti haihtuva neste. Suurin osa päästöistä haihtuu ilmakehään. Maaperässä se haihtuu helposti, mutta veteen liuettuaan kulkeutuu helposti pohjaveteen eikä pidäty maa-ainekseen. Aine voi kulkeutua maaperässä myös omana vettä raskaampaa faasinaan. Biologinen hajoavuus on hidasta ja heikko liukeneminen nestefaasista voi aiheuttaa pitkäaikaisen riskin pohjaveden laadulle. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa vaikutuksia keskushermostossa, maksassa ja munuaisissa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| vinyylikloridi    | Vinyylikloridi on erittäin helposti haihtuva ja reaktiivinen kloorieteeni. Maaperään päässyt vinyylikloridi haihtuu helposti sekä kuivasta että kosteasta maasta. Vinyylikloridi on vettä kevyempää, toisin kuin korkeammin klooratut Veteen liuettuaan vinyylikloridi voi kulkeutua helposti pohjaveteen, koska se ei pidäty merkittävästi maa-ainekseen. Maaperässä ja pohjavedessä hajoaminen on hidasta, mutta haihtuminen voi olla merkittävää. Maaperässä vinyylikloridia voi syntyä muiden kloorattujen hiilivetyjen biologisen hajoamisen seurauksena. Vinyylikloridi on erittäin helposti syttyvää ja se aiheuttaa syöpäsairauden vaaraa. Lisäksi se voi aiheuttaa muita toksisia vaikutuksia maksassa, keuhkoissa ja ruoansulatuskanavassa jo varsin alhaisina annoksina. Yleensä määräytyy maaperästä ei voimakkaan haihtumisen vuoksi onnistu, minkä vuoksi mittauksia on syytä tehdä pohjavedestä ja huokoskaasusta, kun epäillään vinyylikloridin esiintymistä maaperässä.                                                                                                                                                                    |
| dikloorieteeni    | Dikloorieteeneihin kuuluvat 1,1-DCE, cis-1,2-DCE ja trans-1,2-DCE. Dikloorieteenit ovat helposti haihtuvia. Eri isomeerit ovat keskenään samankaltaisia ympäristövaikutuksiltaan ja ominaisuuksiltaan. Maaperästä DCE haihtuu ja liukenee helposti eikä pidäty hyvin maa-ainekseen. Dikloorieteenejä voi muodostua korkeammin kloorautuneiden eteenien (TCE ja PCE) biologisen hajoamisen seurauksena. 1,2-DCE on biologisesti huonosti hajoavaa. 1,2-DCE on luokiteltu helposti syttyväksi, terveydelle haitalliseksi hengitettynä ja haitalliseksi vesieliöille. 1,1-DCE on erittäin helposti syttyvää ja terveydelle haitallista hengitettynä.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| trikloorieteeni   | Trikloorieteeni (TCE) on syntetttinen orgaaninen liuotin. TCE on helposti haihtuva yhdiste. Maaperässä TCE voi kulkeutua haihtuneena huokosilmassa tai kulkeutua pohjaveteen liukoisena. Veteen liuenneena TCE on helposti kulkeutuva eikä sitoudu merkittävästi maa-ainekseen. TCE on liuottimien tapaan vettä raskaampaa ja painuu maakerroksessa alaspäin. TCE voi kulkeutua maaperästä rakennusten sisäilmaan haihtumalla. TCE on biologisesti hajoavaa, mutta hajoaminen on hidasta. Hajoamisen välituotteina syntyy dikloorieteeniä ja vinyylikloridia. TCE:n on todettu eläinkokeissa aiheuttavan syöpää, mutta sen syöpävaarallisuutta ihmiselle ei ole osoitettu. Pitkäaikaisen altistuksen vaikutukset kohdistuvat todennäköisimmin keskushermostoon, maksaan ja munuaisiin. TCE on vesieliöille haitallista.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| tetrakloorieteeni | Tetrakloorieteeni (PCE) on syntetttinen kloorattu hiilivety, jonka päästöistä suurin osa haihtuu ilmakehään. Naaoerössö PCE voi haihtua huokosilmaan tai kulkeutua pohjavesiin. Pohjavedessä PCE liikkuu helposti veden mukana, mutta sitoutuminen maaperään on hieman parempaa, kuin TCE:llä. Liukenemattomassa erillisfaasissa PCE kulkeutuu maaperässä alaspäin ja pidättyy jäännösfasiksi maaperän huokosiin. Suuret päästöt voivat aiheuttaa kemikaalifaasin pysähtyvän vasta läpäisemättömään maakerrokseen tai kalliioon, jonka pinnalle kerääntyy vapaa kemikaalifaasi. PCE:n hajoavuus maaperässä on hidasta. Aine hajoaa ainoastaan hapettomissa olosuhteissa, jolloin hajoamisen välituotteina syntyy TCE:tä, dikloorieteeniä ja vinyylikloridia. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa vaikutuksia keskushermostossa, maksassa ja munuaisissa. Suurina annoksina PCE aiheuttaa syöpää. PCE on myrkyllistä vesieliöille.                                                                                                                                                                                                                      |

Tiedot ovat pääosin peräisin julkaisusta Suomen ympäristö 23/2007. Poikkeukset esitetty tekstissä.



|                                                                                                                                                                                                        |                |              |                                        |                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------------|-------------------------------|
| k.osa/ kylä                                                                                                                                                                                            | kortteli/ tila | Tontti/ Rn:o | Viranomaisen merkintöjä                |                               |
| Rakennustoimenpide                                                                                                                                                                                     |                |              | Piirustuslaji                          |                               |
| Rakennuskohteen nimi ja osoite<br><b>SULKAVUOREN KAASTOPAIKKA</b><br><b>TAMPERE</b>                                                                                                                    |                |              | Piirustuksen sisältö<br>Sijaintikartta |                               |
|  Ramboll<br>PL 718, Pakkahuoneenaukio 2<br>33101 Tampere<br>puh. 020 755 6800<br>fax 020 755 6801<br>www.ramboll.fi |                |              | Suunn. ala<br><b>YMP</b>               | Työnro<br><b>82142248</b>     |
|                                                                                                                                                                                                        |                |              | Piirustusno<br><b>001</b>              | Tiedosto                      |
| Suunn. (nimi, tutkinto, allekirj.)<br><b>Jenni Haapaniemi</b>                                                                                                                                          |                |              | Piirt.<br><b>JHa</b>                   | Hyv.<br><b>Tomi Pulkkinen</b> |
|                                                                                                                                                                                                        |                |              |                                        | Pvm<br><b>19.6.2012</b>       |

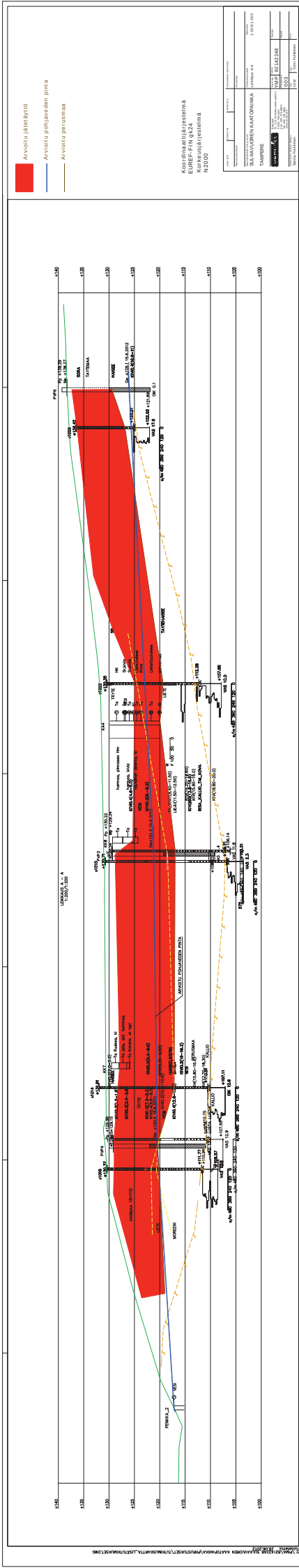


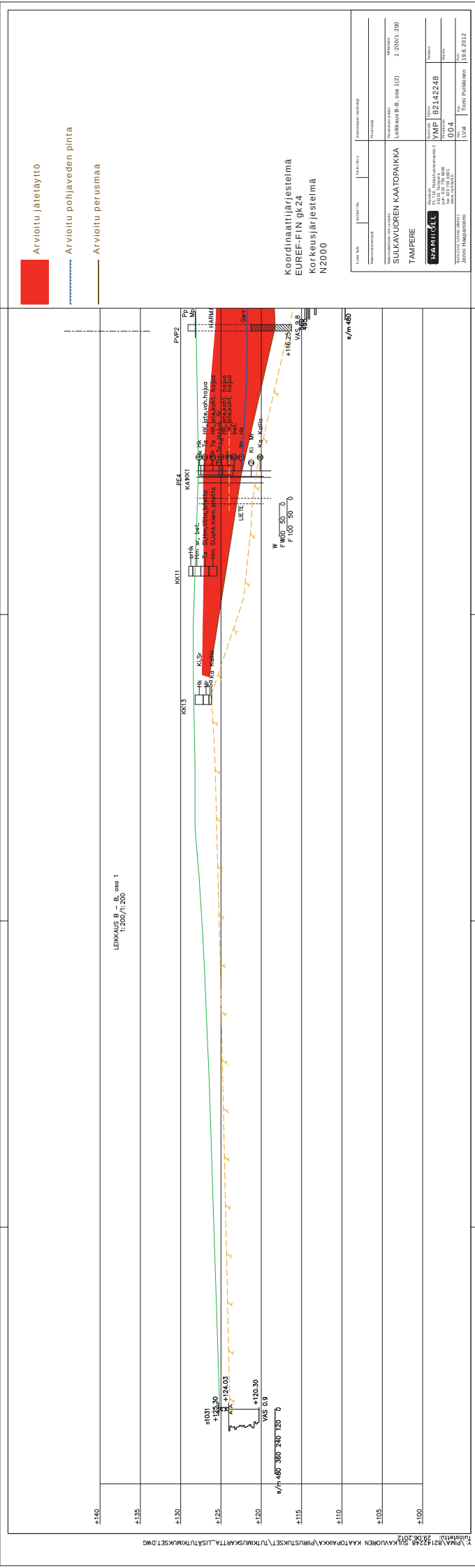
|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| KA1 - KA4   | Rambolin karauspeisteet 2012    |
| PVP2 - PVP6 | Rambolin pohjavesiputket 2012   |
| PE2 - PE3   | Pöyryyn pohjavesiputket 2010    |
| PE1 - PE4   | Pöyryyn karauspeisteet 2010     |
| KK1 - KK18  | Rambolin koekupat 2012          |
| Penkka 1-2  | Rambolin vesinäyttopisteet 2012 |

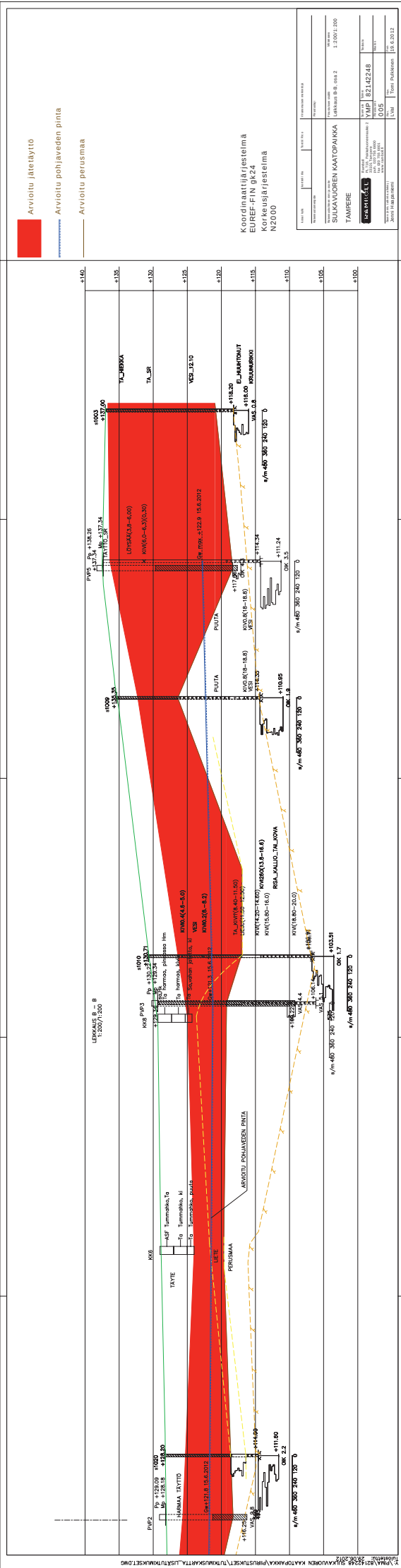


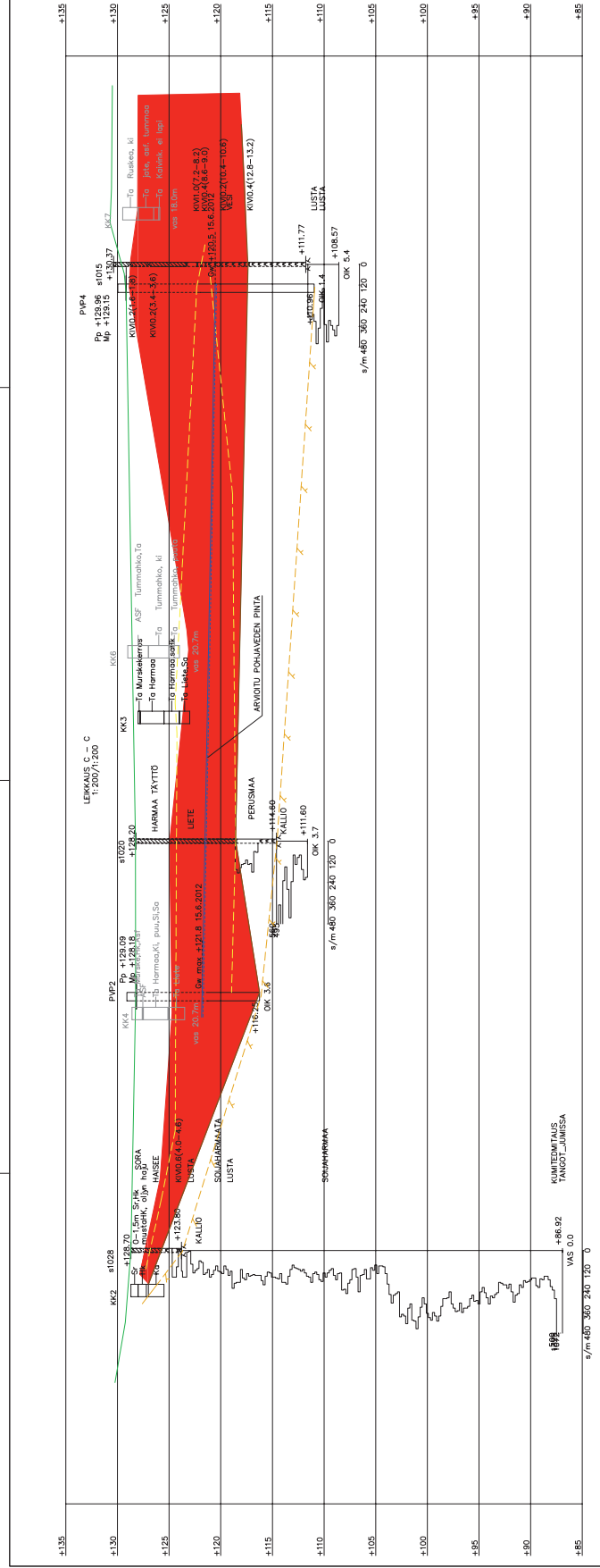
Koordinaattijärjestelmä  
EUREF-FIN GK24  
Korkeusjärjestelmä  
N2000

[illegible]









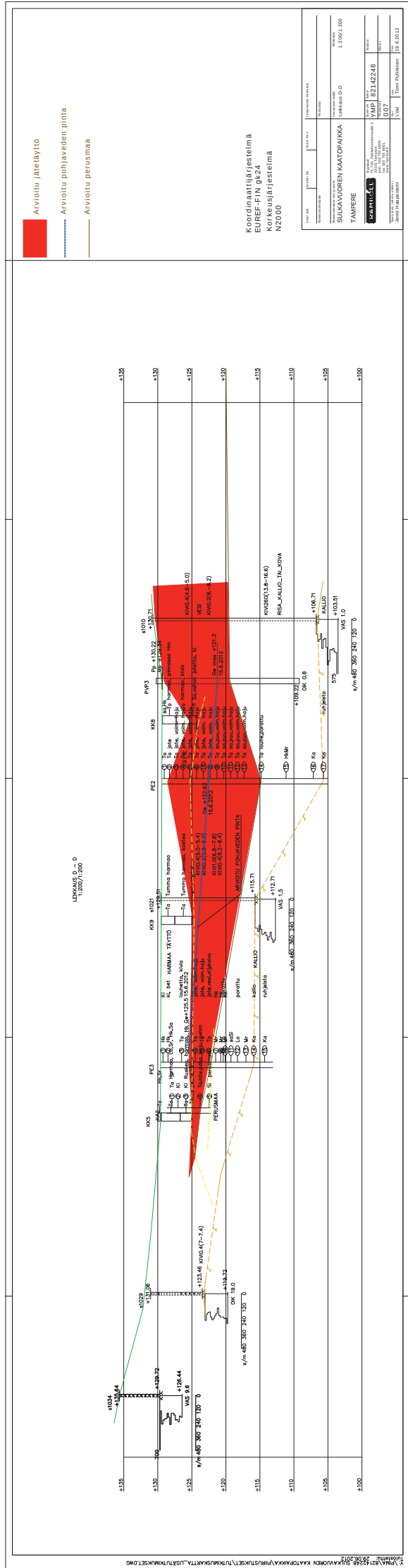
Arvioitu jätetäyttö

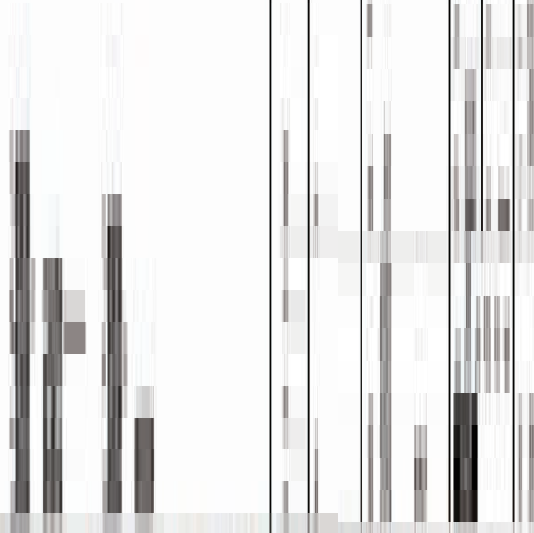
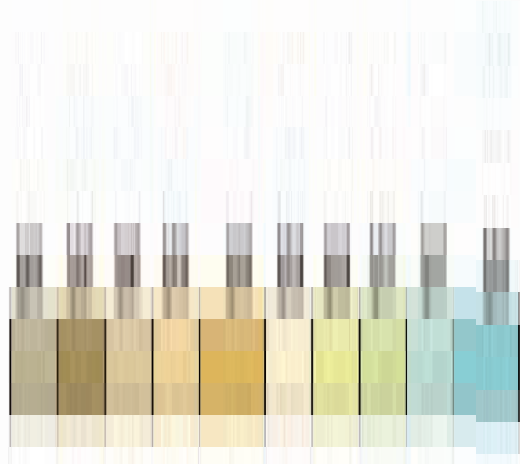
- Arvioitu pohjaveden pinta

### Arvioitu perusmaa

Koordinaattijärjestelmä  
EUREF-FIN gk24  
Korkeusjärjestelmä  
N2000

[illegible]

[illegible]



## 8. Ilmapäästöjen leviämismallinnus

VE Sulkavuori





Tampereen Vesi Liikelaitos  
PL 487  
33101 Tampere

Tampereen Vesi Liikelaitos

Pirkanmaan keskuspuhdistamo  
Sulkavuoren vaihtoehto

Hiukkasten leviämisen mallinnukset

Ympäristövaikutusten arviointi 2012

6.9.2012

Enwin Oy

Tarja Tamminen  
Ari Tamminen

---

ENWIN OY  
Kivipöytälänkuja 2  
33920 Pirkkala  
Puh/Fax: **03-2664 396**  
[ari.tamminen@enwin.fi](mailto:ari.tamminen@enwin.fi)  
[tarja.tamminen@enwin.fi](mailto:tarja.tamminen@enwin.fi)

[www.enwin.fi](http://www.enwin.fi)

ALV -rek  
Y- tunnus  
**1721084-8**

## SISÄLTÖ

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Johdanto .....                                                                                                        | 3  |
| 2. Kalliopuhdistamon rakentamisen aikaiset hiukkaspäästöt .....                                                          | 4  |
| 3. Kalliopuhdistamon toiminnan aikaiset hiukkaspäästöt .....                                                             | 6  |
| 4. Nykyluonne lähialueen teillä ja ilmanlaatu Tampereella .....                                                          | 7  |
| 4.1 P-Hämpin pysäköintityömaan hiukkasmittaustulokset .....                                                              | 8  |
| 5. Sulkavuoren rakentamisen ilmanlaatuvaikutukset – PM <sub>10</sub> - ja PM <sub>2.5</sub> -hiukkasten leviäminen ..... | 9  |
| 5.1 Kallionräjäytysten ilmanlaatuvaikutukset .....                                                                       | 9  |
| 5.1.1 Yhteisvaikutukset – Räjäytykset + muu liikenne + tausta .....                                                      | 10 |
| 5.2 Kallioulouheen siirtokuljetusten ilmanlaatuvaikutukset .....                                                         | 11 |
| 5.2.1 PM <sub>10</sub> -hiukkasten pitoisuudet .....                                                                     | 12 |
| 5.2.2 Arseenin arvioidut ulkoilmapitoisuudet .....                                                                       | 12 |
| 5.2.3 PM <sub>2.5</sub> hiukkasten pitoisuudet .....                                                                     | 13 |
| 5.2.4 Yhteisvaikutukset - Louheenkuljetus+ muu liikenne + tausta .....                                                   | 13 |
| 6. Puhdistamon toiminnasta aiheutuvat ulkoilman hiukkaspitoisuudet .....                                                 | 15 |
| 7. Yhteenveto .....                                                                                                      | 16 |
| 8. Mallin kokonaispäävarmuus .....                                                                                       | 20 |
| <br>LIITE 1 Rakennusaikainen räjäytys – PM <sub>10</sub> ja PM <sub>2.5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen .....          | 21 |
| LIITE 2 Rakennusaikainen liikenne – PM <sub>10</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen .....                                   | 23 |
| LIITE 3 Rakennusaikainen liikenne – PM <sub>2.5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen .....                                  | 25 |
| LIITE 4 Puhdistamon toiminnan aikaisten hiukkaspäästöjen leviäminen (VE1 ja VE2 vaihtoehdot) .....                       | 27 |

## 1. Johdanto

Tampereen Vesi Liikelaitos täydentää parhaillaan Pirkanmaan keskuspuhdistamohankkeen ympäristövaikutusten arviointia (YVA). Sulkavuori -vaihtoehdossa rakennetaan uusi, entiset puhdistamot korvaava keskuspuhdistamo Sulkavuoren kallion sisään ja rakennetaan uutta jätevesiverkostoa.

Pirkanmaan ELY-keskuksen lausunto keskuspuhdistamohankkeen Sulkavuoren vaihtoehdon ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta on annettu 22.11.2011. Yhteysviranomainen on edellyttänyt ympäristövaikutusten arviointiin täydennyksiä, mm. rakennusaikaisen kallionlouhinnan ja louheen kuljetuksen hiukkaspäästöjen leviämisen mallinnusta ja vaikutusarviointia.

Louhintatoiminnasta muodostuu ilmapäästöjä, jotka voidaan jakaa kaas- ja hiukkaspäästöihin. Päästöt syntyvät porauksesta, räjäytyksistä, louheen käsittelystä ja kuljetuksista. Louhe kuljetetaan maansiirtoautoilla Sulkavuoresta muualle murskattavaksi.

Louhintatoiminnan kaasupäästöt ovat työkoneiden pakokaasuja ja räjäytyksessä muodostuvaa hiilimonoksidia eli häkää. Hiukkaspäästöt muodostuvat pääasiassa louheen kuljetuksesta, ajoneuvojen nostattamasta pölystä. Osa hiukkaspäästöstä muodostuu räjäytysten yhteydessä. Hiukkaspäästöihin voidaan vaikuttaa panostuksen vaiheistuksella, räjähdyskemikaalin valinnalla ja optimoimalla annostusta. Räjäytysreiän porauksessa pöly imetään porausreiästä ja kerätään porausvaunun pölynpoistojärjestelmään. Räjäytykset kestävät muutamia sekunteja kerrallaan. Sulkavuoressa räjäytyksiä on suunniteltu tehtäväksi kerran päivässä 1-2 louhintapisteessä niin, että louheen poiskuljetus voidaan tehdä pääosin iltaisin liikenteen iltapäiväruuhkahuipun jälkeen n. klo 17-22 välillä.

