



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Henri Koponen

**MAAPUHDISTAMOJEN TUKKEUTUMINEN JA KÄYTÖS-
TÄ POISTETTujen SUODATINMASSOJEN KOOSTUMUS**

Diplomityö

Tarkastaja Prof. Tuula Tuhkanen
Tarkastaja ja aihe on hyväksytty
Luonnontieteiden ja ympäristö-
tekniikan tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 8. joulukuuta 2010

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta / Kemian ja biotekniikan laitos

KOPONEN, HENRI: Maapuhdistamojen tukkeutuminen ja käytöstä poistettujen suodatinmassojen koostumus

Diplomityö: 88 sivua + liitteet 43 sivua.

Helmikuu 2011

Pääaine: Vesi ja jätehuoltotekniikka

Tarkastaja: Prof. Tuula Tuhkanen, FT

Rahoittajat: Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Avainsanat: maapuhdistamo, maasuodattamo, maahanimeyttäminen, tukkeutuminen, suodatinmassa

Tiivistelmä

Haja-asutuksen jäteveden käsittelyssä on pitkään käytetty erilaisia maapuhdistamoja. Maapuhdistamoilla on rajallinen käyttöikä, joka yleensä määräytyy hydraulisen toimintakyvyn mukaan. Erilaiset tukkeutumisilmiöt laskevat maapuhdistamon hydraulista kapasiteettia ajan mittaan ja ennemmin tai myöhemmin puhdistamo joudutaan saneeraamaan tai poistamaan käytöstä. Käytöstä poistettujen suodatinmassojen koostumusta ei ole tutkittu, eikä niiden hyötykäytöstä ja loppusijoittamisesta ole virallisia suosituksia.

Tässä diplomityössä tutkittiin suodatinkerrosten tukkeutumisilmiöitä ja käytettyjen suodatinmassojen koostumusta. Tutkimuksen kirjallisessa osassa on perehdytty tukkeutumiseen liittyviin tekijöihin, erilaisiin maapuhdistamoihin, sekä käytöstä poistettujen suodatinmassojen hyötykäyttöön ja loppusijoittamiseen vaikuttaviin ominaisuuksiin. Kokeellisessa osassa tutkittiin neljää käytöstä poistettua maapuhdistamoja. Otetuista näytteistä tutkittiin kattavasti maan fysiko-kemiallisia ominaisuuksia, hygieniää, raekokoa ja raskasmetallipitoisuuksia.

Tutkimus osoitti, että erilaiset suunnittelu- ja rakennusvirheet sekä huollon laiminlyöminen ovat yleisimpiä syitä maapuhdistamojen toimintahäiriöihin. Tutkitun maahanimeyttämön tukkeutuminen johtui vettä läpäisemättömästä maaperästä. Eräs kolmesta tutkitusta maasuodattamosta taas oli voimakkaasti tukkeutunut suodatinkentässä käytetyn fosforinpoistomassan ja hydraulisen ylikuormituksen takia.

Käytöstä poistettujen suodatinmassojen hygienia riippuu pitkälti siitä, kuinka kauan puhdistamo on ollut käyttämättömänä. Useita vuosia säilyivät tutkituista indikaattoriorganismeista ainoastaan klostridit. Suodatinmassat sisälsivät jonkin verran fosforia ja vain vähäisiä määriä typpeä. Raskasmetallipitoisuudet todettiin kaikissa näytteissä niin alhaisiksi, etteivät ne rajoita millään tavalla suodatinmassojen käyttöä ja loppusijoittamista.

Käytöstä poistettujen suodatinmassojen ensisijaisena sijoitusvaihtoehtona on pidettävä niiden jättämistä maaperään. Harvaan asutuilla alueilla maamassat voidaan sijoittaa paikallisesti esimerkiksi metsään tai niitylle niin, ettei siitä aiheudu riskiä talousvesilähteiden saastumisesta. Kaatopaikkasijoittaminen on tällä hetkellä hankalaa, minkä vuoksi kaatopaikkoja tulisi pikaisesti ohjeistaa suodatinmassojen vastaanotosta ja käytöstä.

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Science and Environmental Engineering /

Department of Chemistry and Bioengineering

KOPONEN, HENRI: Clogging of soil treatment systems and composition of discarded filter masses.

Master of Science Thesis: 88 pages + 43 Appendix pages.

February 2011

Major Subject: Water and Waste Engineering

Inspector: Prof. Tuula Tuhkanen, Ph, D

Financing: Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Keywords: Soil treatment, sand filter, infiltration, clogging, filter mass

Abstract

Soil treatment systems have been used for a long time to treat wastewater in rural areas of Finland. Formerly infiltration has been the most used form of soil treatment but subsurface sand filters have become more and more popular because of developed environmental consciousness and hardened purification requirements. Soil treatment systems have limited operational lifetime which is usually depends on hydraulic operation. Different clogging phenomena decrease hydraulic capacity during years and sooner or later treatment system needs to be rebuilt or discarded. The composition of discarded filter masses has not been studied in Finland and there is no definite guideline on utilization and disposal of these masses.

In the literature review clogging phenomena, different soil treatment systems and factors affecting filter mass utilization and disposal were studied. In the experimental part of this thesis four soil treatment systems were investigated after several years of utilization. Physical and chemical properties, hygiene, particle size distribution and concentration of heavy metals of the filter masses were analysed.

Study revealed that faulty design, construction defects and inadequate maintenance measures were the most common reasons for clogging of soil treatment systems. Clogging of studied infiltration system was due to clayey soil and one of the studied subsurface sand filters was clogged because of applied dephosphorization mass and overloading.

The hygienic of discarded filter masses depends mostly on the time elapsed after discarding the system. Discarded filter masses contain some organic matter which was usually concentrated on the bioactive surface layers. All studied nutrient concentrations were relatively low. Concentrations of heavy metals were also low in all taken samples and they don't restrict possible utilization or disposal.

Primary solution for filter mass disposal should be leaving them intact in soil. If this is not possible filter masses can be disposed locally in sparsely populated areas. Landfill disposal is still problematic and landfill sites should be instructed about filter mass disposal and utilization.

Alkusanat

Haluan kiittää Maa- ja vesitekniikan tuki ry:tä tämän työn rahoittamisesta ja kaikkia niitä joilta olen työn toteuttamisen aikana saanut neuvoja ja tukea. Tuula Tuhkaselle annan ansaitun kiitoksen kannustavasta ja motivoivasta ohjauksesta aina työn alkumetreiltä maali-viivalle asti.

Tämän opinnäytetyön tekeminen on ollut erittäin palkitsevaa siihen kohdistuneen suuren kiinnostuksen vuoksi. Ajankohtaisen aiheen vuoksi minulla on ollut onni saada tukea monilta alan asiantuntijoilta ja tutkimuslaitoksilta. Haluan kiittää erityisesti Harri Mattilaa tutkimustarpeen esille tuomisesta ja lukuisista tärkeistä neuvoista, joita olen häneltä matkan varrella saanut. Samoin kiitos Suomen Ympäristökeskuksen Erkki Santalalle, jonka koke-musta ja kirjallisuutta olen saanut hyödyntää.

Itä-Suomen yliopisto ja Geologian tutkimuskeskus osallistuivat tutkimukseen osana Teke-sin vesiohjelmaan kuuluvaa MASU-projektia (Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit). Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksen väkeä haluan kiittää sekä näytteenottoon liittyvistä neuvoista, että laboratoriotutkimusten suorittamisesta – il-man teitä tämän tutkimuksen näytteiden analysointia ei olisi voitu toteuttaa näin laajasti. Anniina Hellsténiä kiitän vertaistuesta ja toivotan hänelle hyvää kevättä ja viihtyisiä hetkiä oman Pro Gradu – tutkielman parissa. Helvi Heinonen-Tanskille kiitos aktiivisesta osallis-tumisesta työn edetessä ja erityisesti työn viimeistelyvaiheen palautteesta. Kiitos myös Geologian tutkimuskeskuksen Itä-Suomen yksikölle, erityisesti Timo Huttuselle, raekoko-jakauma- ja raskasmetallitutkimusten toteuttamisesta.

Kiitos kaikille, jotka olitte edesauttamassa tutkimuskohteiden hankkimisessa ja niiden tieto-jen keräämisessä. Akaan kohteen näytteenoton yhteydessä toteutetun saneerauksen avus-tuksesta kiitos Uponorille, joka oli tukemassa tutkimustoimintaa lahjoittamalla tarvikkeita uuden maasuodattamon rakentamiseen.

Lopuksi haluan kiittää teitä, jotka näitte työni etenemisen lähimpää. Kiitos Esalle rentoutta-vista kahvitaukokeskusteluista ja kannustavana esimerkkinä toimimisesta. Sinille kiitos koko opiskeluaikana saamastani tuesta niin hyvinä, kuin huonoinakin hetkinä – ilman sinua en olisi päässyt näin pitkälle.

Sisälllys

KÄSITTEET	VII
LYHENTEET	IX
1. JOHDANTO	1
2. KIRJALLISUUS	3
2.1. Jäteveden kulkeutuminen maaperässä	3
2.1.1. Veden kiertokulku ja esiintymismuodot maaperässä	3
2.1.2. Veden virtaus maaperässä	4
2.1.3. Jäteveden imeyttäminen maaperään	8
2.2. Jäteveden maapuhdistamot	15
2.2.1. Esikäsitteily	15
2.2.2. Maahanimeyttämöt ja maasuodattamot	16
2.2.3. Jälkikäsitteily	21
2.2.4. Purkupaikka.....	21
2.2.5. Imeytyspaikan valinta.....	22
2.2.6. Koekuoppa ja imeytyskokeet	24
2.2.7. Toiminnan tarkkailu ja huolto.....	25
2.2.8. Käyttöikä	26
2.2.9. Maapuhdistamojen toimintahäiriöiden syyt	27
2.3. Käytettyjen suodatinmassojen hyödyntäminen ja loppusijoitus	31
2.3.1. Suodatinmassoihin liittyvät riskit	31
2.3.2. Suodatinmassojen käyttöön ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö	38
2.3.3. Suodatinmassojen mahdolliset käyttö- ja loppusijoitusvaihtoehdot.....	40
3. MATERIAALIT JA MENETELMÄT	44
3.1. Tutkimuskohteet.....	44
3.1.1. Akaa – kiinteistökohtainen maahanimeyttämö	45
3.1.2. Kuopio – kiinteistökohtainen maasuodattamo	47
3.1.3. Raasepori – toimintakeskuksen maasuodattamo	49
3.1.4. Tammela – usean kiinteistön maasuodattamo	51
3.1. Näytteenotto	54
3.1.1. Näytteenottokohdat.....	55
3.2. Laboratoriotutkimukset.....	59

3.2.1.	Mikrobiologiset tutkimukset	59
3.2.2.	Fysiko-kemialliset tutkimukset	59
3.2.3.	Raekokojakauman ja raskasmetallien tutkimukset	60
4.	KÄYTETTYJEN SUODATINMASSOJEN KOOSTUMUS	61
4.1.	Fysiko-kemialliset perusominaisuudet	61
4.2.	Ravinnepitoisuudet.....	64
4.3.	Hygienia.....	67
4.4.	Raskasmetallipitoisuudet	71
4.5.	Raekokojakauma	73
4.6.	Näytteitä otettaessa tehtyjä havaintoja ja puhdistamojen hydraulinen toiminta	76
4.6.1.	Akaa.....	76
4.6.2.	Kuopio	77
4.6.3.	Raasepori.....	78
4.6.4.	Tammela.....	79
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET	81
6.	LÄHTEET	85

LIITTEET

KÄSITTEET

Haja-asutuksen kuormitusluku	Yhden asukkaan käsittelemättömien jätevesien keskimääräistä kuormitusta grammoina vuorokaudessa (g/d), jolloin kuormitusluvun arvo yksi tarkoittaa vuorokausikuormitusta, jonka orgaanisen aineen määrä seitsemän vuorokauden biologisena hapenkulutuksena (BHK ₇), on 50 g/d, kokonaisfosforin määrä on 2,2 g/d ja kokonaistypen määrä on 14 g/d.
Haja-asutuksen jätevesiasetus	Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (VNa 542/2003). Tätä työtä tehdessä asetukseen oli valmisteilla muutoksia.
Hydraulinen kapasiteetti	Vesimäärä, jonka maapuhdistamo kykenee ottamaan vastaan ja johtamaan eteenpäin vuorokauden aikana [m ³ /d].
Hydraulinen kuorma	Vesimäärä, joka johdetaan maapuhdistamoon vuorokauden aikana [m ³ /d].
Kalkkistabilointi	Kalkin sekoittamista tasaisesti koko lietemassaan siten, että sen pH-arvo on alkuvaiheessa yli 12.
Maapuhdistamo	Talousjäteveden käsittelylaitteisto, jossa jätevettä imeytetään luontaisten tai rakennettujen maakerrosten läpi. Maasuodattamo tai maahanimeyttämö.
Maasuodattamo	Maahan kaivettu tai pengerretty talousjäteveden käsittelylaitteisto, jossa vähintään saostussäiliössä esikäsittely jätevesi puhdistuu kulkeutuessaan rakennetun hiekkaa tai muuta maa-ainesta olevan suodatinkerroksen läpi ja se kootaan putkistolla, sekä johdetaan edelleen ympäristöön tai jatkokäsittelyyn.

Maahanimeyttämö	Maahan kaivettu tai pengerretty talousjäteveden käsittelylaitteisto, jossa vähintään saostussäiliössä esikäsittely jätevesi imeytetään maaperään puhdistumaan ennen sen kulkeutumista pohjaveteen.
Sakokaivo	Yksiosioinen saostussäiliö. Nimitystä käytetään yleensä vanhoista, betonisista, jäteveden esikäsittelyyn tarkoitetuista kaivoista. Kts. saostussäiliö.
Saostussäiliö	Jäteveden yksi- tai useampiosainen, vesitiivis mekaaninen esikäsittelylaite, jonka läpi jätevesi virtaa ja jonka pääasiallisena tarkoituksena on pidättää jätevedestä erottuvat laskeutuvat kiintoaineet ja vettä kevyemmät aineosat.
Suodatinmassa	Maa-aines tai fosforinpuhdistuksen tehostukseen tarkoitettu massa, jonka läpi jätevettä on johdettu maapuhdistamon käyttöön aikana.

LYHENTEET

γ	Ominaispaino [kg/dm^3].
η	Dynaaminen viskositeetti [Pas].
AOX	Adsorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet.
BOD	Biological oxygen demand. Veden biologinen hapenkulutus.
Ck	Hazenin kerroin. Maalajille ominainen kerroin, jota käytetään vedenläpäisevyyden arvioinnissa.
COD	Chemical oxygen demand. Veden kemiallinen hapenkulutus.
d10	Seulakoko, joka rajaa 10 p-% maa-aineksesta läpäisykokeessa.
DEHP	Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti.
H	Paine-ero virtauspäiden välillä eli vesipintojen korkeusero virtauspäiden välillä [m].
h_0	Patokorkeus (biokerroksen päällä).
h_s	Biokerroksen paksuus.
ICP-OES	Inductively coupled plasma - Optical Emission Spectrometer. Induktiivisesti kytketty plasma - optinen emissiospektrometri.
k	Maa-aineen vedenläpäisevyyskerroin [m/s].
k_s	Biokerroksen vedenjohtavuus.
$k_u(\psi_u)$	Veden johtavuus maaperässä huokospaineessa ψ_u .
L	Virtausmatka [m].
LAS	Lineaariset alkyylibentseeni sulfonaatit.
LTAR	Long Term Acceptance Rate. Pitkäkestoinen vastaanottokyky. Luku joka kertoo kuinka paljon maaperään voidaan imeyttää jätevettä imeytyspinta alaa kohden vuorokaudessa. [$\text{l}/\text{m}^2/\text{vrk}$].
NP	Nonyylifenoli.
NPE	Nonyylifenoli-etoksylaattit.
PAH	Polyaromaattiset hiilivedyt.
PCB	Polyklooratut bifenyylit.
PCDD/F	Polyklooratut dibentsodioksiinit / dibentsofuraanit
pmy	Pesäkkeen muodostavaa yksikköä (eng. CFU), mikrobiologisten tutkimusten tuloksissa käytettävä yksikkö.
SS	Suspended solids. Veden kiintoainepitoisuutta kuvaava suure [mg/l].

u	Maan vesipitoisuus. [til-%].
v	Nopeus [m/s]. Darcyn yhtälössä veden keskimääräinen virtausnopeus.

1. JOHDANTO

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (VNa 542/2003) asettaa uudenlaisia vaatimuksia haja-asutusalueiden kiinteistökohtaiselle jätevesien käsittelylle. Erilaiset maapuhdistamot ovat olleet käytössä jo ennen asetusta, mutta asetuksen myötä niiden toimintaan, puhdistustehokkuuteen ja käyttöikään on ruvettu kiinnittämään huomattavasti enemmän huomiota. Vaikka mediassa keskustelua käydään pääosin pienpuhdistamoiden ympärillä, maasuodattimet ja maahanimeyttämöt tulevat säilymään pääasiallisena haja-asutuksen jätevesien käsittelymuotona.

Maapuhdistamot voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin. Maahanimeyttämöjä voidaan käyttää, mikäli vaaraa pohjavesien pilaantumisesta ei ole. Maahanimeyttämössä jätevesi suodautuu luontaisten maakerrosten läpi. Pohjavesialueilla voidaan käyttää maasuodattimia, joissa suodatinmateriaalin läpi suodatettu jätevesi kerätään keräilyputkistossa ja johdetaan hallitusti purkupisteeseen estäen näin veden välitön päätyminen pohjaveteen. Maapuhdistamot keräävät käyttökänsä aikana jätevesikomponentteja ja biomassaa, jolloin niiden virtausvastus kasvaa vähitellen ja hydraulinen kapasiteetti eli kyky ottaa vastaan jätevettä heikkenee. Myös puhdistustehokkuus heikkenee suodatusmateriaalin tukkeutuessa, erityisesti fosforin pidentävyys on rajallinen. Lopulta tukkeutuminen voi johtaa myös jäteveden hallitsemattomaan purkautumiseen maapuhdistamon reunoilta tai päältä.

Maapuhdistamojen käyttöikä riippuu voimakkaasti niiden rakenteesta ja kuormituksen määrästä ja laadusta. Joka tapauksessa se on rajallinen ja usein vaikeasti arvioitava. Nykyiset arviot maasuodattamojen käyttöiästä vaihtelevat yleensä 10 - 30 vuoden välillä. Suodattamon käyttöikä voi kuitenkin lyhentää huomattavasti esimerkiksi sakokaivoista päässyt kiintoaine (tyhjennys laiminlyöty) tai jäteveden ominaisuudet, kuten runsas rasvojen määrä.

Tukkeutuminen aiheuttaa huomattavaa puhdistustehon alenemista ja mahdollisesti myös haju ja hygieniahaittoja jätevesien hallitsemattoman johtumisen seurauksena. Kun maapuhdistamo tukkeutuu, on vaihtoehtoina lähinnä suodatinmassojen vaihtaminen tai uuden puhdistamon rakentaminen edellisen viereen. Käytöstä poistettujen maapuhdistamojen suodatinmassojen koostumuksesta ei ole saatavilla tutkimustietoa, eikä niiden hyötykäytöstä tai loppusijoittamisesta ole laadittu yleisiä suosituksia.

Tässä diplomityössä kartoitetaan eri-ikäisten maapuhdistamojen suodatinmassojen koostumusta ja selvitetään mahdollisia tukkeutumista edistäviä tekijöitä. Keskeiset tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Mistä maapuhdistamojen tukkeutumisongelmat johtuvat ja miten niitä voitaisiin ehkäistä?
- Mikä on suodatinmassojen koostumus pitkäaikaisen käytön jälkeen?
- Mitä suosituksia käytöstä poistettujen maasuodatusmassojen loppusijoitukseen voidaan antaa?

Tutkimuksessa etsitään kirjallisuudesta tietoa maapuhdistamojen toiminnasta ja tukkeutumiseen johtavista syistä. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään myös käytettyjen suodatinmassojen hyötykäyttöön ja loppusijoittamiseen liittyviä riskejä, sekä pohditaan mahdollisia vaihtoehtoja.

Tutkimuksen kokeellisessa osassa tutkittiin neljää käytöstä poistettua maapuhdistamoa ja niiden maamassojen koostumusta laboratoriotutkimuksin. Laboratoriossa maamassoista määriteltiin muun muassa niiden sisältämän orgaanisen aineen ja ravinteiden määrä, raskasmetallien pitoisuudet, sekä määritettiin suodatinmateriaalien raekokojakaumat. Tutkimuksen tarkoituksena oli tuottaa mittaustuloksia käytännön työn tueksi. Tässä opinnäytteessä analysoidaan saatuja tuloksia ja pyritään niiden pohjalta antamaan ehdotuksia käytettyjen maasuodatusmassojen hyötykäytöstä ja loppusijoittamisesta. Lisäksi pyritään selvittämään maapuhdistamojen tukkeutumiseen vaikuttavia tekijöitä.

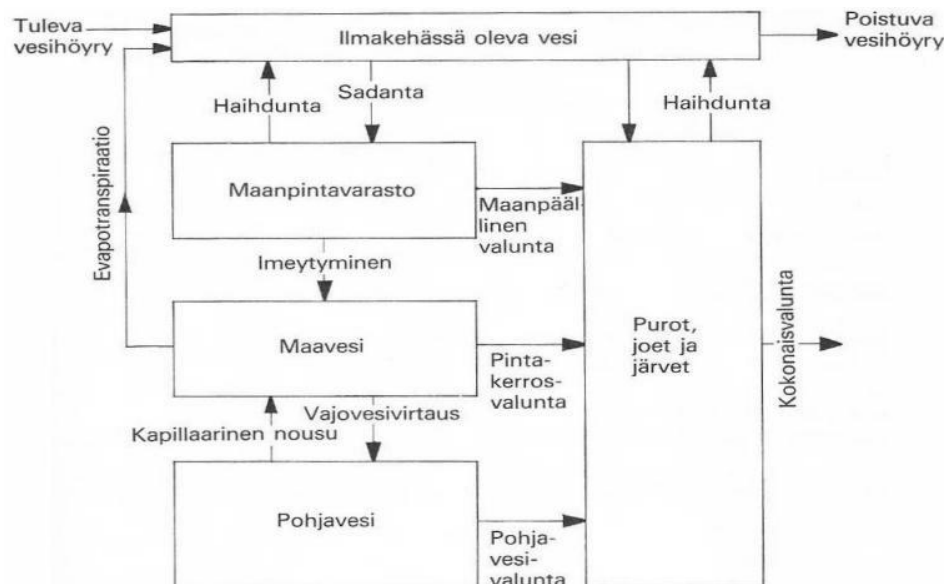
2. KIRJALLISUUS

2.1. Jäteveden kulkeutuminen maaperässä

Luontaista ja rakennettua maaperää käytetään yleisesti jätevesien puhdistamiseen. Jätevesien puhdistaminen pyritään yleensä toteuttamaan maanpinnan ja pohjaveden yläpinnan välisellä alueella. Jäteveden maapuhdistamojen toiminnan ymmärtäminen vaatii hyvää ymmärtämystä niin maaperän luontaisista vesistä, veden kulkeutumisesta maaperässä, kuin jäteveden eri komponenttien puhdistusmekanismeista maa-aineksessa.

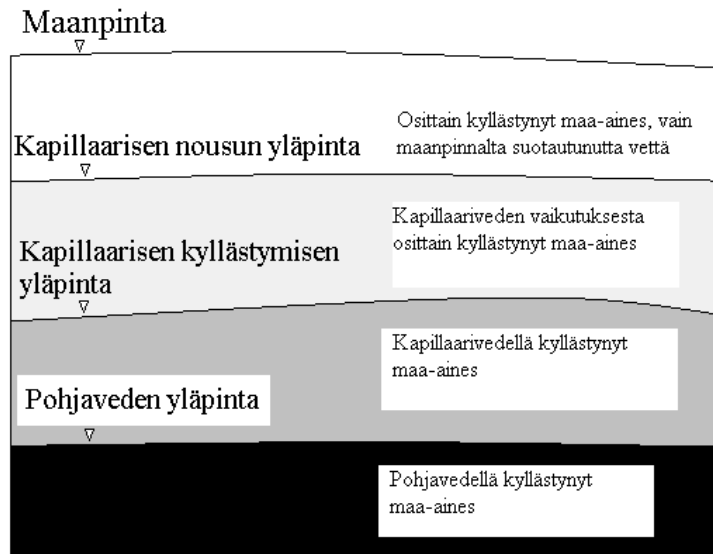
2.1.1. Veden kiertokulku ja esiintymismuodot maaperässä

Maa- ja pohjavedet muodostavat osan veden kiertokulusta luonnossa. Vettä imeytyy maaperään sadannasta ja pintavesistä, sekä keinotekoisesti esimerkiksi tekopohjavedenmuodostamisen ja kastelun johdosta. Suurin osa luonnollisesti muodostuneesta maavedestä palaa haihtumisen ja kasvien hengityksen johdosta suoraan ilmakehään. Osa sen sijaan suotautuu gravitaation johdosta pohjavesikerrokseen. Pohjavesi taas joko suotautuu hitaasti vesistöihin tai nousee takaisin maavesikerrokseen. Alla olevassa kuvassa on esitetty luonnollinen veden kiertokulku vesistön valuma-alueella. (Airaksinen 1978)



Kuva 1. Veden luontainen kierto (Airaksinen 1978)

Vettä esiintyy maaperässä ja sen pinnalla useissa eri muodoissa. Sade- ja sulamisvesistä koostuvia pintavesiä kutsutaan rakennetuilla alueilla *hulevesiksi* ja maaperässä pohjaveden yläpuolella laskeutuvaa vettä *vajovedeksi*. *Pohjavesi* on maakerrosten läpi suodattunutta vettä, joka rajoittuu yleensä kalliomaaperään. Pohjaveden pinnan yläpuolellakaan maaperä ei ole kuivaa, vaan vesi nousee maarakeitten raoissa ylöspäin niin kutsutun kapillaari-ilmion vaikutuksesta. *Kapillaarivettä* voi esiintyä pohjavedestä aina maanpintaan saakka riippuen maaperän ominaisuuksista. (Jääskeläinen 2009) Alla olevassa kuvassa on esitetty kapillaari-ilmion vaikutus maaperässä. Vyöhykkeiden sijainti ja korkeudet vaihtelevat huomattavasti erilaisissa maalajeissa.



Kuva 2. Kapillaariveden nousu pohjavedestä maavedeksi (Whitlow 2001)

Pohjavesipinnan yläpuolella voi esiintyä myös niin sanottua *orsivettä*. Orsivesi on huonosti vettä läpäisevän maakerroksen yläpinnalle kertynyttä vettä, joka on kuitenkin irrallaan varsinaisesta pohjavedestä. Vettä sitoutuu myös hienojakoisten kivirakeiden pinnoille kemiallisten varausten ja vedessä olevien ionien välityksellä. Tästä tiukasti pinnoille sitoutuneesta vedestä käytetään nimitystä *vaippavesi*. Vaippavettä kutsutaan myös *adsorptiovedeksi*, koska se on adsorptio- ja kapillaarivoimien sitomaa. (Airaksinen 1978; Jääskeläinen 2009)

2.1.2. Veden virtaus maaperässä

Veden kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat samat ilmiöt oli kyse sitten rakennetusta tai luonnontilaisesta maa-aineksesta. Veden liikkeelle maaperässä on olemassa runsaasti matemaattisia kuvauksia, jotka pohjautuvat samoihin perusyhtälöihin. Tässä luvussa perehdytään tärkeimpiin veden kulkeutumiseen vaikuttaviin tekijöihin.

Darcyn laki

Ranskalainen Henry Darcy muodosti jo 1800-luvulla yhtälön, joka kuvaa veden suodatusta vaakasuorien hiekkakerrosten läpi. Darcyn laki on vielä nykyäänkin pohjavesihydrauliikan perusyhtälö. Sen keskeiset oletukset ovat seuraavat (Airaksinen 1978):

Hiekkapilarin läpi kulkeva virtaama Q on:

- a) Suoraan verrannollinen hiekkakerroksen poikkipinta-alaan A , sekä
- b) Hiekkakerroksen ylä- ja alapintoihin vaikuttavien vedenpainoiden korkeuseroon ja
- c) kääntäen verrannollinen hiekkakerroksen vahvuuteen L

Darcyn yhtälö voidaan kirjoittaa seuraavasti (Jääskeläinen 2009):

$$v = k * H / L, \quad (1)$$

missä v on veden keskimääräinen nopeus (m/s), k on maa-aineen vedenläpäisevyyskerroin (m/s), L on virtausmatka (m) ja H on paine-ero virtausmatkan päiden välillä eli vesipintojen korkeusero virtausmatkan päiden välillä (m)

Darcyn laki tässä muodossaan pätee vain virtaukselle kyllästyneessä maa-aineksessa. Jäteveden imeytyksessä pyritään kuitenkin yleensä tilanteeseen, jossa suodatinmateriaali on kyllästymätöntä eli vain osittain huokosveden täyttämää. Tällöin vedenläpäisevyyskerroin ei ole vakio k , vaan maan vesipitoisuuden u funktio $k(u)$. Tällöin Darcyn yhtälö voidaan kirjoittaa muotoon:

$$v = k(u) * H / L \quad (2)$$

Yllä esitetyt Darcyn yhtälöt koskevat vain yksiulotteista tilannetta. Todellisuudessa virtaus tapahtuu aina kolmiulotteisessa ympäristössä, jolloin Darcyn yhtälön muoto monimutkaisuutuu huomattavasti. Lisäksi on huomattava, että Darcyn laki ei ole voimassa virtausnopeuksien kasvaessa tai erittäin hitaita virtauksia käsitellessä. (Airaksinen 1978)

Vedenläpäisevyys

Vedenläpäisevyys-kertoimeen (k) vaikuttavat väliaineen ominaisuuksista ennen kaikkea huokoskoostumus, rakeiden ja huokosten muoto, pinta-ala ja huokosten mutkaisuus, sekä huokoisuus. Nesteen ominaisuuksista taas vaikuttavat ominaispaino (γ) ja dynaaminen viskositeetti (η). (Airaksinen 1978) Kuten Darcyn yhtälön käsittelyn yhteydessä todetaan, vedenläpäisevyys k ei ole vakio, vaan muun muassa maan vesipitoisuuden funktio. Huomattavaa on myös, että koska veden viskositeetti ja ominaispaino ovat lämpötilan funktioita,

vedenläpäisevyys vaihtuu myös nesteen lämpötilan mukaan. (Avloppsvatteninfiltration 1985)

Vesi liikkuu maan huokosten välisissä kapeissa käytävissä, joiden leveys riippuu maa-aineksen raekoosta ja rakeiden muodosta. Virtausnopeus huokosissa on verrannollinen virtauskäytävän halkaisijan toiseen potenssiin. Tämän johdosta eri maalajien vedenläpäisevyys vaihtelee erittäin voimakkaasti. Alla muutamien yleisten maalajien suuntaa-antavia vedenläpäisevyyksiä (Jääskeläinen 2009): Sora $10^{-2} - 10^{-4}$ m/s, hiekka $10^{-4} - 10^{-6}$, siltti $10^{-5} - 10^{-9}$ ja savi $10^{-8} - 10^{-10}$ m/s

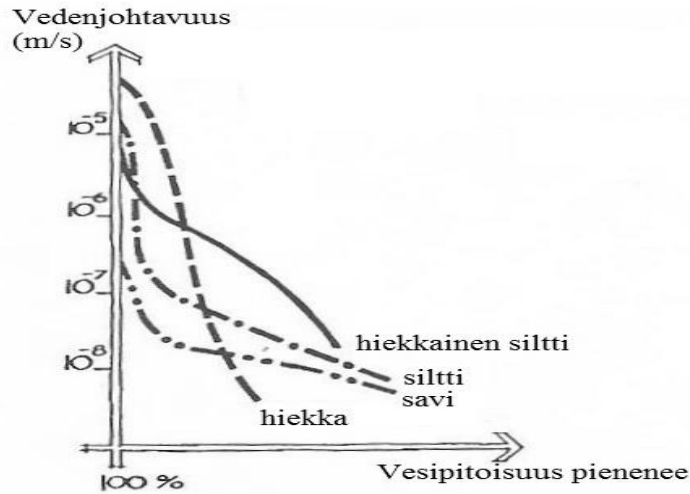
Maa-aineksen muiden ominaisuuksien ja vedenläpäisevyyden välille on empiirisiin tutkimuksiin perustuen esitetty lukuisia erilaisia yhteyksiä. Eräs yleisimmin käytetty empiriseen tutkimukseen perustuva menetelmä on ns. Hazenin menetelmä, jonka mukaan vedenläpäisevyys on huokoskoosta riippuva ja voidaan määrittää yhteydestä:

$$k = C_k d_{10}^2, \text{ missä} \quad (3)$$

d_{10} = seulan raekoko, joka rajaa 10% (paino) maa-aineksesta läpäisykokeessa ja C_k = Hazenin kokeellisesti määrittämä kerroin, joka vaihtelee maalajeittain.

Kokeelliset tutkimukset ovat kuitenkin todistaneet, että Hazenin määrittämät arvot kertomalle C_k ovat liian korkeita ja, että maan lajittumisella on huomattava vaikutus tuloksiin. Myös lämpötilan vaikutus on jätetty Hazenin mallissa huomioimatta. Mitkään muutkaan laskennalliset menetelmät eivät kuitenkaan ole osoittautuneet erityisen luotettaviksi ja teoreettisia laskelmia parempia arvioita k :n arvosta saadaan tapauskohtaisesti tutkimalla joko kentällä suoritettavin mittauksin tai laboratoriomenetelmillä. Suomessa yleisesti käytettäviä laboratoriomenetelmiä ovat vakiopainekoe jäykkäseinäisellä sellillä ja muuttuvan paineen koe jäykkäseinäisellä sellillä, joista jälkimmäinen sopii paremmin huonosti vettä läpäisevien maiden tutkimiseen. Lisäksi käytössä on joustavaseinäisiä vedenläpäisevyyden mittauslaitteita, joilla voidaan mitata myös erittäin huonosti vettä läpäisevien maa-ainesten vedenläpäisevyyttä. (Whitlow 2001; Jääskeläinen 2009)

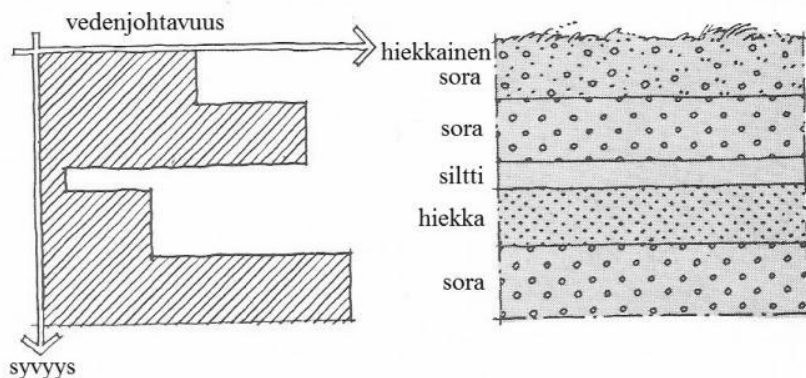
Kun maa-aineksen vesipitoisuus laskee, tyhjenevät isoimmat huokokset ensin. Sen vuoksi maan kuivuessa yhä pienemmät ja pienemmät huokosvälit jäävät vettä johtaviksi. Tämä taas johtaa virtausvastuksen kasvamiseen, jolloin vedenjohtavuus ja virtausnopeus maa-aineksessa pienenevät. Alla oleva kuvaaja on karkea esitys hydraulisen johtavuuden ja vesipitoisuuden yhteydestä raekooltaan erilaisissa maa-aineksissa. (Avloppsvatteninfiltration 1985)



Kuva 3. Vedenjohtavuus vesipitoisuuden funktiona eri maa-aineksissa (Avloppsvatteninfiltration 1985)

Raekoon vaikutus hydrauliseen kapasiteettiin

Rakeisuuskäyrästä voidaan päätellä paljon maa-aineen ominaisuuksista ja sen avulla tehdään kivennäismaalajien nimeäminen. Koska yksittäisistä tekijöistä raekokojakaumalla on selvästi suurin vaikutus maa-aineksen vedenläpäisevyyteen, sen avulla voidaan arvioida maan vedenläpäisevyyttä ilman varsinaisia läpäisykykymittauksia. Näin siitäkin huolimatta, että maalajien läpäisevyyksien vertailu on keskimääräisen raekoon perusteella epätarkkaa, erityisesti moreeneissa, koska pienimpien rakeiden merkitys korostuu huomattavasti. (Jääskeläinen 2009)



Kuva 4. Eri maalajien vaikutus maan vedenläpäisevyyteen. (Avloppsvatteninfiltration 1985)

Edeltävässä kuvassa esitetään eri maalajikerrosten vaikutusta maan vedenläpäisevyyteen. Rakeisuuskäyrän hyödyntämisestä maan imeytyskyvyn ja imeytyspaikan arvioinnissa käsitellään tarkemmin luvussa 2.2.4.