Tässä työssä arvioitiin kallioulouhinnan ja louheen poiskuljetuksen aiheuttamat hiukkaspäästöt louhintamäärien ja liikennearvioiden avulla. Päästötietojen perusteella mallinnettiin kalliopuhdistamon rakentamisesta aiheutuvat hengitettävien hiukkasten ( $PM_{10}$ -hiukkaset,  $< 10 \mu m$  kokoluokka) ja pienhiukkasten ( $PM_{2.5}$ -hiukkaset  $< 2.5 \mu m$  kokoluokka) korkeimmat tunti- ja vuorokausipitoisuudet ympäristössä rakentamisaikana (n. 2-3 vuotta). Lisäksi mallinnettiin räjäytysten lyhytaikaisten hiukkaspäästöjen ilmanlaatuvaikutukset, kun tunneleita tuuletetaan räjäytysten jälkeen pystykuilujen ja ajotunneleiden kautta. Muun liikenteen ja kaupunkitaustan ilmanlaatu huomioitiin tulostarkastelussa Tampereen kaupungin mittaustulosten perusteella. Hiukkaspäästöjen ilmanlaatuvaikutuksia muu liikenne ja kaupunkitausta huomioiden verrattiin mm. ulkoilman hiukkaspitoisuuksille annettuihin ilmanlaadun vuorokauden ohje- ja raja-arvoihin sekä Tampereella mitattuihin lyhytaikaisiin hiukkasten tuntipitoisuuksiin.

Myös valmiin puhdistamon toiminnan aikaiset hiukkaspäästöt arvioitiin ja niiden ilmanlaatuvaikutukset mallinnettiin VE1 ja VE2 vaihtoehtojen mukaisesti. VE1 vaihtoehdossa hiukkaspäästöjä muodostuu lietteenpoltosta ja puhdistamon lietteen- ja tuhkan kuljetusliikenteestä. VE2 vaihtoehdossa (lietteen mädätys) puhdistamon toiminnan aikana hiukkaspäästöjä muodostuu puhdistamolle suuntautuvasta liikenteestä. Näihin mallinnuksiin ei ole lisätty muuta isojen teiden liikennettä tai kaupunkitaustaa.

Mallinnustyö on tehty USA EPA:n AERMOD-mallilla. Mallin tiedot on esitetty Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon hajupäästöjen leviämismalliraportissa:

*Tamminen T., Tamminen A.: Tampereen Vesi Liikelaitos, Pirkanmaan keskuspuhdistamo, Sulkavuoren vaihtoehto, Hajujen leviämisen mallinnukset, Ympäristövaikutusten arviointi 2012, 25.6.2012, Enwin Oy, p. 32*

Mallinnustyön tilaaja on Tampereen Vesi Liikelaitos. Louhintamäärät ja liikennetiedot on saatu hankkeen YVA-konsultilta, Ramboll Finland Oy:ltä. Enwin Oy:ssä päästöarvioinnit ja mallinnukset on tehnyt TkL Tarja Tamminen ja FM Ari Tamminen.

## 2. Kalliopuhdistamon rakentamisen aikaiset hiukkaspäästöt

Puhdistamon luolaston ja siirto- ja purkutunnelien louhiminen sekä louheen kuljetukset aiheuttavat hiukkaspäästöjä. Pääasiassa pölyämistä aiheutuu kuljetuksista, kun hienojakoinen pöly irtaana kuormasta ja pölyä tienpinnasta. Louhinnassa muodostuva kiviainespöly on partikkelikooltaan pääosin suurta (halkaisijaltaan yli 30 µm) ja pienempien hiukkasten (ns. hengitettävät hiukkaset PM<sub>10</sub> ja pienhiukkaset PM<sub>2.5</sub>) osuudet louhinnassa muodostuvasta hiukkaspäästöstä ovat pienempiä. Tyypillisesti suuret hiukkaset jäävät louhinta-alueelle tai teiden lähialueelle aiheuttaen mm. talvisin esteettistä haittaa pölyn erottuessa lumesta.

Sulkavuoren luolaston louhinta on suunniteltu tehtävän pääosin Sulkavuoren eteläpuolelta, jota kautta kulkee suurin osa vuorokautisesta kuorma-autoliikenteestä. Liikenne ohjataan Särkijärvenkadulle ja siitä eteenpäin Lahdesjärven kautta ohitustielle. Osa louheen kuljetuksesta tehdään myös Sulkavuoren pohjoispuolen ajotunnelin kautta Lempääläntielle ns. kalanpyrstöliittymän kautta. Vihilahdessa sijaitsevan siirto- ja purkutunnelin louhintatyömaan liikenne kulkee Lahdenperänskatua pitkin.

Kallion poraukseen käytetty porauskalusto on varustettu pölyn talteenottolaitteistolla, joka imee porauksessa muodostuvan pölyn. Louhintaräjäytykset tehdään työmaalla kerran päivässä niin, että itse louheen kuljetukset voidaan suorittaa muun liikenteen huipputuntien ulkopuolella ilta-aikana. Räjäytykset kestävät kerrallaan joitakin sekunteja. Siirtotunnelin valmistuttua kalliopuhdistamon louhintaa tehdään useammassa linjassa ja räjäytykset (4-6 räjäytystä) tehdään kerran päivässä. Louhintatyön on arvioitu etenevän 4-5 metriä päivässä. Räjäytyksen jälkeen louhittavaa tunneliperää tuuletetaan puhaltamalla sinne raitista ulkoilmaa. Räjähdyskaasut (hiilimonoksidi eli häkä) ja hiukkaset laimenevat ja kulkeutuvat tunnelin suuaukon ja kuilujen kautta ympäröivään ulkoilmaan. Tämän jälkeen kallioulouhe kuljetetaan pois pääosin ilta-aikaan muualle murskattavaksi. Taulukossa 1. on Sulkavuoren ja Vihilahden arvioidut rakentamisaikaiset louhintamäärät.

| Taulukko 1. Louhintamäärät - Sulkavuoren kalliopuhdistamo ja siirtolinjat |                           |                                   |                           |                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Sulkavuori: Kalliopuhdistamo                                              |                           | Vihilahti: Siirto- ja purkulinjat |                           | Yhteensä                                                  |
| 3 vuotta louhintaa (n. 750 vrk)                                           | 600000 m <sup>3</sup> ktr | 2 vuotta louhintaa (n. 500 vrk)   | 115430 m <sup>3</sup> ktr | 715430 m <sup>3</sup> ktr (n. 1300000 m <sup>3</sup> itr) |

Taulukossa 2 on arvioidut räjäytysten hiukkaspäästöt (TSP, PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>), kun räjäytyksiä tehdään Sulkavuoressa maksimissaan 4-6 kpl ja Vihilahdessa 2 kpl kerran päivässä.

Päästöjä arvioitaessa on sovellettu kanadalaisia kallionräjäytyspäästökertoimia<sup>1</sup>. Suurin osa räjäytyksissä syntyvästä pölystä on suurikokoista karkeaa pölyä, joka laskeutuu räjäytyksen jälkeen kalliolouheen päälle ja tunneleihin. Pienempi osa on ns. hengitettävää alle 10 µm:n PM<sub>10</sub>-hiukkasia ja siitä vielä pienempi osa on pienhiukkasia PM<sub>2.5</sub>. Räjäytyspölyn leviämistä ja vaikutusalueetta on arvioitu mallintamalla räjäytyspölypäästöistä ulkoilman hiukkasten PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> -tuntipitoisuudet ympäristössä, kun räjäytyksessä syntyvä pöly tuuletetaan tunnin aikana tunnelien suuaukkojen ja pystykuilujen kautta ulos.

**Taulukko 2. Räjäytysten arvioidut hiukkaspäästöt/päivä. Sulkavuori maksimissaan 4-6 räjäytystä /päivä ja Vihilahti 2 räjäytystä/päivä. Räjäytykset suoritetaan saman tunnin aikana, jonka jälkeen tunnelit tuuletetaan.**

|            | TSP  | PM10 | PM2.5 |
|------------|------|------|-------|
|            | kg/h | kg/h | kg/h  |
| Sulkavuori | 0.27 | 0.14 | 0.008 |
| Vihilahti  | 0.09 | 0.05 | 0.003 |

Taulukossa 3 on louhintatyömaiden arvioidut raskaan liikenteen liikennemäärät ja hiukkaspäästöt. Kuorma-autoliikenteen lisäksi alueella on työmaa-aikana vähäinen määrä työntekijöiden henkilöautoja (n. 30 ajoneuvoa/arkivrk). Työmaaliikenne ja louhekuljetukset käyttävät kahta eri ajoreittiä, Lempääläntietä lännen suunnasta ja Särkijärvenkatua idän suunnasta. Suurimmat liikennemäärät syntyvät, kun puhdistamon hallien louhintatyö on käynnissä. Työmaan synnyttämä liikennemäärä on tällöin noin 400-500 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta arviolta kolmasosa eli 130-240 ajoneuvoa vuorokaudessa suuntautuu Lempääläntielle ja loput 200-320 ajoneuvoa vuorokaudessa Särkijärvenkadulle ja edelleen Lahdesjärvelle. Kuljetuksista 70-80 % tehdään ilta-aikaan (klo 18-22), sillä räjäytykset ja louheen poiskuljetus tehdään työpäivän päätteeksi. Rakennustyöt lisäävät Lempääläntien vuorokausiliikennemäärää 2-3 % ja Särkijärvenkadun liikennemäärää 20-30 %. Vihilahdessa rakentamisen aiheuttama kokonaisliikennemäärän lisääntyminen on Lahdenperänselällä alle 1 % vuorokaudessa. Huomioitavaa on, että lisääntyvä liikenne on raskasta liikennettä.

Kuorma-autojen päästöt on laskettu maansiirtoautojen päästökertoimien mukaisesti (VTT/Lipasto). Työmaateiden hiukkaspäästöjä arvioitaessa on sovellettu kanadalaisia louheensiirtoteiden päästökertoimia. Päästökertoimissa on huomioitu normaalit pölyntorjuntatoimenpiteet, kuten teiden pölynsidonta kastelun avulla, koska työmaa alueen tiet ovat asfaltoimattomia teitä. Osan vuotta hiukkaspäästöjä vähentää lumisen aika ja sadepäivien lukumäärä Tampereen seudulla. Tehty liikennemallinnus on sellaisen vuorokauden tilanne, jossa työmaiden liikenne on maksimissaan ja maa on sulana ja säätyyppi on kuiva (worst case-tilanne).

Sulkavuoren etelä- ja länsipuolella kulkee suuria ohitusteitä, joiden liikenne on vilkasta. Myös Lahdesjärvenkadulla ja Hatanpään valtatiellä on arkisin vilkas liikenne. Normaalin katu- ja maantiliikenteen ajoneuvokohtaiset hiukkaspäästöt ja resuspensio asfalttiteillä ovat selvästi pienemmät kuin maansiirtoautojen aiheuttamat hiukkaspäästöt päällystämättömillä teillä. Louheenkuljetusautot liikkuvat pääsääntöisesti muun liikenteen ruuhka-aiheutuksen ulkopuolella. Tiepäästöjen mallissa ei ole muuta liikennettä mukana, vaan mallit kuvaavat ko. työmaaliikenteen ilmanlaatuvaikutuksia ja

<sup>1</sup> Environment Canada, Pits and Quarries Guidance.

vaikutusalueetta. Työmaiden päästöjen mallinnuksessa on huomioitu vuorokausivaihtelu eli liikenteen iltapainotteisuus.

| <b>Taulukko 3. Rakennusaikaisen raskaan liikenteen aiheuttamat maksimi vrk-päästöt Sulkavuoren ympäristössä ja Vihilahden työmaan ympäristössä (sateettomat ja lumettomat päivät).</b> |                             |                      |                       |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Tiet</b>                                                                                                                                                                            | <b>Kuorma-autot/arkivrk</b> | <b>TSP kg/km/vrk</b> | <b>PM10 kg/km/vrk</b> | <b>PM2.5 kg/km/vrk</b> |
| Sulkavuori laitosalue*                                                                                                                                                                 | 200-320                     | 130                  | 30                    | 3.1                    |
| Sulkavuoren laitosalue pohjoinen                                                                                                                                                       | 130-240                     | 98                   | 23                    | 2.3                    |
| Vihilahden työmaatie                                                                                                                                                                   | 100                         | 41                   | 9                     | 1.0                    |
| Särkijärvenkatu Lahdesjärvelle (vain työmaaliikenne)                                                                                                                                   | 200-320                     | 26                   | 6                     | 0.6                    |
| Lempääläntie –etelä ja pohjoinen suunta (yksisuun. työmaaliikenne)                                                                                                                     | 65-120                      | 10                   | 2                     | 0.2                    |
| Lahdenperäncatu (vain työmaaliikenne)                                                                                                                                                  | 100                         | 8                    | 2                     | 0.2                    |

\*Lisäksi huomioitu n. 30 henkilöautoa/arkivrk Sulkavuoren työmaalle

### 3. Kalliopuhdistamon toiminnan aikaiset hiukkaspäästöt

Sulkavuoren kalliopuhdistamon rakentamisen jälkeen puhdistamon valmistuttua sen toiminnan aikana hiukkaspäästöjä muodostuu alueen liikenteestä ja VE1 vaihtoehdossa myös lietteenpolttolaitoksen savukaasuista. Liettepoltto edellyttää jätteenpolttoasetuksen (VNp 326/2003) noudattamista, jolloin hiukkaspäästörajana on 10 mg/m<sup>3</sup>n (11 % O<sub>2</sub>). Hiukkaspäästö on n. 0.2 kg/h ja suunniteltu päästökorkeus 60 m.

Laitoksen valmistumisen jälkeen laitosalueen tiet asfaltoidaan. Laitoksen raskasliikenne koostuu pääasiassa lietteen- ja/tai tuhkan kuljetuksista ja henkilöautoliikenne on työntekijöiden autoja. Laitosalueen ulkopuolella raskasliikenne ohjataan Särkijärvenkatua pitkin Lahdesjärven teollisuusalueen kautta muuhun tieverkkoon. Toiminnan aikainen liikenne ja sen päästöt ovat pienet verrattuna lähialueiden muun tieverkon liikennevirtojen päästöihin. Taulukossa 4 on Sulkavuoren kalliopuhdistamon toiminnan aikainen liikenne ja sen arvioidut hiukkaspäästöt vuonna 2030. Puhdistamon valmistuttua toiminnan aikaiset liikenteen hiukkaspäästöt ovat n. 0.1-0.2 % rakentamisen aikaisista korkeimmista PM<sub>10</sub> tai PM<sub>2.5</sub> vuorokausipäästöistä Sulkavuoren alueella. Päästöarvio perustuu VTT/Lipasto tietokantaan ja Piltti-projektin katupölykertoimiin.

| <b>Taulukko 4. Sulkavuoren kalliopuhdistamon toiminnan aikainen liikenne ja sen hiukkaspäästöt v. 2030</b> |                     |                       |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------|
|                                                                                                            | <b>henkilöautot</b> | <b>raskasliikenne</b> | <b>PM10</b>      | <b>PM2.5</b>     |
| <b>Sulkavuori</b>                                                                                          | <b>ajon/vrk</b>     | <b>ajon/vrk*</b>      | <b>kg/km/vrk</b> | <b>kg/km/vrk</b> |
| VE1 poltto                                                                                                 | 48                  | 26                    | 0.034            | 0.005            |
| VE2 mädätys                                                                                                | 48                  | 32                    | 0.038            | 0.006            |

\*josta sakokaivolietekuljetuksia 14 ajon./vrk

#### 4. Nykyliikenne lähialueen teillä ja ilmanlaatu Tampereella

Sulkavuoren eteläpuolella risteävät valtatiet VT3 ja VT9, joiden liikennemäärät ovat Tampereen mittakaavassa suuria. Tiet ovat korkeusasemaltaan alempana kuin Sulkavuoren työmaa-alueen tiet. Vanha Lempääläntie ylittää VT3:n ja kulkee Sulkavuoren reunaa kaupunkiin päin Prisman ohi. Lakalaivan eritasoliittymässä VT9 ja VT 3 risteävät Sulkavuoren lounaispuolella. Vihilahdessa työmaa-alueen lähiteitä ovat Lahdenperäkatu ja Hatanpään valtatie.

*Tampereen kaupungin meluselvitys vuonna 2012 –raportissa (WSP, 21.12.2011)* on esitetty nykyliikennemääriä ko. tieosuuksilla. VT9 ja VT3 keskimääräiset liikennemäärät ovat luokkaa 30-40 000 ajoneuvoa/vrk, Lahdenperäkadun liikenne n. 10-20 000 ajon/vrk, Hatanpään valtatien liikenne n. 10 000 ajon/vrk ja Vanhan Lempääläntien liikenne alle 10 000 ajon/vrk. Liikennemäärät vaihtelevat risteysvälikohtaisesti. Raskaan liikenteen osuudet ovat alle 10 % keskimääräisestä vrk-liikenteestä.

Tampereen kaupunki mittaa Ilmanlaatua useassa pisteessä kaupunkialueella (v. 2011 linja-autoasema, Pirkankatu, Kaleva ja Epilä). Taulukossa 5 on ulkoilman hiukkaspitoisuuksien mittaustuloksia vuodelta 2011 (lyhytaikaiset korkeimmat tunti- ja vrk-pitoisuudet, PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>).

Hiukkaspitoisuuksien ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot koskevat vuorokausi- tai vuosipitoisuuksia. PM<sub>10</sub>-pitoisuuden kansallinen vrk-ohjearvo on 70 µg/m<sup>3</sup> (kuukauden 2. korkein vrk-arvo, VNp 480/1996) ja vrk-raja-arvon numeroarvo on 50 µg/m<sup>3</sup>, josta sallitaan 35 ylitystä vuodessa (VNa 38/2011). PM<sub>2.5</sub>- pienhiukkasille WHO (Maailman terveysjärjestö) on antanut vuorokausiohjearvon 25 µg/m<sup>3</sup> ja vuosiohjearvon 10 µg/m<sup>3</sup>. Valtioneuvoston asetuksen (38/2011) mukainen PM<sub>2.5</sub>-vuosiraja-arvo on 25 µg/m<sup>3</sup>. Tuntipitoisuuksille ei ole olemassa ohjearvoa. Korkeimmat mitatut tuntipitoisuudet kaupunkialueella on esitetty tässä vertailuna räjäytyksistä aiheutuville ja mallinnetuille hiukkasten tuntipitoisuuksille.

PM<sub>10</sub>-hiukkasten vrk-ohjearvon numeroarvo 70 µg/m<sup>3</sup> ylittyi Pirkankadulla ja Epilässä, mutta itse ohjearvo (kk:n 2. korkein arvo) ei ylittynyt Tampereen mittauspisteissä v. 2011 (Taulukko 5). WHO:n antama pienhiukkasten PM<sub>2.5</sub>-vrk-ohjearvo 25 µg/m<sup>3</sup> ylittyi Linja-autoasemalla 4 kertaa ja Kalevassa 3 kertaa. Epilässä PM<sub>2.5</sub>-vrk-ohjearvo ylittyi niukasti kaikkiaan 16 kertaa. Pienhiukkasten pitoisuuden vuosikeskiarvolle annettu raja-arvo 25 µg/m<sup>3</sup> sen sijaan ei ylittynyt Tampereen mittauspisteissä v. 2011.

Etelä-Suomessa PM<sub>10</sub>-hiukkasten taustapitoisuus on vuosipitoisuutena n. 10-12 µg/m<sup>3</sup> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkasten taustapitoisuus vuosipitoisuutena n. 7 µg/m<sup>3</sup>.

| Taulukko 5. Ilmanlaadun mittaustuloksia (PM <sub>10</sub> ja PM <sub>2.5</sub> hiukkaset) Tampereen kaupunkialueella v. 2011 (Lähde: Tampereen ilmanlaatu 2011, Päästöt ja ilmanlaadun mittaustulokset, Tampereen kaupunki, ympäristönsuojelun julkaisuja 3/2012) |                                         |                                     |                                                          |                                       |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                   | PM10<br>µg/m3, kk:n<br>korkein tunti    | PM10<br>µg/m3, kk:n<br>korkein vrk  | PM10<br>µg/m3,<br>2. korkein vrk<br>Ohjearvo<br>70 µg/m3 | PM2.5<br>µg/m3, kk:n<br>korkein tunti | PM2.5<br>µg/m3,<br>kk:n korkein<br>vrk, WHO:n<br>ohjearvo<br>25 µg/m3 |
| Pirkankatu                                                                                                                                                                                                                                                        | 312*<br>Vaihtelu<br>(43-312)<br>Ka. 110 | 78<br>Vaihtelu<br>(21-78)<br>Ka. 40 | 62                                                       |                                       |                                                                       |
| Linja-<br>autoasema                                                                                                                                                                                                                                               |                                         |                                     |                                                          | 66<br>Vaihtelu<br>(19-66)<br>Ka. 33   | 31<br>Vaihtelu<br>(10-31)<br>Ka.16                                    |
| Kaleva                                                                                                                                                                                                                                                            |                                         |                                     |                                                          | 88<br>Vaihtelu<br>(15-88)<br>Ka. 38   | 28<br>Vaihtelu<br>(8-28)<br>Ka. 17                                    |
| Epilä                                                                                                                                                                                                                                                             | 267*<br>Vaihtelu<br>(35-267)<br>Ka. 94  | 75<br>Vaihtelu<br>(16-75)<br>Ka. 39 | 64                                                       | 115<br>Vaihtelu<br>(27-115)<br>Ka. 52 | 44<br>Vaihtelu<br>(11-44)<br>Ka. 26                                   |

\*Maksimi PM10-tuntipitoisuudet huhtikuussa (katupöly)

#### 4.1 P-Hämpin pysäköintityömaan hiukkasmittaustulokset

Tampereella P-Hämpin pysäköintilaitoksen rakenteilla olevan Pellavatehtaankadun sisäänajoaukon läheisyydessä on mitattu v. 2009-2010 hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) pitoisuuksia<sup>2</sup>. Pitoisuusmittauksilla selvitettiin parkkihallin louhintatyömaan ilmanlaatuvaikutuksia Tampereen ydinkeskustassa. Hämpin Parkin työmaan sijaitsee Pikku Kakkosen puiston eteläpäässä. Raportin mukaan pysäköintilaitoksen rakennustyömaalla pölyämistä aiheutui panosreikien poraamisesta, räjäytyksistä sekä louheen kuljetusliikenteestä. Pölyhaitat keskittyivät ajoluiskien suulle, jonne pölyä kulkeutui myös itse laitoksen sisältä louheen kuljetusliikenteen mukana. Mittausraportissa ei ollut tarkempia tietoja P-Hämpin työmaaliikenteestä tai räjäytysaikatauluista mittausajankohtana. Pölyämistä kerrottiin kuitenkin esiintyvän koko louhintavaiheen ajan.

Mitatut lyhytaikaiset hiukkaspitoisuudet (Taulukko 6) esitetään mitattuna vertailutietona maanalaisen pysäköintilaitoksen rakennusvaiheen ilmanlaatuvaikutuksista kaupunkiympäristössä. Mittausraportin mukaan mittausjakson aikana ei pysäköintilaitoksen rakennustoiminnasta aiheutunut rakennuspaikan ympäristöön Tampereen kaupunkialueella yleisesti esiintyvistä hiukkaspitoisuuksista poikkeavaa hiukkaskuormitusta.

<sup>2</sup> Saari H., Pesonen R., Finnpark Oy, P-Hämpä, Hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset Tampereella P-Hämpin rakennustyömaan lähistöllä jaksolla syyskuu 2009- huhtikuu 2010. Ilmatieteen laitos, 9.6.2010 p.20

| Taulukko 6 P-Hämpin työmaan hiukasmittaustuloksia v. 2009-2010<br>(Lähde: Ilmatieteen laitos <sup>2</sup> ). |      |     |    |     |      |    |     |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|----|-----|------|----|-----|----|
| Pellavatehtaankatu                                                                                           | 2009 |     |    |     | 2010 |    |     |    |
| PM <sub>10</sub>                                                                                             | 9    | 10  | 11 | 12  | 1    | 2  | 3   | 4  |
| TUNTIARVOJEN                                                                                                 |      |     |    |     |      |    |     |    |
| korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )                                                                            | 38   | 151 | 70 | 108 | 67   | 54 | 132 | 69 |
| keskiarvo (µg/m <sup>3</sup> )                                                                               |      | 12  | 12 | 13  | 15   | 15 | 13  | 23 |
| VRK-ARVOJEN                                                                                                  |      |     |    |     |      |    |     |    |
| korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )                                                                            | 13   | 29  | 30 | 32  | 33   | 30 | 49  | 55 |
| 2. korkein arvo (µg/m <sup>3</sup> )                                                                         | 12   | 24  | 24 | 23  | 30   | 25 | 40  | 43 |

## 5. Sulkavuoren rakentamisen ilmanlaatuvaikutukset – PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten leviäminen

Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon rakentamisen aikaisten hiukaspäästöjen ilmanlaatuvaikutuksia tarkasteltiin mallintamalla hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> ja pienhiukkasten PM<sub>2.5</sub> ulkoilman pitoisuudet ja vaikutusalueet seuraavasti:

- 1) Räjähdyksistä aiheutuvat lyhytaikaiset (1h) hiukaspitoisuudet ulkoilmassa (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) /Sulkavuori ja Vihilahti
- 2) Kallioulouheen kuljetuksista aiheutuvat hiukkasten korkeimmat tunti- ja vuorokausipitoisuudet ulkoilmassa (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub>) /Sulkavuori ja Vihilahti

Louhintatyömaa kestää kokonaisuudessaan Sulkavuorella n. 3 vuotta ja Vihilahdessa 2 vuotta. Alkuvaiheessa molemmissa työkohteissa on lyhyen aikaa (1-2.5 kk) ns. avolouhintaa, kun ajotunnelien suuaukkoja louhitaan. Ajotunnelien suuaukot ovat kooltaan n. 35 m<sup>2</sup>. Avolouhintavaiheen aikana räjäytysten ja ylisuurten lohokareiden rikotuksen yhteydessä käytetään suojana räjähdysmattoja. Lisäksi pölyntorjunnassa käytetään apuna mm. kastelua. Kalliolohkareita pienennetään Vihilahdessa kauhakuormaajaan kiinnitettävän cityrikottimen avulla vain sen verran, että ne voidaan lastata kuorma-autoihin ja viedä muualle murskattavaksi.