2.1.3. Jäteveden imeyttäminen maaperään

Maahanimeytyksessä vesi tunkeutuu maa- ja kallioperään. Tavallisesti pyritään veden vertikaaliseen kulkeutumiseen maakerrosten läpi. Veden imeytymistä kyllästymättömässä kerroksessa sanotaan suodannaksi. Useimmat imeytykseen liittyvät ilmiöt ovat läsnä myös maasuodattamoissa, mutta koska maasuodattamot on eristetty luontaisesta maaperästä, luontaisen maaveden virtaama vaikuttaa niiden toimintaan vain virheellisesti toteutetuissa puhdistamoissa.

Hydraulinen kapasiteetti

Hydraulinen kapasiteetti imeyttämölle on määritelty Avloppsvatteninfiltration (1986, s.21) julkaisussa seuraavasti: ”Vesivirta kuutioina päivää kohden, jonka maa voi vastaan ottaa ilman, että pohjaveden korkeus nousee ennalta määrätyn tason yläpuolelle”. Kun hydraulista kapasiteetin käsitettä käytetään imeyttämöjen lisäksi pohjavedestä eristetyille maasuodattamoille, on syytä määritellä se seuraavasti:

”Hydraulinen kapasiteetti on vesimäärä, jonka maapuhdistamo kykenee ottamaan vastaan ja johtamaan eteenpäin vuorokauden aikana. [m^3/d]”

Hydraulisen kapasiteetin käsite ei huomioi puhdistamon puhdistustehokkuutta vaan kuvaa ainoastaan puhdistamon kykyä ottaa vettä vastaan ja johtaa sitä eteenpäin. Lisäksi on hyvä määritellä hydraulisen kuorman käsite:

”Hydraulinen kuorma on se vesimäärä joka johdetaan maapuhdistamoon vuorokauden aikana [m^3/d]”

Mikäli hydraulinen kuorma ylittää hydraulisen kapasiteetin muuten kuin hetkellisesti, seuraa siitä veden pinnan kohoaminen maapuhdistamossa ja lopulta veden purkautumista suunnittelusta poikkeavaa reittiä. Käytännössä hydraulinen kapasiteetti riippuu pitkälti imeytyspinta-alasta ja maa-aineksen raekokojakaumasta. Seuraavaan taulukkoon on kerätty myös muita hydrauliseen kapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä ottamatta tarkemmin kantaa niiden merkityksellisyyteen.

Taulukko1. Hydrauliseen kapasiteettiin vaikuttavia tekijöitä (Nilsson 1990; Avloppsinfiltration 1985; Jääskeläinen 2009)

Jäteveden ominaisuudet
-lämpötila (viskositeetti) -pH -metallit (lähinnä rauta ja mangaani) -SS (suspensoituneet kiintoaineet) -BOD/COD (biologinen hapenkulutus)
Maaperän ominaisuudet
-raekokojakauma -huokoisuus -tiivuus -orgaanisen aineen määrä -kemialliset olosuhteet -kyllästynyt / kyllästymätön maaperä -anaerobiset / aerobiset olosuhteet
Maapuhdistamon ominaisuudet
-etäisyys pohjaveteen -pohjaveden pinnan kaltevuus -pinnan alainen / avoin imeytyspinta -pystyvirtaus / vaakavirtaus -hydraulinen gradientti
Toiminnalliset tekijät
-kuormitus, painovoima, paine, lappo jne. -Katkoinainen toiminta, syöttö ja lepo -esikäsittely

Hydrauliseen kapasiteettiin vaikuttaa siis suuri määrä tekijöitä, joista osa on huomattavasti merkittävämpiä kuin toiset. Jäteveden lämpötila vaihtelee yleensä välillä 14-18 C° kesäaikaan ja 6-10 C° talviaikana. Tämän vuoksi voidaan todeta, että viskositeetin vaihtelun merkitys on hyvin pieni. Hapettuneen raudan flokkien tiedetään tuottavan erittäin tiivistä tukkeutumispintaa suodatuspinnalle, mutta talousjätevesien rautapitoisuuden ollessa yleisesti erittäin pieni, tällä on harvemmin suurta merkitystä. (Nilsson 1990)

Nilsson (1990) huomasi tutkimuksessaan, että jaksoittainen syöttö parantaa hydraulista kapasiteettia noin kaksinkertaiseksi. Samassa tutkimuksessa on myös todettu, että korkeat hydrauliset kuormat heikentävät puhdistustuloksia erityisesti fosforin osalta ja vaikuttavat laskevasti myös orgaanisen aineen ja typen poistoon.

Biokerros

On yleisesti tiedetty, että jätevedenimeytyspintaan muodostuu verrattain nopeasti imeytymistä rajoittava biologisesti aktiivinen vyöhyke. Aikaisemmin, kun jäteveden imeytyminen nähtiin lähinnä keinona päästä eroon jätevesistä, käytettiin yleisesti nimitystä tukkeutumiskerros. Sittemmin, kun maapuhdistamot on alettu nähdä jätevettä puhdistavina prosesseina, on huomattu, että tämän biologisesti aktiivisen kerroksen muodostuminen on välttämätöntä jäteveden biologisen aineen ja typpiyhdisteiden tehokkaalle hajoamiselle ja tukkeutumiskerroksen sijaan on usein alettu käyttää nimitystä biokerros. Biokerroksen kehittymisen ja sen toiminnan tunteminen on ensiarvoisen tärkeää maapuhdistamoita tarkasteltaessa juurisen kaksinaisen luonteen vuoksi. Sen muodostuminen on välttämätöntä hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseksi, mutta toisaalta se aiheuttaa hydraulisen kapasiteetin laskua ja lyhentää puhdistamojen teknistä käyttöikää.

Biokerroksen vaikutus puhdistustehoon on kaksivaiheinen. Orgaaninen aines ja typpiyhdisteet hajoavat hyvin tiiviissä runsaasti mikrobeja sisältävässä kerroksessa. Toisaalta biokerroksen virtausta rajoittava vaikutus edesauttaa suodatinkerrosten kyllästymättömyyttä, mikä johtaa pidempiin viipymiin ja mahdollistaa hapen kulkeutumisen maa-aineksessa. Lisäksi mikrobien poiston on todettu tehostuvan kyllästymättömässä virtauksessa suuren vesi-ilma rajapinnan vuoksi. (Huntzinger Beach & Mcgray 2003)

Biokerroksen läpi tapahtuvan virtauksen mallintaminen

Nilsson & Englöv (1979) esittelevät Hillelin (1971) matemaattista kuvausta stationariselle tilanteelle, jossa suodatimen pinnalla on huonommin vettä johtava kerros. Hillel olettaa, että virtaus biokerroksen alla on yhtä suuri kuin biokerroksen läpi ja että huokosvedenpaine on maaprofilissa tasainen, niin että pääasiallisesti vaikuttavaksi voimaksi jää maan vetovoima. Darcyn lakia ja edellä mainittuja ehtoja käyttäen hän esittää virtaukselle q seuraavan kuvauksen:

$$q = k_u(\psi_u) = k_s \left\{ \frac{h_o + \psi_u}{h_s} + 1 \right\}, \text{ missä} \quad (4)$$

$k_u(\psi_u)$ = veden johtavuus maaperässä huokospaineessa ψ_u

k_s = biokerroksen vedenjohtavuus

h_o = patokorkeus (biokerroksen päällä)

h_s = biokerroksen paksuus

Homogeenisessä hienojakoisessa maa-aineksessa biokerroksen paksuus on vain muutamia millijä, mutta karkeassa maa-aineksessa se voi olla jopa muutamia kymmeniä senttimetrejä. (Nilsson & Englöv 1979)

Sittemmin veden liikettä suodattimissa, joissa tiivis pintakerros aiheuttaa jatkuvasti kyllästymättömät olosuhteet suodatinkerroksissa, on mallinnettu useissa tutkimuksissa erilaisilla numeerisilla malleilla. Huntzinger Beach & Mcgray (2003) käyttivät kaksiulotteista HYDRUS2D ohjelmaan pohjautuvaa mallia kuvaamaan veden kulkeutumista tiiviillä pintakerroksella tukkeutuneessa hiekka- ja savimaassa. Tutkimuksessa todettiin, että biokerros toimii suodattimessa hydraulisena vallina, joka pienentää suodattimen hydraulista kapasiteettia. Virtauksen todettiin myös olevan verrannollinen patokorkeudesta eli toisin sanoen siitä hydraulisesta paineesta, jonka pintakerroksen päällä lammikoituvan veden syvyys aiheuttaa. Sekä hiekka- että savimaassa biokerroksen hydraulisen vastuksen kasvattaminen merkitsee hydraulisen kapasiteetin pienenemistä ja toisaalta hydraulisen viipymän kasvamista. Biokerroksen vahvuuden suhteellisen vaikutuksen todettiin olevan huomattavasti suurempi hiekka- kuin savimaassa. Tämän oletettiin johtuvan siitä, että biokerroksen ja savimaan hydrauliset ominaisuudet ovat lähempänä toisiaan, jolloin biokerroksen muodostuminen ei vaikuta kokonaisolosuhteisiin niin paljon.

Leverenz ym. (2008) käyttivät tutkimuksessaan samantyyppistä mallia, johon oli lisäksi liitettyä aineiden kulkeutumiseen ja sitoutumiseen liittyviä parametrejä. Mallinnuksen pohjalta todettiin, että hydraulista kapasiteettia voidaan nostaa vähentämällä sisään tulevan virtauksen biologisen aineen annostelutiheyttä ja/tai kiintoainekuormaa. Tutkimuksen mukaan hydraulisen kuorman nostaminen voi kuitenkin vaikuttaa negatiivisesti taudinaiheuttajien poistumiseen suodattimessa. Muita kiinnostavia virtausta kyllästävässä olosuhteissa mallintavia tutkimuksia ovat suorittaneet muun muassa Bouma (1975), Janni ym. (1980) ja Hansen & Mansell (1986)

Biokerroksen muodostuminen aiheuttaa siis suodattimen pintaan huonommin vettä johtavan kerroksen, jonka ansiosta suodattimen alemmat osat ovat pysyvästi kyllästymättömiä. Tämän vuoksi virtausnopeus suodatinmateriaalissa pienenee, viipymä kasvaa ja jätevesi on pidempään kosketuksissa maamateriaalin kanssa isoimpien huokosten tyhjentyessä ensimmäisenä. Tutkimukset ovat osoittaneet, että jo 60 – 90 cm virtaama kyllästymättömässä maaperässä riittää poistamaan lähes kaikki ulosteperäisen saastumisen indikaattoriorganismit. Tulee kuitenkin huomata, että koska veden virtaus kyllästymättömässä maaperässä on hitaampaa, maapuhdistamojen imeytyskapasiteettia arvioitaessa ei voida hyödyntää maainekselle ominaisia kyllästyneen maan vedenjohtavuuskertoimia. (Otis & Hargett 1983)

Tukkeutuminen ja siihen johtavat tekijät

Kun jätevettä johdetaan maahan, vähenee maan vedenjohtavuus nopeasti suodatinmateriaalin pintaan muodostuvan biokerroksen vuoksi. Hydraulisen kapasiteetin pienentymiseen johtavat tekijät voidaan jakaa biologisiin, fysikaalisiin ja kemiallisiin. Nämä osatekijät yhdessä johtavat biokerroksen vähittäiseen tukkeutumiseen.

Biologiset tekijät

Imeytyskapasiteetin pieneneminen johtuu pääosin mikrobien toiminnasta imeytyspinnalla. Mikrobiologisen toiminnan seurauksena biokerrokseen kertyy sen mikro-organismeista ja orgaanista ainesta ja biomassaa. Tällöin biokerroksen vedenläpäisevyys ja sitä myöten puhdistamon hydraulinen kapasiteetti pienenee ajan myötä. Biologisen toiminnan vaikutus imeytyskapasiteetin pienenemiseen on todettu useissa tutkimuksissa. Muun muassa Allison (1947) on osoittanut, että imeytyskapasiteetti ei pienene pitkän ajan kuluessa merkittävästi mikäli steriiliä maata käsitellään steriilillä vedellä. (Nilsson & Englöv 1979)

Fysikaaliset tekijät

Fysikaalisiin syihin voidaan (McGauhey et al 1967, Nilsson & Englövin 1979 mukaan) lukea:

- Ylikuorman aiheuttama maan pakkautuminen
- Pienhiukkasten konsentraatio kaivutöiden johdosta
- Pienhiukkasten konsentraatio tärinän johdosta laitteistoa rakentaessa
- Pienhiukkasten konsentraatio sateen johdosta

Hiukkasten kasautuminen on suurin haitta maaperässä, joka sisältää paljon hienoainesta kuten savea ja silttiä, koska nämä voivat kerääntyä imeytyspinnalle. Normaalisti hiekkamaaperässä tämä ongelma ei ole merkittävä. Myös jakokerros voi (toissijaisesti) olla syynä hydraulisen kapasiteetin laskuun. On mahdollista, että pesemättömästä sepelistä irtoava hienoainekas liikkuu jäteveden mukana ja tukkii imeytyspintaa. (Avloppsinfiltation 1985)

Kemialliset tekijät

Kemialliset prosessit, jotka vaikuttavat imeytyskapasiteetin laskuun, ovat ioninvaihtoreaktiot ja niukkaliukoisten ja liukenemattomien yhdisteiden saostuminen. Ioninvaihtoreaktioita voi esiintyä enemmässä määrin runsaasti savipartikkeleita sisältävässä maa-aineksessa, kun taas jäteveden imeyttäminen tapahtuu yleensä karkearakeisemmassa maaperässä. Tämän vuoksi ne eivät todennäköisesti ole merkittävä tekijä hydrauliselle kapasiteetille. Saostumisreaktioissa enemmän tai vähemmän niukkaliukoiset aineet, esimerkiksi karbonaatit, sulfaatit, ortofosfaatit ja hydroksidit saostuvat maaperässä. Saostusreaktioiden vaikutus imeyttämiseen on kuitenkin huonosti tunnettua. (Nilsson & Englöv 1979)

Saostusreaktiot voivat kuitenkin olla merkittävä uhka maapuhdistamon toiminnalle, mikäli fosforinsaostus suoritetaan saostuskemikaalien avulla ennen maaperäkäsittelyä. Tällöin saostuskemikaalia voi saostussäiliöiden tyhjennyksen laiminlyönnin, väärän annostuksen tai epäsuotuisten saostusolosuhteiden vuoksi päätyä maapuhdistamoon. Mikäli suodatinhiekkassa vallitsee saostukselle otolliset olosuhteet, voi edellä mainittujen niukkaliukoisten aineiden saostuminen olla niin voimakasta, että se aiheuttaa tukkeutumista.

Tukkeutumisen eteneminen

Tukkeutumisen etenemisessä on havaittavissa selkeitä vaiheita:

- (I) Imeytyskentän käyttöön oton yhteydessä hydraulinen kapasiteetti pienenee nopeasti, johtuen maapartikkelien dispersiosta, turpoamisesta ja kasautumisesta. Hyvin vettä läpäisevässä maassa tämä heikkeneminen on pienempää, jos sitä ylipäänsä ilmenee. Huonommin vettä läpäisevässä maaperässä tämä ensimmäisen vaiheen heikkeneminen on huomattavaa ja voi kestää jopa 10-20 vuorokautta.
- (II) Toisessa vaiheessa huokossysteemi täyttyy osittain vedellä, jolloin sen veden johtavuus kasvaa ja veden kulkeutuminen paranee.
- (III) Kolmannessa vaiheessa hydraulinen kapasiteetti alkaa vähitellen heiketä, jonka nähdään johtuvan mikrobien ja orgaanisen aineen kertymisestä imeytysjärjestelmään.

Normaalisti hydraulisen kapasiteetin lasku pintakerroksissa johtaa siihen, että imeytiskyky rajoittaa tekijä laitteistoon johdettavaa vesimäärää. Maaperän kyky kuljettaa vettä eteenpäin voi kuitenkin olla rajoittava tekijä, jos imeytyspinta on kykenevä ottamaan vastaan vettä ja sen alapuolella on huonosti vettä johtava maakerros (Christiansen 1944, 1947, Nilsson & Englövin 1979 mukaan).

Kristiansen (1981) tutki biokerroksen muodostumisesta ja tukkeutumisesta syöttämällä talousjätevettä kolmeen eri hiekkasuodattimeen. Kahteen suodattimista syötettiin normaalia pinta-kuormaa vastaava määrä jätevettä ja yhteen kolminkertainen kuorma. Toista normaalisti kuormitettua suodatinta lämmitettiin talven ajan, kun taas kahta muuta ei lämmitetty lainkaan. Tutkimuksessa suodattimia seurattiin poistamalla säännöllisesti jakokerrospeleli ja tarkkailemalla biokerroksen muodostumista. Kristiansen huomasi, että 0,2% kulmaan asennettujen jakoputkien alkupää vastaanotti aluksi valtaosan vedestä ja niinpä biokerroksen tukkeutuminen ja lammikoituminen eteni kohti suodattimen loppupäätä. Tämä johti kaikissa suodattimissa anaerobisten olosuhteiden muodostumiseen suodattimen pahiten lammikoituneessa alkupäässä. Anaerobiset olosuhteet taas johtivat biomassan kertymiseen,

koska hapettomissa olosuhteissa vain hitaammat anaerobiset mikrobit voivat hajottaa biomassaa. Lämmitetyssä maassa syntyi kapeampi, mutta tiiviimpi biokerros, kun taas kahdessa muussa suodattimessa mikrobitoiminta jatkui pintakerrosta syvemmälle.

2.2. Jäteveden maapuhdistamot

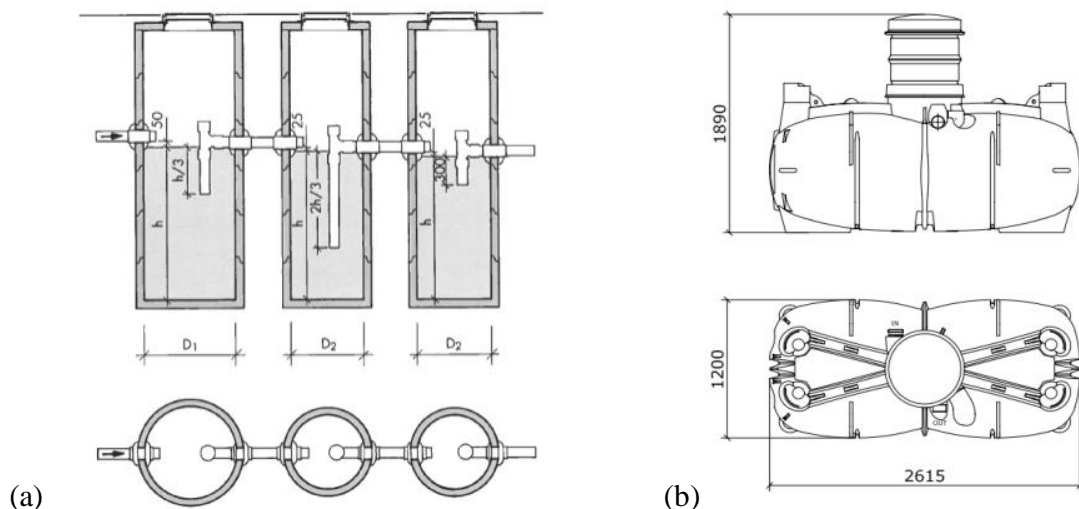
Jäteveden maapuhdistamot koostuvat yleensä esikäsittelystä ja varsinaisesta maaperäkäsittelystä. Lisäksi maasuodattamoihin voi sisältyä jälkikäsittely, jolla yleensä pyritään parantamaan fosforinpoistokykyä haja-asutuksen jätevesiasetuksen puhdistusvaatimusten täyttämiseksi. Toimiva maaperäkäsittelyjärjestelmä on aina huolella suunniteltu kokonaisuus, jonka toteuttamisessa on huomioitava paikalliset olosuhteet.

2.2.1. Esikäsittely

Maaperäkäsittelyyn johdettava jätevesi on aina esikäsiteltävä vähintään saostussäiliöissä. Lisäksi esikäsitteilyyn voi kuulua esimerkiksi fosforinsaostuskemikaalin lisääminen jäteveden ennen saostussäiliötä fosforinpoiston tehostamiseksi.

Saostussäiliöt

Käsiteltäessä kaikki talousjätevedet maapuhdistamossa, esikäsitteilyksi vaaditaan vähintään 3-osainen saostussäiliö. Käsiteltäessä ainoastaan harmaita jätevesiä, riittää 2-osainen saostussäiliö. Saostussäiliöt ovat yleensä betonisia tai muovisia. Muovisia saostussäiliöitä toimittavat useat maapuhdistamopaketteja ja pienpuhdistamoja valmistavat yritykset ja niissä saostusosiot sijaitsevat usein yhdessä yhtenäisessä rakenteessa. Materiaalina käytetään yleensä PE- tai lujitemuovia. Betonikaivoista rakennetun saostusjärjestelmän suunnitteluun ja mitoitukseen on saatavissa tarkkoja ohjeita esimerkiksi RT-kortissa 66–10523 ”Jätevesisäiliöt ja saostuskaivot”.



**Kuva 5. (a) Kolmen betonisen sakokaivon järjestelmä. (RT 66-10523)
(b) Muovinen 3-osiainen saostussäiliö (Uponor 2010)**

Kuvassa 5 on esitetty RT-kortin ohjeen betonisista saostuskaivoista koostuva järjestelmä ja Uponorin 3-osioinen muovinen saostussäiliö. Saostussäiliöiden mitoituksessa pyritään yleensä kahden päivän viipymään säiliöissä ja lietetilavuuden suhteen vähintään puolen vuoden tyhjennysväliin. Maapuhdistamoiden yhteydessä käytettävät saostussäiliöt on suunniteltava siten, että ne tuulettuvat taloviemäröinnin tuuletusputkea pitkin, jolloin myös maapuhdistamon tuuletus saostussäiliöiden kautta on mahdollista. (RT 66-10523)

Fosforin esisaostus

Fosforin saostumista saostussäiliölietteeseen voidaan tehostaa lisäämällä veteen fosforinsaostuskemikaalia ennen sen johtamista saostussäiliöihin. Fosforin saostamisessa käytetään tavallisimmin rauta- ja alumiiniyhdisteitä, kuten sulfaatteja. Lisäksi saostuskemikaali voi sisältää erilaisia apuaineita, kuten pitkäketjuisia polymeerejä. Käytettävät kemikaalit ovat yleensä nestemäisessä muodossa ja syöttö tapahtuu annostelupumpulla, joka voidaan sijoittaa esimerkiksi talon tekniseen tilaan tai keittiökomeroon. Kemikaalipumppua voidaan ohjata ajastimella, mutta jotkin valmistajat tarjoavat myös veden käyttöön kytkettyjä syöttöjärjestelmiä, jolloin annostelu riippuu todellisesta vedenkulutuksesta. Muulloin annostelu säädetään arvioidun vedenkäytön tai mittarilukemien perusteella.

2.2.2. Maahanimeyttämöt ja maasuodattamot

Jäteveden maaperäkäsittelyssä esikäsitelty jätevesi johdetaan maa-ainekseen, jonka pinnalla ja sisällä jäteveden puhdistumisprosessi tapahtuu. Maakerrokset toimivat siis eräänlaisena mekaanis-biologis-kemiallisena jäteveden puhdistamona. Ennen kuin ympäristö- ja terveys näkökohtia on alettu huomioida, maaperäkäsittely on ollut pääasiassa jäteveden imeyttämistä maaperään ja sen tarkoituksena on ollut lähinnä päästä eroon jätevesistä eli saada ne pois tuottajan välittömästä lähipiiristä. Viimeisten vuosikymmenten aikana jätevesien maapuhdistamot ovat kehittyneet huomattavasti. Maapuhdistamon käsite määritellään haja-asutuksen jätevesiasetuksessa seuraavasti:

Talousjäteveden käsittelylaitteisto, jossa jätevettä imeytetään luontaisten tai rakennettujen maakerrosten läpi. Maasuodattamo tai maahanimeyttämö. (VNa 542/2003a)

Maahan imeyttämisen ohella suosiotaan ovat kasvattaneet erityyppiset maasuodattimet, joiden avulla mahdollista pohjavesivaikutusta voidaan vähentää ja siten pienentää jätevesien aiheuttamaa terveysriskiä. Tässä luvussa käsitellään erilaisia maapuhdistamotyyppisiä ja tarkennetaan niihin liittyviä määritelmiä.

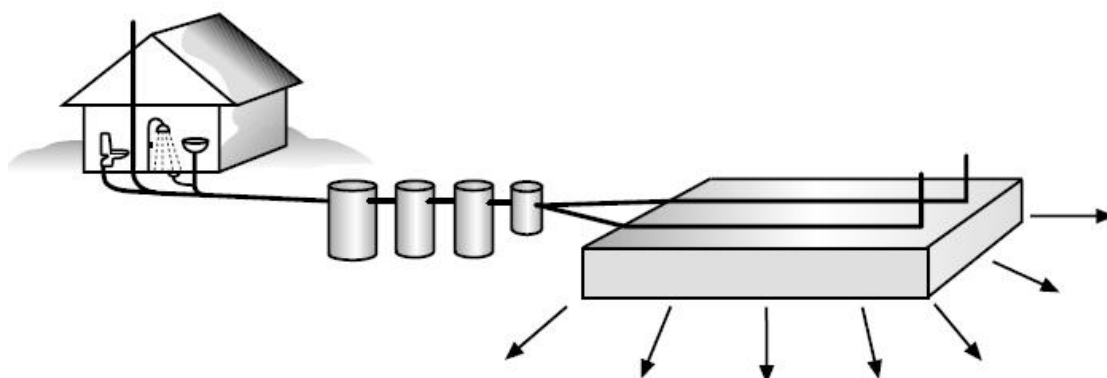
Maahanimeyttämöt

Jäteveden maahanimeyttämöllä tarkoitetaan sellaista maahan kaivettua tai pengerrytettyä talousjäteveden käsittelylaitteistoa, jossa vähintään saostussäiliössä esikäsitelty jätevesi imeytetään maaperään puhdistumaan ennen sen kulkeutumista pohjaveteen. (VNa 542/2003a)

Maahanimeyttämöissä käsitelty vesi päätyy siis luontaisten maakerrosten läpi pohjaveteen. Tämän vuoksi kunnat usein rajoittavat maahanimeyttämistä ympäristömääräyksiin etenkin tärkeillä pohjaviesialueilla ja joskus myös esimerkiksi ranta-alueilla. Maahanimeyttäminen on kustannuksiltaan edullisin jätevedenkäsittelymenetelmä yksittäisten kotitalouksien käytössä. Sillä voidaan saavuttaa jätevesiasetuksen puhdistusvaatimukset ja se tulee säilymään muiden puhdistusmenetelmien rinnalla varteen otettavana vaihtoehtona tärkeiden pohjaviesialueiden ja rantavyöhykkeiden ulkopuolella. Maahanimeyttämöt voidaan jakaa eri tyyppeihin rakenteensa perusteella.

Imeytyskenttä

Imeytyskenttäjärjestelmässä saostuskaivoissa esikäsitelty jätevesi johdetaan joko suoraan tai jakokaivon kautta jakoputkiin ja niitä pitkin reiällisiin imeytysputkiin, jotka on kaivettu maan sisään. Imeytettävä jätevesi leviää jakokerrokseen, joka on yleensä sepeliä tai vastavaa karkeajakoista ainesta. Jakokerroksessa jätevesi leviää sivuille ja alas saavuttaen lopulta luonnollisen maaperän. Jakokerroksen alapintaan ja välittömästi sen alapuolelle muodostuu biologisesti aktiivinen biokerros, jossa pääosa puhdistumisesta tapahtuu. Kuten toimivassa maaperäkäsittelyssä yleensäkin, biologisen kerroksen mikrobitoiminta on pääosin aerobista ja kenttää tuuletetaan jakokerroksessa jakokaivon, jakoputkien, imeytysputkien ja tuuletusputkien avulla riittävän ilmastuksen varmistamiseksi. Alla olevassa kuvassa on esitetty tyypillinen imeytyskenttä kolmella saostussäiliöllä ja yhdellä jakokaivolla. (Suomen ympäristökeskus 2001)



Kuva 6. Tavanomainen imeytyskenttä. (Suomen ympäristökeskus 2001)

Imeytysojasto

Jäteveden imeyttäminen voidaan toteuttaa myös imeytysojastossa. Imeytysojastossa imeytysputkia voidaan vetää imeytyskentästä poiketen eri suuntiin saostussäiliöltä tai jakokaivolta. Tämä mahdollistaa usein suuremman imeytyspinnan ja soveltuu paremmin myös hankaliin maastoihin ja ahtaisiin rakennuskohteisiin. (Suomen ympäristökeskus 2001)

Maakumpuimeytys

Mikäli pohjaveden pinta on niin lähellä maanpintaa, ettei imeyttämöä muuten voida toteuttaa, voidaan joskus käyttää maakumpuimeytystä, jossa koko imeyttämö perustetaan maanpinnan yläpuolelle. Tällöin suodatinmassana käytetään erikseen rakennettua suodatinhiekkakerrosta, joka koostuu yleensä 0-8 mm hiekasta ja sen läpi vesi suotautuu ennen kuin se kohtaa luonnollisen maakerroksen ja pohjaveden. Koska maakumpuimeytyksen imeytysputkisto sijaitsee luonnollisen maanpinnan yläpuolella, vesi nostetaan imeytysputkistoon saostussäiliöiden jälkeen sijoitettavalla pumpulla paineputkea pitkin. Maakumpuimeyttämön toteuttaminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja suunnitelman mukaista toteutusta ja on puhdistamotyyppinä hieman perinteistä maahanimeytystä haastavampi toteutettava. (Suomen ympäristökeskus 2001)

Matalaan perustettu maahanimeyttämö

Matalaan perustettu maahanimeyttämö voidaan perustaa samoista syistä kuin maakumpuimeyttämö. Tällöin ei pyritä nostamaan vettä pintatason yläpuolelle pumpaamalla, kuten maakumpuimeytyksessä, vaan perustetaan imeytysputkisto niin pintaan, että saavutetaan riittävä imeytymiskerros ennen pohjavettä tai kalliota. Putkistojen päälle tulevan maakerroksen ohuuden vuoksi matalaan perustetussa maahanimeyttämössä tulee kiinnittää erityistä huomiota putkien routaeristykseen putkien ja kentän jäätyksen estämiseksi. (Suomen ympäristökeskus 2001)

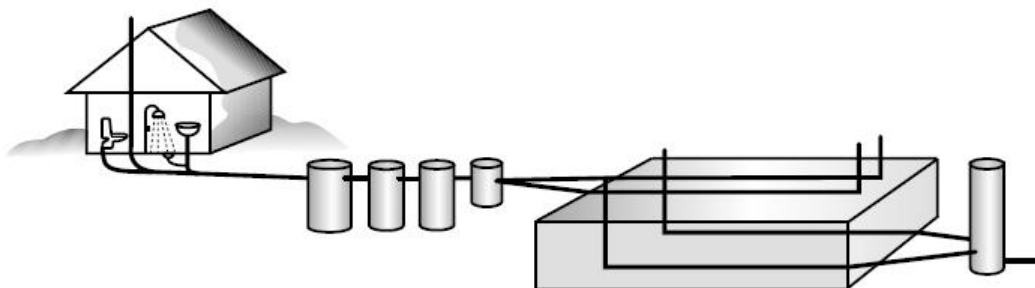
Tehostettu maahanimeyttämö

Mikäli maaperä ei sinällään sovellu imeyttämiseen, koska se on rakenteeltaan joko liian hienojakoista tai liian karkeajakoista, voidaan käyttää niin sanottua tehostettua maahanimeyttämöä. Tehostetussa imeyttämässä jakokerroksen alle lisätään raekooltaan sopivaa suodatinhiekkaa, jonka pintaan biokerros muodostuu. Luonnolliselta rakenteeltaan liian karkeassa maaperässä tämä parantaa puhdistustulosta ja liian hienojakoisessa maassa se voi ehkäistä maaperän hydraulisen kapasiteetin laskua, koska maaperään päätyvä vesi on jo menettänyt pääosan kiintoaineestaan suodatinhiekan yläpinnan biokerroksessa. Hiekkapatjan paksuudeksi suositellaan vähintään 300 mm ja käytettäväksi materiaaliksi hiekkaa, joka täyttää maasuodattamohiekalle asetetut vaatimukset. (RT-kortti 66-10873)

Maasuodattamot

Jäteveden maasuodattamolla tarkoitetaan sellaista maahan kaivettua tai pengerrettyä talousjäteveden käsittelylaitteistoa, jossa vähintään saostussäiliössä esikäsitelty jätevesi puhdistuu kulkeutuessaan rakennetun hiekkaa tai muuta maa-ainesta olevan suodatinkerroksen läpi ja se kootaan putkistolla, sekä johdetaan edelleen ympäristöön tai jatkokäsittelyyn. (VNa 542/2003a)

Jäteveden maasuodattamot voidaan maahanimeyttämöiden tapaan jakaa rakenteensa mukaan eri tyypeihin. Yhteistä niille on, että vesi pyritään keräämään kokoomaputkilla sen kulkeuduttua suodatinkerroksen läpi ja johtamaan hallitusti purkupisteeseen tai jälkikäsitteilyyn. Eristävänä kerroksena voi toimia esimerkiksi muovieriste tai vettä läpäisemätön maa-aines. Maasuodattamo on jonkin verran maahanimeytystä kalliimpi ratkaisu, mutta tietyillä alueilla se on ainut vaihtoehto maapuhdistamoksi joko kunnan asettamien ympäristömääräysten tai rakennuspaikan maaperän ominaisuuksien vuoksi. Maasuodattamo sisältää aina riskin veden karkaamisesta eristävän kerroksen läpi pohjaveteen ja siksi sen suunnitteluun ja toteutukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Suodattimen tukkeutumisongelmat voivat johtaa veden purkautumiseen maanpintaan ja aiheuttaa mahdollisia haju- ja hygieniahaittoja. Alla olevassa kuvassa on tyypillinen maasuodattamo kolmella saostussäiliöllä, jakokaivolla ja kokoomakaivolla.



Kuva 7. Tavanomainen maasuodattamo. (Suomen ympäristökeskus 2001)

Matalaan perustettu maasuodattamo

Maasuodattamo voidaan perustaa hyvin lähelle maanpintaa, mikäli esimerkiksi kallioperän tai pohjaveden läheisyys sitä edellyttää. Lämpöeristys voidaan tällöin hoitaa joko pintaan asetettavalla lämpöeristeellä tai kasaamalla suodattimen päälle riittävä määrä täytemaata. (Suomen ympäristökeskus 2001). Mikäli vettä nostetaan pumppaamalla ympäröivän maanpinnan yläpuolelle ja se imeytetään kummuksi kasatun suodatinhiekan läpi, puhutaan *kum-pumaasuodattamosta*.

Vaakavirtausmaasuodattamo

Vaakavirtausmaasuodattamossa jätevedet johdetaan imeytysputkeen, josta ne kulkeutuvat vaakasuunnassa yhden tai useamman suodatinmateriaalin läpi ja kerätään toisessa laidassa kokoomaputkilla kokoomakaivoon ja edelleen purkuun. Mikäli fosforinpoistoon käytetään erillistä suodatinmassaa, vaakavirtausmaasuodatin mahdollistaa sen vaihtamisen muuhun suodattimeen kajoamatta, kun taas perinteisessä maasuodattamossa massa sijaitsee hankalasti putkistojen alla suodatinhiekkakerrosten välissä ja sen vaihtaminen on huomattavasti hankalampaa. (Kujala-Räty ym. 2008) Vaakavirtausmaasuodattamoissa veden virtausaika suodatinpatjassa on huomattavasti pidempi, kuin perinteisessä maasuodattamossa, jolloin kontaktiaika jäteveden ja maapartikkelien välillä pidentyy. Tämä parantaa puhdistustulosta erityisesti hygienian osalta. (Suomen ympäristökeskus 2001)

Fosforinpoistomassalla tehostettu maasuodattamo

Normaalin maasuodattamon kyky sitoa fosforia jätevesiasetuksen vaatimalla tasolla häviää muutamien käyttövuosien aikana. Maasuodattamon kykyä adsorboida fosforia voidaan parantaa käyttämällä suodatinhiekan lisäksi fosforia sitovaa massaa. Massoina on käytetty erilaisia kemianteollisuuden tuotteita kuten biotiittia, joissa fosforin sitominen perustuu yleensä suureen rautapitoisuuteen. Periaatteena on, että fosforia sitova materiaali on suodatinhiekan seassa vaakasuuntaisena kerroksena, pystysuuntaisena seinänä tai sekoitettuna hiekan joukkoon ja fosfori saostuu tai adsorboituu materiaalin pintaan. (Suomen ympäristökeskus 2004)

Maasuodattamo veden kierrätyksellä

Yleensä maasuodattamossa puhdistettava vesi suodattuu kerran suodatinmateriaalin läpi. Virtaamavaihteluiden tasaamiseksi ja typen poiston tehostamiseksi maasuodattamo voidaan myös varustaa veden kierrätyksellä, jolloin osa suodatetusta vedestä pumpataan takaisin suodattamon alkupäähän. (Kujala-Räty ym. 2008) Tällaiset ratkaisut ovat kiinteistökohtaisissa maapuhdistamoissa harvinaisia korkeampien kustannusten vuoksi, mutta soveltuvat hyvin puhdistuskyvyn parantamiseen suuremmissa maapuhdistamoissa.

Maasuodattamo jakomoduleilla

Mikäli maasuodattamolle tarvittavaa pinta-alaa halutaan pienentää, käytetään usein muovisia moduleita jakokerroksen sijaan. Moduulit asennetaan suodattamoon jakoputkien alle. Tällöin ei tarvita sepelistä rakennettua jakokerrosta ja moduulit toimivat biologisen prosessin kasvualustana, parantavat veden hapettumista sekä levittävät jäteveden tasaisemmin koko suodattamon alueelle. Muilta osin moduuleilla varustettu puhdistamo vastaa toiminnaltaan tavanomaista maapuhdistamoaa. Tehokkaampi puhdistuminen ja varsinkin veden tasainen leviäminen mahdollistaa usein hieman pienemmän pinta-alan, jolloin puhdistamo voidaan rakentaa myös ahtaaseen paikkaan. Moduuleita voi hyödyntää myös maahanimeytämöissä. (Suomen ympäristökeskus 2010)

2.2.3. Jälkikäsittely

Jälkikäsittely on mahdollista ainoastaan maasuodattamoissa, koska maahanimeyttämöissä jätevesi päätyy luontaiseen maaperään ja pohjaveteen. Jälkikäsittely on yleistynyt vasta haja-asutuksen jätevesiasetuksen tiukentuneiden fosforinpoistovaatimusten myötä.

Fosforinsaostuskaivot

Jäteveden fosfori esiintyy suurelta osin liuenneena ja siksi sen erottaminen laskeuttamalla on vaikeaa. Liuennta fosforia voidaan kuitenkin saostaa lisäämällä veteen saostuskemikaalia, esimerkiksi rauta- tai alumiinisulfaattia, jotka muodostavat fosforin kanssa niukka-liukoisia yhdisteitä. Sopivissa olosuhteissa syntyneet hiukkaset törmäilevät toisiinsa ja muodostavat hyvin laskeutuvia flokkeja. Näin syntynyt fosforiliete voidaan laskeuttaa fosforikaivon pohjalle ja poistaa maasuodattamon jälkeen sijoitetusta fosforinsaostuskaivosta saostussäiliöiden tyhjennyksen yhteydessä. Fosforinsaostuskaivoon kertyy myös osa jätevedessä jäljellä olevasta kiintoaineesta ja muista jäteveden epäpuhtauksista. (Kujala-Räty ym. 2008)

Fosforimassakaivot

Jäteveden fosforin poistamiseen voidaan saostuksen ohella käyttää myös erityisiä fosforiadsorptiomassoja, jotka perustuvat suodatinmateriaalin kykyyn adsorboida fosforia suodatinrakeiden pinnalle. Jälkikäsittelyssä käytettävät adsorptiomassat sijoitetaan yleensä erilliseen säiliöön tai kaivoon, jonka läpi maasuodattamosta kerätty vesi johdetaan. Adsorption luonteesta johtuen massoilla on tietty kapasiteetti sitoa fosforia ja tämän vuoksi suodatinmassat on uusittava säännöllisin väliajoin. (Kujala-Räty ym. 2008) Suodatinmassoja on tarjolla irtorakeina ja kokonaisena vaihdettavina suodatinsäkkeinä. Irtorakeiden tyhjennys kaivosta tulee suorittaa pumppuautolla ja rakeet voivat käytön myötä muodostaa hankalasti kaivosta poistettavaa massaa, joten kokonaisena kaivoon laskettavan suodatinsäkin vaihtaminen on useassa tapauksessa helpompaa. Normaalisti yhden talouden puhdistamoissa käytettävä säkkikoko on 500 kg ja suositeltava vaihtoväli 2 vuotta. Fosforin sitomisen ohella adsorptiomassat voivat nostaa jäteveden pH melko korkeaksi, jolloin massakaivossa saavutetaan lisäksi huomattava parannus jäteveden hygieniassa.

2.2.4. Purkupaikka

Mahdollisen jälkikäsittelyn jälkeen tai suoraan kokoomakaivosta vedet johdetaan hallitusti ympäristöön. Purkupaikan ja purkupuutken suunnittelu on tärkeä osa puhdistamon suunnittelua ja sen toteuttamiseen vaaditaan ammattitaitoinen suunnittelija.

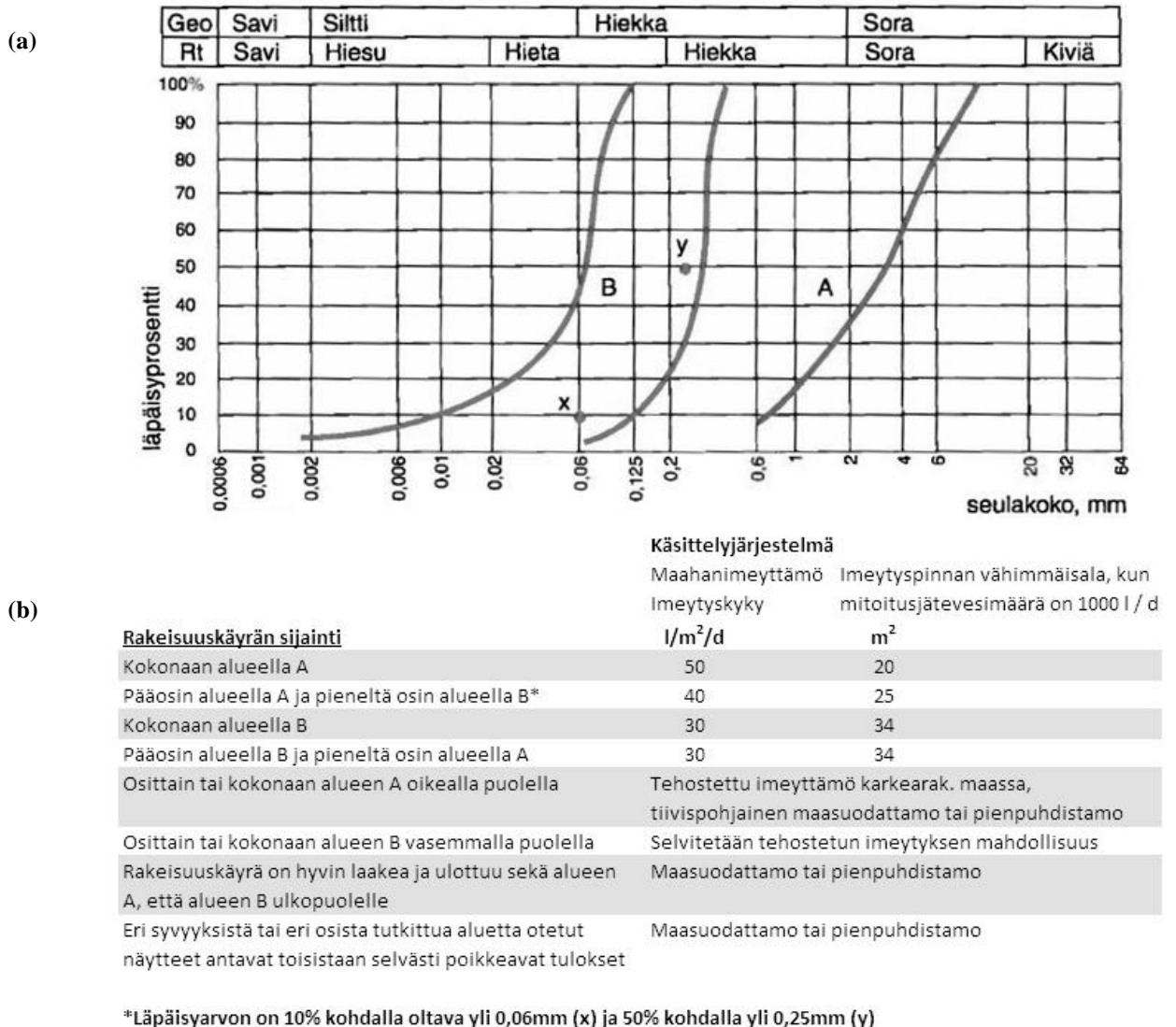
Yleisin vaihtoehto on johtaa vedet avo-ojaan, jolloin tarvitaan mahdollisesti maanomistajan suostumus. Toinen vaihtoehto on imeyttää vedet kivipesässä tai imeytysputkissa. Tällöin tulee varmistua maaperän kyvystä ottaa vastaan puhdistamosta tuleva vesimäärä. Molemmissa vaihtoehdoissa tulee myös huolehtia purkuputken ja purkupaikan routasuojauksesta ja padotuskorkeudesta siten, että järjestelmä toimii moitteetta kaikissa olosuhteissa vuoden ympäri. Huolimattomuus purkupaikan suunnittelussa ja toteuttamisessa voi vaarantaa koko järjestelmän toimivuuden.

2.2.5. Imeytyspaikan valinta

Maapuhdistamo suunniteltaessa tulee ottaa huomioon runsaasti ympäristömuuttujia. Eriyisesti maahanimeyttämön toteuttamismahdollisuudet riippuvat maaperänkoostumuksesta ja alueen pohjavesitasosta. Mikäli imeyttämö voidaan kunnan ympäristömääräysten puolesta toteuttaa, tulee arvioitavaksi maaperän ja pohjavesiolosuhteiden soveltuvuus imeyttämiseen. Jos mahdollista, maaperätutkimukset kannattaa uudisrakennusten rakentamisen yhteydessä suorittaa jo muiden pohjatutkimusten yhteydessä. (RT-kortti 66-10873)

Maa-aineksen rakenne ja veden johtavuus, maakerrosten esiintyminen, pohjaveden korkeus ja virtaussuunta, sekä talousvesikaivojen sijainti määräävät maankäytön ohella sen, onko imeyttäminen kyseisessä paikassa mahdollista. Samat tekijät asettavat omat vaatimuksensa imeytysjärjestelmän rakenteelle ja sijoitukselle. Maaperän veden läpäisevyyden ja hydraulisen kapasiteetin suuruus riippuu pääasiassa maan raekoosta. Tämän vuoksi imeytysmaaperä ei saa olla liian hienojakoista ainesta. Toisaalta se ei saisi olla myöskään liian karkeajakoista, sillä siitä voi aiheutua puhdistuskyvyn heikkenemistä, kun selkeää biokerrosta ei pääse syntymään ja veden viipymä puhdistavissa kerroksissa pienenee. (Silverberg 1982) Veden kulkeutumista maaperässä on käsitelty tarkemmin luvussa 2.1.

Imeytykseen sopivan maaperän optimaalisesta raekokojakaumasta on laadittu selkeitä suosituksia. Kuvassa 8 esitetty RT-kortin nomogrammi ohjeistaa raekokojakauman vaikutusta käytettävän puhdistusmenetelmän valintaan. Maahanimeyttämiseen parhaiten soveltuvien maa-ainesten raekokojakaumakäyrä kulkee siis pääosin alueella A ja pisteiden X ja Y oikealla puolella. Myös osittain tai kokonaan alueella B kulkevan raekokojakauman voidaan katsoa sopivan jossain määrin maaperäkäsittelyyn, mutta tällöin hydraulinen kapasiteetti pienenee ja tarvittava imeytyspinta vastaavasti kasvaa. Tulee myös huomioida, että maaperäkäsittelyn hydraulinen kapasiteetti laskee sen käyttöään myötä, jolloin alueella B sijaitseva raekokojakauma aiheuttaa herkemmin tukkeutumisiongelmiä ja voi lyhentää järjestelmän käyttöikä. Alueen A oikealla puolella sijaitseva raekokojakauma taas vaikuttaa tehokkaan biokerroksen muodostumiseen ja viipymän pienentymiseen, jolloin maaperässä ei päästä vaadittuun puhdistustulokseen ennen veden päätymistä pohjaveteen.



Kuva 8. (a) Nomogrammi imeytykseen sopivien maalajien raekoosta.
(b) Käsittelyjärjestelmän valinnassa ohjeistava taulukko. (Rt-kortti 66-10873)

Edellä olevaa nomogrammia voidaan imeyttämipaikan arvioinnin lisäksi hyödyntää tarkasteltaessa maasuodattamoissa käytettäviä maamassoja. Suodattamoissa suositellaan käytettäväksi rae- ja hiukkajakaumaltaan 0-8mm hiekkaa. Yllä olevassa kuvassa tällaisen hiekan rae- ja hiukkajakauma sijaitsee yleensä pääosin alueella A ja osittain alueella B. Mikäli maasuodattamossa käytetään hiekkaa, jonka rae- ja hiukkajakaumakäyrä ohittaa pisteet x ja y vasemmalta puolelta, sillä voi olla heikentävä vaikutus järjestelmän hydrauliseen käyttöikänsä. Toisaalta tehokkaan puhdistuskyvyn takaamiseksi on tärkeää ettei käytettävä suodatinmateriaali olisi aluetta A karkeampaa.

2.2.6. Koekuoppa ja imeytyskokeet

Yhden talouden imeyttämöä suunniteltaessa raekokojakaumaa ei ole välttämätöntä tutkia, sillä maaperän imeytyskykyä voidaan arvioida myös erilaisin imeytyskokein ja joskus pelkkä asiantuntijan tekemä silmämääräinen arvio maaperän rakenteesta riittää. Seuraavassa on kuvattu sellaisia maastossa tehtäviä esitutkimuksia, joilla voidaan varsin luotettavasti selvittää jonkin kohteen soveltuvuus maahanimeyttämön sijoituspaikaksi.

Koekuoppa

Yksinkertaisimmillaan imeytyskyvyn esitutkimukseksi riittää riittävän syvän koekuopan kaivaminen pohjaveden korkeimman pinnan aikaan. Kuopasta voidaan todeta riittävä etäisyys pohjaveteen ja arvioida imeytyspinnan maa-aineksen rakennetta. Hajasampoloppuraportin liitteessä 4 annetaan ohjeita eri maalajien tunnistamiseen silmämääräisesti märkää maa-ainesta käsien välissä hieromalla:

Taulukko 2. Maa-ainesten tunnistaminen silmämääräisesti. (Suomen ympäristökeskus 2001)

sora	Ei muovaudu, ei tartu käsiin
hiekkä	Murenee eikä muovaudu, käsiin jää hieman murusia
siltti	Muovautuvaa, voidaan hieroa sormien välissä (karkeammilla materiaaleilla tämä ei ole mahdollista koska ne murenevat), jättää selkeän kerroksen käsiin
savi	Muovautuvaa ja sitkeää, kosteana siitä voidaan tehdä pallo, jonka voi rullata ohueksi nauhaksi, mitä ohuemmaksi nauhan voi pyörittää sitä suurempi on savipitoisuus.

Imeytyskokeet

Maaperän imeytyskykyä voidaan arvioida myös monilla melko yksinkertaisilla imeytyskokeilla. Imeytyskoe tulisi aina suorittaa suunnitellun imeytyspinnan tasolta, joten sen toteuttaminen vaatii usein joitakin metrejä syvän kuopan kaivamista. Yleisesti tunnettuja imeytyskoe-tyyppejä ovat seuraavat: vakio vedenpinnan korkeus (Porchet'n menetelmä), putkikoe (Nybergin menetelmä), imeytyskoe korjauskertoimella (Laskevan vedenpinnan menetelmä) ja imeytyskuoppa (Leinon menetelmä). Kolme ensimmäistä sisältävät varsinaisen kenttätutkimuksen lisäksi yksinkertaista laskentaa, jonka tuloksena saadaan arvio LTAR-arvosta kyseessä olevassa maaperässä. LTAR-luku kertoo kuinka paljon maaperään voidaan imeyttää jätevettä imeytyspinta-alaa kohden vuorokaudessa (Long term acceptance rate). Imeytyskuoppakoe sen sijaan antaa vain karkean arvion maaperän soveltuvuudesta imeyttämiseen. (Suomen ympäristökeskus 2001; Kujala-Räty ym. 2008)

2.2.7. Toiminnan tarkkailu ja huolto

Maapuhdistamot ovat yleisesti melko helppohoitoisia ja niitä pidetään laitepuhdistamoihin verrattuna toimintavarmoina. Hyvän teknisen toiminnan ja maksimaalisen käyttöiän saavuttaminen vaatii kuitenkin säännöllistä huoltoa ja ylläpitoa. Huoltamaton tai väärin käytetty maapuhdistamo voi pahimmassa tapauksessa tukkeutua käyttökelvottomaksi hyvinkin lyhyessä ajassa ja korjaaminen on yleensä lähes yhtä kallista kuin uuden puhdistamon rakentaminen. Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti maapuhdistamojen huoltotoimista ja niiden vaikutuksesta puhdistamon toimintaan.

Saostussäiliöiden tyhjennys

Saostussäiliö tai sakokaivot ovat aina olennainen osa maapuhdistamoa, koska niissä tapahtuu jäteveden esikäsittely. Niiden toimintahäiriöt tai huollon laiminlyöminen voivat johtaa suurten kiintoainepitoisuuksien ja rasvan päätymiseen maapuhdistamoon, mikä aiheuttaa usein korjaamatonta vahinkoa puhdistamon hydrauliselle ja biologiselle toiminnalle. Tämän vuoksi saostussäiliöt tulee tyhjentää aina hyvissä ajoin ennen lietetilavuuden täyttymistä. Tästä muistutetaan myös haja-asutuksen jätevesiasetuksen liitteessä (VNA 542/2003b), jonka mukaan lietteen poisto tulee tehdä vähintään kerran vuodessa.

Saostussäiliöiden täyttymistä tulee seurata säännöllisesti, mieluiten kuukausittain. Lietepinnan voi tarkistaa kierittämällä pitkän kepin tai tangon päähän harsoa riittävän pitkälle matkalle. Laskemalla kepin säiliön pohjaan ja pyörittämällä muutama kierros tarttuu lietekorkeuden matkalta harsoon enemmän kiintoainetta. Tästä voidaan päätellä lietekorkeus kaivossa. Saostussäiliöt tulee tyhjentää viimeistään, kun lietekorkeus on 10 cm päässä T-liittimen alahaarasta missä tahansa saostusvaiheessa. Tyhjennyksen yhteydessä tulee silmämääräisesti tarkastaa säiliön kunto, T-liittimen sijainti ja toiminta, sekä täyttää kaivot puhtaalla vedellä ennen käyttöönottoa. Saostussäiliöiden rakenteet tulee tarkistaa tarkemmin vähintään 10 vuoden välein (VNA 542/2003b). Tarkistuksessa etsitään mahdollisia vuotokohtia ja varmistetaan T-haarojen liitännät ja toiminta. Havaitut viat tulee korjata mahdollisimman pian ja tehdyt toimenpiteet kirjata huoltopäiväkirjaan. (Suomen Vesien-suojeluyhdistysten Liitto ry. 2010)

Maapuhdistamon ylläpito

Vaikka saostussäiliöiden tyhjennys onkin yksittäisenä toimenpiteenä tärkein maapuhdistamojärjestelmään liittyvä huoltotyö, on tärkeää, että myös itse maapuhdistamon toimintaa tarkkaillaan säännöllisesti ja mahdollisesti tarvittavat huoltotoimenpiteet suoritetaan ajoissa.

Jakokaivojen toimintaa tulisi tarkkailla säännöllisesti ainakin saostussäiliöiden tyhjennyksen yhteydessä. Kaivoon mahdollisesti kertynyt liete tulee poistaa ja varmistua samalla virtausäätimien oikeasta toiminnasta eli veden jakautumisesta tasaisesti kaikkiin imeytysputkiin. Virtauksen säätö voi muuttua esimerkiksi, jos jakokaivon asento maassa muuttuu maaperän routimisen takia. Jakokaivosta voidaan myös seurata imeytysputkiston toimintaa. Mikäli vesi nousee lähtöputkien alapinnan yläpuolelle, on imeytysputkissa mahdollisesti tukos. Jos imeytysputkien huuhtelu ei auta, on mahdollista, että maapuhdistamo on tukkeutunut ja saneerattava. Jakokaivojen tarkastuksen yhteydessä tulee myös mahdollinen kokoomakaivo tarkistaa ja tyhjentää lietteestä. Samalla tulee varmistua myös veden johtumisesta kokoomakaivosta purkupaikkaan suunnitellulla tavalla. Imeytysputkien tukkeutumista voidaan ehkäistä huuhtelemalla niitä määräjain. Haja-asutuksen jätevesiasetuskin velvoittaa tekemään tämän vähintään 10 vuoden välein kokonaisvaltaisen toimintakunnon tarkistuksen yhteydessä. (Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry 2010; VNA 542/2003b)

2.2.8. Käyttöikä

Oikein huollettu ja käytetty maapuhdistamo on pitkäikäinen ratkaisu niin harmaiden, kuin mustien jätevesien käsittelyyn. Arviot maapuhdistamojen käyttöiästä vaihtelevat kuitenkin suuresti. Käyttöikään voidaan katsoa vaikuttavan ainakin seuraavien tekijöiden:

Taulukko 3. Maapuhdistamojen kokonaisikäikään vaikuttavia tekijöitä

Suunnittelu ja toteutus Kohteeseen sopivan puhdistamotyypin valinta ja oikea sijoitus tontilla Oikea mitoitus koko käyttöiän aikaisiin tarpeisiin Suunnitelman mukainen toteutus Pohjavesivaikutuksen huomioiminen suunnittelussa
Esikäsittelyn tehokkuus Saostussäiliöiden tehokkuus Mahdollinen fosforin esisaostus (vaikutus huonosti tunnettu)
Kuormituksen laatu ja määrä Mustat vedet vs. harmaat vedet Veden käyttö ja kuormituksen laatu Valumavesien mahdollinen vaikutus
Käytettyjen maa-ainesten ominaisuudet Käytettyjen suodatinmateriaalien raekoko ja kemiallinen koostumus Imeyttämöissä imeytyspaikan valinta
Huoltotoimenpiteet ja ylläpito Saostuskaivojen tyhjennyksestä huolehtiminen Jakokaivojen toiminnan tarkkailu Imeytysputkistojen huuhteluväli.

Fosforin esisaostuksen vaikutus maapuhdistamon käyttöikänsä voi olla negatiivinen tai positiivinen riippuen toteutuksesta. Toisaalta fosforinsaostuskemikaali tehostaa myös orgaanisen aineen poistumista saostuslietteen mukana ja vähentää puhdistamon kiintoainekuormaa, mutta saostuskemikaalin päätyminen kenttään ja sen aktivoituminen siellä esimerkiksi pH-olosuhteiden vaihtelun vuoksi voi aiheuttaa tukkeutumisoongelmia.

Ruotsissa Länsi-Götanmaan läänissä on tehty vuonna 2009 kattava selvitys maapuhdistamoiden toiminnasta ja niihin liittyvästä tietoudesta. Selvityksen mukaan maapuhdistamojen elinikä voidaan määrittellä monen muuttujan suhteen. Maapuhdistamon tehokkuus orgaanisen aineen, typen ja taudinaiheuttajien poiston suhteen, toisin sanoen biologinen toiminta, on riippuvainen puhdistamon iästä. Myös kemiallinen toiminta, kuten fosforin sitoutuminen, heikkenee käyttöiän myötä. Hydraulinen toiminta eli puhdistamon kyky johtaa vettä heikkenee myös iän myötä, kuten luvussa 2.1.3. on todettu. Edellä mainitut kolme näkökulmaa maapuhdistamon toimintaan ovat vahvasti riippuvaisia toisistaan. Biologinen toiminta on yleensä kohtuullisen tehokasta niin kauan kuin hydraulinen toiminta on riittävän hyvää. Näiden toimintojen mukaisesti maapuhdistamoille voidaan määrittellä *hydraulinen käyttöikä*, *kemiallinen käyttöikä* ja *biologinen käyttöikä*. Yleensä puhdistamon kokonaisikä määräytyy hydraulisen käyttöiän mukaan. Selvityksen mukaan maapuhdistamojen hydraulinen käyttöikä on yleisesti yli 20 vuotta, mutta voi olla myös tuplasti enemmän. (Västra-Götaland läänstyrelsen 2009)

Kokonaisikä katsotaan usein myös *taloudelliseksi* käyttöikäksi. Pitkä taloudellinen käyttöikä kompensoi korkeita perustamiskustannuksia. Keskimäärin maapuhdistamon taloudellisen käyttöiän voidaan ajatella olevan 20-30 vuotta, mikäli puhdistamon toimintaa ajatellaan vain biologisen ja hydraulisen toiminnan suhteen. Fosforin poisto voi sen sijaan koitua ongelmaksi pitkän käyttöiän aikana. (Västra-Götaland läänstyrelsen 2009) Tutkimuksen yhteydessä haastatellut asiantuntijat (Harri Mattila & Erkki Santala 2010) olivat pitkälti samoilla linjoilla ruotsalaistutkimuksen kanssa: oikein rakennettu ja huollettu maapuhdistamo voi hyvinkin saavuttaa 20-30 vuoden hydraulisen käyttöiän. Toisaalta väärin suunniteltu ja/tai huonosti huollettu maapuhdistamo voi menettää hydraulisen toimintakykynsä hyvinkin pian käyttöönoton jälkeen.

2.2.9. Maapuhdistamojen toimintahäiriöiden syyt

Maapuhdistamojen toiminnassa ilmenee melko yleisesti erilaisia toimintahäiriöitä. Yksi syy tähän voi olla maaperäkäsittelyn maine helppohoitoisena ja huolettomana jätevesijärjestelmänä. Tämä käsitys johtaa helposti siihen, että puhdistamon toimintaa ei tarkkailla, eikä tarvittavia huoltotoimenpiteitä suoriteta ajallaan.

Huoltotoimenpiteiden laiminlyönti

Vastuu puhdistamon toiminnasta on lopulta kiinteistönomistajalla ja keskimääräinen kiinnostus jätevesien käsittelyyn on valitettavan alhaisella tasolla. Tämä kävi ilmi muun muassa Susanna Salokankaan opinnäytetyönään tekemässä kyselyssä vuonna 2001, kun hän kysyi 223:lta Pomarkkulaiselta ranta-alueen kiinteistönomistajalta, kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan jätevesijärjestelmän huollosta vuosittain. Tulokset julkaistiin alla olevan taulukon muodossa Hajasampo-projektin loppuraportissa:

Taulukko 4. Pomarkun Isojärven ranta-asukkaiden valmius maksaa jätevesien käsittelyjärjestelmän huollosta vuosittain. (Salokangas 2001; Suomen Ympäristökeskus 2001 mukaan)

	käymäläjätevedet		muut jätevedet	
	kpl	%	kpl	%
0 mk	208	96,3	186	86,1
alle 100 mk	2	0,9	13	6,1
100 - 500 mk	5	2,3	15	6,9
500 - 1000 mk	1	0,5	2	0,9
1000 - 5000 mk	0	0	0	0
yli 5000 mk	0	0	0	0

Kyselyn tulos antaa todella karun kuvan ihmisten halusta sitoutua rahallisesti jäteveden puhdistukseen haja-asutusalueilla. Vaikka tulos on kymmenen vuoden takaa ja tilanne on varmasti osittain muuttunut haja-asutuksen jätevesiasetuksen ja aiheesta käydyn keskustelun seurauksena, voidaan sitä pitää viitteenä siitä, että kiinteistön omistajien sitouttaminen jätevesien puhdistukseen on erittäin haastavaa.

Kattavan ruotsalaisen selvityksen (Västra-Götaland länstyrelsen 2009) mukaan juuri kiinteistön omistajien sitoutumattomuus järjestelmien huoltamiseen on suurin maapuhdistamojen ylläpitoa koskeva ongelma. Vaikka vastuu on omistajilla, heillä ei ole kiinnostusta, eikä motivaatiota järjestelmän tarkkailuun ja huoltoon. Usein ongelma voi olla myös toimintakyvyn puute tai sen heikkeneminen esimerkiksi ikääntymisen vuoksi. Käytännön ratkaisuksi selvityksessä ehdotetaan ulkopuolista huoltotöiden valvojaa, esimerkiksi saostussäiliöiden tyhjennykset toteuttavaa tahoa.

Myös Harri Mattila on päätenyt samankaltaisiin johtopäätöksiin Haja-Sampo projektin loppuraportissa. Hän tukee vaatimuksia keskitetystä asetukseen ja kunnan ympäristömääräyksiin perustuvasta huollon valvonnasta ja toteutuksesta: ”Vapaaehtoisuuteen tai kiinteistönomistajien omatoimisuuteen ei tässä asiassa voitane luottaa.” Samassa yhteydessä Mattila kertoo Pyhäjärven valuma-alueella 1990-luvun puolivälissä tehdyn jätevesi-inventaarion tuloksista. Saostussäiliöiden tyhjennyksessä havaittiin selviä puutteita. Niiden tyhjennys

suoritettiin usein niin myöhään, että lietekorkeuden nousu ehti vaikuttaa huomattavasti lähtevän veden laatuun. (Suomen Ympäristökeskus 2001) Myös Erkki Santala (2010) näkee ensisijaiseksi ongelmaksi maapuhdistamoissa huollon laiminlyönnin ja saostuslietteen karkaamisen jakoputkistoon.

Kun vaikuttaa ilmeiseltä, että pelkästään saostussäiliöiden tyhjennyksen tilaaminen ajallaan on kiinteistönomistajille vaikeaa ilman ulkopuolista valvontaa, voidaan hyvällä syyllä olettaa, että muut maapuhdistamon vaatimat huoltotoimenpiteet ja toiminnantarkkailu jäävät valtaosalta kokonaan tekemättä. Laitepuhdistamojen yhteydessä markkinoitavia huoltosopimuksia ei kuitenkaan juuri tarjota uusien maapuhdistamojen rinnalla. Tähän lienee ainakin osittain syynä maapuhdistamojen harhaanjohtava maine huoltovapaina jätevesijärjestelminä ja siitä johtuva olematon kysyntä.

Virheet suunnittelussa ja toteutuksessa

Myös oikein käytettyjen ja huollettujen maapuhdistamojen toiminnassa voi ilmetä yllättäviä ongelmia. Tällöin syy voi olla suunnittelussa tai toteutuksessa tehdyissä virheissä, jotka tulevat ilmi kenties vasta vuosien kuluttua puhdistamon käyttöönotosta. Käyttöikää laskevia suunnittelu- ja rakennusvaiheen virheitä voivat olla esimerkiksi:

- Riittämätön tai huonosti toimiva esikäsitteily
- Alimitoitus
- Muovikaivojen riittämätön ankkurointi
- Vedenläpäisyltään riittämättömät suodatinmateriaalit / imeyttämön paikan valinta
- Tuuletuksen toimimattomuus
- Putkistojen väärät kaltevuudet (kaltevuudet jopa väärään suuntaan)
- Puhdistamon rakentaminen huonosti kantavaan maahan
- Hulevesien johtaminen tai niiden esteetön pääsy puhdistamoon
- Routasuojauksen riittämättömyys
- Raskaiden koneiden liikuttaminen kentän päällä

Maapuhdistamojen suunnittelussa ja toteutuksessa tulee aina huomioida kohteen erityispiirteet. Tämän vuoksi valmiin puhdistamopaketingin asennussuunnitelma tulee teettää jätevesisuunnittelun ammattilaisella ja huolehtia myös asiantuntevasta rakennusvalvonnasta.

Muuttuneet olosuhteet

Eräs syy maapuhdistamoiden hydraulisen käyttöiän pienenemiseen voi olla kuormituksen laadun tai määrän odottamaton muutos puhdistamon käyttöiän aikana. Kuormituksen kasvua ei välttämättä aina voida ennustaa puhdistamon suunnitteluvaiheessa. Ylimääräisten kiinteistöjen kytkeminen tai kuormituksen kasvu muusta syystä tulisi aina huomioida ta-

pauskohtaisesti. Joissain tapauksissa alkuperäinen mitoitus voi riittää kasvaneen jätevesikuorman käsittelyyn. Muussa tapauksessa ratkaisuna voi olla esimerkiksi rinnakkaisen puhdistamon rakentaminen kapasiteetin lisäämiseksi. Muuttuneet olosuhteet voivat myös johtaa puhdistamon ennaikaiseen käytöstä poistamiseen, mikäli esimerkiksi vasta uuden jätevesijärjestelmän rakentanut kiinteistö veloitetaan liittymään kunnan viemäriverkkoon vesilaitoksen laajentuneen toiminta-alueen vuoksi. Tällöin vesihuoltolain määrittämään liittymisvelvollisuuteen voidaan kuitenkin hakea poikkeusta vedoten rakennetun järjestelmän kohtuulliseen taloudelliseen käyttöikään.

Käyttöään päättyminen

Maapuhdistamon tukkeutuminen ja saneeraus tai korvaustarve on pitkällä aikavälillä väistämätöntä. Aina ei kuitenkaan ole kyse suunnittelussa tai huollossa tapahtuneesta virheestä. Tavanomaisen maapuhdistamon kokonaisikä on aina rajallinen riippumatta siitä, miten hyvin sitä on huollettu. Voidaan hyvällä syyllä sanoa, että yli 20 vuotta toiminnassa ollut ja puhdistustehonsa säilyttänyt maapuhdistamo on saavuttanut vähintäänkin kohtuullisen taloudellisen käyttöiän.