### 5.1 Kallioräjäytysten ilmanlaatuvaikutukset

Sulkavuorella tehdään hallien louhintavaiheessa työpäivän aikana 4-6 peräkkäistä, kerrallaan noin kuusi sekuntia kestävä räjäytystä, jolloin päivittäinen louhintamäärä on noin 1200-1500 m<sup>3</sup> ktr ja kuljetettavaa louhetta kertyy 200–250 kuorma-autollista päivässä. Räjäytysten aiheuttaman häiriön minimoimiseksi räjäytyksiä ei tehdä pitkin päivää, vaan ne pyritään tekemään peräkkäin lyhyen ajan sisällä. Vihilahdessa räjäytyksiä on arvioitu tehtävän n. kaksi vuorokaudessa. Räjäytysten hiukaspäästöt tuuletetaan ulos puhaltamalla raitista ilmaa tunnelinperään ja laimentamalla näin räjäytysten synnyttämät päästöt ulkoilmaan. Puhaltimen keskimääräinen käyntiaika on 2 tuntia/vrk. Räjäytysten PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukaspäästöt on arvioitu kanadalaisten räjäytyspäästökertoimien avulla.

Sulkavuoren ja Vihilahden kallioräjäytysten aiheuttamat hiukaspitoisuudet on esitetty liitteessä 1:

- Hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> tuntipitoisuudet on esitetty Liitteen 1 kuvissa 1 ja 2.
- Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet on esitetty Liitteen 1, Kuvissa 3 ja 4.

Kallioräjäytysten aiheuttamat korkeimmat hiukkasten tuntipitoisuudet esiintyvät pystykuilujen ja ajoaukkojen läheisyydessä. Korkeimmat mallinnetut PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet ovat n. 100-150 µg/m<sup>3</sup> pystykuilun läheisyydessä Sulkavuoren päätyömaa-alueella. Sulkavuoren pohjoispuolella Prisman takana ja Vihilahden pystykuilun läheisyydessä PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet ovat korkeimmillaan 70-100 µg/m<sup>3</sup>. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet ovat vastaavasti myös pystykuilujen läheisyydessä, Sulkavuori 5-10 µg/m<sup>3</sup>, Sulkavuori pohjoinen ja Vihilahden työmaa 4-5 µg/m<sup>3</sup> (Liite 1, Kuvat 3 ja 4).

Hengitettävien hiukkasten tai pienhiukkasten lyhytaikaisille tuntipitoisuuksille ei ole olemassa ilmanlaadun terveysterveysteistä ohje- tai raja-arvoja. Tampereen kaupunkialueella mitatut, pääosin liikenteestä ja katupölystä aiheutuvat korkeimmat PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet ovat olleet n. 270-300 µg/m<sup>3</sup> v. 2011. Epilässä ja Kalevassa korkeimmat PM<sub>2.5</sub> tuntipitoisuudet ovat olleet 88-115 µg/m<sup>3</sup>. Näihin lukuihin sisältyvät myös tausta ja mm. pienpoltto sekä kaukokulkeuma. (vrt. Taulukko 5).

P-Hämpin pysäköintitunnelin työmaan läheisyydessä v. 2009-2010 mitatut PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet olivat korkeimmillaan n. 130-150 µg/m<sup>3</sup> (vrt. Taulukko 6). Sekä tunti- että vuorokausipitoisuudet olivat Pellavatehtaankadun mittauspisteessä suurimman osan mittausajasta samalla tai matalammalla tasolla kuin Tampereen kaupungin ilmanlaadun seurantapisteissä. Mittausraportin mukaan pysäköintilaitoksen rakennustoiminnasta ei aiheutunut rakennuspaikan ympäristöön Tampereen kaupunkialueella yleisesti esiintyvistä hiukkaspitoisuuksista poikkeavaa hiukkaskuormitusta.

Räjäytysten ilmanlaatuvaikutukset ovat lyhytaikaisia ja kohdistuvat pääosin hyvin suppealle alueelle pystykuilujen ja ajotunneleiden suuaukkojen läheisyyteen. Pitoisuudet laimenevat nopeasti tuuletusalueelta etäännyttäessä. Vihilahdessa pystykuilu sijaitsee Hatanpään valtatie läheisyydessä. Lähellä on myös kerrostaloja, kaksi koulua ja päiväkotia. Sulkavuorella, päätyömaa-alueen läheisyydessä ei ole asutusta. Sulkavuoren pohjoispuolen tunnelityömaan välittömässä läheisyydessä on iso päivittäistavaran kauppa.

Koulujen, päiväkodin ja kauppakeskuksen raitisilmanottoihin tulee työmaa-aikana kiinnittää huomiota ja varustaa ne pienhiukkassuodattimilla, joita vaihdetaan riittävän usein. Pölyntorjuntaan tulee kiinnittää huomiota kaikissa louhinnan työvaiheissa.

### 5.1.1 Yhteisvaikutukset – Räjäytykset + muu liikenne + tausta

Taulukossa 7 on yhteenveto kallioräjäytysten aiheuttamista korkeimmista hiukkasten tuntipitoisuuksista. Vertailuna on esitetty kaupunkialueen liikenneympäristöissä mitatut korkeimmat tuntipitoisuudet. Lisäksi on laskettu maksimiyhteisvaikutus (räjäytys+ lähiliikenne + tausta). Koska räjäytykset on suunniteltu tehtäväksi liikenteen ruuhkahuipputuntien ulkopuolella, on muun liikenteen ja kaupunkitaustan maksimituntipitoisuutena käytetty Tampereen kaupungin mittausasemilla mitattujen eri kuukausien korkeimpien tuntipitoisuuksien keskiarvoa (vrt Taulukko 5)

Hatanpään valtatie liikenne voi korkeimmillaan aiheuttaa ruuhkatuntien aikana vastaavia hiukkasten tuntipitoisuuksia Hatanpään Valtatien ja Lahdenperänselän risteyksen ympäristössä kuin muualla Tampereella on liikenneympäristöissä mitattu. Sulkavuoren länsi- ja eteläpuolella kulkevat isot valtatie (vt3 ja vt9), joiden liikenne on myös vilkasta. Nämä tie ovat kuitenkin korkeusasemaltaan alempana kuin Sulkavuoren työmaa, mikä vaikuttaa yhteisvaikutuspitoisuuksia alentavasti. Ajoittamalla räjäytysten liikenteen ruuhkatuntien ulkopuolelle jää räjäytysten ja liikenteen sekä muun taustan yhteisvaikutus korkeimmissa hiukkasten tuntipitoisuuksissa samalle tasolle kuin muualla Tampereella on liikenneympäristöissä mitattu.

| <b>Taulukko 7. Yhteenveto räjäytysten aiheuttamista korkeimmista PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkasten tuntipitoisuuksista. Kaupunkialueella mitattuja korkeimpia tuntipitoisuuksia, räjäytysten aiheuttamat korkeimmat tuntipitoisuudet sekä maksimi yhteisvaikutus (työmaa+ muu liikenne ja tausta).</b> |                                                                            |                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>PM<sub>10</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein tunti</b>        | <b>PM<sub>2.5</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein tunti</b>      |
| Tampereen kaupunkialueella mitattuja kk:n korkeimpia tuntipitoisuuksia v. 2011 (vrt. Taulukko 5)                                                                                                                                                                                                                    | Pirkankatu 43-312, ka. 110<br>Epilä 35-267, ka. 94                         | Linja-autoas.19-66, ka.33<br>Kaleva 15-88, ka. 38<br>Epilä 27-115, ka. 52 |
| Räjäytysten aiheuttamat korkeimmat tuntipitoisuudet                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sulkavuori 100-150<br>Sulkavuori pohj. 70-100<br>Vihilahti työmaa 70-100   | Sulkavuori 5-10<br>Sulkavuori pohj. 4-5<br>Vihilahti työmaa 4-5           |
| Yhteensä (Räjäytysten aikana) Tuntipitoisuuden maksimivaihtelu huomioon otuna muu liikenne ja tausta                                                                                                                                                                                                                | Sulkavuori 135-260<br>Sulkavuori pohj. 105-210<br>Vihilahti työmaa 105-210 | Sulkavuori 20-62<br>Sulkavuori pohj. 19-57<br>Vihilahti työmaa 19-57      |

## 5.2 Kallioulouheen siirtokuljetusten ilmanlaatuvaikutukset

Kallioulouheen siirtokuljetusten ilmanlaatuvaikutuksia mallinnettiin hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub> ja pienhiukkasten PM<sub>2.5</sub> korkeimpina tunti- ja vrk-pitoisuuksina tilanteessa, jossa säätyyppi on kuiva ja Sulkavuoren puhdistamon hallien louhintatyö on käynnissä ja siirtoliikenne on maksimissaan. Työmaaliikenne ja louhekuljetukset käyttävät kahta eri ajoreittiä, Lempääläntietä lännen suunnasta ja Särkijärvenkatua idän suunnasta. Työmaan synnyttämä liikennemäärä on enimmillään noin 400-500 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta arviolta kolmasosa eli 130-240 ajoneuvoa vuorokaudessa suuntautuu Lempääläntielle ja loput 200-320 ajoneuvoa vuorokaudessa Särkijärvenkadulle ja siitä edelleen Lahdesjärvelle. Sulkavuoren pohjoispäähän Lempääläntielle on suunniteltu ns. kalanpyrstöliittymä, jossa liikenne kulkee vain yhteen suuntaan.

Vihilahdessa työmaatie on lyhyt ja liittyy Lahdenperänselän Hatanpään valtatie ja Lahdenperänselän liikennevaloristeyksessä. Liikennemäärä on n. 100 ajoneuvoa/arkvrk (50 kuljetusta).

Työmaaliikenteen mallinnustulokset on esitetty Liitteiden 2-3 kuvissa 5-12.

- Kuvissa 5 ja 6 on hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet (Liite 2)
- Kuvissa 7 ja 8 hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat vrk-pitoisuudet (Liite 2)

- Kuvissa 9 ja 10 on pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet (Liite 3)
- Kuvissa 11 ja 12 pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat vrk-pitoisuudet (Liite 3)

### 5.2.1 PM<sub>10</sub>-hiukkasten pitoisuudet

Hengitettävien hiukkasten korkeimmat tunti- ja vrk-pitoisuudet ovat Sulkavuorella päätyömaa-alueella ja sinne johtavan asfalttoimattoman työmaatien varrella. Korkeimmat tuntipitoisuudet ovat maksimissaan 200-300 µg/m<sup>3</sup> ja korkeimmat vrk-pitoisuudet 80-90 µg/m<sup>3</sup> (Liite 2). Vuorokausipitoisuudet voivat suljetulla työmaa-alueella ylittää hengitettävien hiukkasten vrk-ohjearvon 70 µg/m<sup>3</sup> ja ilmanlaadun vrk-raja-arvon numeroarvon 50 µg/m<sup>3</sup>. Sen sijaan pitoisuudet jäävät selvästi alle työhygieenisen epäorgaaniselle pölylle annetun haitalliseksi tunnettu pitoisuuden raja-arvon (HTP<sub>8h</sub> 10 mg/m<sup>3</sup>=10 000 µg/m<sup>3</sup>).

Pitoisuustasot laimenevat nopeasti työmaalta etäännyttäessä ja esim. liikenteen siirtyessä asfaltoiduille teille katupölyn osuus pienenee huomattavasti. Nirvan pientalo-alueella maansiirtoautojen suorien ja epäsuorien hiukkaspäästöjen vaikutukset ovat hengitettävien hiukkasten PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuutena 20-50 µg/m<sup>3</sup> ja korkeimpina vrk-pitoisuuksina alle 15 µg/m<sup>3</sup>.

Prisman takana Sulkavuoren pohjoispuolen ajotunnelin kohdalla PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet ovat luokkaa 60-80 µg/m<sup>3</sup> ja vrk-pitoisuudet 20-25 µg/m<sup>3</sup>. Vihilahden siirtotunnelityömaan kohdalla vaikutukset jäävät tätä alhaisemmiksi pienemmän liikenteen takia (tuntipitoisuudet 30-40 µg/m<sup>3</sup> ja vrk-pitoisuudet 10-12 µg/m<sup>3</sup>). Vihilahdessa työmaatie on lyhyt ja liittyy Lahdesjärvenkatuun, jota pitkin louhekuormat kuljetetaan asfaltoidun tieverkon kautta pois.

Työmaan aiheuttamat korkeimmat PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet Sulkavuorella ovat samaa suuruusluokkaa kuin korkeimmat mitatut tuntipitoisuudet Tampereen kaupungin vilkasliikenteisimpien teiden ympäristössä (vrt. Taulukko 5). Mallinnetut korkeimmat vrk-pitoisuudet ovat korkeampia kuin esim. P-Hämpin pysäköintitunnelityömaan edustalla mitatut vrk-pitoisuudet (vrt. Taulukko 6). Tämä johtuu mm. oletuksesta, että Sulkavuoren työmaatiet ovat rakennusvaiheessa kallioulouheesta ja kiviaineksesta rakennettu ja asfalttoimattomia teitä. Lisäksi työmaaliikenne on oletettavasti Sulkavuorella suurempi.

### 5.2.2 Arseenin arvioidut ulkoilmapitoisuudet

Siirto- ja purkulinjoiden alueella kallioperästä otettujen porausnäytteiden (yhteensä 23 eri näytettä) analysoitu arseenipitoisuus oli < 10 mg/kg<sup>3</sup>, joka on maaperälle ehdotettu arseenin kynnysarvo.

Ulkoilman arseenipitoisuudelle on asetettu tavoitearvo vuosipitoisuutena 6 ng/m<sup>3</sup> (ng=0.001 µg=10<sup>-9</sup>g) vuodesta 2013 alkaen (VNa 164/2007). Arseenin korkeimmat vrk-pitoisuudet voisivat siten teoriassa olla PM<sub>10</sub>-tunti- ja vrk-pitoisuuksista laskettuna työmaa-alueella 2-3 ng/m<sup>3</sup> (korkein tuntipitoisuus) ja 0.8-0.9 ng/m<sup>3</sup> (korkein vrk-pitoisuus), jos kaikki PM<sub>10</sub>-hiukkaset olisivat mineraalipölyä, jonka As-pitoisuus olisi 10 mg/kg. Nämä lyhytaikaiset tunti- ja vrk-pitoisuudet jäävät selvästi alle arseenin

<sup>3</sup> Inststo Saanio & Riekkola Oy, Muistiotunnus Projekti-1007-3/2011, 28.2.2011

ilmanlaadun tavoitearvon, jolloin myös vuosipitoisuus tulisi jäämään selvästi alle arseenin ilmanlaadun tavoitearvon työmaa-alueella. Hiukkaspäästöjen laimenemisen takia arseenipitoisuudet ulkoilmassa ovat vielä alhaisempia työmaa-alueen ulkopuolella.

### 5.2.3 PM<sub>2.5</sub> hiukkasten pitoisuudet

Työmaaliikenteen pienhiukkaspäästöjen aiheuttamat korkeimmat PM<sub>2.5</sub>-tunti- ja vuorokausipitoisuudet ovat mallin mukaan Sulkavuoren päätyömaa-alueella maksimissaan 15-25 µg/m<sup>3</sup> (tuntipitoisuudet) ja 7-9 µg/m<sup>3</sup> (vrk-pitoisuudet) (Liite 3). Pienhiukkaspitoisuudet laimenevat työmaalta etäännyttäessä ja esim. Nirvan pientaloalueella vaikutustaso on tuntipitoisuutena maksimissaan 4-6 µg/m<sup>3</sup> ja vrk-pitoisuutena 1-2 µg/m<sup>3</sup>. Prisman takana työmaan vaikutus pienhiukkasten tuntipitoisuuksiin on n. 6-8 µg/m<sup>3</sup> ja Vihilahden työmaalla 3-4 µg/m<sup>3</sup>. Vastaavasti vaikutukset korkeimpiin PM<sub>2.5</sub>-vuorokausipitoisuuksiin on Prisman takana 2-3 µg/m<sup>3</sup> ja Vihilahdessa 0.5-1 µg/m<sup>3</sup>. Pienhiukkasten tuntipitoisuuksille ei ole olemassa ilmanlaadun terveysperusteista ohjearvoa, mutta sen sijaan vuorokausipitoisuudelle WHO (Maailman Terveysjärjestö) on antanut ohjearvoksi 25 µg/m<sup>3</sup>.

Mallinnetut työmaan aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet ovat alhaisempia kuin esim. Tampereen Epilässä ja Kalevassa mitatut kaupunkiliikenteen aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet (Taulukko 5). Mallinnetuissa pitoisuuksissa ei ole muiden lähialueen teiden liikenteen vaikutuksia eikä kaukokulkeumaa, joka voi erityisesti pienhiukkaspitoisuuksissa olla merkittävä. Mallinnus kuvaa ko. työmaan ilmanlaatuvaikutuksia ja vaikutusalueen sijoittumista työmaan ympäristöön. Pientaloalueilla myös mm. pienpolton (lämmitys, takat, saunat) on todettu vaikuttavan pientaloalueiden lähi-ilmanlaatuun. Uusimpien Helsingissä tehtyjen tutkimusten mukaan puun pienpoltto vaikuttaa PM<sub>2.5</sub>-pitoisuuksiin Suomessa erityisesti talvisin n. 20-30 %, pientaloalueilla paikallisesti jopa 30-60 %.

### 5.2.4 Yhteisvaikutukset - Louheenkuljetus+ muu liikenne + tausta

Mallin aluejakaumakuviissa on arvioitu nimenomaan louhintatyömaan ja sen liikenteen hiukkaspäästöjen vaikutusalueen suuruutta. VT3 ja VT9 liikenne on vilkasta, mutta se kulkee maastollisesti alempana kuin Sulkavuoren työmaatie ja maaston muodolla on huomattava vaikutus liikennepäästöjen leviämiseen ja pitoisuuksiin teiden lähiympäristössä. Vihilahdessa Hatanpään Valtatien sen sijaan on likimain samassa tasossa kuin työmaa-alue. Lisäksi työmaan liikenne kulkee Lahdenperäkatua pitkin.

Taulukossa 8 on arvioitu PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2.5</sub>-pitoisuuksien maksimiyhteisvaikutusta louheenkuljetusten aikana (työmaaliikenne + muu liikenne ja tausta). Vihiojan kohdalla tieliikenne voi olla samaa suuruusluokkaa vuorokaudessa kuin Epilässä. Sulkavuoren työmaat sijaitsevat korkeusasemaltaan korkeammalla kuin vt3 ja vt9 ja toisaalta myös kauempana valtateiden ajokaistoista kuin Pirkankadun ja Epilän mittausasemat, joiden etäisyys ajokaistasta on 15 m ja 8 m.

| <b>Taulukko 8. Yhteenveto louheenkuljetusten aiheuttamista korkeimmista PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkasten tunti- ja vrk-pitoisuuksista. Kaupunkialueella mitattuja korkeimpia hiukkaspitoisuuksia, louheenkuljetusten aiheuttamat korkeimmat tunti- ja vrk-pitoisuudet sekä maksimiyhteisvaikutus (työmaa+ muu liikenne ja tausta).</b> |                                                                             |                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tuntipitoisuudet</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>PM<sub>10</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein tunti</b>         | <b>PM<sub>2.5</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein tunti</b>         |
| Tampereen kaupunkialueella mitattuja kk:n korkeimpia tuntipitoisuuksia v. 2011 (vrt. Taulukko 5)                                                                                                                                                                                                                                                     | Pirkankatu 43-312, Ka. 110<br>Epilä 35-267, Ka. 94                          | Linja-autoas.19-66, Ka. 33<br>Kaleva 15-88, Ka. 38<br>Epilä 27-115, Ka. 52   |
| Louheenkuljetusten aiheuttamat korkeimmat tuntipitoisuudet                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sulkavuori 200-300<br>Sulkavuori pohj. 60-80<br>Vihilahti työmaa 70-100     | Sulkavuori 15-25<br>Sulkavuori pohj. 6-8<br>Vihilahti työmaa 3-4             |
| Yhteensä<br>Tuntipitoisuuden maksimivaihtelu huomioituna muu liikenne ja tausta                                                                                                                                                                                                                                                                      | Sulkavuori 235-410<br>Sulkavuori pohj. 95-190<br>Vihilahti työmaa 105-210   | Sulkavuori 30-77<br>Sulkavuori pohj. 21-60<br>Vihilahti työmaa 18-56         |
| <b>Vrk-pitoisuudet</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>PM<sub>10</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein vrk-pitoisuus</b> | <b>PM<sub>2.5</sub><br/>µg/m<sup>3</sup>, kk:n<br/>korkein vrk-pitoisuus</b> |
| Tampereen kaupunkialueella mitattuja kk:n korkeimpia vrk-pitoisuuksia v. 2011 (vrt. Taulukko 5)                                                                                                                                                                                                                                                      | Pirkankatu 21-78, Ka. 40<br>Epilä 16-75, Ka. 39                             | Linja-autoas.10-31, Ka. 16<br>Kaleva 8-28, Ka. 17<br>Epilä 11-44, Ka. 26     |
| Louheenkuljetusten aiheuttamat korkeimmat vrk-pitoisuudet                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Sulkavuori 80-90<br>Sulkavuori pohj. 20-25<br>Vihilahti työmaa 10-12        | Sulkavuori 7-9<br>Sulkavuori pohj. 2-3<br>Vihilahti työmaa 0.5-1             |
| Yhteensä<br>Vrk-pitoisuuden maksimivaihtelu huomioituna muu liikenne ja tausta                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sulkavuori 96-130<br>Sulkavuori pohj. 36-65<br>Vihilahti työmaa 26-87       | Sulkavuori 15-35<br>Sulkavuori pohj. 10-29<br>Vihilahti työmaa 9-27          |

Taulukon 8 mukaan PM<sub>10</sub>-hiukkasten korkeimmat vrk-arvot voivat työmaa-alueilla ja niiden välittömässä läheisyydessä vaihdella voimakkaasti riippuen muun liikenteen ja kaupunkitaustan aiheuttamasta vrk- vaihtelusta.

PM<sub>10</sub>-vuorokausiohjearvon numeroarvon (70 µg/m<sup>3</sup>) on arvioitu ylittyvän Sulkavuoren päätyömaa-alueella pelkästään Sulkavuoren raskaan työmaaliikenteen takia. Kaupunkitausta ja muu liikenne lisää PM<sub>10</sub>-hiukkaspitoisuutta. Korkeimmat ohjearvon ylittävät pitoisuudet Sulkavuoressa sijoittuvat suljetulle työmaan alueelle ja työmaatien varrelle. Hiukkaspitoisuudelle annettu työhygieeninen raja-arvo ei siellä ylitä (mineraalipöly HTP<sub>8h</sub> 10 mg/m<sup>3</sup> = 10 000 µg/m<sup>3</sup>).

Myös Vihilahden työmaan ympäristössä PM<sub>10</sub>-vrk-pitoisuus voi vaihdella voimakkaasti (37%-->124% vrk-ohjearvosta). Korkeimmat PM<sub>10</sub>-vrk-arvot voivat ylittää vrk-ohjearvotason 70 µg/m<sup>3</sup> katupölyaikaan. Suurin vaikuttava tekijä tähän on muu liikenne ja erityisesti katupölyn määrä keväisin. Vihilahdessa on asutusta välittömästi työmaan lähiympäristössä. Pitoisuuksia ko. alueella tulee pyrkiä pienentämään pesemällä Hatanpään Valtatien ja Lahdesjärvenkadun risteysalueen asfaltoituja teitä säännöllisesti loushintatyömaan aikana. Myös Vanhan Lempääläntien pölyämistä voidaan vähentää pesemällä tai sitomalla pölyä.

Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) vrk-pitoisuudet voivat ylittää WHO:n antaman vrk-ohjearvotason 25 µg/m<sup>3</sup> työmaa-alueiden ympäristössä, kun muu liikenne ja taustapitoisuudet otetaan

huomioon. PM<sub>2.5</sub>-vuorokausipitoisuuksien vaihtelu on voimakasta kaupunkialueen mittauspisteissä (korkeimmat vrk-pitoisuudet kuukausittain vaihtelevat alle 10 µg/m<sup>3</sup>:sta yli 40 µg/m<sup>3</sup>:aan). Suurin tekijä on todennäköisesti kaukokulkeuman aiheuttama vaihtelu taustapitoisuuksissa. Esim. v. 2011 pienhiukkaspitoisuudet ovat kaupungin mittauspisteissä ylittäneet vrk-ohjearvon helmikuun lopussa ja marraskuussa. Itse työmaiden lisäys alueellisiin pienhiukkaspitoisuuksiin on hyvin pieni Vihilahdessa ja Sulkavuoren pohjoispuolella. Sulkavuoren päätyömaa-alueella lisäys vrk-pitoisuuksiin on n. 7-9 µg/m<sup>3</sup> (n. +36% vrk-ohjearvosta).