2.3. Käytettyjen suodatinmassojen hyödyntäminen ja loppusijoitus

Suodatinmassoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä maapuhdistamojen maa-ainesta ja mahdollisia fosforinpoistomassoja, joiden läpi jätevettä on johdettu puhdistamon käytön aikana. Maapuhdistamo koostuu suodattavien massojen lisäksi muovisista tai betonisista kaivorakenteista, putkistoista, routaeristeistä ja jako- ja kokoomakerroksen sepelistä, mutta tässä työssä keskitytään varsinaisten suodattavien massojen koostumukseen ja niiden hyötykäyttö- ja loppusijoitusvaihtoehtoihin.

2.3.1. Suodatinmassoihin liittyvät riskit

Jätevesien käsittely sisältää aina riskejä. Maapuhdistamoiden käytössä erityistä riskiä aiheuttaa mahdollisuus pohjaveden ja juomaveden ottoaikkojen kontaminaatioon erilaisilla haitta-aineilla ja patogeenisilla organismeilla. Jätevesien suotautuessa suodatinmassojen läpi samat riskitekijät voivat siirtyvät suodatinmassoihin ja vaikuttavat niiden käyttömahdollisuuksiin ja loppusijoitukseen puhdistamon käyttöiän päätyttyä.

Raskasmetallit

On yleisesti tiedossa, että talousjätevedet sisältävät normaalisti vain melko pieniä määriä raskasmetalleja. Osa näistäkin poistuu saostuskaivolietteen mukana, mutta osa voi päätyä maapuhdistamon suodatinmateriaaliin. On periaatteessa mahdollista, että pitkään käytettyjen puhdistamojen maa-ainekseen kertyy haitallisia raskasmetallipitoisuuksia. Aiheesta ei kuitenkaan ole saatavilla tutkittua tietoa.

Suodatinmassojen mahdolliset raskasmetallit voivat muodostaa terveydellisen riskin lähinnä käytettäessä massoja maatalouden maanparannusaineina. Tämän vuoksi raskasmetallipitoisuuksia voidaankin verrata puhdistamolietteen maatalouskäytölle asetettuihin rajoihin:

Taulukko 5. Korkeimmat sallitut raskasmetallipitoisuudet käytettävälle lietteelle ja maaperälle johon lietettä levitetään. (Vnp 282/1994)

Raskasmetalli	Lietteen pitoisuus (mg/kg TS)	Maaperän pitoisuus (mg/kg TS)
Cd	3,0	0,5
Cr	300	200
Cu	600	100
Hg	2,0	0,2
Ni	100	60
Pb	150	60
Zn	1500	150

Kuten huomataan, yllä olevassa taulukossa on vain osa raskasmetalleista. Päätöksessä on rajoitettu vain niiden raskasmetallien pitoisuuksia, jotka on nähty riskitekijöiksi lietteen maatalouskäytössä yleisen esiintymisen tai erityisen haitallisuuden vuoksi. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan lyhyesti päätöksellä rajoitettujen raskasmetallien mahdollisia vaikutuksia ihmiseen.

Jo pieninä pitoisuuksina haitallisia raskasmetalleja ovat kadmium ja elohopea. *Kadmiumin* saanti on suomalaisilla yleensä kohtuullisen pientä. Sen pääasialliset lähteet ovat vilja ja tupakansavu. Kadmium ei imeydy herkästi, eikä yleensä aiheuta terveysvaaraa suomalaiselle kuluttajalle. Suun kautta saatu liian suuri altistuminen on aiheuttanut munuaisvaurioita ja luunhaurastumista muualla maailmassa. Esimerkiksi Kiinassa kadmiumia sisältäneen riisin käyttäjillä ovat altistumistasot olleet jopa 100 - 500 kertaa suurempia kuin suurimmillaan Suomessa. Kadmium on eläinkokeissa todettu karsinogeeniseksi eli syöpää aiheuttavaksi. *Elohopean* pääasiallinen lähde Suomessa on kalat. Elohopealle altistuminen on yleensä kuitenkin vähäistä. Kalojen elohopeapitoisuuksia seurataan kuitenkin aktiivisesti ja raskaana olevia ja imettäviä naisia on kehoitettu välttämään varsinkin petokalojen syömistä. Elohopea muodostaakin nykyään terveysriskin lähinnä niille lapsille, joiden ravinto sisältää runsaasti kalaa. (Mussalo-Rauhamaa & Jaakkola 1993)

Lyijy voi korkeina altistumispitoisuuksina aiheuttaa ääreishermoston toiminnan häiriöitä. Yleisesti tunnetaan lyijyn vaikutus munuaisiin ja punasolujen muodostumiseen. Lapsilla lyijyn on todettu vaikuttaneen henkiseen kehitykseen ja käyttäytymiseen, mutta Suomessa lyijyaltistumisesta johtuvat terveyshaitat eivät ole yleisiä. Tärkeimpiä lähteitä ovat vilja, mutta myös tupakan savu ja ulkoilman lyijypitoisuudet ovat altistavia tekijöitä. Lyijyä liukenee veden jakeluverkostosta- ja laitteista niin, että talousvedessä on usein havaittavissa pieniä lyijypitoisuuksia. Kolmiarvoinen *kromi ja nikkeli* ovat ihmiselle välttämättömiä hivenaineita ja niitä voi liueta veteen vesikalusteiden metalliseoksista. Nikkeli ja kuusiarvoinen kromi on kuitenkin todettu karsinogeeniseksi eläinkokeissa. Vesijohtoveden kromi onkin yleensä juuri haitallisessa kuusiarvoisessa muodossa. Työperäisessä altistumisessa nikkelin ja kromin on todettu olevan yhteydessä erilaisiin syöpiin. Niinpä näiden aineiden esiintyminen liian suurina pitoisuuksina voi olla haitallista. Talousveden *kupari* on pääosin peräisin vedenjakelulaitteista ja -kalusteista, kuten kupariputkista. Kuparilla on harvoin terveysvaikutuksia, mutta suurina pitoisuuksina kuparisuolat voivat aiheuttaa esimerkiksi mahan ja ohutsuolen tulehduksia. (Mussalo-Rauhamaa & Jaakkola 1993)

Orgaaniset haitta-aineet

Suomen ympäristökeskuksen (2008) laatimassa Lietteen loppusijoitus – esiselvityksessä todetaan erääksi mahdollisesti haitalliseksi tekijäksi lietteen maatalouskäytössä erilaiset orgaaniset haitta-aineet. Kirjallisuusselvityksessä on todettu, että jopa 30000 erilaista ainetta voi päätyä jätevesisysteemeihin. Monista näistä aineista on rajoitetusti tietoa, joten riskinarvioinnille on olemassa vain heikko pohja. Kun vielä kiinteistökohtainen vaihtelu käytettyjen talouskemikaalien ja lääkeaineiden suhteen on erittäin merkittävä pohdittaessa maapuhdistamoihin päätyvien haitta-aineiden kirjoa, voidaan todeta, että yleisesti pätevän riskianalyysin tekeminen ei ole mahdollista.

Lietteen loppusijoitus – esiselvityksessä esitellään Schowanek ym. (2004) tekemää systemaattista menetelmää lietteen sisältämien antropogeenisten orgaanisten aineiden aiheuttamien riskien arvioimiseen. Tarkoituksena oli luoda suuntaviivoja lietteiden turvalliselle käytölle. He tarkastelivat useita eri orgaanisia aineryhmiä ja toteavat, että useimpien orgaanisten haitta-aineiden siirtyminen maaperästä kasveihin juurien kautta on vähäistä. Jotkut haitta-aineista voivat kuitenkin kulkeutua pellolle levitetystä lietteestä hulevesien mukana vesistöön.

Vikman ym. (2006) perehtyvät Vesitalous-lehden artikkelissa yhdyskuntajäteveden orgaanisiin haitta-aineisiin ja niiden lähteisiin. Alla oleva artikkelista lainattu taulukko esittää eräiden yleisesti jätevedessä esiintyvien orgaanisten haitta-aineiden vaikutuksia ja lähteitä.

Taulukko 6. Orgaanisia haitta-aineita, niiden ominaisuuksia ja päästölähteitä (Vikman ym. 2006)

Lyhenne	Yhdiste	Biohajoavuus ja haitallisuus	Esimerkkejä päästö-lähteistä
LAS	Lineaariset alkyylibentseeni sulfonaatit	Biohajoavia, voivat lisätä muiden aineiden liukoisuutta.	Synteettiset puhdistusaineet ja pesuaineet
DEHP	Di(2-etyyliheksyyli)ftalaatti	Karsinogeeninen, hormonihäiritsijä, biohajoaa	Pakkausmateriaali, väriaineiden valmistus, lääketieteellisyys
NPE	Nonyylifenoli (NP) ja nonyyliifenoli-etoksylaattit (NPE)	NPE ei myrkyllinen, hajoamistuotteet haitallisempia ja vaikeammin hajoavia	Pesuaineet, kosmetiikka, voitelu-aineet, torjunta-aineet
PAH	Polyaromaattiset hiilivedyt.	Karsinogeenisiä. Biohajoavuus vaihtelee yhdisteen mukaan	Energiantuotanto, epätäydellinen palaminen
PCB	Polyklooratut bifenyylit.	Rikastuu ravintoketjussa, pysyviä, rasvaliukoisena terveydelle haitallinen.	Liima, maalit, muovit, hyönteismyrkyt, voitelu-aineet
PCDD/F	Polyklooratut dibentsodioksiinit / dibentsofuraanit.	Rasvaliukoisia, haitallisia terveydelle, pysyviä, rikastuvat ravintoketjussa	Pestisidit, jätteenpolto
AOX	Adsorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet	Osa helposti hajoavia, osa pysyviä. Pitoisuus ei korreloi haitallisuuden kanssa.	Orgaaniset liuottimet, torjunta-aineet, antibiootit, kylmälaitteet

Taulukoitujen haitta-aineiden vaikutukset ovat jokseenkin hyvin tunnettuja ja osan esiintymistä yhdyskuntajätevesissä seurataan yleisesti. On kuitenkin huomattava, että on suuri joukko potentiaalisesti haitallisia yhdisteitä joiden esiintymisestä tai haitallisuudesta ei juurikaan tiedetä.

Mikro-organismit

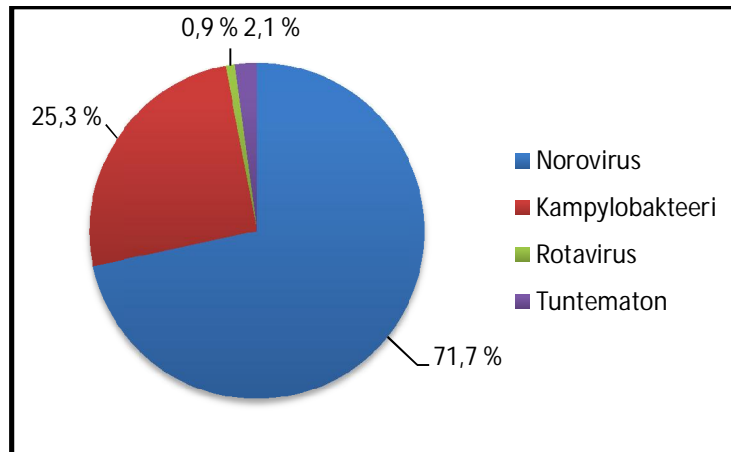
Taudinaiheuttajamikrobit eli patogeenit ovat aina merkittävä riski ulosteita sisältäviä tai niillä mahdollisesti kontaminoituneita jätevesiä käsiteltäessä. Myös harmaisiin vesiin sisältyy riski taudinaiheuttajista, mutta se on huomattavasti mustia vesiä pienempi. Jäteveden sisältämät taudinaiheuttajat päätyvät maapuhdistamoissa maa-ainekseen, joissa ne kohtaavat yleensä melko epäsuotuisat olosuhteet ja joutuvat kilpailemaan maaperän luontaisen, sekä prosessissa muodostuneen mikrobikannan kanssa. Tästä huolimatta on oletettavaa, että ulosteperäisiä taudinaiheuttajia sitoutuu jossain määrin suodatinmateriaaliin ja voi säilyä siellä leviämis- tai jopa lisääntymiskykyisinä myös jätevesikuormituksen loputtua. Tästä syystä taudinaiheuttajien aiheuttama terveysriski on huomioitava suodatinmassojen loppusijoitusta tai mahdollista hyötykäyttöä pohdittaessa.

Bakteerit

Tunnetuin jäteveden yleisesti sisältämä bakteeri on varmaankin *Salmonella*. Vaarallisimpia ja helpoimmin tarttuvia lajeja esiintyy Pohjoismaissa kuitenkin vain harvoin. Muita jätevedessä mahdollisesti esiintyviä taudinaiheuttajabakteereja ovat muun muassa *Vibrio cholera*, *Yersinia enterocolitica* ja *Campylobacter fetus jejuni*, sekä *Shigella* – suvun bakteerit. Kampylobakteerit aiheuttavat usein epidemioita, varsinkin loppukesäisin ja alkusyksyisin. Niitä esiintyy yleisesti talousjätevesissä ja voidaan siten olettaa päätyvän myös maapuhdistamoihin. (Avloppsvatteninfiltration 1985; Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2010)

Virukset

Selvästi suurin osa suomalaisista vesiepidemioista aiheutuu noroviruksista. Niitä esiintyy yleisesti talousjätevedessä varsinkin loppupalvisin ja keväisin, jolloin väestössä on yleensä liikkeellä mahatautia. Myös rotavirukset ovat yleisiä vesilähtöisten epidemioiden aiheuttajia. Lisäksi jätevesi voi sisältää muun muassa A-tyypin hepatiittia ja erilaisia enteroviruksia. Seuraava kaavio kuvaa vesiepidemioiden yleisimpiä syitä Suomessa. (Avloppsvatteninfiltration 1985; Terveiden ja hyvinvoinninlaitos 2010)



Kuva 9. Vesiepidemiaita Suomessa aiheuttaneiden mikrobien osuudet sairastuneista vuosien 1998 - 2006 aikana. (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2010)

Alkueläimet ja loismadot

Bakteerien ja virusten lisäksi jätevedet voivat sisältää haitallisia alkueläimiä ja myös erityyppiset loismadot voivat päätyä jätevesien mukana maa-ainekseen. Suoliston parasiitti-infektiot eli alkueläin- ja matoinfektiot ovat maailmanlaajuisesti erittäin yleisiä. Alkueläimille on tyypillistä, että ne lisääntyvät ihmiselimestössä ja aiheuttavat lajista riippuen erilaisia oireita, joista yleisimpiä ovat vatsaoireet, jotka ovat joskus erittäin voimakkaitakin. Alkueläimet voivat myös tarttua suoraan ihmisestä toiseen. Suomessa todetuista suoliston parasiitti-infektioista suurin osa on peräisin ulkomailta, mutta Suomessakin esiintyy *Giardia lamblia*, leveää heisimatoa, kihomatoa ja satunnaisesti *Entamoeba histolytica* ja suolinkaista. Myös muiden lajien satunnainen esiintyminen jätevesissä ja siten myös niiden vaikutuksen alaisissa maa-aineksissa on mahdollista lomalta palanneiden ja ulkomailta Suomessa vierailevien ja Suomeen muuttavien ihmisten vuoksi. Madot eivät yleensä tartu suoraan ihmisestä toiseen, vaan ne tarvitsevat välivaiheen joko maaperässä tai yhdessä tai useammassa väli-isännässä, eivätkä ne yleensä lisäänty ihmiselimestössä. Loismatotartunnat ovat usein melko oireettomia, mutta pitkittyvät helposti kroonisiksi ja voivat aiheuttaa esimerkiksi peräaukon kutinaa ja pahimmillaan suolitukoksia ja anemiaa. Oireita kehittyä vasta, kun matoja on runsaasti. Ihmisen suolistoparasiitteina olevat madot kuuluvat sukku-lamatoihin (*Nematoda*), imumatoihin (*Trematoda*) tai heisimatoihin (*Cestoda*). Ihminen saa tartunnan suun kautta tai toukan lävistäessä ihon. Suodatinmassoista alkueläimet ja madot voivat päätyä ihmiseen esimerkiksi siirtymällä massojen viljelykäytössä salaatin kautta. (Avloppsvatteninfiltration 1985; Siikamäki ym. 2002)

Taudinaiheuttajien säilyminen maaperässä

Jäteveden sisältämät bakteerit sitoutuvat maahan siivilöitymällä lähekkäin olevien hiukkasten väliin, sekä sedimentoitumalla maan huokosiin. Bakteerit sitoutuvat suurimmaksi osaksi biokerrokseen ja sen välittömään läheisyyteen. Joskus ne voivat kuitenkin kulkeutua huo-

mattaviakin matkoja maaperässä ja pohjavedessä. (Gerba ym. 1975; Silfverberg 1982 mukaan) Silfverberg kokosi raportissaan bakteerien säilymiseen vaikuttavia tekijöitä seuraavasti:

Taulukko 7. Bakteerien selviytymiseen vaikuttavia tekijöitä. (Silfverberg 1982)

Tekijä	Vaikutus
Organismi	Bakteerin elossa pysyminen riippuu organismista itsestään. Kestävimpiä ovat itiöitä tai suojaavia kapsleita muodostavat bakteerit, kuten Clostridium - ja Bacillus-suvut, sekä Mycobacterium tuberculosis
Kosteus	Bakteerit säilyvät paremmin kosteassa ympäristössä.
Maan kosteuden pidätyskyky	Hiekkamaalla säilyminen on huonompaa kuin savimaalla.
Lämpötila	Alhainen lämpötila edistää bakteerien säilymistä. Pakkasen on toisaalta todettu vaikuttavan letaalisti eräisiin lajeihin.
pH	Patogeenien optimi-pH on yleensä neutraalin ympärillä
Auringonvalo	Auringonvalon ultraviolettisäteilyllä on bakterisidinen eli bakteereja tappava vaikutus, joka ulottuu maan pintakerrokseen
Orgaaninen aines	Orgaaninen aines toimii bakteerien ravinnon- ja energian lähteenä lisäten siten niiden säilyvyyttä ja mahdollistaen jopa niiden lisääntymisen.
Kilpailevat maabakteerit	Maabakteerien kanssa kilpailu rajoittaa suolistobakteerien säilymistä
Bakteeripopulaationtiheys	Suurella bakteeripopulaatiossa bakteerit suojaavat toisiaan.

Virukset ovat kooltaan huomattavasti bakteereja pienempiä ja niiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä poikkeaa selvästi. Virukset sitoutuvat pääasiallisesti adsorboitumalla hiukkasten pinnoille. Olosuhteiden muutos, kuten pH:n lasku voi johtaa desorptioon ja virusten mobilisoitumiseen. (Silfverberg 1982).

Pourcher ym. (2007) tutkivat indikaattoriorganismien ja enterovirusten säilymistä levittäessä yhdyskunnan jätevesipuhdistamolla syntynyttä lietettä maaperään. Tutkimuksessa seurattiin fekaalisten indikaattoribakteerien, *Clostridium Perfringes* – bakteerin ja enterovirusten säilymistä maaperässä levittämisen jälkeen. Tuloksena huomattiin, että enterovirukset hävisivät kahdessa viikossa kokonaan ja fekaaliset indikaattoribakteerit säilyivät yli kaksi kuukautta. *Clostridium Perfringes* - pitoisuudet sen sijaan pysyivät säännöllisinä läpi kaksi kuukautta kestäneen tarkkailujakson. On kuitenkin huomattava, että nämä ovat tuloksia vain tietyissä olosuhteissa maanpintaan levitetystä lietteestä, eikä niitä voi suoraan soveltaa käytöstä poistettujen maapuhdistamojen olosuhteisiin.

Erilaisilla loismadoilla on erinomainen kyky säilyä toimintakykyisinä pitkiäkin aikoja maaperässä. Matojen munien on todettu säilyvän tietyissä olosuhteissa ainakin 10 – 12 kuukauden ajan maaperässä. Niiden säilymiseen vaikuttavia pääasiallisia tekijöitä ovat lämpötila, UV-valon määrä ja maaperän kuivuus. Kone ym. (2007) huomasiivat, että *Ascaris*-suvun madon munien hävittäminen maa-aineksesta vaati vähintään kahden kuukauden kompostoinnin optimiolosuhteissa melko korkeassa lämpötilassa. Säilymiseen vaikuttaa merkittävästi myös maaperän kosteus siten, että kosteassa maaperässä munat säilyvät toimintakykyisinä huomattavasti pidempään. (Koné ym. 2007)

Indikaattoriorganismit

Fekaalista eli ulosteperäistä vaikutusta tutkitaan yleensä niin sanottujen indikaattoriorganismien avulla. Toisin sanoen tutkitaan tiettyjä ulosteelle tyypillisten indikaattorien esiintymistä maassa ja päätellään niiden avulla ulosteperäisten organismien esiintymistä. Itse indikaattorit eivät ole taudinaiheuttajia, mutta koska ulosteet sisältävät yleensä myös monenlaisia taudinaiheuttajia, voidaan indikaattorien avulla tutkia myös niiden esiintymistä.

Tunnetuin ulosteperäisen saastumisen indikaattori ovat koliformiset bakteerit. Yleisesti tutkitaan kokonaiskoliformeja, lämpökestoisia koliformeja ja näistä erityisesti *Escherichia coli*-bakteerin esiintymistä. Lämpökestoisia koliformisia bakteereja tavataan suurina määrinä ainoastaan ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistossa ja ulosteissa. Myös *Clostridium perfringens*-bakteeria käytetään ulosteperäisen saastumisen indikaattoribakteerina. Sen kestävyys on huomattavasti muita indikaattoribakteereja parempi ja se soveltuu siksi huomattavan hyvin desinfiointitehon tarkkailuun. Maaperässä sillä ei kuitenkaan matalina pitoisuuksina ole juuri hygienistä merkitystä. Muita yleisesti käytettyjä indikaattoreita ovat muun muassa fekaaliset enterokokit eli fekaaliset streptokokit ja bakteriofaagit. (Avloppsvatteninfiltration 1985)

Ravinteet

Käytetyt suodatinmassat voivat mahdollisesti sisältää suuriakin pitoisuuksia ravinteita. Tämä parantaisi huomattavasti suodatinmassojen arvoa maanparannusaineina. Toisaalta vesistöjen ravinnekuorman vähentäminen on yksi tärkeimmistä syistä maapuhdistamojen rakentamiseksi, joten suodatinmassoihin sidottujen ravinteiden pääsyn estäminen vesistöihin tulisi huomioida suodatinmassojen käytössä ja loppusijoituksessa.

2.3.2. Suodatinmassojen käyttöön ja loppusijoitukseen liittyvä lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki (L n:o 86 / 2000)

Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on muun muassa ehkäistä ympäristön pilaantumista, poistaa ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja, sekä ehkäistä jätteiden syntyä ja haitallisia vaikutuksia. Lakia sovelletaan toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Niinpä ympäristönsuojelulaki rajoittaa myös maapuhdistamojen suodatinmateriaalien loppusijoitusta ja mahdollista hyötykäyttöä.

Ympäristönsuojelulain seitsemännessä pykälässä (7 §) säädetään *maaperän pilaamiskiellosta* seuraavasti:

”Maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta taikka organismeja tai mikroorganismeja siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähenemistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus”

Kahdeksannessa pykälässä (8 §) säädetään *pohjaveden pilaamiskiellosta*:

”Ainetta tai energiaa ei saa panna tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että

- 1) Tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai sen laatu muutoin olennaisesti huonontua;
- 2) Toisen kiinteistöllä oleva pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai kelpaamattomaksi siihen tarkoitukseen johon sitä voitaisiin käyttää; tai
- 3) Toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai yksityistä etua. ”

Lisäksi luvun neljä pykälässä 28 säädetään ympäristöluvan alaiseksi toiminnaksi kaikki ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttava toiminta, sekä erikseen muun muassa jätteen laitos- ja ammattimainen hyödyntäminen.

Jätelaki (L n:o 1072 / 1993)

Jätelain tarkoituksena on tukea kestävästä kehityksestä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä ja ehkäisemällä ja torjumalla jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle. Laissa on määritelty tärkeitä käsitteitä seuraavasti:

”*Jätteellä* tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä”

”*Ongelmajätteellä* tarkoitetaan jätettä, joka kemiallisen tai muun ominaisuutensa takia voi aiheuttaa erityistä vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle”

Jätelain yleisten huolehtimisvelvollisuuksien mukaan kaikessa toiminnassa on mahdollisuuksien mukaan huolehdittava siitä, ettei jätteestä aiheudu vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle. Vastuu jätehuollon järjestämisestä on ensisijaisesti jätteen haltijalla. Jäte on lain mukaan hyödynnettävä, jos se on teknisesti mahdollista ja jos siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia verrattuna muilla tavoin järjestettyyn jätehuoltoon.

Kymmenennessä pykälässä (10 §) säädetään kunnan velvollisuudesta järjestää joko omana toimintanaan taikka muuta yhteisöä tai yksityistä yrittäjää käyttäen asumisessa syntyneen jätteen, paitsi ongelmajätteiden, jätteenkuljetus. Tästä voidaan poiketa alueella, jossa on hankalat kulkuyhteydet tai jossa on vähän jätteenhaltijoita tai vähän kuljetettavaa jätettä, ellei sitä terveys- tai ympäristönsuojelusyystä pidetä tarpeellisena. Pykälässä kolmetoista (13§) säädetään kunnan velvollisuudesta järjestää 10 §:ssä tarkoitetun asumisessa syntyneen ja siihen rinnastettavan muun kuin ongelmajätteen hyödyntäminen ja käsittely. Kunnan on järjestettävä myös asumisessa syntyneen ongelmajätteen käsittely, jollei kysymys ole kohtuuttomasta määrästä jätettä. Edellä mainittu jäte on toimitettava jätteen haltijan toimesta kunnan järjestämään hyödyntämiseen tai käsittelyyn.

Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (Vnp N:o 282/ 1994)

Mikäli maapuhdistamojen suodatinmassoja alettaisiin hyödyntää laajamittaisesti maanparannusaineina, tulisi niiden sisältämien haitta-aineiden pitoisuuksia tutkia ennen käyttöä. Toistaiseksi minkäänlaista lainsäädäntöä massojen käytöstä ei ole, mutta suuntaa antavana voitaneen pitää valtioneuvoston päätöstä puhdistamolietteen käytöstä. On kuitenkin huomattava, ettei päätös varsinaisesti koske suodatinmassojen käyttöä.

Valtioneuvoston päätöksellä puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä pyritään edistämään lietteen käyttöä maanviljelyksessä aiheuttamatta kuitenkaan haittaa ympäristölle tai terveydelle. Sitä sovelletaan yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoissa syntyvän tai muun vastaavanlaatuisen lietteen tai siitä valmistetun lieteseoksen käyttöön maanviljelyksessä.

Päätöksen neljännessä pykälässä (4§) säädetään lietteen käsittelystä taudinaiheuttajien vähentämiseksi: ”Liete on ennen sen käyttöä maanviljelyksessä käsiteltävä mädättämällä tai kalkkistabiloimalla taikka muulla sellaisella tavalla, jolla voidaan merkittävästi vähentää taudinaiheuttajien määrää ja hajuhaittoja, sekä lietteen käytöstä aiheutuvia terveys- tai ympäristöhaittoja.” Kalkkistabiloinnilla tarkoitetaan ”kalkin sekoittamista tasaisesti koko liettemassaan siten, että sen pH-arvo on alkuvaiheessa yli 12” ja mädätyksellä ”lietteen käsitteilyä muutaman viikon ajan vähintään 33-35 °C:n lämpötilassa hapettomissa oloissa”.

Päätöksessä määrätyt rajat lietteen raskasmetallipitoisuuksille on esitelty luvun 2.3.1. taulukossa. Samassa taulukossa on esitetty myös rajat sellaisen viljelymaan raskasmetallipitoisuuksille, joilla voidaan käyttää lietettä. Lietettä saa asetuksen mukaan käyttää pelloilla, joilla viljellään viljaa, sokerijuurikasta tai öljykasveja taikka sellaisia kasveja, joita ei käytetä ihmisen ravinnoksi tai eläimen rehuksi. Nurmelle lietettä saa levittää vain perustettaessa nurmi suojaviljan kanssa ja multaamalla liete huolellisesti. Viljelymaalla, jolla on käytetty lietettä, saa viljellä perunaa, juureksia ja vihanneksia aikaisintaan viiden vuoden kuluttua lietteen käytöstä.

Lannoitevalmistelaki (L n:o 539/2006)

Lain tavoitteena on kasvintuotannon, elintarvikkeiden ja ympäristön laadun turvaamiseksi edistää hyvälaatuisten, turvallisten ja kasvintuotantoon sopivien lannoitevalmisteiden tarjontaa, sellaisiksi soveltuvien sivutuotteiden hyötykäyttöä, sekä riittävien tietojen antamista lannoitevalmisteista niiden ostajille ja käyttäjille.

Mikäli suodatinmassoja käytetään kaupallisesti maanparannusaineina tai lannoitteena, niiden käyttöä koskisivat lannoitevalmistelain asettamat ehdot. Lain mukaan lannoitevalmiste ei saa sisältää sellaisia määriä haitallisia aineita, tuotteita tai eliöitä, että sen käyttöohjeiden mukaisesta käytöstä voi aiheutua vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle. Lisäksi lannoitevalmisteiden on oltava tasalaa-tuisia, turvallisia ja käyttötarkoitukseensa sopivia ja niiden tulee täyttää lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja tässä laissa, sekä sen nojalla annetuissa säädöksissä asetetut vaatimukset. Laki koskee soveltuvin osin myös lannoitevalmisteiden valmistusta omaan käyttöön.

2.3.3. Suodatinmassojen mahdolliset käyttö- ja loppusijoitusvaihtoehdot

Käytöstä poistetun maapuhdistamon suodatinmassojen loppusijoituksesta ei ole tällä hetkellä Suomessa selkeää ohjeistusta. Yleinen käytäntö on, että käytöstä poistettu maapuhdistamo jätetään koskemattomaksi alkuperäiselle paikalleen, mikäli jokin syy, kuten uuden puhdistamon rakentaminen, ei pakota maansiirtotöihin. Joskus käytöstä poistetuille suodatinmassoille ei kuitenkaan ole tilaa kiinteistöllä ja epätietoisuus suodatinmassojen koostumuksesta ja oikeasta käsittelystä on johtanut tilanteeseen, jossa kiinteistönomistajalla voi olla vaikeuksia löytää massoille oikeaa loppusijoituspaikkaa. Virallisen ohjeistuksen puuttuessa riski massojen päätyemisestä sellaisiin paikkoihin, joissa ne voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle tai terveydelle, on huomattava. Tässä luvussa esitellään mahdollisia loppusijoitusvaihtoehtoja.

Vaihtoehto 1: Puhdistamon suodatinmassat jätetään paikoilleen maaperään

Kohteissa, joissa käytöstä poistettavan maapuhdistamon tilalle ei rakenneta saneerauksen yhteydessä uutta puhdistamoita samalle paikalle, eikä muusta syystä ole tarpeellista tehdä maansiirtotöitä, voidaan ensimmäisenä vaihtoehtona pitää massojen jättämistä entiselle paikalleen maahan. Tämä on myös yleisesti viranomaisten antama suositus Suomessa.

Kun jäteveden johtaminen puhdistamoon lopetetaan, on oletettavaa, että taudinaiheuttajien määrää alkaa vähitellen laskea. Tarkkaa tietoa siitä, kuinka kauan patogenejä voi säilyä maaperässä tai miten ne kulkeutuvat kuormituksen loputtua, ei kuitenkaan ole. Mikäli puhdistamossa on huomattavia pitoisuuksia haitallisia kemiallisia aineita tai yhdisteitä, on mahdollista, että ne ajan myötä vapautuvat edelleen ympäristöön. On kuitenkin todennäköistä, että päästöt ympäristöön eivät kasva puhdistamon käyttöaikaan verrattuna vaan pienenevät vähitellen.

Ympäristölainsäädännön maaperän pilaamiskielto ei vaikuta vaihtoehdon käyttökelpoisuuteen, sillä varsinainen maaperän laadun huononeminen on ollut seurausta varsinaisesta puhdistustoiminnasta, ja jäteveden johtamisen loputtua maaperä alkaa vähitellen elpyä kuormituksesta eikä maamassojen jättäminen maaperään yleensä aiheuta ylimääräistä ympäristöriskiä. Mikäli puhdistamo on alun perin suunniteltu ja sijoitettu oikein, on myös pohjaveden pilaantumisen välttäminen otettu huomioon jo rakennusvaiheessa, eikä ole syytä olettaa, että veden johtamisen lopettaminen järjestelmään lisää pohjaveden pilaantumisen riskiä. Sen sijaan kohteissa, joissa maapuhdistamon on epäilty tai todettu aiheuttavan juomavesilähteiden pilaantumista voidaan maamassojen siirtämistä pois maaperästä pitää tarpeellisena.

Mikäli vanha puhdistamo jätetään paikoilleen, tulee sen sijainti ehdottomasti merkitä jätevesiselvitykseen, koska sillä voi olla merkitystä tontin maankäytölle. Merkinnän tärkeys korostuu mahdollisen omistajanvaihdoksen tapahtuessa, jotta uudella omistajalla olisi ajanmukaista tietoa tontilla sijaitsevasta käytöstä poistetusta puhdistamosta.

Vaihtoehto 2: Suodatinmassojen toimitus kaatopaikalle

Luvussa 2.3.2. on kerrottu jätelain asettamasta kuntien velvollisuudesta järjestää asumisessa syntyneiden jätteiden kuljetus ja huolehtia niiden päätyemisestä asianmukaiseen hyötykäyttöön tai loppusijoitukseen. Kunnan on myös järjestettävä asumisessa syntyvälle ongelmajätteelle kelvollinen loppusijoituspaikka. Jälkimmäisessä tapauksessa jätteentuottajan on huolehdittava jätteen kuljetuksesta. Mikäli suodatinmassat katsotaan jätelain mukaiseksi asumisessa syntyväksi jätteeksi, tulisi kuntien siis järjestää myös niiden käsittely ja kuljetus joko omana toimintanaan taikka muuta yhteisöä tai yksityistä yrittäjää käyttäen.

Käytännössä suodatinmassojen sijoitus kaatopaikalle on ongelmallista ja sitä rajoittaa tietämättömyys massojen tarkasta sisällöstä. MINWA-projektissa syksyllä 2010 kartoitettiin suodatinmaa- ja fosforinpoistomassojen vastaanottoon Varsinais-Suomessa liittyviä tekijöitä. Projektityön tarkoituksena oli kartoittaa mitkä Varsinais-Suomen kaatopaikat ottavat haja-asutusalueiden jäteveden puhdistusjärjestelmien suodatinmaa- ja fosforinpoistomassoja vastaan ja millainen kapasiteetti niillä on massojen vastaanottamiseen. Kartoituksessa selvisi, että suodatinmassojen toimitus kaatopaikoille on toistaiseksi erittäin ongelmallista. Kaatopaikoille ei ollut tullut merkittävästi kyselyitä suodatinmassojen sijoittamisesta, mikä viittaa siihen, että toistaiseksi tarve kaatopaikkasijoittamiselle on ollut vähäistä. Toisaalta haja-asutuksen jätevesiasetuksen myötä vanhojen puhdistamojen saneeraukset tulevat lisääntymään, jolloin myös käytöstä poistettavien massojen määrä kasvaa. (MINWA 2010)

Kaatopaikat eivät ota vastaan maamassoja joiden tarkka koostumus on tuntematon. Tämän vuoksi pääosa kyselyyn vastanneista kaatopaikoista halusi tarkempaa selvitystä massojen sisällöstä ennen päätöstä vastaanotosta ja hinnoittelusta. Koska yksittäisen puhdistamon massojen määrä on kohtuullisen pieni, olisi kohtuutonta vaatia jokaisen puhdistamon massoja tutkittavaksi erikseen. Kartoituksessa ei saatu selville tarkkaa hintaluokkaa suodatinmassojen vastaanotosta, sillä niiden mahdolliset käyttö- ja sijoituskohteet kaatopaikoilla riippuvat mahdollisten haitta-aineiden pitoisuuksista. (MINWA 2010)

Vaikka kartoitus on tehty vain Varsinais-Suomen alueella, ongelma on maanlaajuinen. Suodatinmassojen toimitus kaatopaikoille tulee mahdolliseksi ja taloudellisesti järkeväksi vaihtoehdoksi ainoastaan, mikäli pystytään yleisesti osoittamaan, etteivät käytöstä poistetut suodatinmassat sisällä merkittäviä haitta-ainepitoisuuksia ja tutkimustulosten annetaan yhtenäiset ohjeet kaatopaikoille suodatinmassojen vastaanottamisesta ja käytöstä.