Kaupunki-ilman hiukkasten merkittävimmät lähteet ovat liikenne, energiantuotanto ja puun pienpoltto sekä kaukokulkeuma. Suurin osa kaupunki-ilman hengitettävistä PM<sub>10</sub>-hiukkasista on peräisin liikenteen nostattamasta katupölystä eli epäsuorista päästöistä. PM<sub>2.5</sub>-pienhiukkaset ovat pääosin kaukokulkeumaa ja osin peräisin liikenteen pakokaasuista sekä tulisijojen ja energiantuotannon päästöistä. Myös pieni osa katupölystä on pienhiukkasia. Pienhiukkasten terveysriskin arvioinnissa turvallista pitoisuutta ei ole pystytty määrittämään. Haitallisimpia ovat polttoperäiset hiukkaset, jotka Suomessa ovat pääosin peräisin kaukokulkeumasta, liikenteestä ja pienpoltosta. Sulkavuoren puhdistamotyömaan hiukkaspäästöistä suurin osa on mineraaliperäistä hiukkasia (louhintapölyä, työmaateiden pölyämistä) ja pienempi osa polttoperäisiä, ajoneuvojen pienhiukkaspäästöjä.

## **6. Puhdistamon toiminnasta aiheutuvat ulkoilman hiukkaspitoisuudet**

Liitteessä 4 on esitetty hiukkaspäästöjen vaikutukset ilmanlaatuun Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon valmistuttua.

Kuvassa 13 on VE1 vaihtoehdon (lietteenpoltto+liikenne) ilmanlaatuvaikutukset korkeimpina vrk-pitoisuuksina ympäristössä. Polttolaitos noudattaa jätteenpolttoasetuksen mukaisia päästörajoja (vrt. kohta 3).

VE2 vaihtoehdossa hiukkaspäästöjä muodostuu pääosin vain puhdistamolle suuntautuvasta liikenteestä, sillä VE2 vaihtoehdossa liete mädätetään eikä ko. toiminnasta muodostu hiukkaspäästöjä (Kuva 14).

Kokonaisuutena jätevedenpuhdistamon hiukkaspäästöt ovat rakennusvaiheen jälkeen puhdistamon varsinaisen toiminnan aikana hyvin pienet. VE2 vaihtoehdon hiukkaspäästöjen vaikutukset ovat vielä pienemmät kuin VE1 vaihtoehdossa. Toiminnan aikana puhdistamon aiheuttamat hiukkaspitoisuudet ovat vain murto-osa rakennusaikaisista vaikutuksista.

## 7. Yhteenveto

Sulkavuoren kalliopuhdistamon rakentamisen aikaiset hiukkaspäästöt arvioitiin kallioulouhinnan louhintamäärien, räjäytysten suunnittelutietojen ja louheen siirtokuljetusten liikennetietojen perusteella. Puhdistamon valmistuttua toiminnan aikaiset hiukkaspäästöt arvioitiin VE1 ja VE2 vaihtoehtojen mukaisesti.

Päästötietojen perusteella mallinnettiin kalliopuhdistamon rakentamisen aikaisesta liikenteestä aiheutuvat hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>-hiukkaset, < 10 µm kokoluokka) ja pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>-hiukkaset < 2.5 µm kokoluokka) vaikutusalueet ja korkeimmat tunti- ja vuorokausipitoisuudet ympäristössä rakentamisaikana. Tehty liikennemallinnus on sellaisen vuorokauden tilanne, jossa työmaiden liikenne on maksimissaan ja maa on sulana ja säätyyppi on kuiva. Lisäksi mallinnettiin räjäytysten lyhytaikaisten hiukkaspäästöjen ilmanlaatuvaikutukset, kun tunneleita tuuletetaan räjäytysten jälkeen pystykuilujen ja ajotunneleiden kautta.

Rakentamisen vaikutuksia ilmanlaatuun sekä muun liikenteen ja kaupunkitaustan yhteisvaikutuksia verrattiin ulkoilman hiukkaspitoisuuksille annettuihin ilmanlaadun terveysperusteisiin vuorokauden ohje- ja raja-arvoihin sekä Tampereella mitattuihin lyhytaikaisiin hiukkasten tuntipitoisuuksiin.

Hiukkasten tuntipitoisuuksille ei ole olemassa terveysperusteisia ohje- tai raja-arvoja. Hiukkasten ilmanlaadun terveysperusteiset ohje- ja raja-arvot on annettu vuorokausipitoisuuksina.

- PM<sub>10</sub>-hiukkasten ilmanlaadun ohjearvo on 70 µg/m<sup>3</sup>, josta sallitaan yksi ylitys jokaisena kuukautena (VNp 480/1996).
- PM<sub>10</sub>-hiukkasten ilmanlaadun terveysperusteinen raja-arvo on 50 µg/m<sup>3</sup>, josta sallitaan 35 numeroarvoylitystä vuodessa (VNa 38/2011).
- PM<sub>2,5</sub> hiukkasten vrk-ohjearvon on antanut Maailman terveysjärjestö WHO ja se on 25 µg/m<sup>3</sup>.

Taulukkoon 9 on koottu Sulkavuoren kalliopuhdistamon rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset – räjäytyksistä ja työmaaliikenteestä aiheutuvat korkeimmat hiukkaspitoisuudet työmaa-alueilla: Sulkavuori, Sulkavuori pohj. ja Vihilahti. Lisäksi taulukossa on arvioitu työmaan aiheuttamia hiukkaspitoisuuksia Sulkavuoren itäpuolella sijaitsevalla Nirvan pientaloalueella, Sulkavuoren puoleisessa päässä. Taulukossa on yhteenvedona arvioitu työmaavaikutusten ja muun liikenteen ja kaupunkitaustan korkeimmat PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>hiukkaspitoisuudet ko. alueilla.

| Taulukko 9. Yhteenveto -Sulkavuoren kalliopuhdistamon rakennusaikaiset ilmanlaatuvaikutukset |                          |                          |                          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Räjäytystoiminta                                                                             | Sulkavuori päätyömaa     | Sulkavuori pohj.(Prisma) | Vihilahti työmaa         | Nirvan asuinalue         |
|                                                                                              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Korkein PM <sub>10</sub> tuntipitoisuus                                                      | 100-150                  | 70-100                   | 70-100                   | 10-15                    |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> tuntipitoisuus                                                     | 5-10                     | 4-5                      | 4-5                      | <1                       |
| Yhteensä- Tuntipitoisuuden maksimivaihtelu huomioituna muu liikenne ja tausta                | Sulkavuori päätyömaa     | Sulkavuori pohj.(Prisma) | Vihilahti työmaa         | Nirvan asuinalue***      |
|                                                                                              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Korkein PM <sub>10</sub> tuntipitoisuus                                                      | 135-260                  | 105-210                  | 105-210                  | 70-75                    |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> tuntipitoisuus                                                     | 20-62                    | 19-57                    | 19-57                    | 15-38                    |
| Louheenkuljetusliikenne                                                                      | Sulkavuori päätyömaa     | Sulkavuori pohj.(Prisma) | Vihilahti työmaa         | Nirvan asuinalue         |
|                                                                                              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Korkein PM <sub>10</sub> tuntipitoisuus                                                      | 200-300                  | 60-80                    | 30-40                    | 20-50                    |
| Korkein PM <sub>10</sub> vrk-pitoisuus*                                                      | 80-90                    | 20-25                    | 10-12                    | 12-15                    |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> tuntipitoisuus                                                     | 15-20                    | 6-8                      | 3-4                      | 4-5                      |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> vrk-pitoisuus**                                                    | 7-9                      | 2-3                      | 0.5-1                    | 1-2                      |
| Yhteensä- Tuntipitoisuuden maksimivaihtelu huomioituna muu liikenne ja tausta                | Sulkavuori päätyömaa     | Sulkavuori pohj.(Prisma) | Vihilahti työmaa         | Nirvan asuinalue***      |
|                                                                                              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Korkein PM <sub>10</sub> tuntipitoisuus                                                      | 235-410                  | 95-190                   | 105-210                  | 50-110                   |
| Korkein PM <sub>10</sub> vrk-pitoisuus*                                                      | 96-130                   | 36-65                    | 26-87                    | 28-55                    |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> tuntipitoisuus                                                     | 30-77                    | 21-60                    | 18-56                    | 19-43                    |
| Korkein PM <sub>2.5</sub> vrk-pitoisuus**                                                    | 15-35                    | 10-29                    | 9-27                     | 9-28                     |

\*PM<sub>10</sub> vrk-raja-arvo 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (sallitaan 35 ylitystä vuodessa), vrk-ohjearvo 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (kk:n 2.korkein arvo), \*\*PM<sub>2.5</sub> vrk-ohjearvo on 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO)

\*\*\*Nirvan asuinalueen PM<sub>2.5</sub>liikenne+taustapitoisuudet:Kaleva, PM<sub>10</sub>liikenne+taustapitoisuudet: Epilä/Pirkankatu, 99p.piste/ keskiarvot

Kallioräjäytysten jälkeen hiukkasten tuntipitoisuudet ovat korkeimmillaan pystykuilujen ja ajotunneleiden suuaukoilla, kun räjähdyskaasut tuuletetaan ulos tunnelityömailta. Hiukkaspitoisuudet laimenevat nopeasti suuaukoilta etäännyttäessä, koska itse päästötapahtuma on lyhyt ja laimennusilmaa puhalletaan tunneliin. Jätevedenpuhdistamon työmaasta aiheutuvat korkeimmat PM<sub>10</sub>-tuntipitoisuudet Sulkavuoren päätyömaa-alueella ovat samaa suuruusluokkaa kuin korkeimmat mitatut tuntipitoisuudet Tampereen kaupungin vilkasliikenteisimpien teiden ympäristössä (vrt. Taulukot 5,7,8).

Kallioulouheen kuljetuksesta aiheutuvat korkeimmat vuorokausipitoisuudet Sulkavuoren päätyömaa-alueella ja työmaatien varrella voivat ylittää ilmanlaadun PM<sub>10</sub>-vrk-ohjearvon ja PM<sub>10</sub>-vrk-raja-arvon numeroarvon. Sulkavuorella, päätyömaa-alueen välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta. Työmaa-alue on aidattua aluetta, jossa ei ole läpikulkua. Hiukkaspitoisuudet ovat työmaa-alueella murto-osan työhygieenisestä epäorgaanisen mineraalipölyn haitalliseksi tunnetusta pitoisuusrajasta (HTP<sub>8h</sub> 10  $\text{mg}/\text{m}^3$  = 10 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Sulkavuori Pohjoinen ja Vihilahden työmaiden ympäristössä korkeimmat  $PM_{10}$ -vrk-pitoisuudet voivat myös vaihdella voimakkaasti (Sulkavuori pohj. 51-93% vrk-ohjearvosta, Vihilahti 37%-->124% vrk-ohjearvosta). Vihilahdessa työmaa-alueella ja välittömästi sen läheisyydessä vuorokausipitoisuudet voivat ylittää  $PM_{10}$ -vrk-ohjearvon ja  $PM_{10}$ -vrk-raja-arvon numeroarvon erityisesti kevätkuukausina. Suurin vaikuttava tekijä tähän on muu liikenne ja erityisesti katupölyn määrä keväisin. Vihilahdessa  $PM_{10}$ -pitoisuudet voivat ylittää vrk-ohjearvon myös ilman työmaan vaikutusta, sillä Hatanpään Valtatien liikenne vastaa likimain Epilän mittausaseman liikennettä. Vihilahden työmaan arvioitu lisäys korkeimpiin vrk-pitoisuuksiin on  $10-12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kun muun liikenteen ja kaupunkitaustan aiheuttamat korkeimmat vrk-pitoisuudet ovat siellä luokkaa  $16-75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Koska Vihilahdessa on asutusta välittömästi työmaan lähiympäristössä, tulee pitoisuuksia alueella pyrkiä pienentämään pesemällä Hatanpään Valtatien ja Lahdesjärvenkadun risteysalueen asfaltoituja teitä säännöllisesti louhintatyömaan aikana ja erityisen huolellisesti kevätkuukausina. Myös Sulkavuori pohjoinen työmaan lähialueella Vanhan Lempääläntien pölyämistä voidaan vähentää pesemällä tai sitomalla katupölyä. Lisäksi tulee harkita mahdollisuudet asutuksen lähellä sijaitsevien työmaateiden väliaikaiseen asfaltointiin, mikä vähentäisi myös pölyämistä.

Työmaaliikenteen aiheuttamat pienhiukkaspitoisuudet ( $PM_{2.5}$ ) muodostuvat ajoneuvojen pienhiukkaspäästöistä, kallioulouhinnan pienhiukkasfraktiosta ja lisäksi työmaateiden ns. katupölyn pienhiukkasfraktiosta. Pienhiukkasten tuntipitoisuuksille ei ole olemassa terveysperusteista ohjearvoa, sillä hiukkaspitoisuuksien terveysvaikutuksia arvioidaan vrk-pitoisuuksien perusteella. WHO on antanut  $PM_{2.5}$ -vuorokausipitoisuudelle ohjearvon  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon työmaatoiminnasta aiheutuvat pienhiukkasten korkeimmat vrk-pitoisuudet vaihtelevat välillä  $0.5-1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Vihilahti) →  $7-9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sulkavuori päätyömaa). Kun muu liikenne ja kaupunkitausta otetaan huomioon, voivat  $PM_{2.5}$ -hiukkasten korkeimmat vrk-pitoisuudet vaihdella voimakkaasti ja ajoittain ylittää WHO:n antaman vrk-ohjearvotason  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tämä johtuu suurimmaksi osaksi taustapitoisuuksista ja nimenomaan kaukokulkeumasta.  $PM_{2.5}$ -vuorokausipitoisuuksien vaihtelu on voimakasta jo pelkästään kaupunkialueen mittauspisteissä (korkeimmat vrk-pitoisuudet kuukausittain vaihtelevat alle  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :sta yli  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :aan). Vuonna 2011 pienhiukkaspitoisuudet kaupungin mittauspisteissä ylittivät vrk-ohjearvon helmikuun lopussa ja marraskuussa. Itse työmaiden lisäys alueellisiin pienhiukkaspitoisuuksiin on pieni Vihilahdessa ja Sulkavuoren pohjoispuolella. Sulkavuoren päätyömaa-alueella lisäys vrk-pitoisuuksissa on n.  $7-9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (n. +36% vrk-ohjearvosta).

Sulkavuoren pohjoispuolen tunnelityömaan läheisyydessä on iso päivittäistavaran kauppa ja Sulkavuoren itäpuolella on Nirvan pientaloalue. Työmaaliikenne voi nostaa arkivuorokausina Sulkavuorta lähimpänä olevan Nirvan pientaloalueen hiukkaspitoisuuksia, vuorokausipitoisuuksina  $PM_{10}$  n.  $12-15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja  $PM_{2.5}$   $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Suurin osa näistä hiukkasista on epäorgaanista mineraalipölyä ja pienempi osa ajoneuvojen polttoperäisiä hiukkasia. Kokonaispitoisuudet (työmaaliikenne+muu liikenne + kaupunkitausta) Nirvan pientaloalueella on arvioitu olevan korkeimmillaan Sulkavuoren puoleisessa päässä  $PM_{10}$ -vrk-pitoisuuksina  $28-55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja  $PM_{2.5}$  vrk-pitoisuuksina  $9-28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Yhteisvaikutuksia arvioitaessa  $PM_{10}$ -hiukkasten vrk-ohjearvo  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ei ylity Nirvassa, joskin yksittäisiä vrk-raja-arvon  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  numeroarvoilyityksiä voi mahdollisesti esiintyä. Pienhiukkasten WHO:n vrk-ohjearvo  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voi yksittäisinä päivinä ylittyä, mutta siihen ei sanottavasti vaikuta Sulkavuoren työmaa (vrk-pitoisuusvaikutus Nirvassa

1-2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) vaan erityisesti kaukokulkeuman ja pienpolton aiheuttamat pitoisuusvaihtelut.

Kokonaisuutena mallinnustulosten ja taustapitoisuuksien arvioinnin avulla on saatu kuva Sulkavuoren puhdistamon työmaiden maksimivaikutusalueista ja  $\text{PM}_{10}$ - ja  $\text{PM}_{2.5}$ -hiukkasten kokonaispitoisuustasoista kuivalla ilmalla työmaiden välittömässä läheisyydessä ja lähiasuinalueilla.

Kallioulouhintatyömaiden aikana tulisi ilmanlaatu- ja terveysvaikutusten minimoimiseksi kiinnittää huomioita seuraaviin seikkoihin:

- Vihilahden lähellä olevien koulujen ja päiväkodin sekä Sulkavuoren pohjoispuolella sijaitsevan kauppakeskuksen raitisilmanotto tulisi varustaa pienhiukkassuodattimilla, joita vaihdetaan riittävän usein.
- Työmaaohjeissa tulee huomioida pölyntorjunta, mm. työmaateiden kastelu kuivalla ilmalla sekä myös lyhyen avolouhintavaiheen aikana työmaan aloitusvaiheessa.
- Työmaiden lähialueen asfaltoitujen teiden katupölyn torjunnasta tulee huolehtia esim. riittävän usein tapahtuvalla tien pesulla tai muulla pölynsidonnalla
- Työmaateiden tilapäistä asfaltointia tulee harkita pölyämisen torjuntakeinona
- Kallionporauslaitteisto tulee varustaa pölynkeräyslaitteistolla.
- Työmaaliikenne tulee ohjata ympäristövaikutusarvioinnissa esitettyjä reittejä pitkin, jolloin liikenteen päästövaikutukset jäävät asuinalueilla esitetyn mukaisiksi.

Sulkavuoren jätevedenpuhdistamon hiukkaspäästöt ovat rakennusvaiheen jälkeen puhdistamon varsinaisen toiminnan aikana hyvin pienet, koska liikenne on vähäistä ja puhdistamon valmistuttua tiet alueella asfaltoidaan. VE1 vaihtoehdossa hiukkaspäästöjä muodostuu liikenteen lisäksi myös lietteenpoltosta. Polttolaitos varustetaan savukaasun puhdistuslaitteilla. VE2 vaihtoehdossa lietteen mädätyksestä ei muodostu hiukkaspäästöjä. Puhdistamon toiminnan aikana molempien vaihtoehtojen VE1 ja VE2 hiukkaspäästöjen ulkoilmavaikutukset ovat murto-osia verrattuna rakennusaikaisiin vaikutuksiin.

## 8. Mallin kokonaispövarmuus

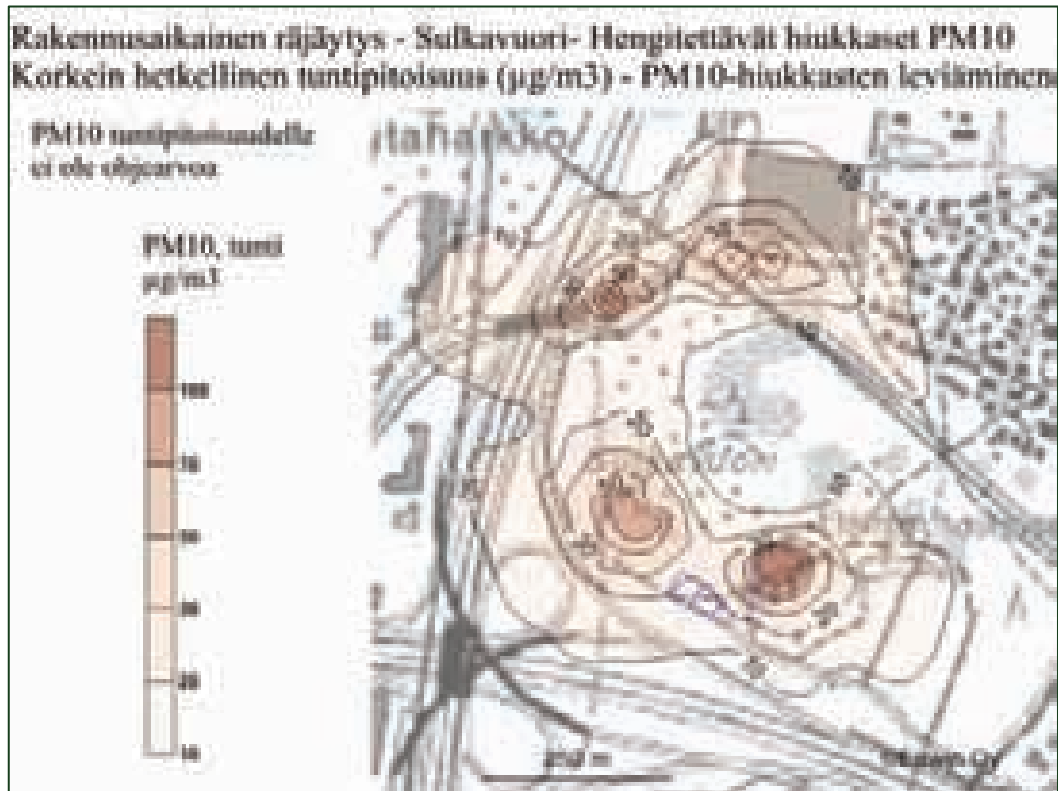
Parhaassa tapauksessa leviämismallinnuksen epävarmuusarviointi tehdään vertaamalla saman ajankohdan ulkoilmapitoisuuksien mittausdataa ja mittauspisteeseen mallilla laskettuja pitoisuuksien aikasarjoja keskenään silloin, kun kaikki suurimmat ulkoilmapitoisuuksiin vaikuttavat päästölähteet ja taustapitoisuus ovat mallissa mukana. Tehtäessä mallinnuksia tulevaisuuden päästötiedoilla ei vastaavaa vertailua voida tehdä.

Tämän mallinnuksen suurimmat epävarmuudet liittyvät lähtötietojen epävarmuuteen, kuten työmaan liikennemääriin ja ajoneuvokohtaisiin päästökertoimiin suorien ja epäsuorien (kuten työmaateiden pölyäminen) hiukkaspäästöjen osalta sekä mm. kallion räjäytyskertoihin/vrk ja niiden hiukkaspäästökertoimiin. Päästökertoimina on käytetty maansiirtoautojen ajoneuvokohtaisia hiukkaspäästökertoimia (VTT/Lipasto). Lisäksi työmaatietosuoksissa on sovellettu kanadalaisia louheenkuljetusteiden hiukkaspäästökertoimia sekä kallionräjäytyksen päästökertoimia. Nämä lähtötiedot ovat paras käytettävissä oleva tieto hiukkaspäästöjen muodostumisesta.

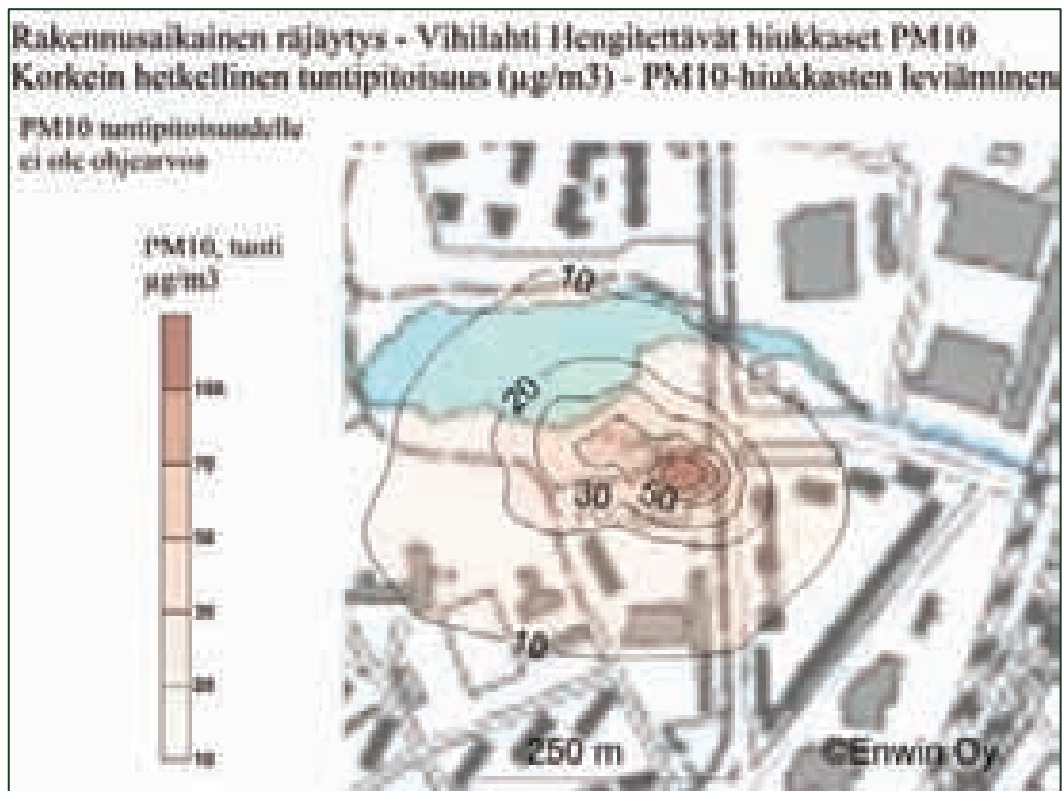
Muun liikenteen ja kaupunkitaustan arvioinnissa on käytetty Tampereen kaupungin hiukkasmittaus tuloksia vuodelta 2011. Epävarmuutta kaupunkitaustan ja muun liikenteen sekä työmaaliikenteen yhteisvaikutusarvioihin Sulkavuorella tuo mm. se, että työmaa-alue ja lähialueen isot tiet sijaitsevat korkeusasemaltaan eri tasoissa. Myös Nirvan alueen taustapitoisuudet on arvioitu lähinnä Kalevan mittausaseman pitoisuuksista, sillä muut mittausasemat sijaitsevat hyvin lähellä ajoväyliä ns. liikenneympäristöissä. Vihilahden Hatanpään Valtatien ja Lahdenperäntkadun risteysalue sen sijaan vastaa liikenteeltään Epilän mittauspisteen liikennettä. Kokonaisuutena mallinnustulosten ja taustapitoisuuksien arvioinnin avulla on saatu kuva työmaan vaikutusalueista ja PM<sub>10</sub>- ja PM<sub>2.5</sub>-hiukkasten kokonaispitoisuustasoista työmaiden välittömässä läheisyydessä ja lähialueilla.

Tehtyä mallinnusta voidaan pitää parhaana mahdollisena kalliopuhdistamon rakentamisesta aiheutuvien hiukkaspäästöjen vaikutusarviona käytettävissä olevien tietojen perusteella.

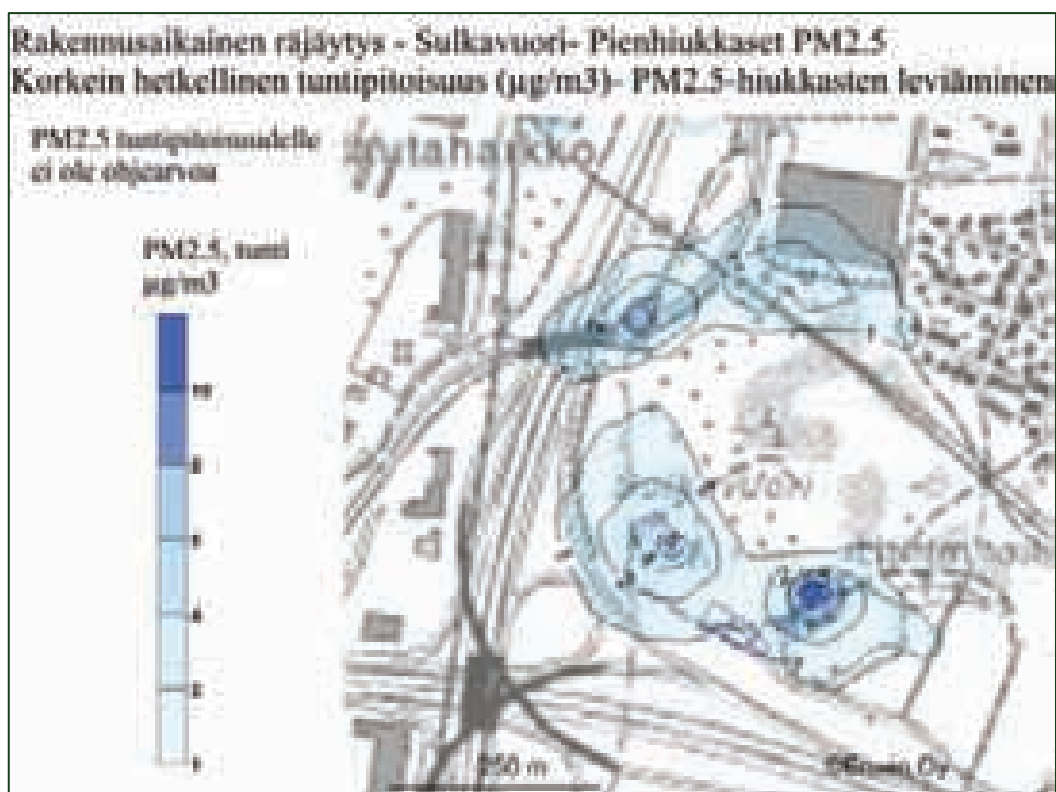
**LIITE 1 Rakennusaikainen räjäytys - PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2.5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen**



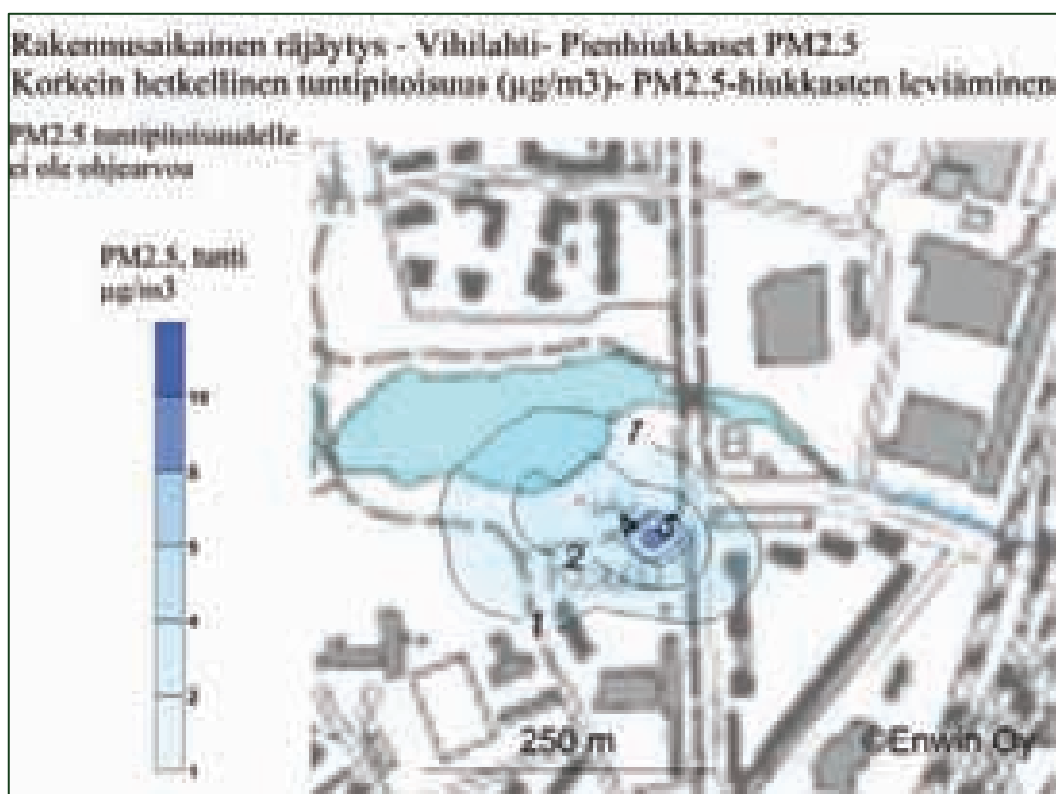
Kuva 1. Sulkavuori - rakennusaikainen räjäytys (4-6 lyhyttä peräkkäistä räjäytystä/päivä). Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet tuuletuksen aikana.



Kuva 2. Vihilahti - rakennusaikainen räjäytys (2 lyhyttä peräkkäistä räjäytystä/päivä). Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet tuuletuksen aikana.

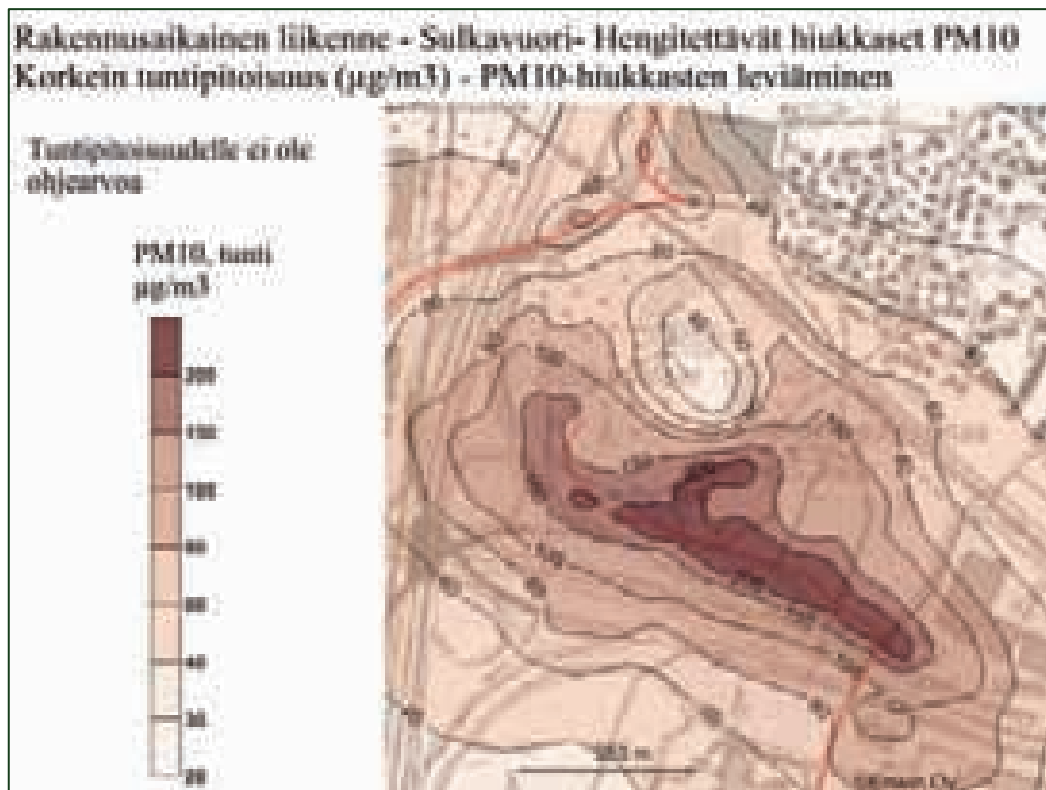


Kuva 3. Sulkavuori - rakennusaikainen räjäytys (4-6 lyhyttä peräkkäistä räjäytystä/päivä). Pienhiukkasten ( $\text{PM}_{2.5}$ ) korkeimmat tuntipitoisuudet tuuletuksen aikana.



Kuva 4. Vihilahti - rakennusaikainen räjäytys (2 lyhyttä peräkkäistä räjäytystä/päivä). Pienhiukkasten ( $\text{PM}_{2.5}$ ) korkeimmat tuntipitoisuudet tuuletuksen aikana.

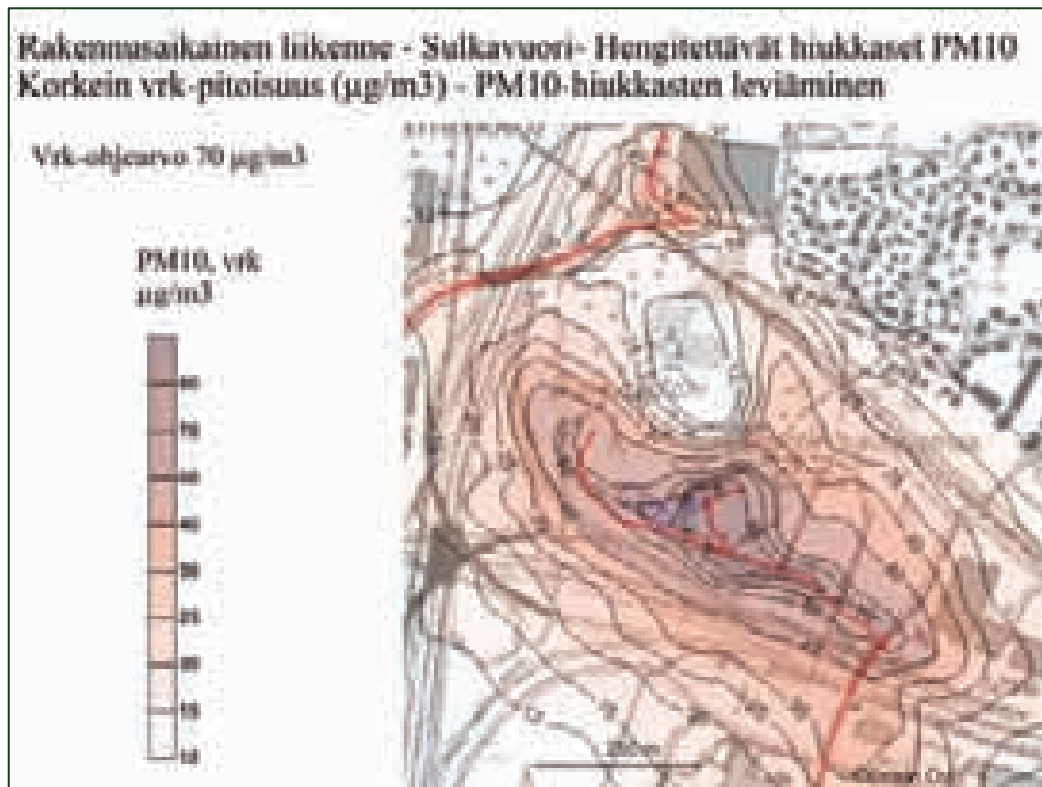
**LIITE 2 Rakennusaikainen liikenne - PM<sub>10</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen**



Kuva 5. Sulkavuori - rakennusaikainen liikenne. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä.



Kuva 6. Vihilahti - rakennusaikainen liikenne. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä.

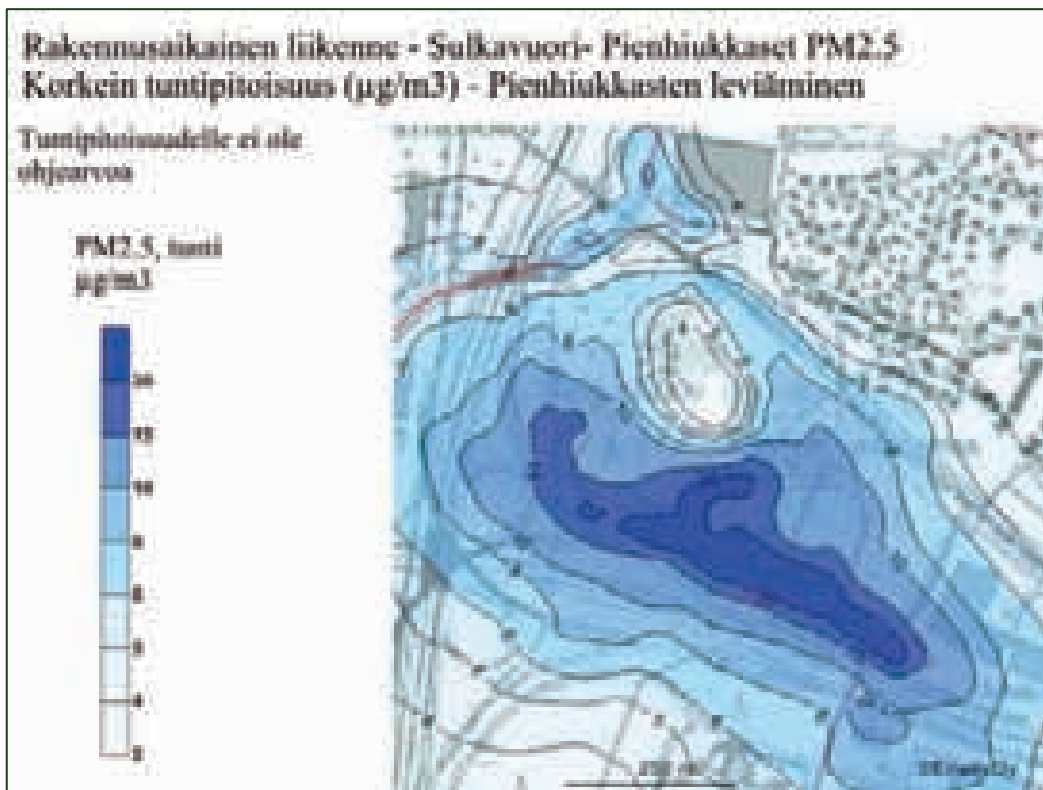


Kuva 7. Sulkavuori - rakennusaikainen liikenne. Hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) korkeimmat vrk-pitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä. Vuorokausi-ohjearvo on  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (kuukaudessa sallitaan yksi ylitys)



Kuva 8. Vihilahti - rakennusaikainen liikenne. Hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) korkeimmat vrk-pitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä. Vuorokausi-ohjearvo on  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (kuukaudessa sallitaan yksi ylitys)

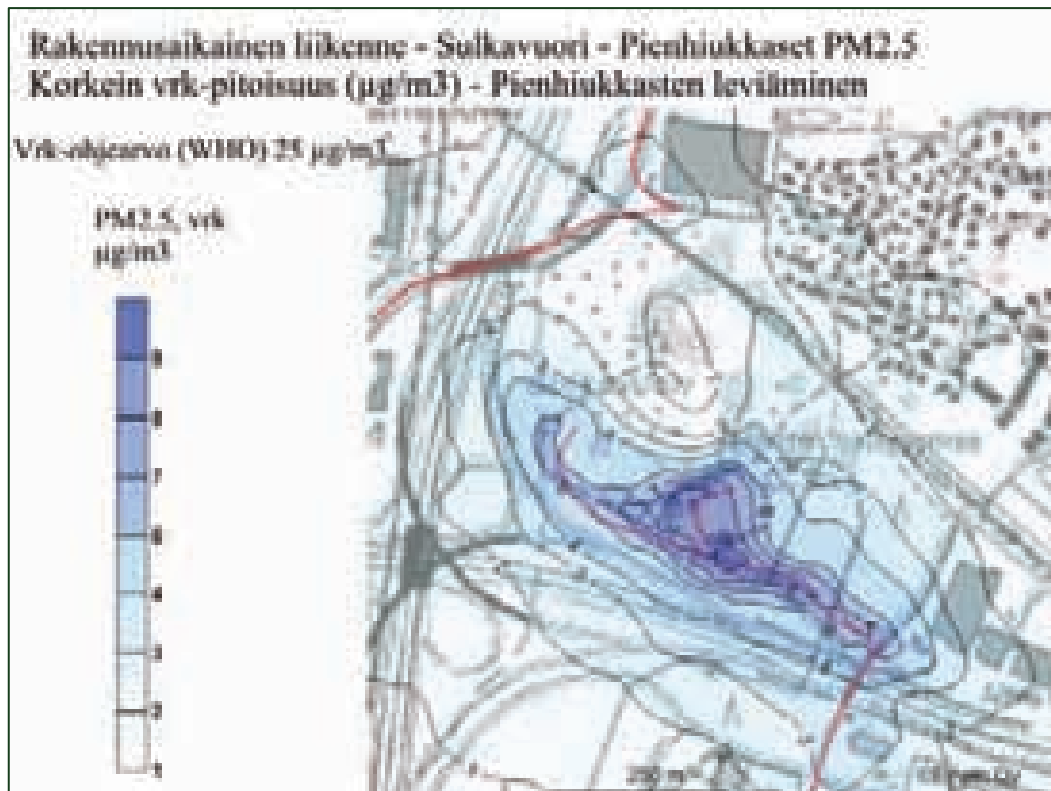
**LIITE 3 Rakennusaikainen liikenne - PM<sub>2.5</sub> hiukkaspäästöjen leviäminen**



Kuva 9. Sulkavuori - rakennusaikainen liikenne. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä.



Kuva 10. Vihilahti - rakennusaikainen liikenne. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat tuntipitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä.

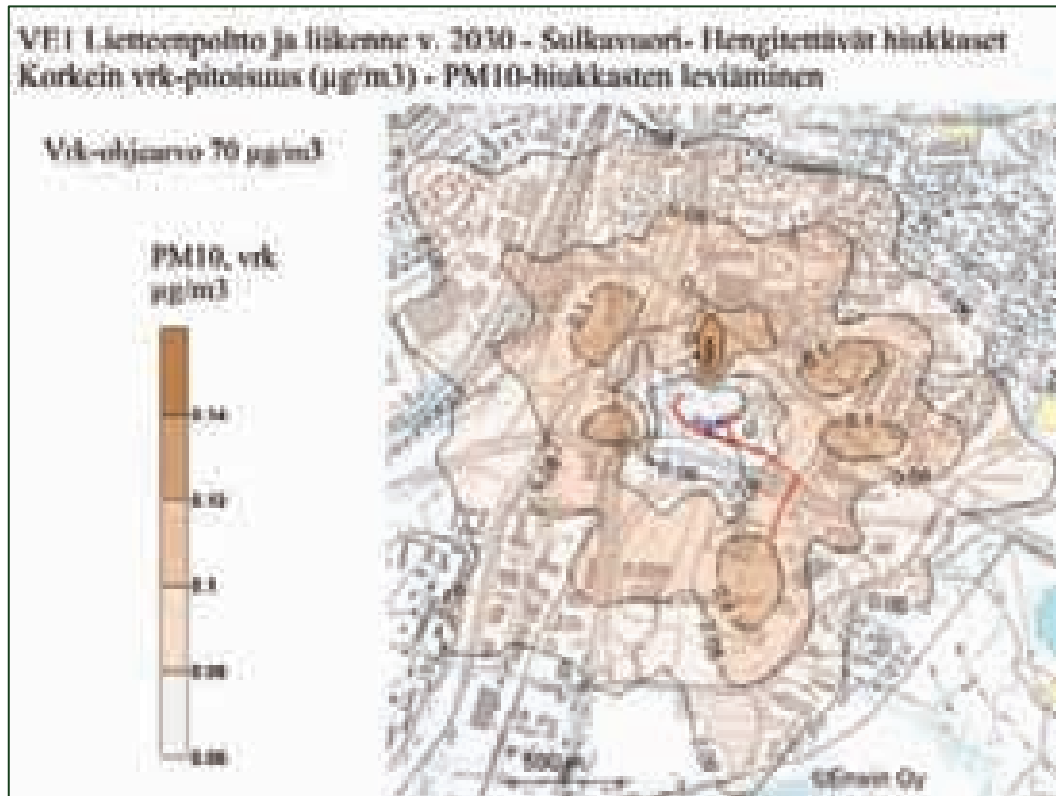


Kuva 11. Sulkavuori - rakennusaikainen liikenne. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat vrk-pitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä. WHO:n vuorokausiohjearvo on 25 µg/m<sup>3</sup>.

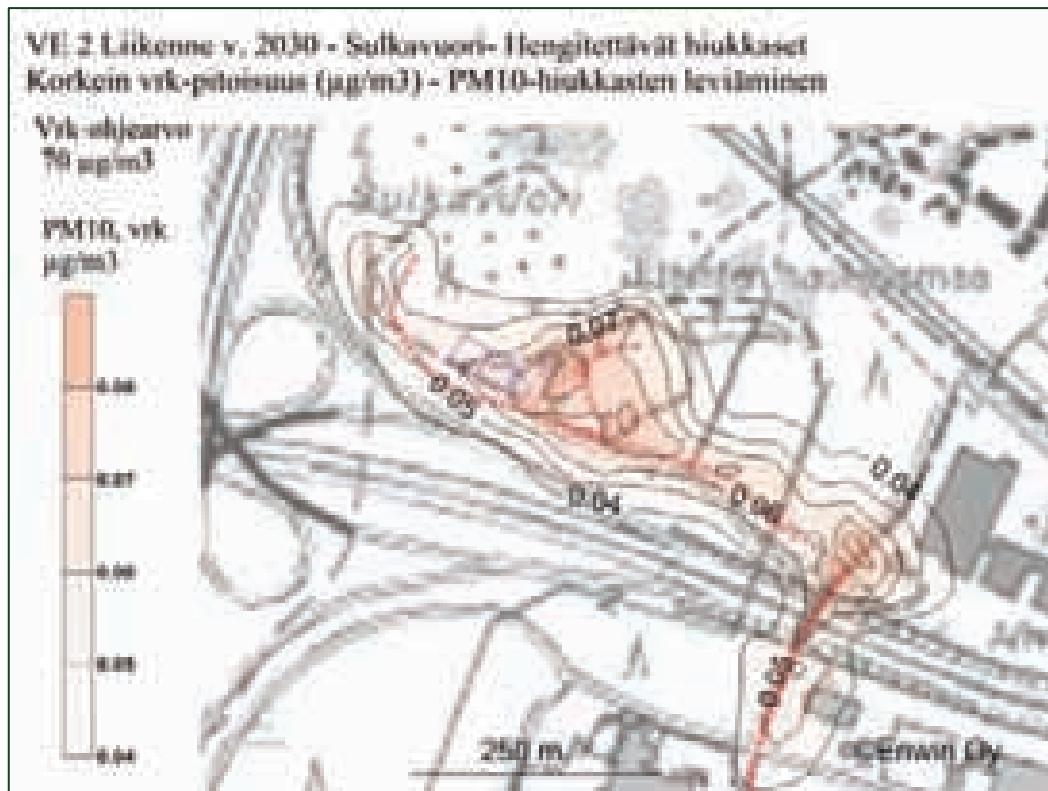


Kuva 12. Vihilahti - rakennusaikainen liikenne. Pienhiukkasten (PM<sub>2.5</sub>) korkeimmat vrk-pitoisuudet, jotka aiheutuvat työmaaliikenteestä. WHO:n vuorokausiohjearvo on 25 µg/m<sup>3</sup>.