Vaihtoehto 3: Suodatinmassojen sijoittaminen paikallisesti

Harvaan asutulla seudulla suodatinmassojen sijoittaminen ei yleensä aiheuta suuria ongelmia. Mikäli käytöstä poistetut suodatinmateriaalit eivät sisällä haitallisia määriä orgaanisia yhdisteitä, lääkeainejäämiä tai raskasmetalleja, rajoittaa massojen sijoitusta ainoastaan ravinteiden ja patogeeneiden aiheuttamat ympäristö- ja terveysriskit. Tällöin esimerkiksi suodatinmassojen levittäminen metsään tai niityille riittävän kaukana vesistöistä ja talousvesikaivoista ei aiheuta merkittäviä riskejä ja sitä voitaisiin pitää taloudellisena ja suositeltavana tapana sijoittaa yksittäisten talouksien maapuhdistamoista peräisin olevia suodatinmassoja. Massojen levittäminen pihapiiriin esimerkiksi nurmikon pohjana tai vastaavassa käyttötarkoituksessa ei sen sijaan liene järkevää, koska riski varsinkin lasten suorasta kontaktista patogeeneihin ja toisaalta riski patogeeneiden tai haitta-aineiden pääsystä kaivoveteen voi olla merkittävä.

Vaihtoehto 4: Suodatinmassojen viljelykäyttö.

Suodatinmassoihin kertyy jonkin verran kasveille tarpeellisia ravinteita, lähinnä fosforia. Tämän vuoksi massat ovat potentiaalisesti hyviä maanparannusaineita. Huomioitavia riskejä ovat mahdollisten haitta-aineiden ja patogeenien siirtyminen viljeltävään kasviin tai päätyminen pohjaveteen tai vesistöihin. Lannoitevalmistelain mukaista käyttöä voi kuitenkin rajoittaa massojen syntypaikasta riippuva vaihteleva koostumus, jonka vuoksi lain edellyttämää tasalaatuisuutta tuskin voidaan saavuttaa. Myöskään analyysituloksia massojen sisälöstä ei ole saatavilla. Massaa on yhdessä puhdistamossa melko pieni määrä ja käytöstä poistettavat puhdistamot sijaitsevat hajallaan pitkin haja-asutusseutua. Nämä tekijät yhdessä aiheuttavat sen, että suodatinmassojen laajamittainen viljelykäyttö on käytännössä mahdotonta.

Pienimuotoisessa viljelykäytössä massat voitaisiin mahdollisesti rinnastaa puhdistamolietteen tapaiseksi tuotteeksi ja näin ollen soveltaa jo olemassa olevaa lainsäädäntöä. Mikäli tutkimuksin pystyttäisiin osoittamaan raskasmetallien ja muiden haitta-aineiden pitoisuudet merkityksettömiksi, jäisi jäljelle enää patogeenien aiheuttama terveysriski. Taudinaiheuttajien aiheuttamaa riskiä voitaisiin mahdollisesti pienentää erilaisilla käsittelyillä, kuten esimerkiksi lietteen käsittelyssä yleisellä kalkkistabiloinnilla.

3. MATERIAALIT JA MENETELMÄT

3.1. Tutkimuskohteet

Tutkimukseen etsittiin kohteita ensisijaisesti Pirkanmaalta ja Pohjois-Savosta kohtuullisen ajomatkan päästä Tampereelta tai Kuopiosta. Kohteiksi haettiin käytöstä poistettuja tai saneerattavia maapuhdistamoja, joiden tutkiminen voisi antaa lisätietoa maapuhdistamojen tukkeutumisongelmista ja toisaalta käytettyjen suodatinmassojen koostumuksesta. Suomen ympäristökeskuksesta ja muilta alan asiantuntijoilta saatujen ennakkotietojen perusteella tukkeutumisongelmat ovat melko yleisiä, mutta tutkimuskohteiden löytäminen osoittautui käytännössä yllättävän vaikeaksi. Osasyynä tähän lienee tutkimuksesta mahdollisesti aiheutuvat maansiirtotyöt pihapiirissä ja toisaalta yksityishenkilöt saattoivat myös vältellä tutkimusta, koska eivät olleet varmoja täyttääkö maapuhdistamon korvannut järjestelmä haja-asutuksen jätevesiasetuksen vaatimukset.

Lopulta tutkimuskohteiksi päätyi neljä hyvin erityyppistä maapuhdistamoja, joista kaksi oli rakennettu yksittäisten kiinteistöjen käyttöön ja kaksi mitoitettu huomattavasti suuremmalle asukasvastineluvulle. Seuraaviin taulukoihin on koottu tutkimuskohteiden yleisiä ja teknisiä tietoja.

Taulukko 8. Tutkimuskohteiden yleisiä tietoja

	Akaa	Kuopio	Raasepori	Tammela
Kohteen tyyppi	maahanimeyttämö	maasuodattamo	maasuodattamo pumppukaivolla	maasuodattamo pumppukaivolla
Fosforin poiston tehos- tus	-	-	fosfilt-massa	filtra P - massa- kaivo
Rakennusvuosi	1994	1995	2000 (saneerattu)	2004
Käytöstä poistaminen	2010	2007	2010 (saneerattu)	2009
Toteutunut käyttöikä	16 v	12 v	10 v	5 v
Näytteenoton ajankohta	31.5.2010	4.8.2010	16.9.2010	24.9.2010
Käyttämätön aika ennen näytteenottoa	-	noin 3 vuotta	-	noin 1 vuosi
Käytöstä poistamisen syy	tukkeutuminen / pintapurkautuminen	tukkeutuminen / siirtyminen yhteis- käsitteilyyn	tukkeutuminen / kuormituksen kasvu	kunnallisen viemäriverkon laajentuminen alueelle

Taulukko 9 . Tutkimuskohteiden mitoitustietoja

	Akaa	Kuopio	Raasepori	Tammela
Esikäsitteily	2 sakokaivoa	2 sakokaivoa + 3-osioinen saostussäiliö	Tasaussäiliö, jossa 3 saostusosiota, keittiövesille rasvanpoistokaivo	Vanha umpisäiliö saostussäiliönä
Saostustilavuus	2,5 m ³	5 m ³ (arvio)	11 m ³	10 m ³
Maapuhdistamon pinta-ala	15 m ²	25 m ²	60 m ²	280 m ²
Asukasmäärä				
Mitoitettu	3 asukasta	5 asukasta	1 – 30 asukasta	50 - 70 asukasta
Toteutunut	3 asukasta	4 asukasta	1 – 62 asukasta	30 - 40 asukasta
Mitoitusvirtaama	750 l/d	750 l/d	5000 l/d (4)	7500 - 10500 l/d
Toteutunut virtaama (2)	450 l/d	600 l/d	0 – 9300 l/d	5000 l/d (1)
Arvioitu käyttöiän aikai- nen kokonaiskuorma:				
BOD (3)	876 kg	876 kg	4039 kg	3011 kg
Kokonaistyyppi (3)	245 kg	245 kg	1113 kg	843 kg
Kokonaisfosfori (3)	39 kg	39 kg	177 kg	132 kg
(1) Tammelan kunnan mittaus vuonna 2005, jonka jälkeen järjestelmään ei enää kytketty kiinteistöjä				
(2) Arvioituin asukasluvun mukaan, ei mitattua tietoa				
(3) Laskettu käyttämällä arvioitua asukasmäärää ja haja-asutuksen jätevesiasetuksen mukaisia kuormituslukuja. Tulokset järjestelmään johdetulle vedelle eli niissä ei ole huomioitu esikäsitteilyn vaikutusta.				
(4) Mitoitettu maksimivirtaama. Käytetty vuoden päivittäinen keskivirtaama 3000 l / d				

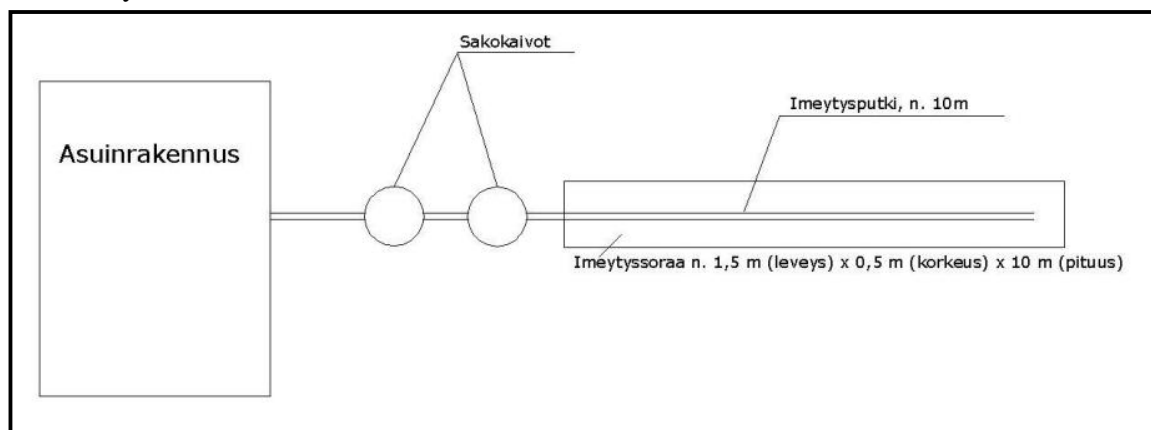
Taulukoissa esitellyt tiedot on kerätty keskustelemalla kiinteistönomistajien ja niitä huolta-
neiden työntekijöiden kanssa, sekä tarkastelemalla puhdistamojen rakennetta näytteenotto-
jen yhteydessä. Seuraavissa alaluvuissa on esitelty tutkimuskohteita tarkemmin.

3.1.1. Akaa – kiinteistökohtainen maahanimeyttämö

Tutkittu maapuhdistamo sijaitsee Akaan kunnassa Pirkanmaalla. Imeytysjärjestelmä raken-
nettiin vuonna 1994 ja siihen johdettiin pinta-alaltaan 250 m² suuruisen omakotitalon kaik-
ki jätevedet. Maahanimeyttämö päättyi tutkimuskohteeksi siinä havaitun tukkeutumison-
gelman takia. Kohteessa oli havaittu jäteveden purkautumista maan pintaan imeytyskentän
loppupäässä, mistä oli ajoittain aiheutunut myös hajuhaittoja pihapiiriin. Tutkimuksen yh-
teydessä käsittelyjärjestelmä saneerattiin lisäämällä siihen kolmas saostussäiliö, fosforinsa-
ostuskemikaalin syöttölaitteisto ja korvaamalla vanha maahanimeyttämö Uponor – maa-
suodattamalla. Saneerauksen jälkeen järjestelmä täyttää haja-asutuksen jätevesiasetuksen
vaatimukset. Kuvia uuden puhdistamon rakentamisesta on esitetty liitteessä 3.

Rakenne

Kohteesta ei ole saatavissa alkuperäisiä rakennuspiirustuksia, vaan kaikki siitä esitetyt rakennekuvat ovat näytteenotto-kaivannon ja kiinteistönhaltijan antamien tietojen perusteella tehtyjä arvioita käytössä olleen järjestelmän rakenteesta. Alla olevasta prosessikaaviosta selviää järjestelmän keskeinen rakenne. Poikkileikkaus järjestelmän arvioidusta rakenteesta on esitetty liitteessä 1.



Kuva 10. Akaan maahanimeyttämön prosessikaavio

Maahanimeyttämön esikäsittelynä toimi kaksi betonista saostussäiliötä, joista jälkimmäinen oli jaettu vanerilevyllä kaksiosaiseksi. Saostussäiliöiden lähtöputket oli varustettu T-haaroilla pintalietteen karkaamisen ehkäisemiseksi. Molempien saostussäiliöiden halkaisija oli 1000 mm ja yhteinen lietetilavuus noin $2,4 \text{ m}^3$. Jälkimmäisestä saostussäiliöstä vedet johdettiin imeytettäväksi maaperään. Imeytysputkena oli käytetty valkoista halkaisijaltaan 100 mm salaojaputkea, joka oli asennettu noin 10 cm / m kaltevuuteen. Imeytysputken ympärille oli rakennusvaiheessa tuotu hiekkaista soraa. Jakokerroksen paksuudeksi arvioitiin 0,5 m, leveydeksi 1,5 m ja pituudeksi 10 m, jolloin soran kokonaistilavuudeksi saadaan noin $7,5 \text{ m}^3$. Maahanimeyttämö sijaitsee melko jyrkässä rinteessä siten, että imeytysputki suuntautuu suoraan alarinteeseen päin.

Kuormitus

Kiinteistönomistajan mukaan järjestelmän käyttöiän aikana kiinteistössä on asunut vaihtelevasti 2-4 asukasta. Käyttöiän aikaiseksi keskimääräiseksi asukasmääräksi arvioitiin kolme asukasta. Kiinteistöllä käytettävä talousvesi saadaan sähköpumpulla pihapiirissä sijaitsevista porakaivosta. Käsiteltävä jätevesi syntyy kokonaisuudessaan asuinrakennuksessa ja sen arvioidaan vastaavan koostumukseltaan keskimääräistä asumisessa syntyvää jätevettä. Vesimittaritietoa veden kulutuksesta tai tutkimustietoa jäteveden koostumuksesta ei ole saatavissa. Sade- ja hulevedet, sekä perustusten kuivatusvedet on johdettu kootusti maaperään eri suuntaan kuin jätevedet, eikä niiden johtamisella tai imeyttämällä ole ollut vaikutusta jätevesijärjestelmän toimintaan.

Toiminta ja huolto

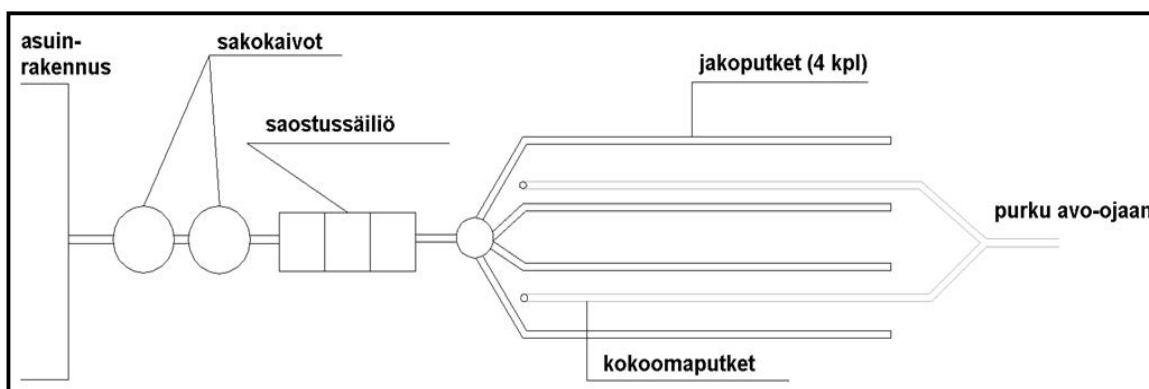
Kiinteistön omistajan mukaan saostussäiliöitä oli järjestelmän käyttöön ajan tyhjennetty puolivuositain. Jätevesijärjestelmä oli käytössä vuodesta 1994 kesäkuuhun 2010 asti ja sitä käytettiin normaalien asumisjätevesien käsittelyyn. Järjestelmä saavutti siis yli 15 vuoden käyttöön ennen käytöstä poistamista, mitä voidaan nykyisen tietämyksen pohjalta pitää kohtuullisena käyttöikäenä maakäsittelyjärjestelmälle. On kuitenkin huomattavaa, että tukkeutumisongelmaa ja jätevesien pintapurkautumista on havaittu jo useiden vuosien ajan, jolloin järjestelmän saneeraus olisi voinut olla aiheellista jo paljon aikaisemmin mahdollisen terveysriskin ja hajuhaittojen ehkäisemiseksi. Järjestelmän puhdistustehosta ei ole saatavissa tutkimustietoa.

3.1.2. Kuopio – kiinteistökohtainen maasuodattamo

Tutkittu maapuhdistamo sijaitsee Kuopion etelälaidalla Haminalahdessa. Järjestelmä on rakennettu vuonna 1995 ja siihen on johdettu pinta-alaltaan 180 m² suuruisen omakotitalon kaikki jätevedet. Järjestelmä poistettiin käytöstä vuonna 2007 lievän tukkeutumisen takia ja talon jätevedet johdettiin yhteiskäsittelyyn naapurikiinteistön laitepuhdistamoon. Nykyään molemmat kiinteistöt on liitetty vesiosuuskunnan viemärijärjestelmään.

Rakenne

Kohteesta ei ole saatavissa alkuperäisiä rakennuspiirustuksia, vaan kaikki siitä esitetyt rakennekuvat ovat tutkimuksen perusteella tehtyjä arvioita käytössä olleen järjestelmän rakenteesta. Alla olevasta prosessikaaviosta selviää järjestelmän perusrakenne.



Kuva 11. Kuopion maasuodattamon prosessikaavio.

Vanhan imeytyskuopan esikäsittelynä toimineet kaksi suurta betonista saostussäiliötä oli jätetty käyttöön myös maasuodattamon rakentamisen yhteydessä. Lisäksi maasuodattamon eteen oli asennettu 3-osioinen muovinen saostussäiliö. Näin ollen maasuodattamon esikäsit-

telyksi oli muodostunut yhteensä 5-osiainen saostus, joka on ollut maksimissaan viiden hengen asuttamassa taloudessa reilusti ylimitoitettu. Tarkkaa tietoa saostussäiliöiden mitoituksesta ja lietetilavuuksista ei ole saatavissa, mutta kiinteistön omistajan kertoman perusteella voidaan arvioida, että yhdistetty saostusjärjestelmä on ollut viipymältään ja lietetilavuudeltaan noin kaksinkertainen nykyisiin mitoitushjeisiin nähden.

Saostussäiliöltä jätevedet oli johdettu noin 40 metrin matkan viettoviemärillä jakokaivoon. Jakokaivossa vedet jakaantuivat neljään noin 8 metriseen sisäpinnalta sileään, harvasti rei'itettyyn imeytysputkeen, jotka jakoivat veden 16 – 32 mm sepelistä (todennäköisesti pesemätöntä) rakennettuun jakokerrokseen. Jakokerros oli eristetty täytemaasta suodatin-kankaalla. Jakokerroksen alla oli noin 60 cm suodatinhiekkaa, jonka pohjalla 2 kappaletta kokoomaputkina toimineita salaojaputkia, joita pitkin puhdistettu vesi virtasi noin 15 metrin matkan purkupaikkana toimineeseen avo-ojaan. Kokoomaputket sijaitsivat suodatinhiekkassa, eikä maasuodattamossa ollut erillistä kokoomakerrosta. Maasuodattamo oli eristetty luontaisesta maaperästä paksulla muovikalvolla, joka oli yhtenäinen pohjalla ja sivuilla ja päättyi ylälaidastaan imeytysputkien ylälaidan tasolle.

Kuormitus

Kiinteistönomistajan mukaan järjestelmän käyttöiän aikana kiinteistössä on asunut vaihtelevasti 2-5 asukasta. Käyttöiän aikaiseksi keskimääräiseksi asukasmääräksi arvioitiin 4 asukasta. Kiinteistöllä käytettävä talousvesi saatiin vesiosuuskunnan verkostosta. Käsitelty jätevesi syntyi kokonaisuudessaan asuinrakennuksessa ja sen arvioidaan vastaavan koostumukseltaan keskimääräistä asumisessa syntyvää jätevettä. Vesimittaritietoa veden kulutuksesta tai tutkimustietoa jäteveden koostumuksesta ei ole saatavissa. Sade- ja hulevedet, sekä perustusten kuivatusvedet on johdettu kootusti maaperään eri suuntaan kuin jätevedet, eikä niiden johtamisella tai imeyttämällä ole ollut vaikutusta jätevesijärjestelmän toimintaan.

Toiminta ja huolto

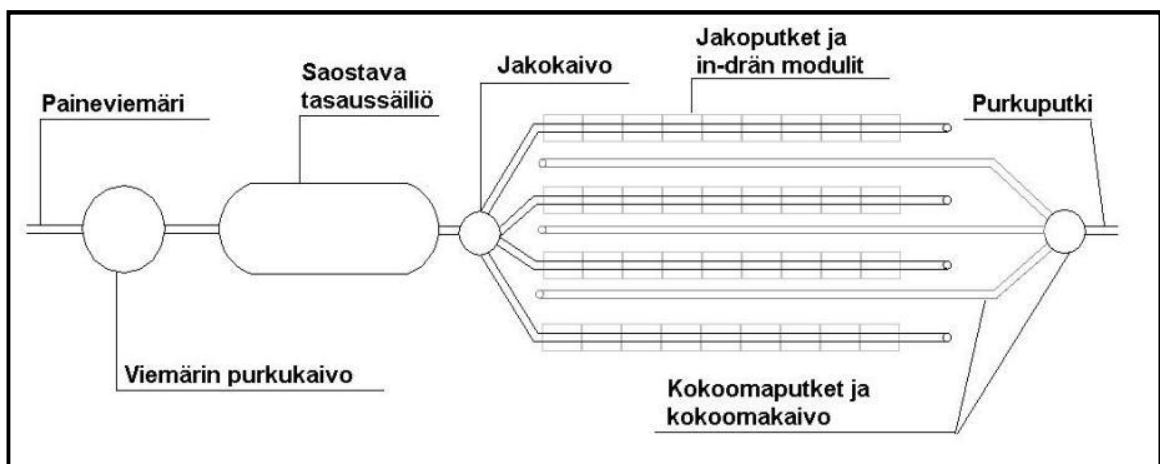
Maapuhdistamo ehti olla käytössä noin 12 vuotta ennen siirtymistä yhteiskäsittelyyn naapurikiinteistön kanssa. Järjestelmää olisi kenties voitu käyttää pidempäänkin, mutta lievän tukkeutumisen takia kiinteistön jätevedet päätettiin ohjata yhteiskäsittelyyn naapurikiinteistön pienpuhdistamoon. Käytön aikaisista puhdistustuloksista ei ole saatavissa tutkimustietoa. Kiinteistön omistajan mukaan saostussäiliöitä on tyhjennetty noin kerran vuodessa ja yleensä lietettä on ollut huomattavissa määrin ainoastaan kahdessa ensimmäisessä osiossa, minkä vuoksi kolmiosaista säiliötä ei ole tarvinnut tyhjentää jokaisen tyhjennyksen yhteydessä. Maasuodattamo sijaitsi toiselta laidaltaan jyrkässä penkereessä ja se oli purkanut vettä pintaan juuri penkereen laidasta. Pintapurkautuminen oli ajoittain johtanut lieviin hajuhaittoihin.

3.1.3. Raasepori – toimintakeskuksen maasuodattamo

Raaseporin tutkimuskohde on erään toimintakeskuksen käyttöön vuonna 1998 rakennettu Fosfilt - fosforinpoistomassalla (Liite 4) varustettu maasuodattamo. Puhdistamo sijaitsee Raaseporin kunnan Rågö-saaressa aivan meren rannassa. Suodattamo saneerattiin vuonna 2000 nopeaan tukkeutumiseen johtaneen rakennevirheen takia. Tutkimuskohteeksi se päättyi, koska siinä on havaittu uudestaan tukkeutumisiongelmiä vuodesta 2007 lähtien ja tämä johti uuteen saneeraustarpeeseen vuoden 2010 kesällä.

Rakenne

Tutkittu maasuodattamo on suunniteltu koko toimintakeskuksessa syntyvien jätevesien käsittelyyn. Vedet kerätään puhdistamon edellä olevaan saostavaan tasaussäiliöön paineviemäreitä pitkin ja puretaan puhdistamon jälkeen 500 metrin päähän merelle purkuputkea pitkin. Kuvassa 12 on esitetty alkuperäiseen suunnitelmaan pohjautuva prosessikaavio.



Kuva 12. Raaseporin maasuodattamon prosessikaavio.

Prosessikuvasta on jätetty selkeyden vuoksi pois suodattamon ilmastusputket, jotka sijaitsivat suodatinhiekkakerroksen keskellä. Paineviemäriin purkukaivosta vedet johdettiin yli 10 m³ saostussäiliöön, jonka tehtävänä oli myös toimia kuormituksen tasaajana, koska kohteen virtaamien vaihtelu päivittäin oli suurta. Tasaussäiliöstä vedet johdettiin jakokaivoon ja edelleen pumpattiin paineellisten jakoputkien kautta imeytysputkiin, joista se imeytyi in-drän-modulien jakamana suodattamoon. Kuvassa on käytetty saostussäiliö sanan sijaan ilmaisu ”saostava tasaussäiliö”, koska saostussäiliönä toimimisen lisäksi säiliö toimii suuren kokonsa ansiosta virtausvaihteluja tasaavana puskurina. Sen toiminta oli kuitenkin samankaltaista kuin perinteisen saostussäiliön eli mitään erityistä saostuskemikaalia ei käytetty.

Suodattamon pintakerroksessa oli käytetty hiekkaa noin 40 cm ja sen alla hiekka-Fosfiltseosta noin 40 cm. Puolivälissä suodatinmateriaalia oli rinnakkain tasaisin välein 4 kappaletta tuuletusputkia, joiden tarkoituksena oli taata suodattamon hapen saanti. Myös jakoputket ja kokoomaputket toimivat tuuletusputkina. Kokoomakerroksen ja suodatinkerrosten välille oli rakennettu raekooltaan 4 - 8 mm sepelistä siirtymäkerros. Varsinainen kokoomakerros oli rakennettu raekooltaan 8 - 16 mm sepelistä. Kokoomakerroksesta vesi johdettiin purkuputkeen ja purkupiste sijaitsi meren pohjassa noin 500 m päässä rannasta.

Paineputkena oli järjestelmän suunnitelman mukaan käytetty PEH De 110 x 6,6 PN6 SFS 2336 putkea ja viemäriputkena PVC 110 x 3,2 tai PVC 160 x 4,1 muoviviemäriputkea. Saostuskaivo oli rakennettu lujitemuovista ja muut kaivot ovat EK-betonirengaskaivoja. Suodatinkankaina oli käytetty vähintään KLII kangasta, jonka neliöpaino on suurempi kuin 130 g/m². Imeytysputket olivat sisältä sileää suoraa maarakentamiseen sopivaa muoviputkea. Imeytysputket oli rei'itetty rakennuspaikalla 8 mm:n poralla. Reikiä oli porattu 2 kpl/lamelli ja reiät sijoitettu indrän-lamelliin tasavälein. Kokoomaputkina oli käytetty tuplaseinäisiä De 117/100 salaojaputkea.

Toiminta ja huolto

Maapuhdistamon toimintaa on tarkkailtu läpi sen käyttöiän ja sen puhdistustulokset ovat olleet erittäin hyviä fosforin ja orgaanisen aineen poiston suhteen, mutta heikompia kokonaistypen poiston suhteen. Ilman tarkempaa tietoa kuormitusvirtaamien laadusta perusteellista puhdistuskyvyn arviointia ei ole kuitenkaan tässä yhteydessä syytä tehdä.

Puhdistamolle on laadittu sen suunnittelun yhteydessä erittäin selkeä käyttö- ja hoito-ohje. Hoito-ohjeessa neuvotaan pitämään puhdistamosta käyttöpäiväkirjaa, johon kirjataan tiedot tarkastusten ja huoltojen yhteydessä. Ohjeessa on esitelty huolellisesti järjestelmän toimintaperiaatteet ja tarvittavat huolto- ja tarkastustoimenpiteet. Hoitotoimenpiteet on jaettu päivittäin, kerran viikossa, kerran kuukaudessa, kolme kertaa vuodessa ja kerran vuodessa tapahtuviin. Hoitotoimenpiteiden toteuttamisesta on huolehtinut keskuksen oma henkilökunta.

Kuormitus

Puhdistamoon on johdettu toimintakeskuksen yleisissä tiloissa, mökeissä ja saunoissa syntyvät jätevedet, jotka muistuttavat koostumukseltaan pitkälti normaalissa asumisessa syntyviä jätevesiä. Poikkeuksena tähän on toimintakeskuksen keittiössä syntyneet harmaat vedet, jotka on ohjattu rasvanpoistokaivon kautta järjestelmään. Alueella käytettävä talousvesi on peräisin toimintakeskuksen omasta porakaivosta. Järjestelmää suunniteltaessa sen kuormitukseksi oli arvioitu seuraavanlaiset asukas- ja vesimäärät:

Asutus:	noin 100 vrk/a:	1 henkilö
	noin 100 vrk/a:	6 henkilöä
	noin 150 vrk/a:	10 - 30 henkilöä
Vedenkulutus:	Keskikulutus 3 m ³ /d, maksimikulutus 5m ³ /d	

Asukasmäärä vaihtelee huomattavasti vuodenajan mukaan ja on siksi jaettu kolmeen eri ajanjaksoon. Keskimääräiseksi asukasvastineluvuksi saadaan noin 10. Todellinen kuorma on kuitenkin ollut suunniteltua suurempi varsinkin päivittäisellä tasolla tarkasteltuna. Alla olevassa taulukossa on esitetty tarkempi vuotuinen yhteenveto vuosien 2004-2008 kuormitusvirtaamista.

Taulukko 10. Raaseporin toimintakeskuksen maasuodattamon kuormitusvirtaamat 2004-2008.

	2004	2005	2006	2007	2008
Vuosiyht.veto (m³/d min)	0	0,5	0	0	0
Vuosiyht.veto (m³/d max)	8,2	9,5	8,1	9,3	7,9
Vuosiyht.veto (m³/kk max)	158,8	153,3	130,3	134,2	159,2
Vuosiyht.veto (m³/a)	1541,9	1407,2	1154,5	1143,3	1183,2
Vuosiyht.veto keskiarvo (m³/d)	4,2	3,9	3,2	3,1	3,2
Vuosiyht.veto ka. arkip (m³/d)	5,9	5,4	4,4	4,4	4,5

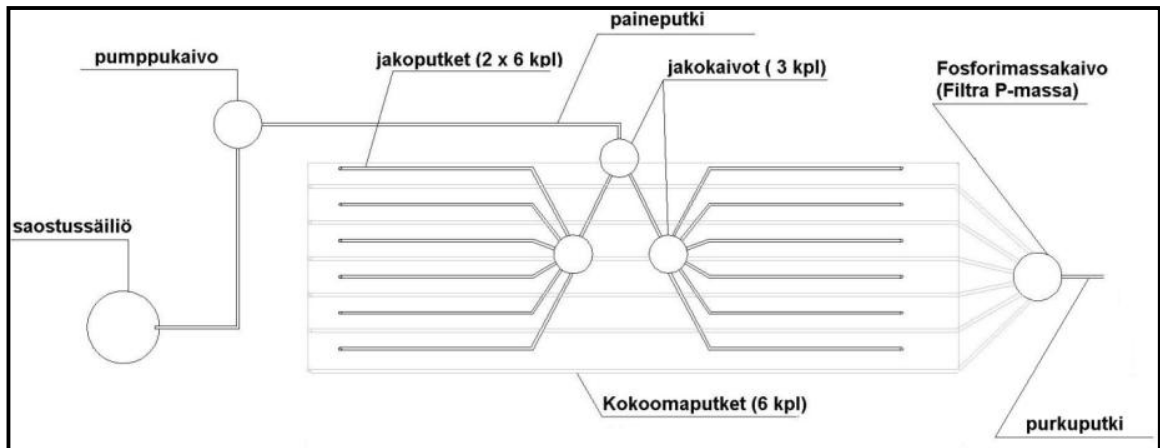
Vuotuinen kuorma on vaihdellut pääosin välillä 1000 – 1500 m³ mikä vastaa kohtuullisen hyvin 3 m³/d keskikulutusta. On kuitenkin huomattava, että vuodenaikojen välisen suuren virtaamavaihtelun takia puhdistamo on ajoittain jouduttu käyttämään jopa yli 9 m³ päivittäisellä hydraulisella kuormalla, mikä on lähes 100 % suunniteltua maksimivirtaamaa suurempi. Toisaalta lähes joka vuosi puhdistamolla on myös ollut päiviä, jolloin siihen ei ole kohdistunut lainkaan hydraulista kuormaa.

3.1.4. Tammela – usean kiinteistön maasuodattamo

Tammelan tutkimuskohde oli kunnan vuonna 2004 rakennuttama usean kiinteistön käyttöön tarkoitettu pumppauksella varustettu maasuodattamo, jossa fosforinpoistoa oli tehostettu Filtra-P-massaa sisältävällä adsorptiokaivolla varsinaisen maaperäkäsittelyn jälkeen. Puhdistamo sijaitsee noin viidensadan metrin päässä Pyhäjärven rannasta Kuhasuontien varrella. Se poistettiin käytöstä vuonna 2009, kun alue kytkettiin paineviemärillä kunnan viemäriverkostoon. Maasuodattamo oli mitoitettu yhdelle rivitalolle ja kahdeksalle omakotitalolle.

Rakenne

Kohteesta ei ole saatavissa varsinaisia rakennuspiirustuksia, vaan siitä esitetyt rakennekuvat ovat näyttönoton yhteydessä tehtyjen havaintojen ja kunnan työntekijöiltä saatujen piirrosten avulla tehtyjä arvioita käytössä olleen järjestelmän rakenteesta. Seuraavasta prosessikaaviosta selviää järjestelmän perusrakenne.



Kuva 13. Tammelan maasuodattamon prosessikaavio.

Järjestelmän piiriin kuuluvien kiinteistöjen jätevedet kerättiin tilavuudeltaan 10 m³ saostussäiliöön, jonka ylivuoto johdettiin pumppukaivoon. Pumppukaivosta vesi pumpattiin kentän keskellä sijaitseviin jakokaivoihin. Kahdesta perimmäisestä jakokaivosta lähti kuvan mukaisesti kuusi jakoputkea kahteen eri suuntaan. Jakokerros koostui tyypillisesti käytettyä raekooltaan 16 - 32 mm sepelistä ja sen päällä oli routasuojauslevyjä sekä suodatinkangas estämässä hienoaineksen pääsyä jakokerrokseen. Imeytyskerroksen alla oli noin 80 cm kerros suodatinhiekkää. Suodatinhiekan alla oleva kokoomakerros oli samaa sepeliä kuin jakokerros. Varsinaiset kokoomaputket olivat koko kentän mittaiset ja niistä vesi kerättiin kokoomakaivon kautta jälkikäsittelyyn. Jälkikäsittelyssä vesi johdettiin fosforimassakaivoon, jossa käytettiin adsorptiomassana Nordkalkin Filtra P – massaa. Massaa ei ollut vaihdettu suodattamon käyttöiän aikana.

Toiminta ja huolto

Maapuhdistamon toiminnasta oli saatavilla tutkimustuloksia sen kolmen ensimmäisen käyttövuoden ajalta. Alla olevassa taulukossa on esitetty jälkikäsittelyn jälkeen otettujen näytteiden tutkimustulokset:

Taulukko 11. Tammelan maasuodattamosta lähtevän veden tutkimuksia (Insinööritoimisto Paavo Ristola 2004-2006)

	10.6.2004	1.6.2005	12.7.2006	
Lämpötila	7,1	8,2	10	°C
Kiintoaine	16	35	4,9	mg /l
pH	10,2	10	6,4	
BOD 7 ATU	< 2	< 3,0	2,4	mg O ₂ / l
Kokonaistyyppi	76	66	22	mg N / l
Kokonaisfosfori	0,031	0,065	0,079	mg P / l

Tutkimustuloksista käy ilmi, että puhdistamo on toiminut tutkittuna erinomaisesti BOD:n ja fosforin poiston suhteen, mutta heikommin typen poiston suhteen. Poistoprosenttien laskeminen ilman puhdistamoon johdetun veden tutkimuksia voisi antaa harhaanjohtavia arvoja, joten se jätetään tässä yhteydessä tekemättä. pH:n laskeminen huomattavasti vuoden 2006 näytteessä voi viitata Filtra P – massan käyttöön päättymiseen, sillä tehokas fosforin poisto massakaivossa perustuu korkean pH:n ylläpitämiseen. Massaa ei kuitenkaan ollut vaihdettu suodattamon käyttöön aikana.

Puhdistamon toiminnan seuraamisesta ja huollosta huolehti Tammelan kunta. Tarkkaa tietoa saostussäiliön tyhjentämisestä ei ole saatavilla, mutta kunnan työntekijät muistelivat, että sitä olisi tyhjennetty kaksi kertaa vuodessa puhdistamon käyttöön ajan.

Kuormitus

Maapuhdistamo oli suunniteltu ja mitoitettu 50 – 70 asukkaan käyttöön. Siihen oli määrä kytkeä kymmenen asunnon rivitalo ja kahdeksan omakotitaloa, joista kuitenkin osaa ei puhdistamon käyttöön aikana rakennettu. Puhdistamoon on siis johdettu ainoastaan asumisessa syntyviä jätevesiä.

Mitoitusvirtaama on ollut asukasluvun perusteella 7500 – 10500 m³ / a. Vuonna 2005 mitattu virtaama on kuitenkin ollut vain 5000 m³ ja koska asukasluku ei ole tuon jälkeen muuttunut, voidaan olettaa, että puhdistamo on ollut koko elinikänsä ajan jonkin verran alikuormitettu. Mitattu virtaamaa vastaava asukasmäärä on arvioitu olevan 33, mikä vastaa varmasti hyvin lähelle myös todellista asukaslukua puhdistamon piiriin kuuluvissa asunnoissa.

3.1. Näytteenotto

Näytteet otettiin kesän 2010 aikana. Tarkat näytteenottopäivämäärät on esitetty luvun 3.1 alussa taulukossa johon on kerätty tietoa tutkimuskohteista. Näytteiden otto toteutettiin kaikissa kohteissa kaivamalla maapuhdistamoon koekuoppa kaivinkoneella tai traktorin perään kiinnitettävällä kaivinkauhalla. Näin saatiin selkeä kokonaiskuva puhdistamon rakenteesta ja näytteenottopaikkojen valinta oli helpompaa. Akaan kohteella kokeiltiin aluksi myös käsikäyttöistä kierrekairaa näytteenottimena, mutta sen käyttö todettiin työlääksi ja sillä saaduista näytteistä oli vaikeaa päätellä mistä osasta puhdistamorakennetta ne tarkalleen ovat. Alla olevassa kuvassa on esitetty Tammelan maasuodattamon näytteenoton yhteydessä kaivettu alue. Lisää kuvia tutkimuskohteista ja koekuopista liitteessä 2.



Kuva 14. Tammelan maasuodattamon näytteenottokuoppa

Näytteenottimena käytettiin erimuotoisia muovisia kauhoja riippuen maaperän rakenteesta. Näytteenotossa käytettiin apuna myös tavallista pistolapiota esimerkiksi kentän ulkopuolelta otettavia näytteitä kaivaessa. Kentän ulkopuolisten näytteiden otossa käytettiin näytteenottimena käyttämätöntä nurinpäin käännettä elintarvikkeiden säilömiseen tarkoitettua minigrip-pussia tai etanoliliuoksella desinfioitua muovista näytteenotinta mikrobiologisen kontaminaation välttämiseksi. Raskasmetallinäytteiden otossa käytettiin Kuopion geologian tutkimuskeskukselta lainaksi saatua värittömästä muoviputkesta valmistettua näytteenotinta ja näytteet otettiin avokäsin ilman sormuksia, koska ne voivat aiheuttaa virheellisiä tuloksia esimerkiksi kultapitoisuuden määrittämisessä. Muussa näytteenotossa käytettiin hygieniasyistä kumikäsineitä.

Jokaisesta kentästä otettiin eri kerroksia kuvaavien näytteiden lisäksi noin 50 kg painoinen kokoomanäyte Itä-Suomen yliopistolla suoritettavia kasvatuskokeita varten. Kokoomanäytteeseen pyrittiin saamaan suodatinhiekkää tasaisesti eri kerroksista. Näytteenottajana toimi pääasiassa tämän opinnäytetyön tekijä. Poikkeuksena Kuopion raskasmetallinäytteet otti GTK:lta näytteenottoa seuraamassa ollut sertifioitu näytteenottaja ja osan Raaseporin näytteistä apuna näytteenotossa ollut Tampereen teknillisen yliopiston ympäristötekniikan opiskelija. Näytteet otettiin muutaman tunnin sisällä näytteenotto-kaivannon avaamisesta Mini-grip-pusseihin ja säilöttiin kylmälaatikoihin, joita pidettiin alle 15 asteen lämpöisinä. Kylmälaatikot toimitettiin Itä-Suomen yliopistolle laboratorion kylmähuoneeseen ennen niissä olleiden kylmäpakkausten sulamista eli viimeistään puolentoista vuorokauden kuluessa näytteenotosta. Kokoomanäytteet otettiin suureen muovilaatikkoon, joka suljettiin jätesäkillä kuljetuksen ajaksi.



Kuva 15. Kuljetukseen valmiita näytepusseja. (vas.) Näytteenottovälineistöä keskeneräisessä koekuopassa. (oik.)

3.1.1. Näytteenottokohdat

Näytteenottokohdat valittiin vasta kentän avaamisen yhteydessä, koska kaikki tutkimuskohdet olivat erilaisia, eikä niiden rakenne ollut tarkasti selvillä ennen koekuopan kaivamista. Tutkimuksen kannalta mielenkiintoisten pisteiden valinta oli mahdollista vasta, kun koekuoppa oli avattu ja sen puhdistamon tarkempi rakenne selvillä. Näytteidenotossa ei pyritty pistemäisen häiriintymättömän näytteen saamiseen, vaan pyrittiin keräämään kutakin näytteenottokerrosta hyvin kuvaava näyte suhteellisen pieneltä alueelta. Seuraavissa kuvissa on selitetty käytetyt näytteenottokohdat sanallisesti ja sijoitettuina kohteiden poikkileikkauspäirrosiin. Taulukoihin on merkitty myös raekokojakautuman (RK) ja raskasmetallien (RM) tutkimuksiin otetut näytteet. Poikkileikkauskuvat ovat viitteellisiä ja niiden mittasuhteita on muutettu.

Akaa - maahanimeyttämö	
1	Imeytyskentän päältä noin 40cm putkitason yläpuolelta
2	Imeytysputken tasolta noin 30cm sen sivulta (RK 1)
3	SPOT-näyte välittömästi imeytysputken alta
4	Imeytysoran ja luontaisen maaperän rajalta (RK 2)
5	Luontaisesta maaperästä imeytysoran alta (RK 3)
6	Kokoomanäyte imeytysorasta ja maaperästä
7	Noin 30 m puhdistamon sivulta arvioidun jätevesivaikutuksen ulkopuoliselta alueelta (0,5-1 m syvyydestä)

Kuva 16. Akaan tutkimuskohteen näytteenottokohdat

Kuopio - maasuodattamo	
1	Suodatinhiekan yläpinnalta, biokerros. (RK 1 ja RM 1)
2	Edellisestä näyttestä erityisen tummaa maata
3	Suodatinhiekan 45 cm pintakerroksen alapuolelta (RK 2 ja RM 2)
4	Suodatinhiekan 60 cm kokoomaputkien tasolta
5	Kentän alta (muovieristeen alta)
6	Kokoomanäyte suodatinhiekan
7	Noin 30 m puhdistamon sivulta arvioidun jätevesivaikutuksen ulkopuoliselta alueelta (0,5-1 m syvyydestä)

Kuva 17. Kuopion tutkimuskohteen näytteenottokohdat

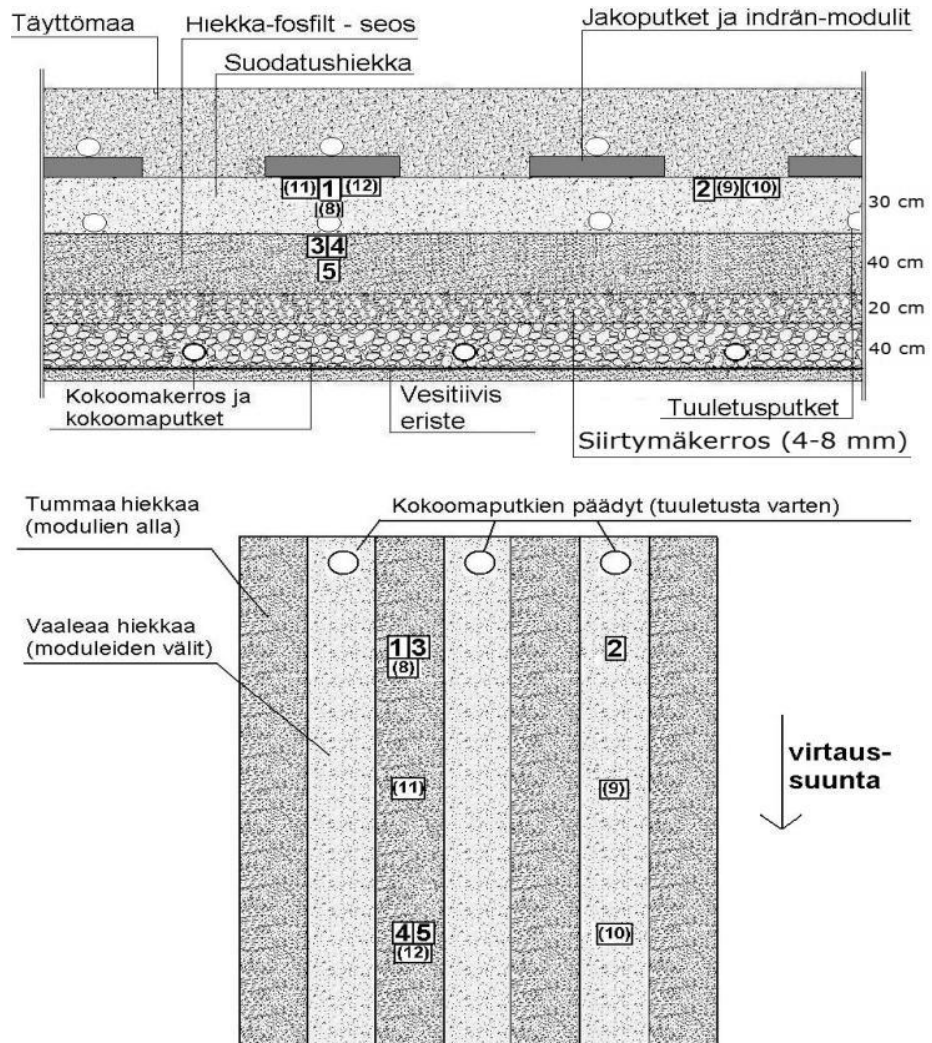
Tammela - maasuodattamo	
1	Suodatinhiekan yläpinnalta, biokerros. (RK 1)
2	Suodatinhieka 25 cm pintakerroksen alapuolelta
3	Suodatinhieka 50 cm pintakerroksen alapuolelta (RK 2)
4	Suodatinhieka 75 cm pintakerroksen alapuolelta
5	Fosforinpoistokaivosta (Filtra P - massaa)
6	Kokoomanäyte suodatinhieka
7	Noin 30m puhdistamon sivulta arvioitun jätevesivaikutuksen ulkopuoliselta alueelta (0,5-1m syvyydestä)

Kuva 18. Tammelan kohteen näytteenottopisteet

Kolmen edellä mainitun kohteen näytteenottopisteet sijaitsivat samassa kaivannossa ja niillä pyrittiin ainoastaan edustavan poikkileikkauksen tutkimiseen. Raaseporin kohteessa haluttiin sen sijaan tutkia hieman laajemmin orgaanisen aineen jakaumaa kentässä ja sen mahdollista vaikutusta tukkeutumisiin. Tämän vuoksi kohteesta otettiin varsinaisten näytteiden lisäksi viisi kappaletta lisänäytteitä, joista tutkittiin ainoastaan orgaanisen aineen ja kuiva-aineen pitoisuudet. Seuraavan sivun kuvassa on esitetty Raaseporin näytteenottopisteet leikkauspiirroksissa. Lisänäytteet on merkitty suluissa olevin numeroin. Ensimmäinen kuva kertoo näytteiden syvyyden kentässä ja toinen näytteiden sijainnin kentän pinnan tasossa.

Raasepori

- | | |
|------|--|
| 1 | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulin alta (biokerros) |
| 2 | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulien välistä |
| 3 | Fosfilt-hiekkaseoksen pintataso, kentän alkupäästä |
| 4 | Fosfilt-hiekkaseoksen pintataso, kentän loppupäästä |
| 5 | Fosfilt-hiekkaseoksesta 20 cm sen pinnan alapuolelta |
| 6 | Kokoomanäyte suodatushiekkasta |
| 7 | Noin 30m kentän sivulta arvioidun jätevesivaikutuksen ulkopuoliselta alueelta (0,5-1 m syvyydestä) |
| (8) | Indrän-modulin alta suodatushiekkasta, 20 cm pintakerroksesta |
| (9) | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulien välistä, keskiväliltä |
| (10) | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulien välistä, kentän lopusta |
| (11) | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulin alta, keskiväliltä |
| (12) | Suodatushiekan yläpinnalta, in-drän modulin alta, kentän lopusta |



Kuva 19. Raaseporin tutkimuskohteen näytteenottokohdat

3.2. Laborioriotutkimukset

Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitos ja Geologian tutkimuskeskuksen Itä-Suomen yksikkö (Kuopio) osallistuivat tutkimukseen osana Tekesin vesiohjelmaan kuuluvaa MA-SU-projektia (Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit). Tämän opinnäytetyön näytteiden mikrobiologiset ja fysiko-kemialliset laborioriotutkimukset suoritettiin Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden laboratoriossa osana ympäristötieteiden opiskelijan Pro Gradu – tutkielmaa, jossa perehdytään tarkemmin käytettyjen suodatinmasojen hyödyntämiseen viljelykäytössä. Raekokojakauman ja raskasmetallien tutkimukset teetti Geologian tutkimuskeskus Labtium OY:n laboratoriossa.

3.2.1. Mikrobiologiset tutkimukset

Mikrobiologiset tutkimukset suoritettiin kaikista näytteistä paitsi Raaseporin maasuodattamosta otetuista lisänäytteistä. Näytteet tutkittiin Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksen laboratoriossa. Alla olevassa taulukossa on esitetty tutkitut indikaattoriorganismit ja niiden tutkimuksissa käytetyt menetelmät standardeineen, sekä mahdolliset poikkeavuudet standardeista.

Taulukko 12. Käytetyt mikrobiologiset analyysit (Hellsten 2010)

Tutkittava mikrobi	Käytetty menetelmä	Mahdolliset poikkeukset
Fekaaliset koliformit	SFS 3016, 2001	Chromocult coliform agar, ei kalvosuodatus
Enterokokit	SFS-EN ISO 7899-2, 2000	pintaviljelymenetelmällä, ei kalvosuodatus
Klostridit	SFS-EN 26461-2, 1993	maljaamalla, ei kalvosuodatus
RNA-kolifagit	SFS-EN ISO 10705-1, 2002	kaksikerrosagarmenetelmällä, jossa isäntänä käytettiin yön yli nuorennettua ATTC 15597-kantaa

3.2.2. Fysiko-kemialliset tutkimukset

Myös fysiko-kemialliset tutkimukset suoritettiin Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitoksen laboratoriossa. Määrittelyt tehtiin kaikista näytteistä lukuunottamatta Akaan, Tammelan ja Raaseporin kokoomanäytteitä ja Kuopion näytettä numero 2. Raaseporin lisänäytteistä suoritettiin ainoastaan kuiva-ainepitoisuuden ja orgaanisen aineen määritykset. Alla olevassa taulukossa on esitetty käytetyt fysiko-kemialliset tutkimusmenetelmät.

Taulukko 13. Käytetyt fysiko-kemialliset analyysit (Hellsten 2010)

Tutkittava ominaisuus	Käytetty menetelmä
Ammonium	kaliumkloridiuutto, spektrofotometri ($\lambda = 630\text{nm}$)
Kokonaistyyppi	Kjeldahl:n menetelmä
Kokonaisfosfori	poltto- ja suolahappo-typpihappouutto, spektrofotometri ($\lambda = 720\text{nm}$)
kuiva-ainepitoisuus	SFS-EN 13040, 1999
orgaanisen aineen pitoisuus	SFS-EN 13039, 1999
pH	SFS-EN 13037, 1999
johtokyky	SFS-EN 13038, 1999

3.2.3. Raekokojakauman ja raskasmetallien tutkimukset

Raekokojakauman tutkimuksilla pyrittiin selvittämään raekoon vaikutusta hydrauliseen toimintaan ja tukkeutumisilmiöihin. Käytettyjen suodatinmassojen raskasmetallipitoisuudet taas ovat olennaisia, kun päätetään massojen mahdollisista hyötykäyttö- ja loppusijoituskohteista. Raekokojakaumaa tutkittiin kaikista suodattimista vähintään kahdesta näytteestä. Raskasmetalleja tutkittiin Kuopion ja Raaseporin maapuhdistamoista, kummastakin kahdesta näytteestä. Raekokojakauman ja raskasmetallien tutkimukset teetti Kuopion Geologinen tutkimuskeskus Labtium Oy:n laboratoriossa. Raekokojakauman tutkimuksissa käytettiin kuivaseulontaa seulasarjalla (SFS-EN 933-2) sekä Sedigraph-analyysiä. Raskasmetallit määritettiin ICP-OES – tekniikalla eli induktiivisesti kytketyllä optisella emissiospektrometrillä. Määrittämisistä on kerrottu tarkemmin alkuperäisissä analyysituloraporteissa liitteessä 2.

4. KÄYTETTYJEN SUODATINMASSOJEN KOOSTUMUS

Tässä luvussa esitetään tutkimusnäytteistä suoritettujen laboratoriotutkimusten tulokset ja pohditaan niiden pohjalta johdannossa esitettyjä tutkimuskysymyksiä. Toisin sanoen pyritään tekemään tuloksista tukkeutumislmiöiden ymmärtämisen ja käytettyjen suodatinmassojen koostumuksen ja sijoittamisen kannalta olennaisia havaintoja.

4.1. Fysiko-kemialliset perusominaisuudet

Fysiko-kemialliset tutkimustulokset tarjoavat tärkeää tietoa suodatinmassojen perusominaisuuksista. Seuraaviin taulukoihin on koottu fysiko-kemiallisten tutkimusten tulokset ravinnepitoisuuksia lukuun ottamatta. Taulukossa on korostettu harmaalla ne rivit, joiden näytteet on otettu varsinaisista suodattavista kerroksista.

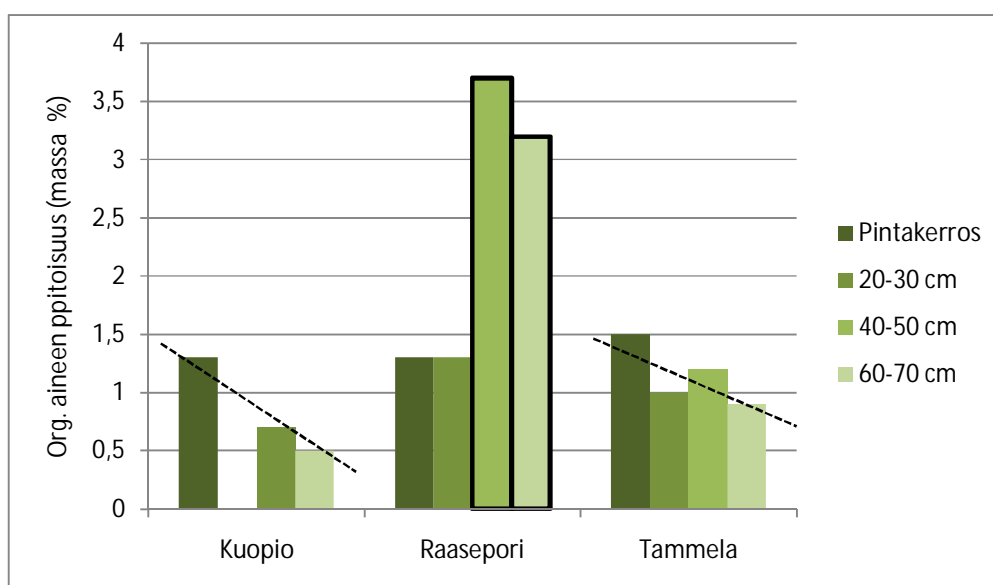
Taulukko 14. Tutkimusnäytteiden fysiko-kemialliset perusominaisuudet. (Hellstén, 2010)

Näyte n:o	Tutkimuskohde / näytteen sijainti	Org. aine %	kuiva-aine %	pH	Johtokyky $\mu\text{S}/\text{cm}$
Akaa					
1	Täyttömaata	5,1	76,5	5,7	42
2	Imeytysora imeytysputken tasolla	1,2	90,1	5,6	112
3	Imeytysora heti imeytysputken alla	1,4	88,8	4,9	122
4	Luontaisen maaperän raja (biokerros)	2,9	73,9	5,6	56
5	Luontainen maaperä 0,35m soran alta	1,6	80,5	6,2	72
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	7,4	72,1	5,8	32
Kuopio					
1	Biokerros (BK)	1,3	90,0	5,0	72
3	Suodatinhiekkä (0,45m BK:sta)	0,7	93,1	5,4	24
4	Suodatinhiekkä (0,60m BK:sta)	0,5	87,2	5,9	49
5	Maaperä kentän alla	0,4	89,7	6,6	28
6	Kokoomanäyte suodatinhiekkästä	0,7	91,8	5,8	42
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	1,8	91,8	6,1	22
Raasepori					
1	Biokerros (indrän-modulin alta)	1,3	77,0	7,5	194
2	Biokerros (indrän-modulien välistä)	1,0	92,8	6,3	58
3	Fosfilt-hiekkä pinta (alkupää)	3,7	82,5	6,4	135
4	Fosfilt-hiekkä pinta (loppupää)	3,2	83,4	6,7	200
5	Fosfilt-hiekkä (0,2m sen pinnasta)	3,4	79,3	6,4	245
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	10,2	81,0	4,6	35
8	Suodatinhiekkä (0,2m pintakerroksesta)	0,6	94,8		
9	Biokerros, in-drän modulien välistä	0,9	93,1		
10	Biokerros, in-drän modulien välistä	0,8	91,7		
11	Biokerros, in-drän modulien alta	1,7	81,7		
12	Biokerros, in-drän modulien alta	1,8	80,3		

Tammela					
1	Biokerros	1,5	92,8	4,4	304
2	Suodatinhiekkä (0,25m BK:sta)	1,0	96,6	5,4	143
3	Suodatinhiekkä (0,50m BK:sta)	1,2	96,0	4,8	220
4	Suodatinhiekkä (0,75m BK:sta)	0,9	95,6	5,5	173
5	Fosforinpoistokaivosta (Filtro P)	9,0	54,5	7,9	488
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	11,0	76,1	6,7	24

Kunkin tutkitun parametrin suurimmat ja pienimmät tulokset on esitetty lihavoituina. Puhdistamoon kertyvä orgaaninen aine on peräisin jätevedestä ja sitä hyödyntävien mikrobien kasvusta. Sen perusteella voidaan päätellä biologisen tukkeutumisen voimakkuutta eri osissa suodatinta. Orgaanisen aineen pitoisuudet varsinaisissa suodatuskerroksissa vaihtelivat 0,4 ja 3,7 välillä.

Akaan tutkimustuloksissa suurimmat orgaanisen aineen pitoisuudet löytyivät vasta imeytyssoran ja luontaisen maaperän rajalta. Tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että koska imeytyssora oli varsin karkeaa, varsinainen biokerros oli syntynyt vasta tiiviin savimaan pinnalle. Kuopion ja Tammelan maasuodattamoissa orgaanisen aineen pitoisuus oli suurimmillaan suodatinhiekan yläpinnalla (biokerros) ja laski syvemmillä suodatinhiekkassa. Raaseporin maasuodattamossa sen sijaan havaittiin todella merkittäviä orgaanisen aineen pitoisuuksia fosfilit - hiekkakerroksessa, minkä jo ennalta oletettiin olevan yksi tukkeutumongelman syistä. Alla olevassa kuvassa on esitetty orgaanisen aineen jakaumaa syvyyden mukaan tutkituissa maasuodattamoissa.



Kuva 20. Orgaanisen aineen pitoisuuksia tutkituissa maasuodattamoissa eri syvyyksillä.

Edellisessä kuvassa on hahmoteltu katkoviivalla Kuopion ja Tammelan kohteissa havaittua orgaanisen aineen pitoisuuden laskua syvyyden funktiona. Raaseporin kohteessa vastaavaa

trendiä ei havaittu, mikä johtuu suodatinkerrosten kaksiosaisesta rakenteesta. Kuvassa 20. mustalla reunaviivalla rajatut pylväät esittävät näytteitä, jotka sisälsivät hiekan lisäksi fosforinpoiston tehostamiseksi lisätty Fosfilt-massaa. Tästä osasta puhdistamoa löytyivät selvästi suurimmat orgaanisen aineen pitoisuudet. Fosfilt-massa sisältää huomattavia määriä muun muassa rautaa ja alumiinia (luku 4.4.), joten orgaanisen aineen sitoutuminen massaan on voinut olla suurissa määrin saostumiseen perustuvaa. Myös Fosfilt-massan raekokoja-kaumatutkimuksissa (luku 4.5.) havaittu hienoaines vaikuttaa olennaisesti vedenläpäisevyyteen ja orgaanisen aineen kertymiseen.

Raaseporin lisänäytteiden tutkimustuloksista on havaittavissa, että orgaaninen aines on jakautunut pintakerroksessa melko tasaisesti koko kentän mitalle, mutta lähes ainoastaan in-drän modulien alle, eikä juurikaan niiden väliselle alueelle, mikä on hyvin nähtävissä myös luvun 4.6.3. kuvassa. Kentän pituussuunnassa ei havaita kovin huomattavia eroja, mikä johtunee siitä, että maasuodattamo oli varustettu pumppaamalla, jonka ansiosta vesi leviää puhdistamoon perinteistä gravitaatioon perustuvaa ratkaisua tasaisemmin. Tukkeutumisen johdosta osa puhdistamosta on ollut sen käyttöään loppuaikoina ajoittain täysin kyllästyneessä tilassa, jolloin orgaanisen aineen pitoisuudet ovat voineet jossain määrin tasoittua kentän eri osien välillä.

Kuiva-ainepitoisuudet puhdistamojen suodattavissa kerroksissa vaihtelivat välillä 73,9 % - 96,6 % ja olivat odotettavasti suurimmillaan pisimpään käytöstä poissa olleissa Kuopion ja Tammelan kohteissa, kuitenkin siten, että Tammelan suodattamon massat olivat selvästi kuivimpia. Sähkönjohtavuuden vaihteluväliksi saatiin 24 - 304 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja pH:lle 4,4 – 7,5 eli heikosti happamasta neutraaliin. Korkeimmillaan pH oli odotetusti Tammelan fosforinpoistokaivon Filtra P – massassa. Matalimmat pH:t taas havaittiin Tammelan suodattamon hiekkamassoista, erityisesti biokerroksesta. Yleisesti suodatinmassojen pH oli hieman happaman puolella. Sähkönjohtavuus näyttäisi jossain määrin lisääntyvän jätevesivaikutuksen myötä, mutta yllättävää olivat Tammelan maasuodattamon näytteiden todella korkea sähkönjohtavuus verrattuna Kuopion mataliin tuloksiin. Koska talousjätevesikuormitus on yleensä melko samankaltaista, on kyseessä todennäköisesti suodatinmassojen alkuuperäisessä koostumuksessa oleva ero. Tällä voi olla yhteys myös Tammelan suodattamon parempaan fosforinpidätyskykyyn, mihin palataan seuraavassa luvussa.

4.2. Ravinnepitoisuudet

Suodattamoon pidättyneet typpi- ja fosforipitoisuudet ovat merkittäviä tekijöitä lähinnä harkittaessa suodatinmassojen hyötykäyttöä ja loppusijoittamista. Hapellisissa olosuhteissa ammonium-typpi hapettuu yleensä melko nopeasti nitraateiksi, joten suuri ammonium-konsentraatio voi kertoa hapettomista olosuhteista. Erittäin suuret ravinnepitoisuudet voivat vaikuttaa jossain määrin suodatinmassojen vedenläpäisevyyteen (kemiallinen tukkeutuminen, luku 2.1.3). Taulukossa 14. on esitetty suodatinmassoista tutkitut ravinnepitoisuudet.

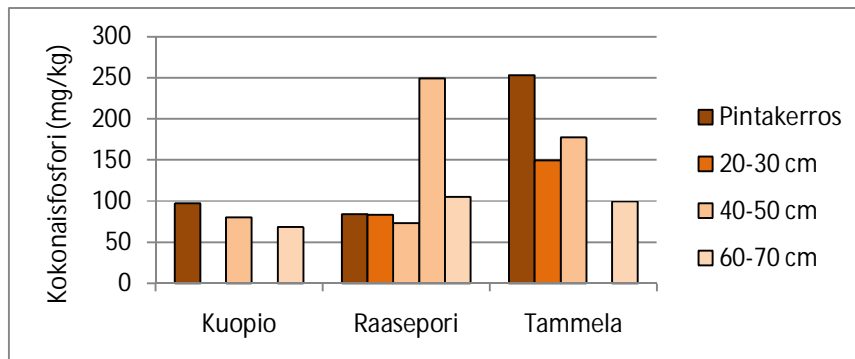
Taulukko 14. Tutkittujen suodatinmassojen ravinnepitoisuudet (Hellstén 2010)

Näyte n:o		NH ₄ -N [µg/kg]	Total N [g/kg]	Total P [mg/kg]
Akaa				
1	Täyttömaata	0,64	1,4	146
2	Imeytysora putken tasolla	18,35	0,6	118
3	Imeytysora putken alla	4,67	1,1	98
4	Luontaisen maaperän raja	22,53	1,2	71
5	Luontainen maaperä 0,35m soran alta	0,76	0,3	90
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	0,97	2,7	74
Kuopio				
1	Biokerros (BK)	0,16	0,9	97
3	Suodatinhiekkä (0,45m BK:sta)	0,05	0,8	80
4	Suodatinhiekkä (0,60m BK:sta)	0,04	1,1	68
5	Maaperä kentän alla	1,76	0,2	124
6	Kokoomanäyte suodatinhiekkästä	0,06	0,3	69
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	0,26	1,1	116
Raasepori				
1	Biokerros (indrän-modulin alta)	50,12	1,0	84
2	Biokerros (indrän-modulien välistä)	2,91	0,3	83
3	Fosfilit-hiekkä pinta (alkupää)	0,21	0,8	73
4	Fosfilit-hiekkä pinta (loppupää)	35,29	0,7	249
5	Fosfilit-hiekkä (0,2m sen pinnasta)	0,17	1,0	105
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	1,44	2,4	24
Tammela				
1	Biokerros	1,89	1,6	253
2	Suodatinhiekkä (0,25m BK:sta)	0,13	0,1	149
3	Suodatinhiekkä (0,50m BK:sta)	0,48	0,5	177
4	Suodatinhiekkä (0,75m BK:sta)	0,19	0,2	99
5	Fosforinpoistokaivo (Filtra P)	0,96	0,3	61
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	1,19	2,3	4

Tuloksissa on vaalealla harmaalla korostettu ne rivit, joiden näytteet ovat suodatinhiekkää ja hieman tummemmalla ne, joissa oli lisäksi Fosfilt - massaa. Filtra P – massaa sisältänyt fosforinpoistokaivosta otettu näyte on korostettu tummimmalla harmaalla. Kunkin tutkitun parametrin pienin ja suurin arvo on lihavoitu.

Suodatinmassoista otettujen näytteiden ammonium-pitoisuus vaihteli välillä 0,04 – 50,12 µg / kg, typpipitoisuus välillä 0,1 – 1,6 g / kg ja fosforipitoisuus välillä 61 – 253 mg / kg. Ravinnepitoisuuksia tarkasteltaessa on huomattava, että käytetty yksikkö riippuu tutkitusta parametristä. Esimerkiksi ammoniumin määrät on ilmoitettu mikrogrammoina ja ne olivat siis vain murto-osia grammoina ilmoitetusta kokonaistypestä. Keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus suodatinmassoissa oli 0,74 g / kg ja puhdistamon läheisyydestä maaperästä otetuissa näytteissä 2.1 g / kg, joten typen kertyminen suodatinmassoihin ei ole merkittävää. Sen sijaan kokonaisfosforin pitoisuus suodatinmassoissa oli keskimäärin 114 mg / kg ja kontrollinäytteissä 54 mg /kg, joten fosforin sitoutuminen vaikuttaisi olevan jonkin verran merkittävämpää kuin typen.

Seuraavassa kuvassa on esitetty fosforipitoisuuksia tutkittujen maasuodattamojen eri syvyyksiltä. Akaan maahanimeyttämöstä ei ole syytä esittää vastaavaa syvyysjakaumaa sen muista tutkimuskohteista huomattavasti poikkeavan rakenteen vuoksi.

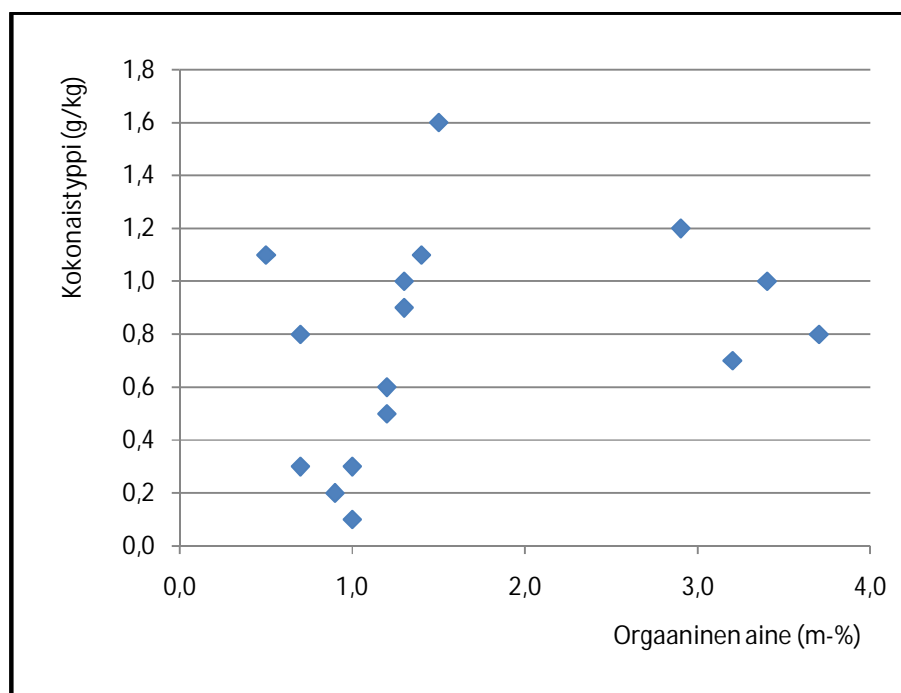


Kuva 21. Sitoutuneen fosforin jakautuminen eri syvyyksille maasuodattamoissa.