**LIITE 4 Puhdistamon toiminnan aikaisten hiukkaspäästöjen leviäminen (VE1 ja VE2 vaihtoehdot)**



Kuva 13. Sulkavuori- Hiukkaspäästöjen ympäristövaikutukset VE1 vaihtoehdossa (Lietteenpolto ja liikenne puhdistamolle). Hengitettävien hiukkasten ( $\text{PM}_{10}$ ) korkeimmat vrk-pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausi-ohjearvo on 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Kuva 14. Sulkavuori- Hiukkaspäästöjen ympäristövaikutukset VE2 vaihtoehdossa (liikenne puhdistamolle). Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) korkeimmat vrk-pitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausi-ohjearvo on 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 9. Hajujen leviämismallinnus nykytila



# **Tampereen Veden Viinikanlahden ja Raholan jätevedenpuhdistamoiden hajuselvitys**

Jyväskylän yliopisto  
Ympäristöntutkimuskeskus

Tutkimusraportti 138/2012

Toni Keskitalo  
Mika Laita

Jyväskylä 2012



## **SISÄLLYSLUETTELO**

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. JOHDANTO .....</b>                                  | <b>2</b>  |
| <b>2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....</b>                    | <b>3</b>  |
| 2.1 TUTKIMUSALUE .....                                    | 3         |
| 2.2 NÄYTTEENOTTO .....                                    | 4         |
| 2.3 HAJUPITOISUUS .....                                   | 5         |
| 2.4 HAJUPITOISUUDEN MÄÄRITTÄMINEN ELI OLFAKTOMETRIA ..... | 5         |
| 2.5 LEVIÄMISMALLI JA LASKENTA .....                       | 6         |
| 2.6 EPÄVARMUUSTEKIJÖITÄ .....                             | 7         |
| <b>3. HAJUPITOISUUS JA HAJUPÄÄSTÖT .....</b>              | <b>8</b>  |
| 3.1 OLFAKTOMETRIAN TULOKSET .....                         | 8         |
| 3.2 LEVIÄMISMALLIN LÄHTÖTIEDOT .....                      | 10        |
| <b>4. MALLINNUKSEN TULOKSET .....</b>                     | <b>11</b> |
| 4.1 VIINIKANLAHTI .....                                   | 12        |
| 4.2 RAHOLA .....                                          | 19        |
| <b>5. MALLINNUKSEN TULOSTEN TARKASTELU .....</b>          | <b>26</b> |
| 5.1 VIINIKANLAHTI .....                                   | 26        |
| 5.2 RAHOLA .....                                          | 26        |
| <b>6. KIRJALLISUUSLUETTELO .....</b>                      | <b>27</b> |

*Tätä raporttiversiota on viimeksi muokattu 4.10.2012.*

## 1. JOHDANTO

Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskus mittasi hajupitoisuuksia ja hajupäästöjä Tampereen Veden Viinikanlahden jätevedenpuhdistamolla 20.–21.6.2012 ja Raholan puhdistamolla 20.6.2012. Näytteiden hajupitoisuuden ja maastohavaintojen perusteella laskettiin hajujen leviämismalli puhdistamoiden ympäristöön. Näytteenoton suorittivat laboratorioinsinööri Tony Pirkola, tutkija Mika Laita ja tutkimusapulainen Marjo Saarinen. Tutkija Toni Keskitalo käsitteli tulokset, laati leviämismallin ja kirjoitti tämän raportin.

Selvitys perustuu Pirkanmaan ympäristökeskuksen vuonna 2007 myöntämässä ympäristöluvis-  
sa esitettyihin velvoitteisiin. Luissa Viinikanlahden ja Raholan jätevedenpuhdistamoja vel-  
oitettiin kartoittamaan ympäristöön kohdistuvia hajuvaikutuksia.

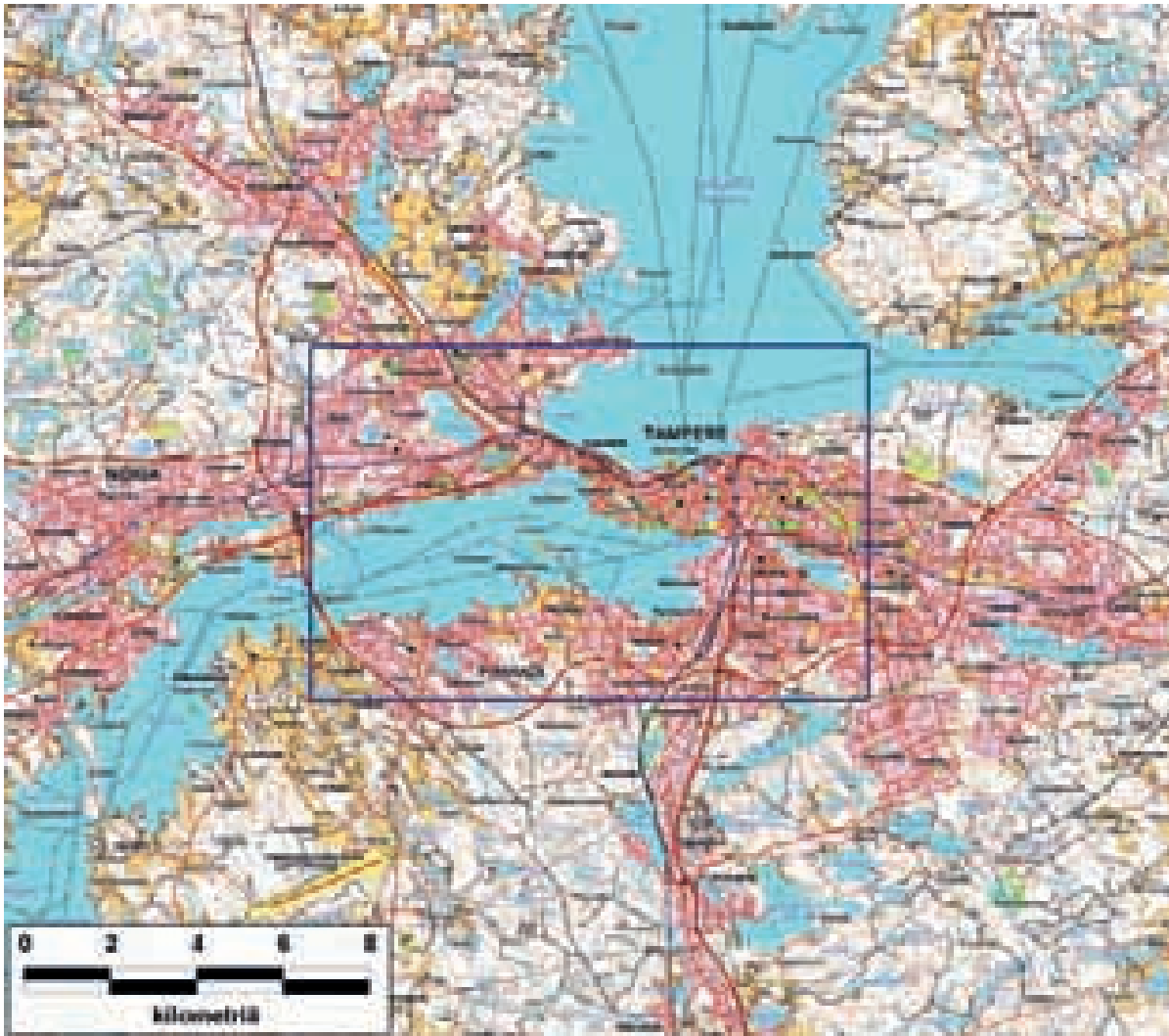
Aikaisemmin raportoitiin puhdistamojen hajupitoisuudet ja hajupäästöt väliraportissa (tutki-  
musraportti 119/2012, Ympäristöntutkimuskeskus).

Pohjakartat (maastokarttarasteri 1:50 000 ja 1:100 000) ja maastotiedot (laserkeilaus, maasto-  
tietokanta) ovat Maanmittauslaitoksen avointa aineistoa, heinäkuu 2012. (MML 2012)

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Tutkimusalue

Selvityksen kohteena olivat Tampereen Veden jätevedenpuhdistamot Viinikanlahdella ja Raholassa. Tutkimusalueeksi valittiin 3,5 km säde kummastakin puhdistamosta, jonka jälkeen alueet yhdistettiin suorakaiteeksi, jonka koko on noin 13 km × 8,5 km.



Kuva 1. Yleiskartta tutkimusalueesta ja mallinnusalueen sijoittuminen.

## 2.2 Näytteenotto

Näytteenottopäivänä (20.6.2012) otettiin näytteitä tutkimussuunnitelmassa mainituista kohteista sekä Viinikanlahden puhdistamolla ei tullut hajua merkittävästi ulkoilmaan kohteista 8, 10 eikä 11, joten niistä ei otettu näytteitä. Tutkimussuunnitelmassa mainittujen kohteiden lisäksi otettiin hajunäyte hönkäputkesta.

Raholan puhdistamolla kohde 2, lietteentiivistysaltaan tulovesiaukko oli ilmeisesti sama kuin kohde 9, lietsiilon ilmanvuotokohdat, eikä siitä ole erillistä näytettä. Mikroturbiinista ei otettu näytettä, koska sen hajun arvioitiin olevan tyypiltään epätyypillistä jätevedenpuhdistamon hajua. Suunnitelmassa mainittujen kohteiden lisäksi otettiin näytteet ilmastusaltaasta, jälkiselkeytysaltaasta, viemäristä tulevasta rännistä rakennuksen katolla sekä mädättämön aukoista.

Hajupitoisuuden määrittystä varten otettiin näytteitä tutkimussuunnitelmassa mainituista pisteistä. Näytteistä otettiin kustakin vähintään kaksi rinnakkaisnäytettä. Mittauspisteet on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Näytteet otettiin ECOMA-näytteenottimella Nalophan™-pusseihin (materiaali polytereftalaattia). Lisäksi mitattiin kaasun virtausnopeus (TSI Velocicalc kuuma-lanka-anemometri) ja lämpötila (Fluke 42, K-tyypin anturi). Virtausnopeusmittausten keskiarvoa käytettiin päästölaskuissa.

Virtausnopeus mitattiin joko kanavasta tai altaiden tapauksessa neliömetrin kokoiseen huuvaan kiinnitetystä halkaisijaltaan 10 cm:n putkesta. Tällaisessa näytteenotossa myös kaasunäyte otettiin putkesta.

Taulukko 1. Viinikanlahden mittauspisteiden tietoja.

| numero | kohde                                          | virtausnopeus<br>[m/s] | pinta-ala<br>yhtensä<br>[m <sup>2</sup> ] | kanavan<br>halkaisija<br>[cm] |
|--------|------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 1      | kuivatun lietteen ajokäytävän ovi              | 0,3                    | 1,4                                       |                               |
| 2      | kypsän lietteen välisäiliön poistoilmapuhallin | 0,77                   | 0,049                                     | 25                            |
| 3      | avoimet poistot mädättämöiden katolla (2 kpl)  | 0,1 *                  | 2 *                                       |                               |
| 4      | biosuodin, hajapäästö                          | 0,5                    | 1 *                                       |                               |
| 5      | tulopumppaamo/jäteveden tulo                   | 0,3 †                  | 200 *                                     |                               |
| 6      | kaasumoottori                                  | 9,9                    | 0,32                                      | 64                            |
| 7      | lietteenkäsittelyn kohdepoisto                 | 4,7                    | 0,11                                      | 36,5                          |
| 8      | tulopumppaamon poistoilma                      | ei päästöä             | –                                         |                               |
| 9      | tulovesialtaat                                 | 0,3 †                  | 200 *                                     |                               |
| 10     | hienovälppäyslavatilan poistoilma              | ei päästöä             | –                                         |                               |
| 11     | porrasväljän kohdepoisto                       | ei päästöä             | –                                         |                               |
| 12     | välätyn veden kanaali                          | 0,8 †                  | 310 *                                     |                               |
| 13     | esiselkeytysaltaat (4 kpl)                     | 0,22 ‡                 | 5480                                      |                               |
| 14     | ilmastusaltaat (8 kpl)                         | 0,37 †                 | 4000 *                                    |                               |
| 15     | jälkiselkeytysaltaat (16 kpl)                  | 0,02 †                 | 6360                                      |                               |
|        | hönkäputki                                     | 0,52                   | 0,031                                     | 25                            |

\* Arvio.

† Mitattu neliömetrin alalta kaasua keräävän huuvaan 10 cm:n putkesta.

‡ Laskettu kolmen eri altaan virtauksen keskiarvosta.

Taulukko 2. Raholan mittauspisteiden tietoja.

| numero | kohde                                 | virtaus-<br>nopeus<br>[m/s] | pinta-ala<br>yhtensä<br>[m <sup>2</sup> ] | kanavan<br>halkaisija<br>[cm] |
|--------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| 1      | välppähuoneen poisto katolla          | 12                          | 0,30                                      |                               |
| 2      | jäteveden tulo                        | 0,45 †                      | 250 *                                     |                               |
| 3      | esiselkeytys (3 allasta)              | 0,75 †                      | 768                                       |                               |
| 4      | lietteen ajokäytävän ovi              | 0,39                        | 1,4 *                                     |                               |
| 5      | lietteentiivistysaltaan tulovesiaukko | sama kuin 9                 |                                           |                               |
| 6      | linkohuone                            | 4,8                         | 0,067                                     | 29,3                          |
| 7      | lietesiilon poistopuhallin            | 4,9                         | 0,018                                     | 15                            |
| 8      | tilojen poistoilmahuone               | 12                          | 0,1                                       |                               |
| 9      | lietesiilon ilmanvuotokohdat (13 kpl) | 0,14                        | 2,3                                       |                               |
| 10     | mikroturbiini                         | ei mitattu                  |                                           |                               |
|        | ilmastus (3 allasta)                  | 0,21 †                      | 1010 *                                    |                               |
|        | jälkiselkeytys (3 allasta)            | 0,06 †                      | 1550                                      |                               |
|        | viemäristä tuleva ränni               | 2                           | 0,018 *                                   | 15 *                          |
|        | mädättämö (2 aukkoa)                  | 0,1 *                       | 0,24                                      |                               |

\* Arvio.

† Mitattu neliömetrin alalta kaasua keräävän huuven 10 cm:n putkesta.

## 2.3 Hajupitoisuus

Hajun voimakkuutta kuvataan hajuyksiköillä (HY, englanniksi odour unit, OU). Hajupitoisuus 1 HY/m<sup>3</sup> *määritellään* siten, että puolet ihmisistä, joilla on keskimääräinen hajuaisti, juuri aistii kyseisen hajun (SFS-EN 13725). Vastaavasti hajupitoisuus 500 HY/m<sup>3</sup> tarkoittaa, että näytettä voi laimentaa suhteessa 1:500, jotta saadaan juuri aistittava haju.

Ympäristöilmassa pitoisuus 5 HY/m<sup>3</sup> tarkoittaa selvästi aistittavaa hajua, joka on melko voimakas. Epämiellyttävän hajun pitoisuus 5–10 HY/m<sup>3</sup> yleensä koetaan häiritseväksi. Ulkoilman hajupitoisuus vaihtelee yleensä välillä 15–100 HY/m<sup>3</sup>. Yhteenveto eri hajupitoisuuksista on taulukossa 2. (Arnold 1995.) Tietyn kohteen aiheuttamaa hajupitoisuutta 1 HY/m<sup>3</sup> ei ole helppo havaita ulkoilmassa.

Taulukko 3. Luonnehdinta eri hajupitoisuuksista.

| hajupitoisuus       | luonnehdinta                                                    |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1 HY/m <sup>3</sup> | puolet ihmisistä, joilla on normaali hajuaisti, juuri havaitsee |
| 3 HY/m <sup>3</sup> | selvä, tunnistettava haju                                       |
| 5 HY/m <sup>3</sup> | melko voimakas, tunnistettava haju                              |

*Hajutunti* tarkoittaa sitä, että kyseisenä tuntina hajun voimakkuus ylittää tietyn hajupitoisuuden. Esimerkiksi jos tietyssä kohteessa hajupitoisuuden 3 HY/m<sup>3</sup> hajutunteja on 1 % vuodessa, se tarkoittaa, että hajupitoisuus on tasolla 3 HY/m<sup>3</sup> noin 87 tuntia vuoden aikana. Asian voi sanoa myös siten, että hajupitoisuuden 3 HY/m<sup>3</sup> *hajufrekvenssi* on kohteessa 1 %.

## 2.4 Hajupitoisuuden määrittäminen eli olfaktometria

Hajupitoisuus määritettiin olfaktometrisesti hajupaneelissa. Hajupaneelisiin osallistuivat tutkijat Irene Huuskonen, Anne Kiljunen, Mika Laita, Emmi Lehtonen, Jenni Lehtinen (bio- ja ympäristötieteiden laitos), laboratoriomestari Nina Honkanen (bio- ja ympäristötieteiden laitos), laboratorionsinööri Tony Pirkola sekä operaattorina laboratoriomestari Hannele

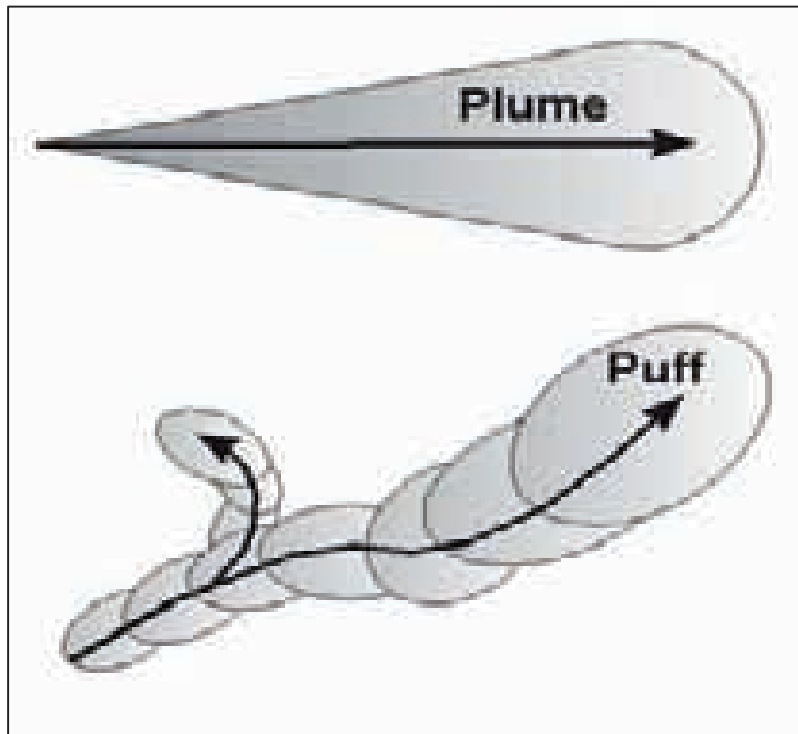
Holtttinen. Kaikki paneelien haistelijat ovat läpäisseet standardin SFS-EN 13725 mukaisen *n*-butanolitestin.

Määrittäminen suoritettiin Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen ECOMA T07 -olfaktometrilla. Laite syöttää panelisteille vuorotellen asteittain väkevöityvää näytekaasua ja vertailuksi hajutonta taustailmaa. Panelistit ilmoittavat napinpainalluksella, kun haistavat näytteen, ja laitteen ohjelmisto laskee hajupitoisuuden siitä, kun puolet panelisteista on haistanut näytteen. Paneelissa annetaan näytteistä myös vapaamuotoisia hajunkuvauksia, jotka antavat viitteitä hajun miellyttävyydestä.

## 2.5 Leviämismalli ja laskenta

Laitoksen päästöt mallinnettiin Yhdysvaltain ympäristöviraston EPA:n käyttöön suosittelemalla CALPUFF-leviämismallilla. CALPUFF mallintaa päästöt lähteestä erkanevina ”puffeina” eli pieninä pilvinä, jotka liikkuvat mallinnusalueella sääolojen mukaan. CALPUFFiin kiinteästi liittyy säämalli CALMET, jolla lasketaan tuulten ja muiden sään osatekijöiden sekä maaston vaikutus ennen varsinaista CALPUFF-ajoa. Varsinainen malliajo käyttää CALMETillä laskettua meteorologista tiedostoa. (EPA 2008, TRC 2008)

CALPUFF eroaa huomattavasti malleista, jotka perustuvat päästön laimenemiseen normaalijakauman mukaisesti (esimerkiksi ISCST, AERMOD). CALPUFFissa päästö voi kulkeutua mutkitellen sekä jakautua maastonmuotojen mukaan, kun normaalijakaumaan perustuvissa leviämismalleissa päästö kulkee tietyissä sääoloissa suoraan, tosin maaston vaikutus monimutkaistaa tilannetta (kuva 3). Lisäksi tyynten tuntien käsittely tapahtuu eri tavalla. CALPUFF-mallinnus vaatii kaiken kaikkiaan enemmän laskentatehoa kuin puhtaasti normaalijakaumaan perustuvat mallit.



Kuva 2. Päästön kulkeutumisen periaatteellinen ero normaalijakaumaan perustuvassa mallissa (”plume”) sekä ”puff”-mallissa. Päästöviuhka voi mutkitella ja jakautua.

Malli laskee oletuksena tunnin keskimääräisen pitoisuuden. Hajun lyhytaikaiset huippupitoisuudet arvioitiin asettamalla keskiarvon laskentajakso 1 minuutiksi. Tällöin leviämismalli

$\sigma_y$  pienenee verrattuna tavalliseen keskiarvon laskentajaksoon (1 tunti), mikä kasvattaa pitoisuuksia ”päästöpilvien” reitin keskiviivan kohdalla. Pitoisuudet voivat tällöin pienentyä ”päästöpilven” reunamilla.

CALPUFF seuraa kunkin ”päästöpilven” kulkua usean tunnin aikana, jos se ei ylitä mallinnusalueen rajaa. Vain kun tuulen nopeus on hyvin pieni, edellisen tunnin päästö vaikuttaa seuraavan tunnin pitoisuuksiin tämän tutkimuksen laskenta-alueella.

Malli käyttäytyy päästömäärän suhteen lineaarisesti. Jos esimerkiksi kokonaispäästömäärä lisääntyisi 30 %, niin hajupitoisuus tietyssä pisteessä kasvaisi myös 30 %. Koska kuitenkin lähteitä on monia, niin pitoisuuden kasvu ei ole yhtä suoraviivaista, jos vain yhden lähteen päästömäärä muuttuu. Myöskään päästöjen muuttumisen vaikutus hajun esiintyvyyteen ei ole suoraviivaista.

Mallissa otettiin huomioon läheisten isojen rakennusten vaikutus sekä maastonmuodot.

Hajupitoisuudet laskettiin 70 metrin välein sijoitetuissa pisteissä noin  $12,8 \text{ km} \times 8,3 \text{ km}$ :n kokoisella alueella (yhteensä 21777 pistettä) puhdistamojen ympäristössä ja välialueella kullekin vuodelle erikseen. CALPUFFin tulokset käsiteltiin CALPOST-ohjelmalla, joka tuottaa pitoisuussarjan sekä listan huippupitoisuuksista. Kyseisistä sarjoista on laskettu kunkin pisteen suurin mallinnettu pitoisuus sekä osuudet vuodesta, jona hajupitoisuus ( $1, 3$  tai  $5 \text{ HY/m}^3$ ) on suurempi kuin tietty prosenttiosuus ( $1,3,6,9$  tai  $12 \%$ ) vuoden tunneista. CALPUFF-ohjelmistoa käytettiin Lakes Environmentalin CALPUFF View -käyttöliittymällä, versio 4.0, ja CALPUFFin itsensä versio oli 6.42, CALMETin 6.334 ja CALPOSTin 6.292.

## 2.6 Epävarmuustekijöitä

Ulkona tapahtuvassa näytteenotossa tuuli voi haitata laimentamalla kaasua ja kasvattaa virtausnopeutta. Tämä näkyisi pienempänä hajupitoisuutena.

Mallinnuksen epävarmuutta lisää oletus päästöjen muuttumattomuudesta. Päästöjen on oletettu pysyvän samana koko vuoden ajan, mikä ei välttämättä toteudu.

Yleisesti ottaen leviämismallit antavat pitoisuuden yliarvion. Tämän takia mallien tuloksia voidaan arvioida pahimpana mahdollisena tilanteena.

Alueen muita hajunlähteitä ei ole otettu huomioon mallinnuksessa.

### 3. HAJUPITOISUUS JA HAJUPÄÄSTÖT

#### 3.1 Olfaktometrian tulokset

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty olfaktometristen määritysten tulokset. Esiselkeytysaltaiden hajupitoisuuden keskiarvo on laskettu standardia SFS-EN 13725 soveltaen osatulosten geometrisena keskiarvona. Hajunkuvaukset ovat vapaamuotoisia ja antavat kuvan hajun luonteesta ja miellyttävyydestä.