Ilman fosforinpoiston tehostamista fosforipitoisuus pääasiallisesti pienenee siirryttäessä biokerroksesta alaspäin. Tämä johtuu osittain biokerroksen paremmasta fosforinsitomiskyvystä ja toisaalta siitä, että adsorption tehokkuus pienenee adsorbaattikonsentraation pienentyessä. Raaseporin näytteistä suurimmat fosforipitoisuudet olivat odotetusti Fosfilt – hiekkaseoksessa, mutta parhaiten fosfori oli kuitenkin sitoutunut yllättäen Tammelan maapuhdistamon hiekkamassoihin. Kyse voi olla esimerkiksi kuormituksen laadun tai määrän erosta, mutta on myös mahdollista, että Tammelan maasuodattamossa käytetty hiekkamassa soveltuu kemiallisilta ominaisuuksiltaan huomattavan hyvin fosforin adsorptioon. Edelli-

sessä luvussa käsitellyt huomattavan korkeat sähkönjohtavuuden arvot voivat myös osaltaan viitata hiekkamassojen erilaisiin ominaisuuksiin.

Verrattaessa orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuuksia, havaitaan jonkin asteinen korrelaatio, joten ainakin osa ravinteista on sitoutuneena orgaaniseen aineeseen. Yhteys ei kuitenkaan ole kovin vahva, joten ravinteita, varsinkin fosforia, on sitoutunut suodatinainekseen myös muilla tavoin. Fosforin osalta onkin tunnettua, että pääasiallinen sitoutumismekanismi on adsorptio. Seuraavassa kuvassa on esitetty suodatinmassoista otettujen näytteiden kokonaistypen määrä suhteessa orgaanisen aineen määrään.



Kuva 22. Maamassojen sisältämän kokonaistypen määrä suhteessa orgaanisen aineen määrään.

4.3. Hygienia

Tässä luvussa käsitellään suodatinmassojen hygieniatutkimusten tuloksia ja niiden merkitystä suodatinmassojen hyödyntämiselle ja loppusijoittamiselle. Alla olevassa taulukossa on kootusti kaikki mikrobiologisten tutkimusten tulokset. Tutkimuskohteen nimen perässä on aika näytteenoton ja kentän käytöstä poistamisen välillä.

Taulukko 15. Suodatinmassojen hygienian tutkimustulokset (Hellstén, 2010)

Näyte n:o		Fek. Kolif. pmy / g	Enterokokit pmy / g	Klostridit pmy/ g	Kolifagit pmy / g
Akaa					
1	Täyttömaata	5	<5	<9	<5
2	Imeytysora putken tasolla	167	9	45	<5
3	Imeytysora putken alla	68	18	162	<5
4	Luontaisen maaperän raja	20612	5	9	<5
5	Luontainen maaperä 0,35m soran alta	<5	<5	<9	<5
6	Kokoomanäyte	680	9	36	<5
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	1170	14	9	<5
Kuopio (noin 3 vuotta)					
1	Biokerros (BK)	9	9	6757	<5
2	Biokerroksen tummaa maata	<5	<5	765	<5
3	Suodatinhiekkä (0,45m BK:sta)	<5	<5	189	<5
4	Suodatinhiekkä (0,60m BK:sta)	18	<5	117	<5
5	Maaperä kentän alla	189	<5	9	<5
6	Kokoomanäyte	<5	<5	486	<5
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	797	<5	9	<5
Raasepori					
1	Biokerros (indrän-modulin alta)	85586	37838	78182	784
2	Biokerros (indrän-modulien välistä)	18182	5221	9640	185
3	Fosfilit-hiekkä pinta (alkupää)	783	239	441	<5
4	Fosfilit-hiekkä pinta (loppupää)	9451	698	522	59
5	Fosfilit-hiekkä (0,2m sen pinnasta)	257	189	9	<5
6	Kokoomanäyte	3015	378	891	0
7	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	3150	5	45	<5
Tammela (noin vuosi)					
1	Biokerros	<5	<5	2412	<5
2	-25 cm	<5	<5	9	<5
3	-50 cm	<5	<5	9	<5
4	-75 cm	<5	<5	9	<5
5	Fosforinpoistokaivosta (Filtro P)	833	9	<9	<5
6	Kokoomanäyte	59	549	81	<5
	Kentän sivusta (0,5-1m syvyydestä)	13964	<5	<9	<5

Tulokset on esitetty yksikössä pmy / g eli ne kertovat kuinka monta pesäkkeen muodostavaa yksikköä gramma näytettä kohden havaittiin luvussa 3.2.1. esiteltyjä menetelmiä käyttäen. Taulukossa tummanpunaisella värjätyt solut ovat yli 1000 pesäkkeen tuloksia, punaisella värjätyt yli 100 pesäkkeen tuloksia ja vaaleanpunaisella värjätyt alle 100 pesäkkeen tuloksia. Vihreällä on sävytetty niiden näytteiden tulokset, joissa pesäkeluku oli alle määrittämissä rajan.

Kaikkein suurimmat pitoisuudet indikaattoriorganismeja löytyivät juuri ennen näytteenottoa käytöstä poistetusta Raaseporin maasuodattamosta. Puhdistamon jätevedet koostuvat vuosittain satojen eri ihmisten ulosteista, joten todennäköisyys hyvin monenlaisen taudinaiheuttajien esiintymiseen on suuri. Myös suodattamon suuri kuormitus ja tukkeutunut tila vaikuttavat indikaattoriorganismien määrään suodatinmassoissa. Raaseporin kohde oli ainut puhdistamo, jonka näytteistä havaittiin kolifageja, jotka indikoivat viruksia. Muutenkin pitoisuudet olivat erittäin suuria kaikkien indikaattoriorganismien suhteen.

Myös Akaan kohde oli juuri poistettu käytöstä, mutta sen kuormitus koostui vain yhden kotitalouden jätevesistä ja oli määrältään huomattavasti Raaseporia pienempää. Silti kolifageja lukuun ottamatta kaikentyyppisiä indikaattoriorganismeja oli jossain määrin havaittavissa kaikissa imeytysorasta otetuissa näytteissä. Huomattavaa on kuitenkin, että soran alla ollut savimaa oli tukkeutunut niin tiiviksi, ettei vajaa puoli metriä sen alta otetuista näytteistä havaittu lainkaan indikaattoreita. Sen sijaan rajapinnalta otetussa näytteessä on havaittiin suurin fekaalisen koliformien pitoisuus. Tämä voi johtua biologisesti aktiivisen tukkeutumiskerroksen muodostumisesta, mihin viittaa rajapinnassa havaittu korkea orgaanisen aineen osuus (luku 4.1.).

Tammelán maasuodattamo ehti olla poissa käytöstä noin vuoden ennen näytteenottoa. Suodatinhiekasta otetuista näytteistä ei löytynyt merkittäviä pitoisuuksia indikaattoriorganismeja lukuun ottamatta biokerroksen suurta klostridimäärää. Suodatinhiekasta kerätystä kookoanäytteestä havaittiin sen sijaan jossain määrin kaikkia indikaattoreja kolifageja lukuun ottamatta, joten jätevesien vaikutus kentässä oli vielä havaittavissa. Hieman yllättäen myös fosforinpoistokaivosta otetusta näytteestä löytyi huomattava määrä fekaalisia koliformeja, mikä todennäköisesti johtuu siitä, että massaan oli sitoutunut runsaasti orgaanista ainetta ja sen kosteus pysyi kaivossa koko ajan riittävän korkeana bakteerien selviytymiselle. Kaivon pH ei ollut enää niin korkea, että se olisi estänyt mikrobien selviytymistä.

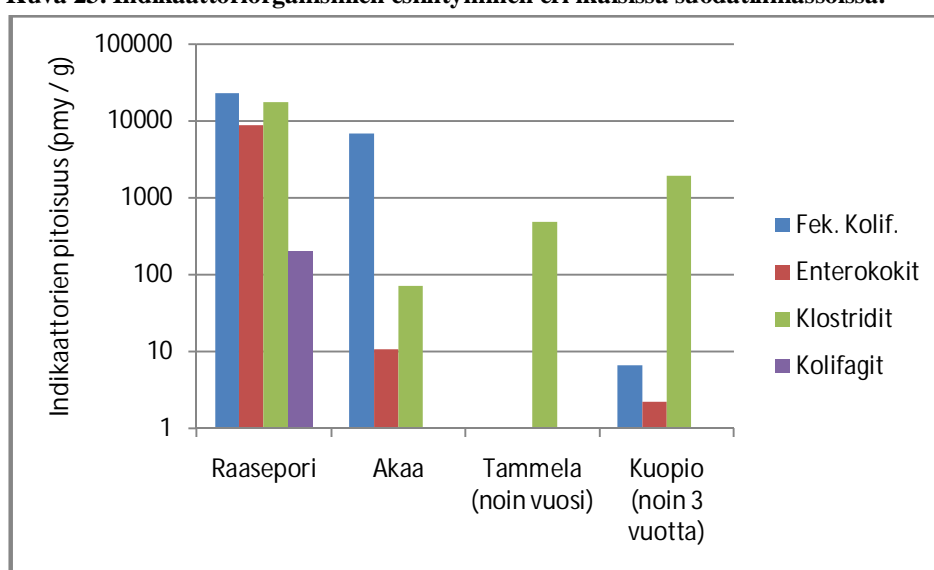
Kuopion maapuhdistamo oli ollut poissa käytöstä jo kolme vuotta, mutta siitä havaittiin silti merkittäviä pitoisuuksia klostrideja. Muiden indikaattoriorganismien määrä kentässä oli vähäinen. Klostrideja esiintyy maaperässä yleisesti, mutta selkeä korrelaatio klostridipitoisuuden ja näytteenottosyvyyden välillä antaa syyn olettaa, että kentästä havaitut klostridit

ovat ainakin osin jätevesiperäisiä. Tähän viittaa myös alhainen klostridipitoisuus kentän sivusta otetussa näytteessä. Klostridien tiedetään säilyvän maaperässä huomattavasti monia muita indikaattoriorganismeja paremmin (luku 2.3.1.), eikä niillä välttämättä ole suurta merkitystä yleisimpien taudinaiheuttajien säilymistä arvioitaessa.

Puhdistamojen läheltä otetuista näytteistä löytyi jonkin verran ulosteperäisen saastumisen indikaattoreina käytettäviä fekaalisia koliformisia bakteereja. Akaan osalta syy voi olla alueella tehdyt maanrakennustyöt, joissa kentän vaikutusalueelta on voinut siirtyä ulosteperäisesti saastunutta maata myös näytteenottopaikalle. Muita mahdollisia syitä ovat eläimet, kuten Kuopion kohteen pihapiirissä vapaasti elävä koira tai Tammelan kohteen viereisellä pellolla laiduntavat hevoset.

Suodatinmassojen hygieniatuloksissa on nähtävissä selvä ero vasta käytöstä poistettujen ja pidempään käyttämättöminä olleiden puhdistamojen massojen kesken. Seuraavassa kuvassa on esitetty eri indikaattoriorganismien keskimääräinen esiintyminen suodattavissa massoissa. Kohteen nimen viereen on merkitty, kuinka kauan se on ollut käyttämättömänä ennen näytteiden ottoa. Kuvaajaa tulkittaessa on huomattava pystyakselin logaritminen asteikko.

Kuva 23. Indikaattoriorganismien esiintyminen eri ikäisissä suodatinmassoissa.



Yksittäisen näytteenoton ja käsittelyn aiheuttaman virheen vaikutusten minimoimiseksi indikaattoriorganismien keskimääräinen esiintyminen on laskettu puhdistamojen eri osista otetuista näytteistä eikä ole tyydytty käyttämään suoraan kokoomanäytteen tuloksia. Yleisimpiä jätevesiperäisiä taudinaiheuttajia ovat norovirukset ja kampakoliformiset bakteerit. Norovirusten parhaat indikaattorit lienevät kolifaagit. Kampakoliformisten säilymistä kuvaavat parhaiten fekaaliset koliformit ja enterokokit. Nämä indikaattorit ovat hävinneet lähes kokonaan

vuosi käytöstä poistamisen jälkeen. Sen sijaan klostridien on yleisesti todettu säilyvän maaperässä huomattavasti pidempiä aikoja kestävästi itiömuodon ansiosta, mikä on huomattavissa myös tutkimustuloksissa. Taudinaiheuttajien säilymistä maaperässä on käsitelty tarkemmin luvussa 2.3.1.

Tuloksista huomataan, että jo vuosi käytöstä poistamisen jälkeen pääosa indikaattoriorganismeista on hävinnyt kokonaan tai niiden pitoisuudet ovat pienentyneet huomattavasti. Tammelan suodattimen kosteuspitoisuus oli tutkituista puhdistamoista selvästi alhaisin (92,8 – 96,6 %), mikä on varmasti edesauttanut indikaattoriorganismien häviämistä. Tammelan kokoomanäytteestä kuitenkin löytyi jonkin verran eri indikaattoreita, minkä vuoksi puhdistamon maamassojen ei voida tämän tutkimuksen perusteella sanoa olevan täysin hygieniariskittömiä.

Vaikka yleisimpiä taudinaiheuttajia kuvaavat indikaattoriorganismit näyttäisivät vähenevän suodatinmassoista melko nopeasti ajan kuluessa, on huomattava, että klostridi-pitoisuudet eivät juuri pienentyneet ajan myötä, vaikka selvästi suurimmat pitoisuudet löytyivätkin vasta käytöstä poistetusta Raaseporin puhdistamosta. Myös Suomessa harvakseltaan esiintyvien loismatojen munat voivat myös hyvissä olosuhteissa selviytyä ainakin 10-12 kuukautta (Koné ym. 2007), joten mikäli suodatinmassoja käytetään esimerkiksi salaatin viljelyyn, voi niiden käsittely esimerkiksi kompostoinnalla tai kalkkistabiloinnilla olla tarpeellista, vaikka massat olisivat olleet käyttämättöminä maaperässä pitkiäkin aikoja. Tämän tutkimuksen rinnalla Itä-Suomen Yliopiston ympäristötieteen laitoksella tehtävä Pro Gradu -tutkielma keskittyy suodatinmassojen hyötykäyttöön ja siinä perehdytään paremmin massojen viljelyominaisuuksiin ja mahdollisten taudinaiheuttajien siirtymiseen viljeltäviin kasveihin.

Muiden luvussa 2.3.3. esitettyjen suodatinmassojen loppusijoitusvaihtoehtojen toteuttamiseen ei suodatinmassojen hygienialla ole juurikaan merkitystä, kunhan massojen sijoittamisessa huomioidaan aina välittömän kontaktin ja talousvesikaivojen saastumisen aiheuttama riski.

4.4. Raskasmetallipitoisuudet

Tässä luvussa on esitelty suodatinmassojen alkuaineanalyysin tutkimustulokset ja pohdittu niiden merkitystä suodatinmassojen käytölle ja loppusijoittamiselle. Alla olevassa taulukossa on luetteloitu kaikki tutkitut alkuainepitoisuudet ja verrattu niitä lietteen viljelykäytölle asetettuihin rajoihin, joita tulee kuitenkin tarkastella vain viitteellisinä.

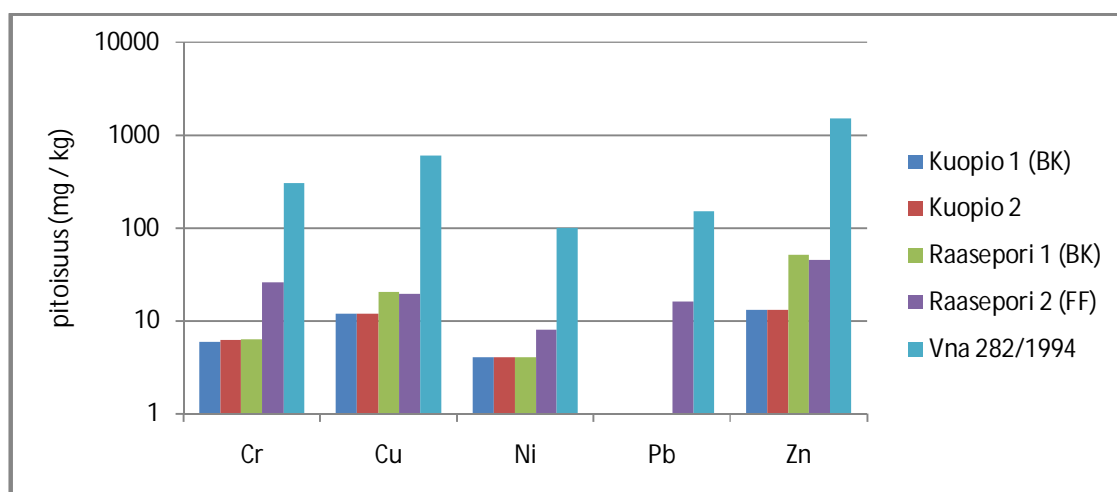
Taulukko 16. Raskasmetallitutkimusten tulokset. (Labtium OY, liite 2)

	Kuopio	Kuopio	Raasepori	Raasepori	Vna 282/1994 (1)	
	Biokerros L10112119 (2)	Suodatinhiekkä L10112120 (2)	Biokerros L10137095 (2)	Fosfilit L10137096 (2)	mukaiset raja-arvot [mg/kg]	
	[mg / kg]	[mg / kg]	[mg / kg]	[mg / kg]	lietteelle	viljelymaalle
Al	3050	2580	4260	8960		
As	<5	<5	<5	<5		
B	<5	<5	<5	<5		
Ba	21,8	13,6	13,1	58,6		
Be	<0,2	<0,2	<0,2	0,36		
Ca	895	1020	1630	2430		
Cd	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3	0,5
Co	1,7	1,6	2,1	3		
Cr	5,9	4,6	6,3	25,8	300	200
Cu	11,9	5,6	20,4	19,5	600	100
Fe	4490	3300	7020	13500		
K	656	478	661	961		
Mg	1320	1060	2140	1970		
Mn	45	41	85	119		
Mo	<1	<1	<1	<1		
Na	69	70	140	300		
Ni	4	3	4	8	100	60
P	428	370	432	2260		
Pb	<5	<5	<5	16	150	60
S	188	70	431	401		
Sb	<20	<20	<20	<20		
Sr	5,4	4,2	8	25,8		
Ti	305	293	334	1950		
V	9,1	7,4	12,6	62,7		
Zn	13	9	51	45	1500	150
Hg	<0,01	<0,01	-	-	2	0,2

(1) Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä
(2) Labtium OY:n tutkimus n:o (Liite 2)

Fosfilt - massasta otetussa näytteessä on ollut poikkeuksellisen paljon titaania, rautaa ja kalsiumia, mutta nämäkin pitoisuudet ovat todennäköisesti tyypillisiä titaanioksidin valmistuksen sivutuotteena syntyneelle massalle, eivätkä ole aiheutuneet jätevesien suodattumisesta massan läpi. Kaikki otetut näytteet alittavat todella selvästi puhdistamolietteilte asetettua enimmäispitoisuudet.

Kuopion tutkimuskohteen tuloksista on huomattavissa, että biokerrokseen on kertynyt raskasmetallista riippuen 0 – 30 % suurempia pitoisuuksia kuin syvemmältä hiekasta otettuun näytteeseen. Pitoisuudet ovat kuitenkin kauttaaltaan niin pieniä, ettei tällä ole merkitystä. Raaseporin tuloksista taas nähdään, että Fosfilt-massa on sisältänyt selvästi enemmän raskasmetalleja, kuin biokerroksen hiekka, muttei kuitenkaan haitallisia määriä. Kuten edellä on todettu, suuremmat pitoisuudet voivat olla peräisin Fosfilt-massan alkuperäisestä koostumuksesta, eivätkä välttämättä jätevesistä. Alla olevassa kuvassa on esitetty lietteen maatalouskäytössä rajoitettujen raskasmetallien pitoisuudet tutkituissa näytteissä ja niille asetuk-sella säädettyt rajat. (BK = biokerros, FF = Fosfilt)

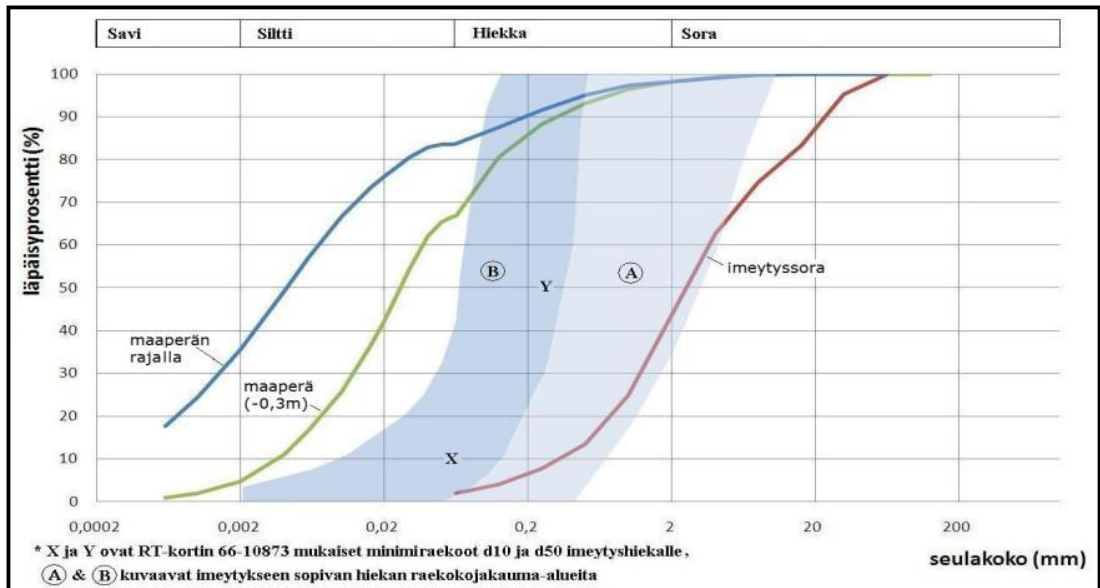


Kuva 24. Kromi-, kupari-, nikkeli-, lyijy-, ja sinkkipitoisuudet tutkituissa näytteissä.

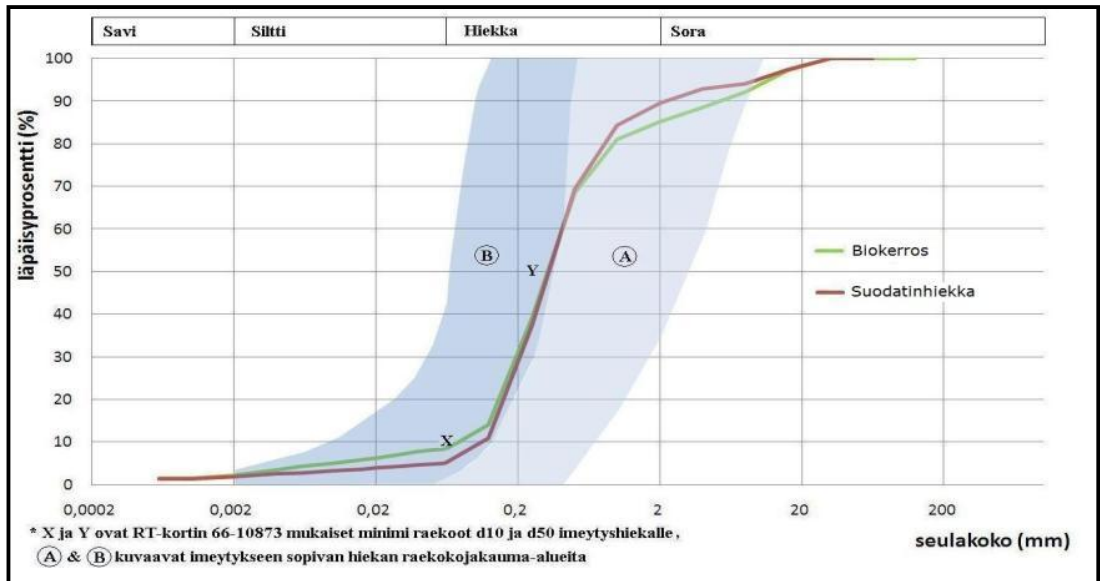
Kuvasta puuttuvat kadmiumin ja elohopean pitoisuudet, koska ne olivat kaikissa näytteissä alle määritysrajan. Kuvassa esitettyjen raskasmetallienkin osalta havaitaan, että pitoisuudet ovat kertaluokkaa pienempiä verrattuna lietteelle asetettuihin rajoihin. Kuvaa tulkittaessa tulee huomioida pysty akselin logaritminen asteikko. Suodattimien raskasmetallipitoisuudet todettiin alhaisiksi, eikä niiden voida katsoa aiheuttavan terveysriskiä edes viljelykäytössä. Vaikka raskasmetallit tutkittiin ainoastaan kahdesta maapuhdistamosta, voidaan hyvin olettaa, että koska talousjätevesien koostumus on yleensä hyvin samankaltainen, raskasmetalleja ei kerry suodatinmassoihin merkittäviä määriä kuin hyvin poikkeuksellisissa tapauksissa. Normaalisti raskasmetallipitoisuuksilla ei ole merkitystä luvussa 2.3.3. esitettyjen käyttö ja loppusijoitusvaihtoehtojen toteuttamiseen.

4.5. Raekokojakauma

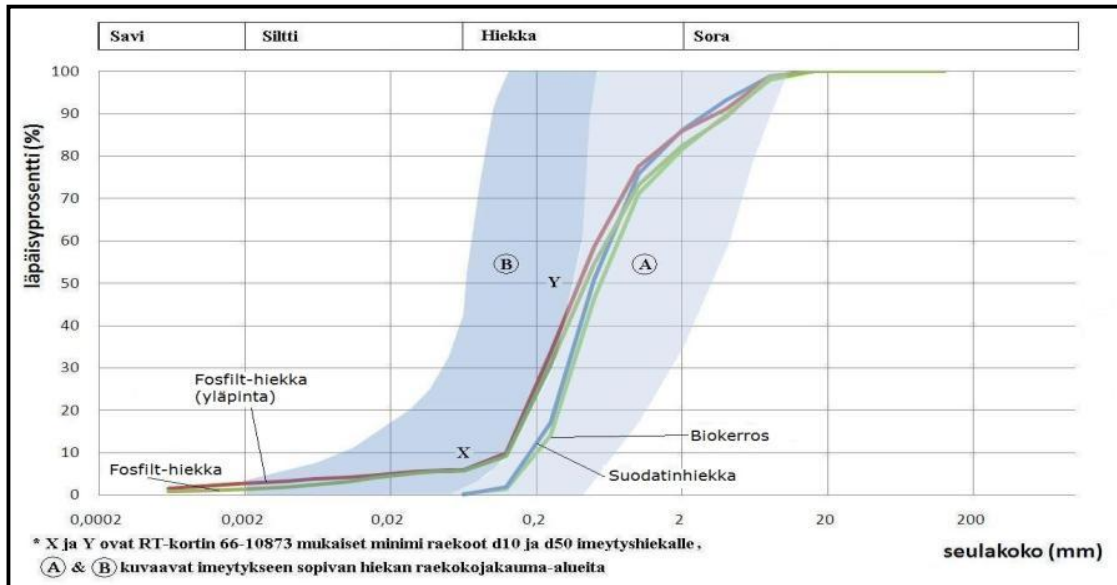
Raekokojakauman merkitys maapuhdistamojen tekniselle toiminnalle on erittäin suuri. Liian hienojakoinen maa-aines pienentää jo sinällään hydraulista kapasiteettia ja lisäksi edistää eri tukkeutumisilmiöiden voimakkuutta. Liian karkeajakoinen maa-aines taas vaikuttaa heikentävästi maapuhdistamon kykyyn poistaa jäteveden orgaanista ainetta ja ravinteita. Seuraavissa kuvissa on esitetty raekokojakauman kuvaajat kohteittain ja niiden yhteydessä on pohdittu käytettyjen maa-ainesten merkitystä puhdistamojen toiminnalle.



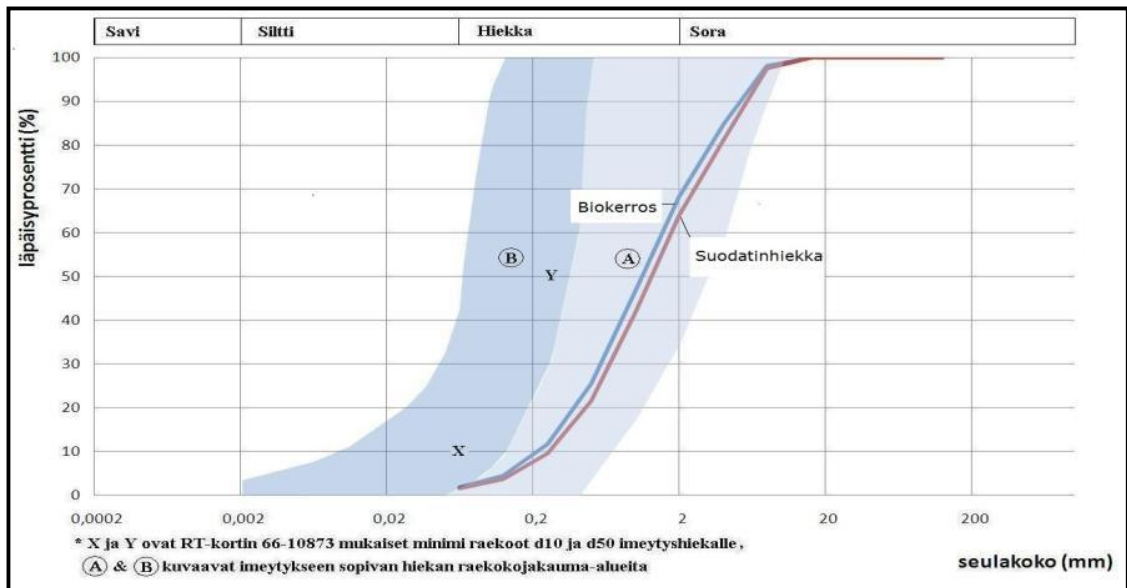
Kuva 25. Akaan maahanimeyttämön raekokojakaumat (Labtium OY, liite 2)



Kuva 26. Kuopion maasuodattamon raekokojakaumat (Labtium OY, liite 2)



Kuva 27. Raaseporin maasuodattamon raekokojakaumat (Labtium OY, liite 2)



Kuva 28. Tammelan maasuodattamon raekokojakaumat (Labtium OY, liite 2)

Akaan maahanimeyttämön tukkeutumisongelmien syyksi epäiltiin jo koekuopan kaivamisen yhteydessä liian hienojakoista maaperää, ja raekokojakauman tulokset vahvistavat, että maahanimeyttämö oli rakennettu tarkoitukseen sopimattomaan paikkaan. Putken ympärillä käytetty hiekkainen sora oli raekooltaan jokseenkin kelpollista toimimaan jakokerroksena, vaikka nykyään tähän tarkoitukseen suositellaankin 16 – 32 mm sepeliä. Sen sijaan heti soran alla luontainen maaperä on erittäin hienojakoista ainesta ja geologiselta luokituksel-

taan siltistä savea. Hieman alempana (30 cm) maaperä oli hiekkaista silttiä, joka sekin olisi ollut vedenläpäisevyydeltään liian tiivistä imeyttämön pitkäkestoiselle toiminnalle.

Kuopion maasuodattamossa käytetty suodatinhiekkä vastasi raekooltaan hyvin imeyttämöille laadittuja suosituksia, vaikka onkin osittain alueen B puolella. Biokerroksen ja syvempää suodatinhiekkasta otetun näytteen välillä ei ole merkittäviä eroja. Voi olla, että biokerroksen hieman suurempi hienoainepitoisuus johtuu jakokerroksen sepelistä irronneesta hienoaineksesta tai biologisen aktiivisuuden seurauksena tapahtuvasta rapautumisesta, mutta yhtä hyvin kyseessä voi olla normaali hiekan koostumuksen vaihtelu. Asian tarkempi tutkiminen vaatisi huomattavan määrän lisänäytteitä.

Raaseporin tutkimuskohteessa käytettävän suodatinhiekan raekokojakauma oli määritetty tarkasti puhdistamon suunnitelmassa. Suodatinhiekkä vaikuttikin raekooltaan sopivalta, mutta alempana suodatinpatjassa käytetty Fosfilt-hiekkä-seos sisälsi jonkin verran hienoainesta. Mikäli Fosfilt-massaa olisi käytetty ilman hiekkaan sekoittamista, olisi tämän kerroksen raekokojakauma ollut tietenkin entistä enemmän hienoainesta sisältävä. Tiedetään, että jo pieni määrä hienoainesta vaikuttaa selvästi maa-aineksen vedenläpäisevyyteen ja onkin ilmeistä, että hiekkä-Fosfilt-kerroksen vedenläpäisevyys on rajoittanut alusta alkaen puhdistamon hydraulista kapasiteettia. Lisäksi sen sisältämä hienoainesta on osaltaan lisännyt kerroksen biologista tukkeutumista. Fosfilt-hiekkä-seoksesta havaittiinkin suhteessa muihin tutkittuihin näytteisiin erittäin korkeita orgaanisen aineen pitoisuuksia (luku 4.1). Fosfilt-massan alkuperäisestä raekokojakaumasta ei ole tietoa, mutta on melko epätodennäköistä, että siinä olisi tapahtunut suuria muutoksia käytön aikana. Raekokojakauman muutokseen vaikuttavia tekijöitä olisivat voineet olla rapautuminen kemiallisen ja biologisen toiminnan seurauksena tai hienoaineksen kasautuminen.

Tammelán maapuhdistamon suodatinhiekan raekokojakauma oli täysin suositusten mukainen. Se oli käytetyistä suodatinhiekoista karkeinta, mutta jakauma on kuitenkin selvästi suositusalueella. Tämän perusteella maasuodattamon hydraulinen kapasiteetti on ollut pinta-alaan nähden erinomainen ja puhdistamolla olisi ollut hyvät edellytykset toimia mitoitusvirtaamallaan pitkäkestoisessa käytössä. Luvussa 4.2 esiteltyt ravinnepitoisuuksien analyysit osoittivat lisäksi, että suodatinhiekkä satoi karkeudestaan huolimatta erinomaisesti fosforia. Syy tähän lienee hiekan kemiallisessa koostumuksessa ja hyvissä adsorptioolosuhteissa.

4.6. Näytteitä otettaessa tehtyjä havaintoja ja puhdistamojen hydraulinen toiminta

Tässä luvussa on kerrottu keskeisistä näytteenoton yhteydessä tehdyistä havainnoista ja pohdittu puhdistamojen hydraulista toimintaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lisää kuvia näytteenottokuoppien kaivamisesta ja maapuhdistamoista yleensä liitteessä 2.

4.6.1. Akaa

Akaan näytteenotto suoritettiin järjestelmän saneerauksen yhteydessä. Koska uusi maasuodattamo rakennettiin hieman eri kohtaan, päästiin rakennustöiden yhteydessä näkemään maaperän rakennetta hieman laajemmalla alueella kuin pelkästään koekuopasta. Tontin omistajan mukaan imeyttämö rakennettiin moreenimaahan, mutta kuten luvussa 4.4. esitellyt raekokojakauman tutkimukset osoittavat, imeyttämön kohdalla oli ensin savimaata ja vasta hieman alempana silttiä. Uuden puhdistamon rakentamisen yhteydessä kävi ilmi, että rinteen maaperä oli pinnasta savinen, mutta muuttui syvemmälle edetessä vähitellen moreenimaaksi. Voikin olla, että mikäli imeyttämöä tehtäessä tämä olisi havaittu ja kaivettu imeytyspinta hieman syvemmälle, olisi puhdistamon käyttöikä voinut olla huomattavasti pidempi. Alla olevassa kuvassa näkyy maaperän savista pintakerrosta noin 20 metrin päässä vanhasta imeytysputkesta.