Taulukko 4. Viinikanlahden hajunlähteiden hajupitoisuudet kahdella merkitsevällä numerolla ja hajunkuvaukset.

| numero | kohde                                          | hajupitoisuus<br>[HY/m <sup>3</sup> ] | hajunkuvauksia                                   |
|--------|------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1      | kuivatus lietteen ajokäytävän ovi              | 110                                   | jätevesimäinen                                   |
| 2      | kypsan lietteen välisäiliön poistoilmapuhallin | 750                                   | viemäri; home; maamainen                         |
| 3      | avoimet poistot mädättämöiden katolla          | 98                                    | viemäri                                          |
| 4      | biosuodin, hajapäästö                          | 750                                   | jätevesi; maamainen                              |
| 5      | tulopumppaamo/jäteveden tulo                   | 200                                   | –                                                |
| 6      | kaasumoottori                                  | 21 000                                | nestekaasu; pakokaasu                            |
| 7      | lietteenkäsittelyn kohdepoisto                 | 710                                   | jätevesi                                         |
| 9      | tulovesialtaat                                 | 200                                   | lihapullan suojakaasu                            |
| 12     | välätyn veden kanaali                          | 48                                    | lievä jätevesi; imelä                            |
| 13     | esiselkeytysaltaat (3 hajunäytettä)            | 450                                   | imelä; mädäntynyt; muta + mädäntyneet kasvinosat |
|        |                                                | 480                                   | mädäntynyt; jätevesi                             |
|        |                                                | 320                                   | imelä; jätevesi; mätä                            |
|        | esiselkeytysaltaat (keskiarvo)                 | 410                                   |                                                  |
| 14     | ilmastusaltaat                                 | 60                                    | pistävä; likapyykkivesi; pakokaasumainen; imelä  |
| 15     | jälkiselkeytysaltaat                           | 42                                    | tunkkainen                                       |
|        | hönkäputki                                     | 1100                                  | viemäri; liuotin                                 |

Taulukko 5. Raholan hajunlähteiden hajupitoisuudet kahdella merkitsevällä numerolla ja hajunkuvaukset.

| numero | kohde                        | hajupitoisuus<br>[HY/m <sup>3</sup> ] | hajunkuvauksia                         |
|--------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| 1      | välppähuoneen poisto katolla | 130                                   | toffee?; makea                         |
| 2      | jäteveden tulo               | 150                                   | rosmariini tai mauste; paskaakin       |
| 3      | esiselkeytysaltaat           | 210                                   | jätevesi                               |
| 4      | lietteen ajokäytävän ovi     | 110                                   | jätevesimäinen                         |
| 6      | linkohuone                   | 3 000                                 | pistävä paska; lehmänpaska; lietelanta |
| 7      | lietesiilon poistopuhallin   | 19 000                                | paska                                  |
| 8      | tilojen poistoilmapuhallin   | 57                                    | pistävä                                |
| 9      | lietesiilon ilmanvuotokohdat | 130                                   | imelä; roskakatos                      |
|        | ilmastus (3 allasta)         | 300                                   | pistävä; puu; multa; kirpakka          |
|        | jälkiselkeytysaltaat         | 20                                    | haalea                                 |
|        | viemäristä tuleva ränni      | 1 700                                 | mätä ja hedelmäinen                    |
|        | mädättämö                    | 7 600                                 | pistävä; palanut mätä                  |

Ilmoitetuista hajupitoisuuksista ja mitatuista parametreista lasketut hajupäästöt on esitetty seuraavissa taulukoissa.

Taulukko 6. Viinikanlahden mitattujen pisteiden hajupäästöt.

| numero | kohde                                          | hajupäästö<br>[HY/s] | hajupäästö<br>[milj., HY/h] | osuus mitatusta<br>kokonaispäästöstä |
|--------|------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1      | kuivatun lietteen ajokäytävän ovi              | 45                   | 0,16                        | 0,06 %                               |
| 2      | kypsän lietteen välisäiliön poistoilmapuhallin | 28                   | 0,10                        | 0,04 %                               |
| 3      | avoimet poistot mädättämöiden katolla (2 kpl)  | 20                   | 0,071                       | 0,03 %                               |
| 4      | biosuodin, hajupäästö                          | 380                  | 1,4                         | 0,52 %                               |
| 5      | tulopumppaamo/jäteveden tulo                   | 94                   | 0,34                        | 0,13 %                               |
| 6      | kaasumoottori                                  | 67 000               | 240                         | 92 %                                 |
| 7      | lietteenkäsittelyn kohdepoisto                 | 350                  | 1,3                         | 0,49 %                               |
| 9      | tulovesialtaat                                 | 94                   | 0,34                        | 0,13 %                               |
| 12     | välpatyn veden kanaali                         | 93                   | 0,34                        | 0,13 %                               |
| 13     | esiselkeytysaltaat (4 kpl)                     | 3 800                | 14                          | 5,3 %                                |
| 14     | ilmastusaltaat (8 kpl)                         | 700                  | 2,5                         | 1,0 %                                |
| 15     | jälkiselkeytysaltaat (16 kpl)                  | 42                   | 0,15                        | 0,06 %                               |
|        | hönkäputki                                     | 18                   | 0,065                       | 0,02 %                               |
|        | yhteensä                                       | 72 000               | 260                         | 100 %                                |

Taulukko 7. Raholan mitattujen pisteiden hajupäästöt.

| numero | kohde                                 | hajupäästö<br>[HY/s] | hajupäästö<br>[milj. HY/h] | osuus mitatusta<br>kokonaispäästöstä |
|--------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1      | välppähuoneen poisto katolla          | 470                  | 1,7                        | 9,4 %                                |
| 2      | jäteveden tulo                        | 86                   | 0,31                       | 1,7 %                                |
| 3      | esiselkeytys (3 allasta)              | 950                  | 3,4                        | 19 %                                 |
| 4      | lietteen ajokäytävän ovi              | 59                   | 0,21                       | 1,2 %                                |
| 6      | linkohuone                            | 970                  | 3,5                        | 19 %                                 |
| 7      | lietesiilon poistopuhallin            | 1 600                | 5,9                        | 33 %                                 |
| 8      | tilojen poistoilmapuhallin            | 68                   | 0,25                       | 1,4 %                                |
| 9      | lietesiilon ilmanvuotokohdat (13 kpl) | 43                   | 0,15                       | 0,84 %                               |
|        | ilmastus (3 allasta)                  | 500                  | 1,80                       | 9,9 %                                |
|        | jälkiselkeytys (3 allasta)            | 15                   | 0,053                      | 0,29 %                               |
|        | viemäristä tuleva ränni               | 60                   | 0,22                       | 1,2 %                                |
|        | mädättämö (2 aukkoa)                  | 180                  | 0,66                       | 3,6 %                                |
|        | yhteensä                              | 5 100                | 18                         | 100 %                                |

Viinikanlahdella ehdottomasti suurin osuus hajupäästöistä tulee kaasumoottorista. Sen haju ei kuitenkaan ole tyypillinen jätevedenpuhdistamon haju. Jos kaasumoottoria ei oteta huomioon, suurimmat päästölähteet käytetyillä arvoilla laskettuna ovat esiselkeytysaltaat (67 % kokonaispäästöstä) ja ilmastusaltaat (12 %).

Raholassa mitatuista lähteistä suurin hajupäästö on käytetyillä arvoilla laskettuna lietesiilon poistopuhaltimella (33 % kokonaispäästöstä), ja merkittäviä lähteitä ovat myös linkohuoneen poisto (19 %), esiselkeytysaltaat (19 %) sekä ilmastusaltaat (10 %) ja välppähuoneen poisto (9 %). Jos mikroturbiinin poistokaasun hajupitoisuutena käytetään VamBio Oy:n Vampulan biokaasulaitoksen mikroturbiinin päästöä (5 300 HY/m<sup>3</sup>), sen hajupäästö olisi 3 200 HY/s (12 milj. HY/h) ja osuus kokonaispäästöstä 39 %.

### 3.2 Leviämismallin lähtötiedot

Kappaleessa 3.1 mainittuja hajupäästöjä on käytetty hajujen leviämismallin lähtötietoina. Kuitenkaan Viinikanlahden puhdistamon kaasumoottorin päästöä ei lisätty malliin edellisessä kappaleessa mainitusta syystä. Kyseisen lähteen hajunkuvaus ei ole tyypillinen jätevedenpuhdistamon haju vaan muistuttaa pakokaasua tai nestekaasua. Viinikanlahden kaasumoottorin pakokaasun haju voi olla vaikea erottaa muista kaupunkialueen pakokaasuhajuista. Taulukon hajupäästöillä kaasumoottorin haju voitaisiin laskennallisesti havaita hyvin laajalla alueella, mikä antaisi *jätevedenpuhdistamolta haisevan* hajun leviämisestä väärän kuvan.

Raholan jätevedenpuhdistamon mikroturbiinin päästöä ei myöskään mallinnettu. Tämä päästölähde on hajultaan samankaltainen kuin Viinikanlahden kaasumoottori, eikä siten ole ”jätevedenpuhdistamon hajuihin”.

Taulukko 8. Leviämismallissa käytetyt Viinikanlahden puhdistamon hajupäästöt.

| numero | kohde                                          | hajupäästö<br>[HY/s] | hajupäästö<br>[milj. HY/h] | osuus mallin<br>kokonaispäästöstä |
|--------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1      | kuivatus lietteen ajokäytävän ovi              | 45                   | 0,16                       | 0,79 %                            |
| 2      | kypsan lietteen välisäiliön poistoilmapuhallin | 28                   | 0,10                       | 0,50 %                            |
| 3      | avoimet poistot mädättämöiden katolla (2 kpl)  | 20                   | 0,071                      | 0,35 %                            |
| 4      | biosuodin, hajupäästö                          | 380                  | 1,4                        | 6,6 %                             |
| 5      | tulopumppaamo/jäteveden tulo                   | 94                   | 0,34                       | 1,7 %                             |
| 7      | lietteenkäsittelyn kohdepoisto                 | 350                  | 1,3                        | 6,2 %                             |
| 9      | tulovesialtaat                                 | 94                   | 0,34                       | 1,7 %                             |
| 12     | välpatyn veden kanaali                         | 93                   | 0,34                       | 1,6 %                             |
| 13     | esiselkeytysaltaat (4 kpl)                     | 3 800                | 14                         | 67 %                              |
| 14     | ilmastusaltaat (8 kpl)                         | 700                  | 2,5                        | 12 %                              |
| 15     | jälkiselkeytysaltaat (16 kpl)                  | 42                   | 0,15                       | 0,74 %                            |
|        | hönkäputki                                     | 18                   | 0,065                      | 0,32 %                            |
|        | yhteensä                                       | 5 700                | 20                         | 100 %                             |

Taulukko 9. Leviämismallissa käytetyt Raholan puhdistamon hajupäästöt.

| numero | kohde                                 | hajupäästö<br>[HY/s] | hajupäästö<br>[milj. HY/h] | osuus mallin<br>kokonaispäästöstä |
|--------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1      | välppähuoneen poisto katolla          | 470                  | 1,7                        | 9,4 %                             |
| 2      | jäteveden tulo                        | 86                   | 0,31                       | 1,7 %                             |
| 3      | esiselkeytys (3 allasta)              | 950                  | 3,4                        | 19 %                              |
| 4      | lietteen ajokäytävän ovi              | 59                   | 0,21                       | 1,2 %                             |
| 6      | linkuhuone                            | 970                  | 3,5                        | 19 %                              |
| 7      | lietesiilon poistopuhallin            | 1 600                | 5,9                        | 33 %                              |
| 8      | tilojen poistoilmapuhallin            | 68                   | 0,25                       | 1,4 %                             |
| 9      | lietesiilon ilmanvuotokohdat (13 kpl) | 43                   | 0,15                       | 0,84 %                            |
|        | ilmastus (3 allasta)                  | 500                  | 1,80                       | 9,9 %                             |
|        | jälkiselkeytys (3 allasta)            | 15                   | 0,053                      | 0,29 %                            |
|        | viemäristä tuleva ränni               | 60                   | 0,22                       | 1,2 %                             |
|        | mädättämö (2 aukkoa)                  | 180                  | 0,66                       | 3,6 %                             |
|        | yhteensä                              | 5 100                | 18                         | 100 %                             |

#### 4. MALLINNUKSEN TULOKSET

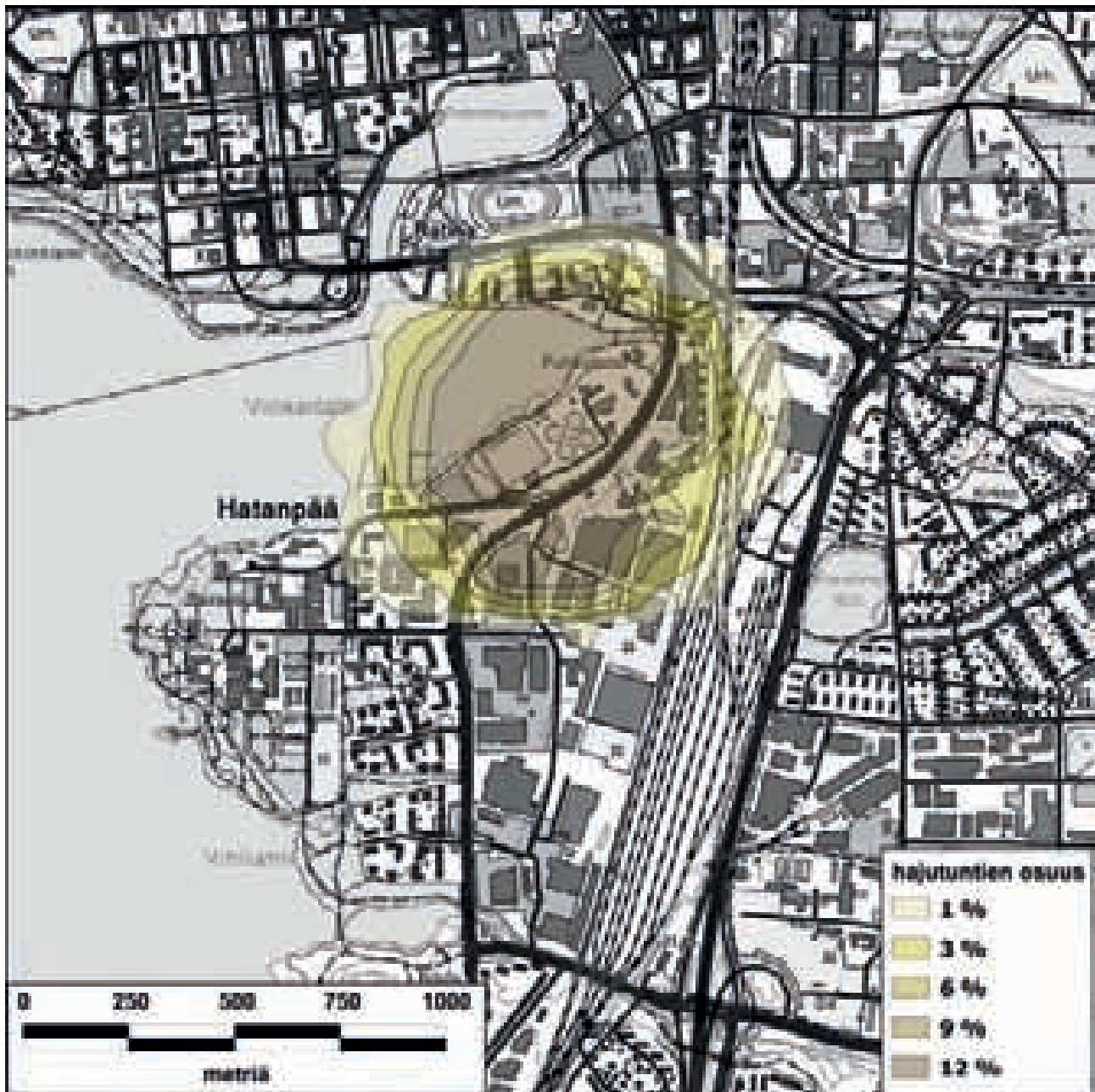
Hajumallinnuksen tulokset on esitetty seuraavien alakappaleiden kartoilla. Kummankin jätevedenpuhdistamon ympäristöstä on esitetty kartat suurimmista pitkäkestoisista ja lyhytaikaisista hajupitoisuuksista sekä hajufrekvenssien kartat pitoisuuksille 1, 3 ja 5 HY/m<sup>3</sup>. Suurimmat hajupitoisuudet eivät toteudu kartan esittämällä tavalla joka paikassa yhtä aikaa, vaan ne kuvaavat suurinta hajupitoisuutta, joka esiintyi ainakin kerran tietyssä pisteessä kolmen vuoden sääaineistolla laskettaessa.

Lyhytaikaisten hajupitoisuuksien tuntiosuuskartat eivät eroa suuresti asuinalueilla pitkäaikais-ten hajupitoisuuksien kartoista mutta ne on silti esitetty raportissa lukuun ottamatta hajupitoisuuden 5 HY/m<sup>3</sup> karttoja, joissa ei ole havaittavaa eroa pitkäkestoisten hajujen vastaaviin karttoihin. Lyhytaikaiset hajut leviävät kyllä jonkin verran laajemmalle (ks. kartat).

Kartat eivät ole kaikki samassa mittakaavassa.

## 4.1 Viinikanlahti

### Hajutuntien osuus vuoden tunneista, juuri aistittava pitkäkestoinen haju (1 HY/m<sup>3</sup>)



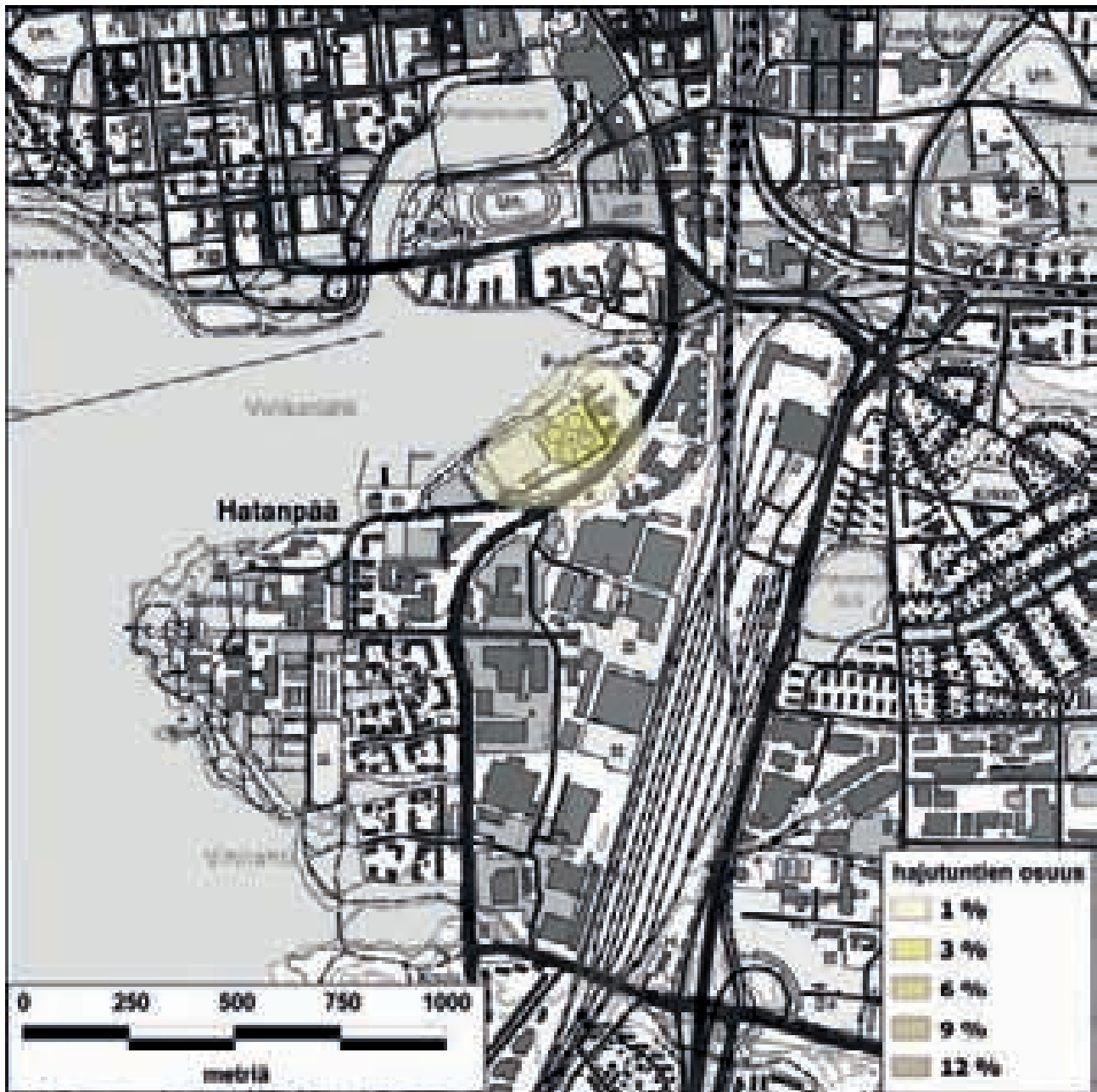
Kuva 3. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa pitkäaikais-  
ta juuri aistittavaa hajua (1 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, selvä, tunnistettava  
pitkäkestoinen haju (3 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 4. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa pitkäkestoisia ja selvää, tunnistettavaa hajua (3 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, melko voimakas, tunnistettava  
pitkäkestoinen haju (5 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 5. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa pitkäkestoisista, melko voimakasta ja tunnistettavaa hajua (5 HY/m<sup>3</sup>).

### Pitkäkestoisen (1 h) hajun suurimmat pitoisuudet



Kuva 6. Pitkäkestoisen (1 h) hajun suurimmat, Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon aiheuttamat pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Hajupitoisuus ei ole joka paikassa yhtä aikaa kartan osoittamalla tasolla.

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, juuri aistittava  
lyhytkestoinen haju (1 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 7. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa lyhytkestoisista (1 min) juuri aistittavaa hajua (1 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, selvä, tunnistettava  
lyhytkestoinen haju (3 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 8. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa lyhytkestoisista (1 min) selvää ja tunnistettavaa hajua (3 HY/m<sup>3</sup>).

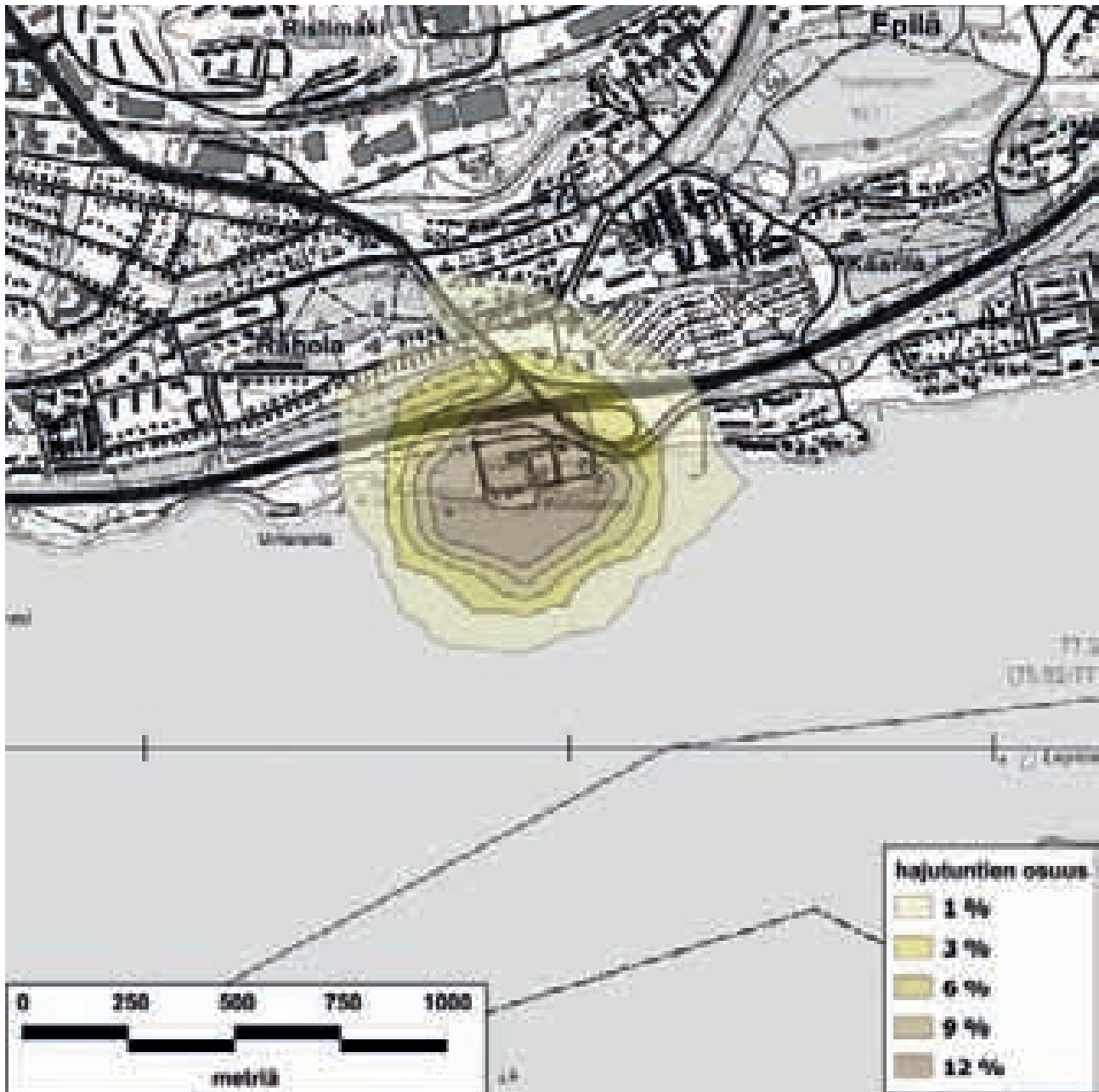
### Lyhytkestoisen (1 min) hajun suurimmat pitoisuudet



Lyhytkestoisen (1 min) hajun suurimmat, Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon aiheuttamat pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Hajupitoisuus ei ole joka paikassa yhtä aikaa kartan osoittamalla tasolla.

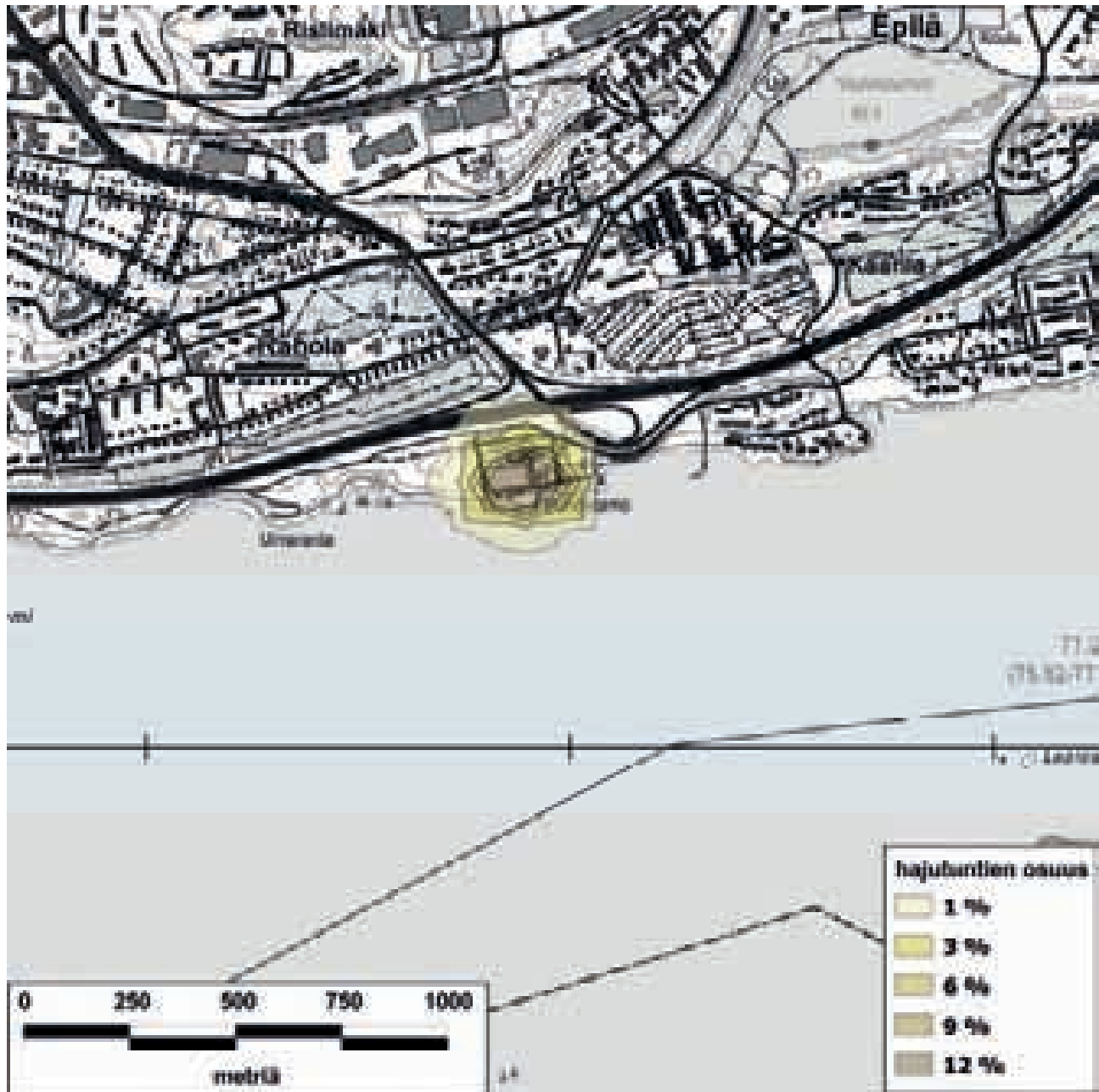
## 4.2 Rahola

### Hajutuntien osuus vuoden tunneista, juuri aistittava pitkäkestoinen haju (1 HY/m<sup>3</sup>)



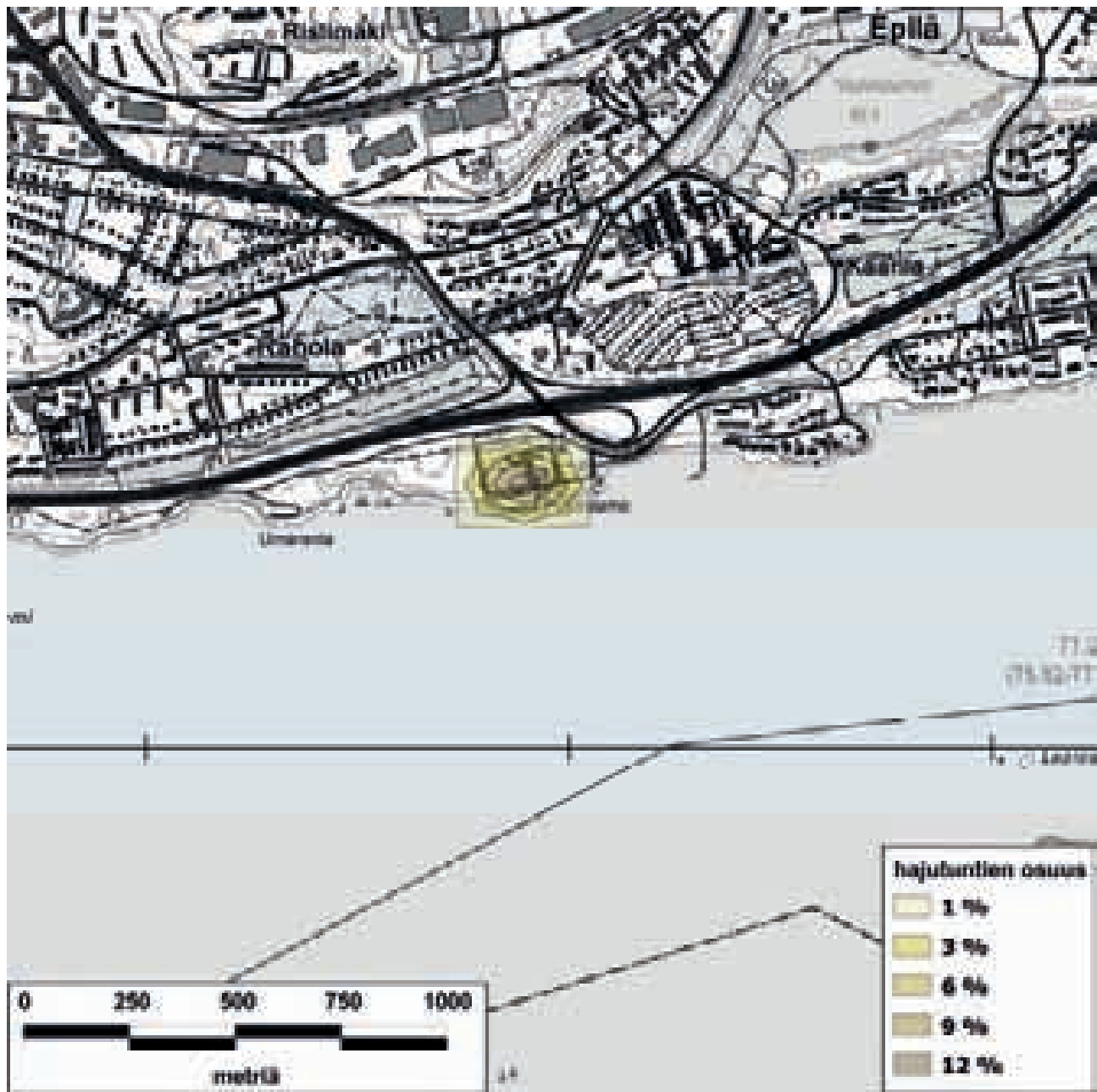
Kuva 9. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Raholan jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa juuri aistittavaa hajua (1 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, selvä, tunnistettava  
pitkäkestoinen haju (3 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 10. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Raholan jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa selvää, tunnistettavaa hajua (3 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, melko voimakas, tunnistettava  
pitkäkestoinen haju (5 HY/m<sup>3</sup>)**



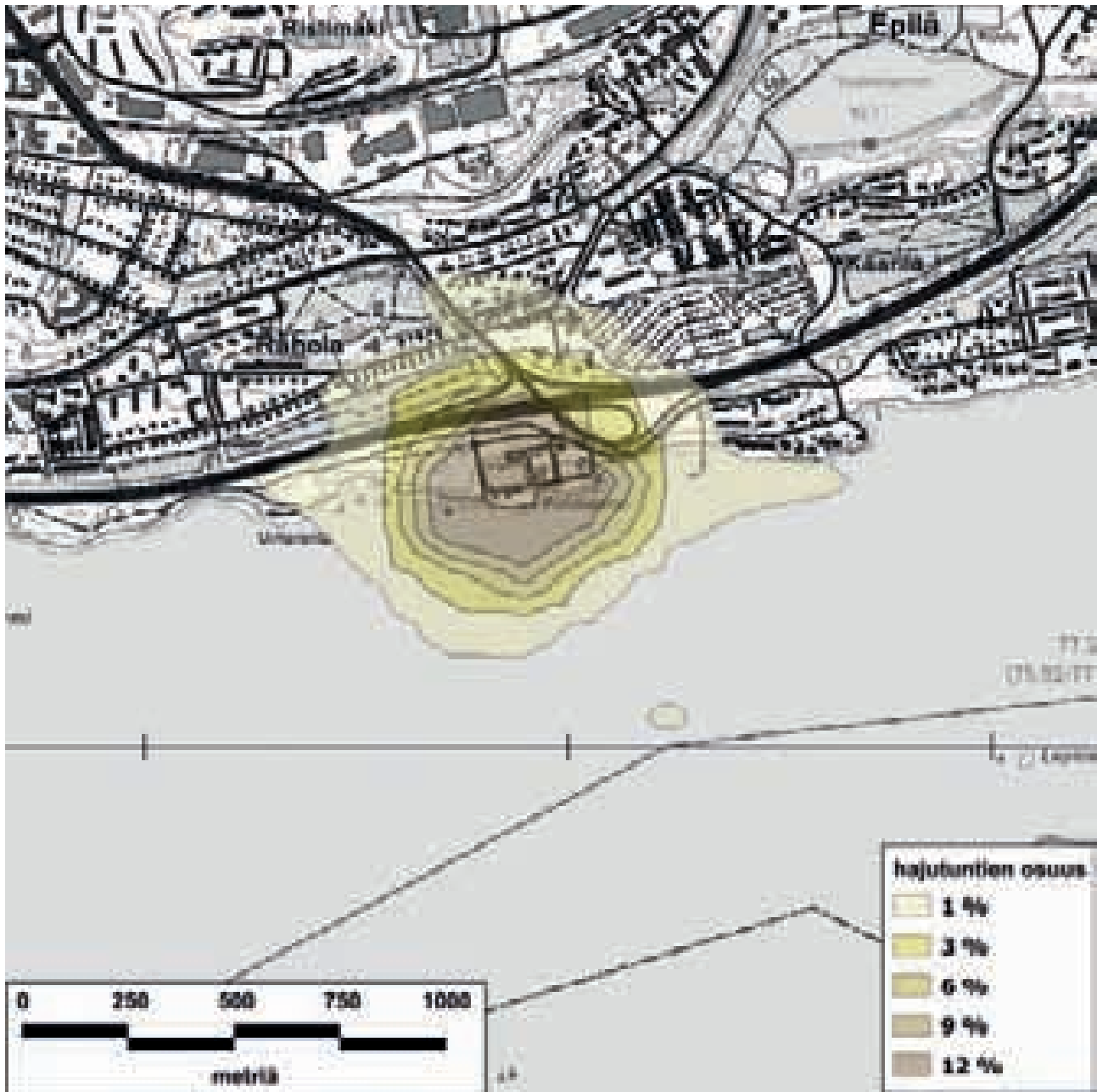
Kuva 11. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Raholan jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa melko voimakasta ja tunnistettavaa hajua (5 HY/m<sup>3</sup>).

### Pitkäaikaisen (1 h) hajun suurimmat pitoisuudet



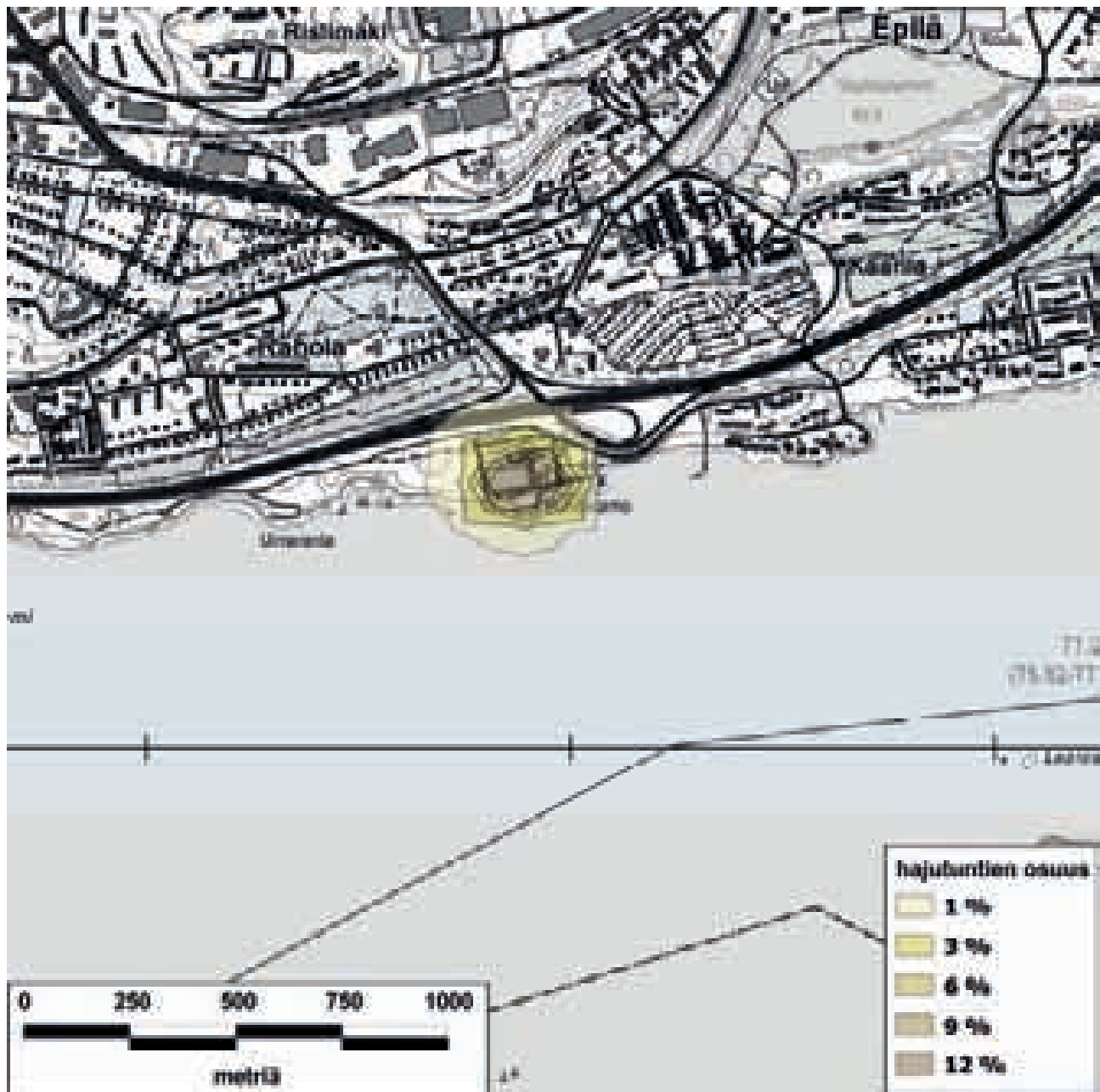
Kuva 12. Pitkäaikaisen (1 h) hajun suurimmat, Raholan jätevedenpuhdistamon aiheuttamat pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Hajupitoisuus ei ole joka paikassa yhtä aikaa kartan osoittamalla tasolla.

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, juuri aistittava  
lyhytkestoinen haju (1 HY/m<sup>3</sup>)**



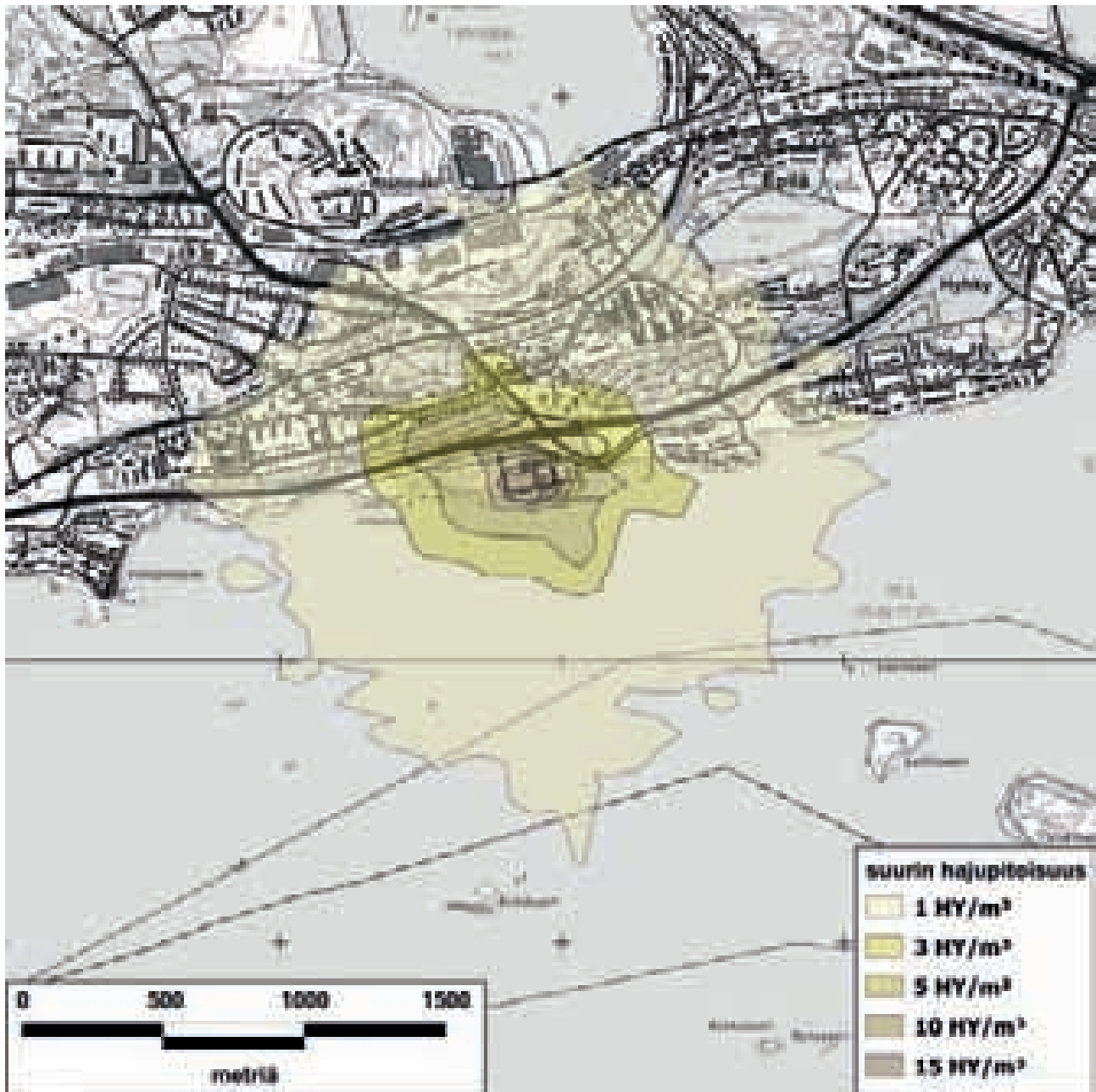
Kuva 13. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Raholan jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa lyhytkestoista (1 min) juuri aistittavaa hajua (1 HY/m<sup>3</sup>).

**Hajutuntien osuus vuoden tunneista, selvä, tunnistettava  
lyhytkestoinen haju (3 HY/m<sup>3</sup>)**



Kuva 14. Hajutuntien osuus vuoden tunneista Raholan jätevedenpuhdistamon ympäristössä, jolloin mallinnuksen mukaan voidaan havaita puhdistamolta peräisin olevaa lyhytkestoista (1 min) selvää ja tunnistettavaa hajua (3 HY/m<sup>3</sup>).

### Lyhytaikaisen (1 min) hajun suurimmat pitoisuudet



Kuva 15. Lyhytaikaisen (1 min) hajun suurimmat, Raholan jätevedenpuhdistamon aiheuttamat pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Hajupitoisuus ei ole joka paikassa yhtä aikaa kartan osoittamalla tasolla.

## 5. MALLINNUKSEN TULOSTEN TARKASTELU

### 5.1 Viinikanlahti

Laskennallisesti Viinikanlahden jätevedenpuhdistamolta tulevaa puhdistamomaista hajua voidaan havaita enintään 1 km:n päässä, mikä näkyy kartoissa vyöhykkeenä 1 HY/m<sup>3</sup>. Suurin mallinnettu hajupitoisuus asuinkiinteistöjen kohdalla on enintään 3 HY/m<sup>3</sup>. Tällaisia rakennuksia on Hatanpäänkadulla ja Jokikadulla.

Juuri havaittavan hajun (1 HY/m<sup>3</sup>) hajufrekvenssi ylittää 3 % alueella, joka ei yllä yli 400 m puhdistamon alueelta. Ratinassa jää joukko taloja kyseiselle alueelle. Hajufrekvenssin 9 % alue juuri havaittavalle hajulle ulottuu myös joillekin Ratinan asuintaloille.

Hajupitoisuuden 3 HY/m<sup>3</sup> hajufrekvenssi ylittää 3 % lähinnä vain Viinikanlahden puhdistamon alueella. Alue yltää Hatanpään valtatie toiselle puolelle Lokomon tehtaanjohtajan entiselle talolle, jossa on nykyään mm. Tampereen verotoimisto. Hajupitoisuuden 5 HY/m<sup>3</sup> hajufrekvenssi ylittää 3 % vain itse puhdistamon alueella.

Hajuohjearvojen suosituksiin perustuen on epätodennäköistä, että puhdistamolta peräisin oleva haju aiheuttaisi mallinnuksien mukaan merkittävää viihtyvyyshaittaa. Puhdistamon hajun voi kuitenkin toisinaan havaita selvänä useilla asuinkiinteistöillä sekä myös Sarviksen puistossa

### 5.2 Rahola

Laskennallisesti Raholan jätevedenpuhdistamolta tulevaa koko tunnin kestävä hajua voidaan havaita toisinaan enintään noin 400 m:n päässä (vyöhyke 1 HY/m<sup>3</sup>). Vastaavasti lyhytkestoista (1 min) hajua voitaisiin mallin mukaan havaita jopa 900 m:n etäisyydellä. Suurimman pitkäkestoisien hajupitoisuuden 3 HY/m<sup>3</sup> alue yltää enimmillään 450 m:n päähän, ja alueelle jää Raholan siirtolapuutarhan länsipää. Asuintaloja on alueella Voionmaankadulla, Ippisenkadulla ja Korneinkadulla. Mallinnuksen mukaan suurin havaittava pitkäkestoinen hajupitoisuus on vähintään tasolla 5 HY/m<sup>3</sup> (melko voimakas haju) alueella, joka yltää enintään 300 metrin etäisyydelle puhdistamolta. Alueella ei ole asuintaloja.

Lyhytaikaisille hajuille juuri havaittavan hajun (1 HY/m<sup>3</sup>) alue ulottuu jopa 1,3 km:n päähän. Suurimman pitkäkestoisien hajupitoisuuden 3 HY/m<sup>3</sup> alue yltää 550 m:n etäisyydelle, ja tällä alueella on monia asuinkiinteistöjä ja osa siirtolapuutarhasta.

Raholan puhdistamon ympäristössä hajupitoisuuksien 3 ja 5 HY/m<sup>3</sup> vyöhykkeet, joilla hajufrekvenssi on vähintään 1 % (vähintään 87 tuntia vuodessa), eivät yllä asuin- tai lomiasuntokiinteistöille eivätkä Raholan siirtolapuutarhalle.

Hajuohjearvojen suosituksiin perustuen on epätodennäköistä, että puhdistamolta peräisin oleva haju aiheuttaisi mallinnuksien mukaan merkittävää viihtyvyyshaittaa. Puhdistamon hajun voi kuitenkin toisinaan havaita selvänä useilla asuinkiinteistöillä sekä Raholan siirtolapuutarhan alueella.

## 6. KIRJALLISUUSLUETTELO

Arnold 1995: Arnold M., Hajuohjearvojen perusteet. VTT Tiedotteita 1995. Espoo 1995.

EPA 2008: Preferred/Recommended models, Internetissä osoitteessa  
[http://www.epa.gov/scram001/dispersion\\_prefrec.htm](http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm). Vierailtu viimeksi 2.7.2012.

MML 2012: Maanmittauslaitoksen avoimen tietoaineiston lisenssi - versio 1.0 - 1.5.2012.  
[http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata\\_lisenssi\\_versio1\\_20120501](http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501).

SFS-EN 13725: Air quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry.  
Vahvistettu 18.8.2003. Suomen standardisoimisliitto, Helsinki 2003.

Scire ym. 2000: Scire, J.S., Strimaitis, D.G., & Yamartino, R.J., A User's Guide for the CALPUFF  
Dispersion Model. Earth Tech, Inc., Concord 2000.

TRC 2008: ASG at TRC: Official CALPUFF Web Site, Internetissä osoitteessa  
<http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm>. Vierailtu viimeksi 25.7.2012.