Kuva 29. Akaan tutkimuskohteen maaperää uuden maasuodattamon kaivannossa.

Väärä imeytyspaikka ei kuitenkaan ollut ainoa maahanimeyttämöä rakennettaessa tehty virhe. Näytteenottokuoppaa kaivettaessa tuli ilmi, että jakoputki kulki suoraan rinteiden korkeuskäyrien vastaisesti, toisin kuin yleisesti suositellaan. Lisäksi putken kaltevuudeksi mitattiin 10 cm / m, mikä on 10-20-kertaisesti nykyisiin rakennusohjeisiin nähden. Tämän vuoksi pääosa vedestä on todennäköisesti valunut putken päähän asti, jolloin pienelle alueelle on kohdistunut huomattavan suuri kuorma. Putken pää olikin suunnilleen siinä paikassa, jossa pintapurkautumista oli eniten havaittu. Käytössä ollut sisäpinnalta aallotettu salaojaputki on herkempi tukkeutumaan, kuin nykyisin käytettävät sisäpinnalta sileät, suurempi reikäiset imeytysputket.

Akaan maahanimeyttämö on hyvä esimerkki heikosti suunnitellusta ja toteutetusta maapuhdistamosta. Se toimi aikansa, mutta jo pian käyttöönoton jälkeen suunnitteluvirheet johtivat haju- ja hygieniahaittoihin pihapiirissä. Käyttöä on jatkettu useita vuosia ongelmien ilmaantumisen jälkeen, mutta lopulta huonosti toimiva puhdistamo on jouduttu hylkäämään. On ilmeistä, että heikon hydraulisen toimintakyvyn lisäksi myös puhdistamon puhdistuskyky on ollut erittäin puutteellinen.

4.6.2. Kuopio

Kuopion maasuodattamon näytekuoppaa kaivaessa näytti lähes siltä, kuin oltaisiin avaa-massa käyttämätöntä maasuodattamaa. Ainoastaan suodatinhiekkakerroksen tarkempi tarkastelu paljasti, että sen pintaan oli kertynyt noin 5 cm paksuinen biokerros. Käyttämättömän näköiset suodatinkerrokset voivat johtua ainakin osittain viisiosaisesta saostuksesta, joka on voinut vähentää kenttään tulevan kiintoaineen määrää. Toisaalta kenttä oli ehtinyt myös olla jo noin 3 vuotta poissa käytöstä.

Maasuodattamo rajoittui toiselta sivultaan rinteeseen, jonka reunassa pintapurkautumista oli havaittu. Koekuoppaa kaivettaessa havaittiin, että muovieriste jatkui sivuilla ainoastaan juuri imeytysputkien tasolle. Koska varsinainen biokerroksen tukkeutuminen ei näyttänyt todennäköiseltä koekuopan visuaalisen tarkastelun, eikä luvussa 4.1 esiteltyjen tutkimustulosten perusteella, voidaan olettaa, että pintapurkautuminen on aiheutunut ennemminkin rakennevirheestä, kuin tukkeutumisesta. Kun suodattamoon on tilapäisesti kohdistunut normaalia päivittäistä kuormaa suurempi hydraulinen kuorma, voi olla, että pienikin patoutuminen biokerroksen päällä on johtanut vesien vuotamiseen muovieristeen yli ja purkautumiseen rinteiden sivusta. Tämä olisi mahdollisesti voitu välttää, mikäli puhdistamo olisi rakennettu hieman kauemmas rinteestä ja yhtenäistä muovieristettä olisi jatkettu lähemmäksi kentän pintatasoa. Maasuodattamo on kuitenkin kyennyt suodattamaan pääosan käsittelyyn johdetusta vedestä ja sen puhdistuskyky on todennäköisesti vastannut vähintään keskimääräistä maasuodattamaa tehokkaan esikäsittelyn vuoksi. Puhdistamo oli selvästi

ammattilaisten suunnittelema ja toteuttama ja nykyaikaisten rakennusohjeiden mukainen lukuun ottamatta pintapurkautumiseen johtanutta virhettä.

4.6.3. Raasepori

Raaseporin maasuodatin oli näytteenottoa aloittaessa jo osittain purettu. In-Drän modulit oli poistettu kentän päältä, mutta niiden alainen imeytyspinta oli säästetty ehjänä näytteenottoa varten. Tilanne ennen näytteenoton aloittamista on esitetty seuraavassa kuvassa.

Kuva 30. Raaseporin maasuodatin valmiina näytteenoton aloittamista varten.



Kuvasta näkyy hyvin, miten In-Drän modulien alla oleva imeytyspinta on tukkeutunut aivan tummaksi. Tämä tumma pintakerros oli vajaan kymmenen senttimetrin paksuinen. Tämän pintakerroksen alla puhdistamon hiekka oli jokseenkin ympäröivän hiekan väristä, mutta selvästi kosteaa. Kun suodatinhiekkaa kaivettiin näytteenoton edetessä varovasti kaivinkoneella, päästiin lopulta hiekan ja Fosfilt-hiekka-seoksen rajapinnalle, jossa sijaittivat myös erilliset tuuletusputket. Fosfilt-hiekka-seoksen yläpinta oli selvästi rajoittanut veden kulkua suodattimessa ja maa-aines vaikutti olevan lähes täysin kyllästynyttä. Tämä ilmenee hyvin myös seuraavasta kuvasta, jossa näkyy vedellä täyttynyt tuuletusputki.

Kuva 31. Raaseporin maasuodattimen tuuletusputki Fosfilt-hiekka-kerroksen yläpinnalla.



Raaseporin maasuodatin oli huolellisesti suunniteltu ja toteutettu puhdistamo, mutta olosuhteiden muuttuessa sitä on jouduttu käyttämään huomattavasti suunniteltua suuremmalla hydraulisella kuormalla. Lisäksi Fosfilt-massan ominaisuudet ja merkitys puhdistamon toiminnalle pitkäaikaisessa käytössä eivät ole olleet riittävän hyvin tiedossa ja se on alentanut puhdistamon hydraulista kapasiteettia huomattavasti. Näiden tekijöiden takia puhdistamo on osoittautunut käyttökohteeseensa riittämättömäksi ja tukkeutunut lopulta erittäin voimakkaasti. Fosfilt-massaa ei enää nykyään ole saatavilla, mutta vastaavia tuotteita on markkinoilla.

4.6.4. Tammela

Tammelan maapuhdistamon näytteenotto sujui erittäin suoraviivaisesti ilman minkäänlaisia yllätyksiä. Kyseessä oli vain muutamia vuosia käytössä ollut ja mitoitusvirtaamaansa pienemmällä kuormalla käytetty puhdistamo ja jonka rakenne oli täysin rakennepiirustusten mukainen. Suodatinhiekan yläpintaan oli muodostunut selkeä noin 5 cm paksu biokerros ja sen alla suodatinhiekkä oli visuaalisesti tarkasteltuna melko homogeenista. Alla olevasta kuvasta tulee hyvin ilmi puhdistamon suodatinkerrosten rakenne ja hyvin toteutettu eristys, jonka lisäksi puhdistamon päälle oli kasattu huomattava määrä täytemaata routasuojaksi.

Kuva 32. Tammelan maasuodattamon näytteenottokuopan sivua.



Tammelan maapuhdistamo oli tutkimuskohteista ainoa, jossa ei ollut havaittu toiminnallisia häiriöitä. Sen merkitys tutkimukselle oli lähinnä toimia vertailukohtana ja tuottaa lisää tietoa käytettyjen suodatinmassojen koostumuksesta. Puhdistamo oli suoriutunut ainakin siihen kohdistusta hieman suunniteltua alhaisemmasta hydraulisesta kuormasta erinomaisesti. Suodatinhiekan karkeahkosta rakenteesta huolimatta se satoi erittäin hyvin fosforia ja puhdistamoon oli kehittynyt vahva biokerros, joka on mahdollistanut hyvän puhdistustuloksen.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tukkeutumisongelmien yleisimmät syyt ovat erilaiset suunnittelu- ja rakennusvirheet sekä puutteellisesti toteutetut huolto- ja ylläpitotoimenpiteet. Kiinteistönomistajien sitouttaminen jätevesijärjestelmien ylläpitoon ja huoltoon on erittäin vaikeaa. Vaikka maapuhdistamojen huoltokustannukset ovat yleensä laitepuhdistamoja pienemmät, ne vaativat yhtälailla säännöllistä toiminnan tarkkailua ja huoltoa. Tärkein huoltotoimenpide on saostussäiliöiden säännöllinen tyhjentäminen, jonka tarkoituksena on estää kiintoaineen ja rasvan karkaaminen maapuhdistamoon. Lähtökohtaisesti huollon suunnittelu on jätevesisuunnittelijan tehtävä. Yleensä maapuhdistamojen huollon toimeenpano jätetään kokonaisuudessaan kiinteistönomistajan vastuulle ja jätevesisuunnitelmassa lähinnä mainitaan tarvittavat huoltotoimenpiteet. Laitepuhdistamojen yhteydessä markkinoitavat huoltosopimukset tulisi tuoda yhtälailla tarjolle myös maapuhdistamoja rakennettaessa. Saostuskaivojen tyhjennystä tarjoavien yritysten tulisi yleisemmin tarjota lisäpalveluna puhdistamojen tarkastusta ja huuh-telupalveluja.

Pelkkä huollon ja ylläpidon suunnittelu ei kuitenkaan riitä. Kiinteistön omistajien vastuulle jäävä vapaaehtoisuuteen perustuva huolto on osoittautunut toimimattomaksi ratkaisuksi ja mikäli pyritään siihen, että haja-asutuksen jätevesiasetuksen toteuttamiseksi rakennettavat uudet maapuhdistamot pysyvät toimintakäytössä myös tulevaisuudessa, tarvitaan säännöllistä huollon ja ylläpidon tarkkailua. Koska resursseja jatkuvaan valvontaan ei ole, tulisi huolto- ja ylläpitotoimenpiteistä vaatia pidettäväksi kirjaa, joka säilytetään jätevesiselvityksen yhteydessä ja esitetään pyydettyä. Tämän kaltaista menettelyä on esittänyt aikaisemmin ainakin Mattila (2010).

Nykyisten rakennusohjeiden pohjalta suunniteltu ja toteutettu tavanomainen maapuhdistamo pystyy suoriutumaan mitoitusvirtaamista yli 20 vuoden käyttöajan ajan, mikäli siihen johdetaan riittävän hyvin esikäsiteltyä vettä ja tarvittavat huoltotoimenpiteet suoritetaan ajallaan. Erilaisten fosforinpoistonmenetelmien vaikutus maapuhdistamojen toimintaan tunnetaan sen sijaan huonosti. Tutkimuksessa havaittiin suodattamon sisällä käytetyn Fosfilt-massan heikentäneen merkittävästi Raaseporissa tutkitun maasuodattimen hydraulista kapasiteettia. Raekokojakauman perusteella Fosfilt-massan vedenläpäisevyys on huomattavasti suodatinhiekkaa heikompi ja sen sisältämät rauta- ja alumiiniyhdisteet voivat aiheuttaa

fosforin pidättymisen ohella orgaanisen aineen saostumista. Myös fosforin esisaostus voi vaikuttaa heikentävästi maapuhdistamon hydrauliseen kapasiteettiin, mikäli osa saostumisesta tapahtuukin vasta esikäsitteilyn jälkeen. Riskinä on, että maapuhdistamoissa on törmätty laitepuhdistamoille ominaiseen ongelmaan – tiukempiin puhdistusvaatimuksiin pyritäessä puhdistamojen tekninen toimintavarmuus heikkenee.

Tämän tutkimuksen kokeellisen osan otoskoko oli pieni, eikä neljän tutkitun kohteen pohjalta tule tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Akaassa tutkitun maahanimeyttämön tukkeutumisongelman syyksi ilmeni imeyttämiseen sopimaton savinen maaperä eli väärän imeytyspaikan valinta. Kuopiossa tutkitussa maasuodattamossa havaittu pintapurkautuminen taas johtui siitä, että puhdistamo oli rakennettu rinteeseen ja vesitiivis muovieriste loppui heti imeytyspinnan yläpuolelle, minkä seurauksena vettä karkasi sen yli. Akaan kohteen kaltaiset karkeat suunnitteluvirheet ovat helposti vältettävissä asiantuntevan suunnittelijan käytöllä, mutta Kuopion tapauksessa kyse lienee enemmänkin rakennusvaiheessa tapahtuneesta soveltamisesta, joka tässä tapauksessa aiheutti vain lievän ongelman, koska puhdistamo pystyi kuitenkin vastaanottamaan valtaosan siihen johdetusta vedestä.

Käytöstä poistettujen suodatinmassojen koostumuksen tutkimuksissa selvisi, että massat sisältävät vain kohtuullisen pieniä määriä typpeä (0,1 – 1,6 g / kg) verrattuna maaperästä tutkittuihin näytteisiin (1,1 – 2,7 g / kg). Fosforin pitoisuudet vaihtelivat välillä 68 – 253 mg / kg ja sen sitoutuminen vaikuttaisi vaihtelevan suodatinhiekan ominaisuuksista riippuen. Orgaanisen aineen pitoisuus oli yleensä suurimmillaan imeytyspinnan biokerroksessa vaihteluvälin ollessa 0,8 – 3,7 %. Selvästi suurimmat pitoisuudet löytyivät kuitenkin Raaseporin tutkimuskohteesta käytetystä Fosfilt-hiekka-seoksesta, mikä johtunee osittain saostumisesta ja osittain liian hienojakoisen suodatinmateriaalin edistämästä biologisesta tukkeutumisesta. Suodatinmassojen pH vaihteli välillä 4,4 – 7,5 ja sähkönjohtavuus välillä 24 – 304 $\mu\text{S} / \text{cm}$.

Raskasmetallipitoisuuksia tutkittiin Kuopion tutkimuskohteen kiinteistökohtaisesta maasuodattamosta ja Raaseporissa sijaitsevasta toimintakeskuksen maasuodattamosta. Suodatinmassoista ei löytynyt merkittäviä pitoisuuksia mitään raskasmetalleja. Yleisesti haitalliseksi arvioitujen raskasmetallien pitoisuudet olivat vähintään kertaluokkaa lietteen viljelykäytölle asetettuja raja-arvoja pienempiä. Raskasmetalleilla ei ole merkitystä kotitalouksien tai vastaavien kohteiden käytöstä poistettujen suodatinmassojen käyttöön tai sijoitukseen kuin korkeintaan poikkeustapauksissa. Erikseen harkittavia tapauksia voivat olla esimerkiksi kampaamotoiminta tai metallipajat kiinteistön yhteydessä. Suodatinmassojen hygieniatutkimuksissa havaittiin selkeä ulosteperäisen saastumisen indikaattoriorganismien väheneminen ajan suhteen puhdistamon käytöstä poistamisen jälkeen. Tammelan kohteessa jo reilu vuosi käytön lopettamisen jälkeen indikaattoriorganismien pitoisuudet olivat laske-

neet murto-osaan vasta käytöstä poistettuihin puhdistamoihin verrattuna. Ainoastaan klostriidien määrän havaittiin pysyvän huomattavana pitkiäkin aikoja käytön jälkeen.

Käytöstä poistetut suodatinmassat voivat mahdollisesti sisältää pieniä määriä monenlaisia kotitalouskemikaaleista ja lääkkeistä peräisin olevia orgaanisia haitta-aineita. Valtavan yhdistemäärän vuoksi tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista tutkia niiden pidättymistä suodatinmassoihin. On kuitenkin epätodennäköistä, että niiden pitoisuuksilla olisi suurta merkitystä käytettyjen massojen käyttö- ja sijoitusmahdollisuuksiin.

On toistaiseksi määrittelemättä, voidaanko maapuhdistamojen suodattavat massat käsittää sakokaivolietteen tavoin jätelain pykälän 10 mukaisiksi asumisessa syntyviksi jätteiksi. Näin ollen ei ole täysin selvää voidaanko jätelakia soveltaa käytöstä poistetun maasuodattamon suodatinmassoihin. Kysymyksestä tulee entistä hankalampi, jos ajatellaan suljetun maasuodattamorakenteen sijaan perinteistä maahanimeyttämöä. Tämän kaltainen määrittely asettaisi kunnan velvollisuudeksi huolehtia käytöstä poistettujen maasuodatinmassojen kuljetuksesta ja asettaisi kyseenalaiseksi myös suositukset jättää käytettyjä suodatinmassoja maaperään. Tämän vuoksi olisi suositeltavaa käsitellä maasuodatinmassoja tässä yhteydessä erillisenä jätelajina. Suodatinmassojen luokittelulle ongelmajätteeksi ei tämän tutkimuksen tulosten mukaan perusteita.

Tämän opinnäytetyön kirjallisuusselvityksen ja tutkimustulosten pohjalta ensisijaisena vaihtoehtona käytettyjen suodatinmassojen sijoittamisessa on pidettävä niiden jättämistä maaperään. Näin voidaan menetellä, mikäli puhdistamo ei aiheuta riskiä juomavesilähteiden saastumisesta, eikä maankäyttö edellytä massojen siirtämistä. Tässä tapauksessa käytöstä poistetun maapuhdistamon sijainti on ehdottomasti merkittävä kiinteistön jätevesiselvitykseen. Mikäli maamassat on poistettava maaperästä, voidaan ne harvaan asutulla seudulla sijoittaa paikallisesti esimerkiksi metsään tai niityille riittävän kauaksi vesistöistä ravinteiden kulkeutumisen ehkäisemiseksi. Vastikään käytöstä poistettujen massojen sijoittamista juomavesilähteiden läheisyyteen ja pihapiireihin on syytä välttää hygieniariskin vuoksi. Suoran kontaktin riski on suurin lapsille ja mahdollisesti myös aikuisille esimerkiksi puutarhatöiden yhteydessä. Kysyntä suodatinmassojen kaatopaikkasijoittamiselle vaikuttaisi toistaiseksi olevan vähäistä ja kaatopaikkojen halukkuus ottaa massoja vastaan vaihtelee suuresti. Joissain tapauksissa kaatopaikkasijoittaminen voi kuitenkin olla välttämätöntä ja tarve tulla lisääntymään puhdistamojen saneeraustarpeen vuoksi. Suodatinmassat, joista on ensin poistettu muoviputket ja muut sekajätteisiin kuuluvat jätefraktiot, soveltuvat erinomaisesti kaatopaikan maanrakennustöihin ja täyttömaaksi, minkä vuoksi kaatopaikkoja tulisi pikaisesti ohjeistaa niiden vastaanottamisesta ja käytöstä. Koska massat eivät aiheuta kaatopaikoille erityisiä kuluja, vaan soveltuvat hyvin erilaisiin käyttökohteisiin, voidaan kyseenalaistaa niistä perittävät maksut varsinkin, kun vastaanotettavat määrät ovat suhteel-

lisen pieniä. Kaatopaikat voisivatkin mahdollisesti ottaa yksittäisten kotitalouksien suodatinmassoja vastaan ilman erillismaksua.

Käytettyjen suodatinmassojen hyödyntämisestä viljelykäytössä on tekeillä Pro Gradu- tutkielma Itä-Suomen Yliopiston ympäristötieteen laitoksella. Työ on tehty rinnan tämän opinnäytteen kanssa ja siinä syvennyttään tarkemmin suodatinmassojen viljelyominaisuuksiin ja taudinaiheuttajien mahdolliseen siirtymiseen viljeltäviin kasveihin. On kuitenkin huomattava, että suodatinmassojen määrä on kohtuullisen pieni ja levitettynä suurelle peltopinta-alalle yksittäisen puhdistamon massoilla on tuskin juuri käytännön merkitystä. Tämä koskee niin mahdollisesti saavutettavia hyötyjä, kuin myös riskitekijöitä. Maasuodattamomassojen hyötykäyttöarvoa voitaisiin mahdollisesti parantaa in-situ-käsittelyllä, jossa maasuodattamon läpi johdettaisiin käytön loputtua esimerkiksi veteen liuotettua kalkkia, jolloin korkea pH neutraloisi tehokkaasti taudinaiheuttajia ja parantaisi massojen ominaisuuksia maanparannusaineina. Ongelmaksi voi koitua esimerkiksi sidotun fosforin karkkaaminen pH-muutoksen takia. Käsittelyn paras mahdollinen tekninen toteutus vaatiikin lisätutkimuksia. Muita jatkotutkimustarpeita ovat käytöstä poistettujen suodatinmassojen sisältämien orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet, sekä erilaisten suodatinkenttään sijoitettavien fosforinpoistomassojen, kuten biotiitin, vaikutus puhdistamon hydrauliseen toimintaan. Myös fosforin esisaostamisen vaikutusta maapuhdistamojen toimintaan ja käyttöikään olisi syytä selvittää tarkemmin.

6. LÄHTEET

Airaksinen, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu. Kustannus osakeyhtiö Pohjoinen. 248 s.

Allison, L. E. 1947. Effect of microorganisms on permeability of soil under prolonged submergence. *Soil Sci*, Vol 63. pp. 439-450.

Avloppsvatteninfiltration. 1985. Stockholm. Naturvårdsverket. 146 s.

Bouma, J. 1975. Unsaturated flow during soil treatment of septic-tank effluent. *Journal of the Environmental Engineering*, Vol 101. pp. 967-983.

Christiansen, J. E. 1944. Effect of entrapped air on the permeability of soils. *Soil Sci*, Vol 58. p. 355-365.

Christiansen, J. E. 1947. Some permeability characteristics of saline and alkali soil. *Agr Eng*, Vol 28. pp. 147-150.

Gerba, C. P., Wallis, C., Melnick, J.L. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in soil. *J.Irrig. Drain. Div. ASCE* 101: IR3. pp. 157-174.

Hansen, E.C., Mansel, R.S. 1986. Simulated unsaturated-saturated water flow from a septic tank drain to groundwater. *Soil and Crop Science Society of Florida* 45, 21-2.

Hellsten, A. 2010. Tulosraportti – Maapuhdistamoiden suodatinmassojen hygienia ja hyödyntäminen. Kuopio 2010. Itä-Suomen yliopisto, ympäristötieteen laitos. 11 s.

Hillel, D. 1971. *Soil and water. Physical principles and processes*. New York. Academic Press.

Janni, K.A., Nye, J.C., Jones, D.D., , Krutz, G.W., Yahner, J.E. 1980. Finite element analysis of effluent flow from subsurface sewage disposal fields. *Trans-ASAE* 23. pp. 336-342.

Huntzinger Beach, D.N., McCray, J.E. 2003. Numerical modeling of unsaturated flow in wastewater soil absorption systems. *Ground Water Monitoring and Remediation* 23, no2, spring 2003. pp. 64-72.

Insinööritoimisto Paavo Ristola – ympäristölaboratorio. 2004 - 2006. 3 kpl tutkimustodistuksia: Riihivalkaman pienpuhdistamo, Tammela.

Jätelaki 3.12.1993/1072. Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/lains/index.html>

Leverenz, H. L., Tchobanoglous, G. & Darby, J. L. 2008. Clogging in intermittently dosed sand filters used for wastewater treatment. *Water research* 43 (2009). pp. 695-907.

Koné, D., Cofie, O., Zurbrügg, C., Gallizzi, K., Moser, D., Drescher, S., Strauss, M. 2007. Helminth eggs inactivation efficiency by faecal sludge dewatering and co-composting in tropical climates. *Water Research Volume* 41, Issue 19, November 2007. pp. 4397-4402.

Kujala-Räty K., Mattila H. & Santala E. (toim.) 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto. Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu. Hämeenlinna. Saarijärven Offset Oy. 200 s.

Kristiansen, R. 1981. Sandfilter trenches for purification of septic tank effluent. Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd.

Lannoitevalmistelaki 29.6.2006/539. Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/lains/index.html>

Mattila, H. 2010. Tkt, yliopettaja, Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu. Suullinen tiedoksianto.

MINWA -projekti. 2010. [WWW] [viitattu 3.12.2010] Selvitys suodatinmaa- ja fosforinpoistomassojen vastaanotosta Varsinais-Suomessa. Saatavissa verkossa: <http://www.minwa.info/fi/asennus-ja-huolto/selvitys-suodatinmaa-ja-fosforinpoistomassojen-vastaanotosta-varsinais-suomessa>

Mussalo-Rauhamaa, H., Jaakkola, J. J. K. 1993. Ympäristöterveyden käsikirja. Helsinki. Duodecim. 204 s.

Västra-Götaland länsstyrelse. 2009. [WWW] [viitattu 17.8.2010] Markbaserad rening: En förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov.) 80 s. Saatavissa verkossa: http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Publikationer/Rapporter/2009/2009_77.htm

McGauhey, P. H. & Krone, R. B. 1967. Soil mantle as a waste water treatment system. Final Report – SERL, Report No 67-11.

Jääskeläinen, R. 2009. Geotekniikan perusteet. 2.painos. Jyväskylä, Tammertekniikka / Amk-kustannus OY. 332 s.

Nilsson, K., Englov, P. 1979. Avloppsinfiltation. Slutrapport från forskningsprojektet Avloppsinfiltation-grundvattenpåverkan. Malmö. VIAK AB. 193 s.

Nilsson P. 1990. Infiltration of wastewater – An Applied Study on Treatment of Wastewater by Soil Infiltration. Malmö. Jour-Tryckt Printshop. 193 s.

Otis, R. J, Hargett, D. L. 1983. Suitability and hydraulic capacity of different soils. Proceedings of the International Conference on New Technology for Wastewater Treatment and Sewerage In Rural and Suburb Areas 3.-6.10.1983 Hanasaari, Finland. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikanosasto, Vesitekniikka. Tampere. s. 257-272.

Pourcher, A-M., Picard-Bonnaud, F., Ferré, V., Gosinska, A., Stan, V., Moguedet, G. 2007. Survival of faecal indicators and enteroviruses in soil after land-spreading of municipal sewage sludge. Applied Soil Ecology. Volume 35, Issue 3, March 2007. pp. 473-479

RT-kortti 66-10523. Jätevesisäiliöt ja saostuskaivot. 1993.

RT-kortti 66-10873. Talousjätevesien käsittely haja-asutusalueilla. 2006.

Santala, E. 2010. DI. Johtava asiantuntija – Suomen ympäristökeskus. Suullinen tiedoksianto.

Salokangas, S. 2001. Isojärven ranta-asutuksen kuormituskartoitus. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, ympäristösuojelutekniikan koulutusohjelma.

Schowaneck, D., Carr, R., David, H. 2004. A risk-based methodology for deriving quality standards for organic contaminants in sewage sludge for use in agricultural-Conceptual Framework. Regulatory Toxicology and Pharmacology 40(3). s. 227-251.

Siikamäki, H., Kyrönseppä, H., Jokiranta, S. 2002. Duodecim 2002;118. s. 1235–1247. Saatavissa verkossa: <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo93006.pdf>

Silfverberg, P. 1982. Jäteveden hyötykäyttö ja puhdistuminen maaperässä. Rakennushallitus raportti 2:1982. Helsinki. 180 s.

Suomen Vesienpuojeluyhdistysten Liitto ry. 2010. [WWW]. [Viitattu 11.11.2010] Opas jätevesien maailmaan – verkkosivut. Maasuodattamon käyttö- ja huolto-ohje. Saatavissa verkossa: <http://www.vesienpuojelu.fi/jatevesi/maasuodattamo.html>

Suomen ympäristökeskus. 2001. [WWW]. [Viitattu 4.11.2010]. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyn tehostaminen. Hajasampo – projektin loppuraportti. Saatavissa verkossa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=55608&lan=FI>

Suomen ympäristökeskus. 2004. [WWW] [Viitattu 4.11.2010]. Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen (Ravinnesampo). Saatavissa verkossa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11647&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus, 2008. [WWW] [Viitattu 22.11.2010]. Lietteen loppusijoitus – esiselvitys. Saatavissa verkossa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=268440&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus, 2010. [WWW] [Viitattu 4.11.2010] Puhdistamosivusto. Saatavissa verkossa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=10754&lan=fi>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2010. [WWW] [Viitattu 18.11.2010]. Vesiepidemiat. Saatavissa verkossa: http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/vesi/vesiepidemiat/

Uponor. 2010. [WWW] [Viitattu 7.1.2011]. Jäteveden puhdistamoiden järjestelmäkuvat. Saatavissa verkossa: <http://www.uponor.fi/Service-center/Lataa-tiedostoja/Jarjestelmakuvat.aspx>

Vikman, M., Kapanen, A., Itävaara, M. 2006. Orgaaniset haitta-aineet jätevesilietteissä. Vesitalous 3/2006. s. 7-10.

Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (N:o 282/ 1994) Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940282>

VNA 542/2003a. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030542>

VNA 542/2003b. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Liite 1 & 2. Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/4622.pdf>

Whitlow, R. 2001. Basic Soil Mechanics. 4 ed. Harlow, Pearson Education Ltd. 571 p.

Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86. Saatavissa verkossa: <http://www.finlex.fi/lains/index.html>

LIITTEET

Liite 1. Tutkittujen maapuhdistamojen rakennepiirroksia

Liite 2. Labtium OY:n laboratorioanalyysiraportit

Liite 3. Kuvia tutkimuskohteista

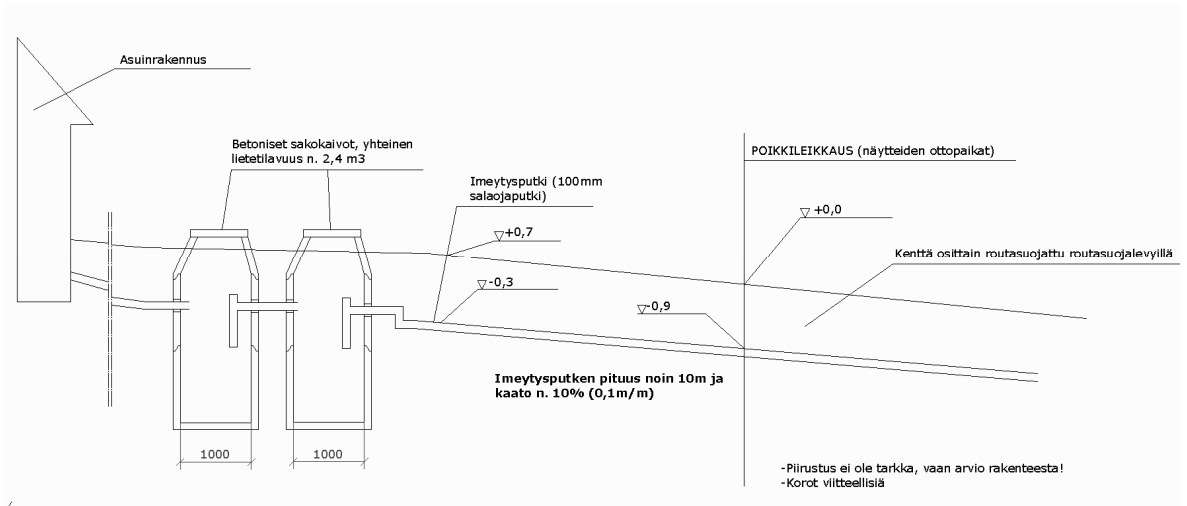
Liite 4. Fosfilt – fosforinpoistomassan tuote-esite

Liite 1. Tutkittujen maapuhdistamojen rakennepiirroksia

- 1-1 Akaan maahanimeyttämön pituuspoikkileikkaus
- 1-2 Kuopion maasuodattamon pituuspoikkileikkaus
- 1-3 Raaseporin maasuodattamon poikkileikkauspiirros
- 1-4 Raaseporin maasuodattamon asemapiirros

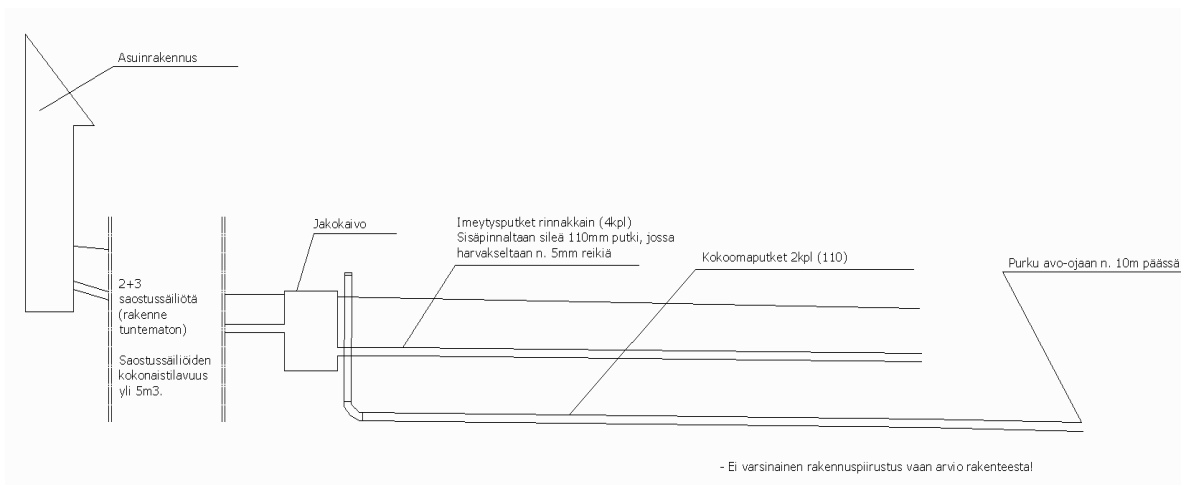
Liite 1 – 1.

Akaan maahanimeyttämön pituuspoikkileikkaus

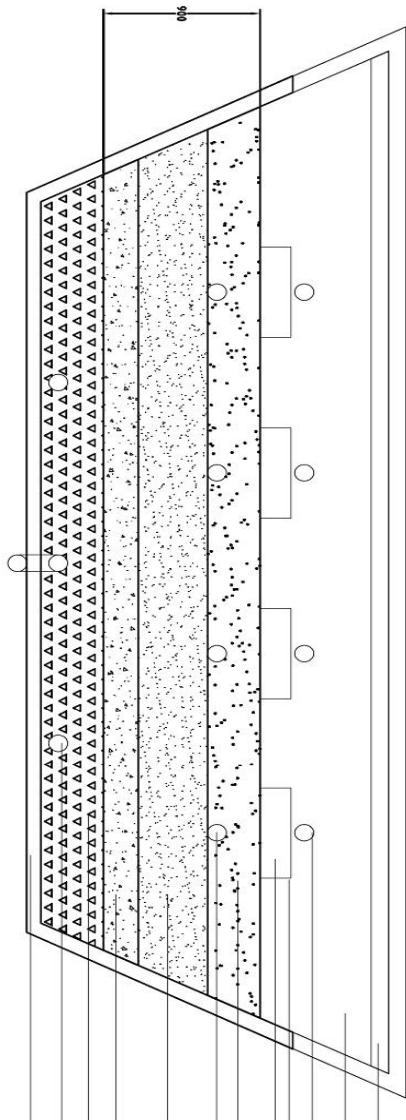


Liite 1 – 2.

Kuopion maasuodattamon pituuspoikkileikkaus



Liite 1 – 3. Raaseporin maasuodattamon alkuperäinen poikkileikkauspiirros



MAAKERROKSET TIIVISTEÄN TÄRYTEVYLLÄ TAI JYRÄLLÄ NÖN 30 CM KERROKSISSA.
MAANSIIRTOKONEELLA EI SAA LIKKUA SUODATTIMEN PÄÄLLÄ.

MAAKERROKSET TIIVISTEÄN TÄRYTEVYLLÄ TAI JYRÄLLÄ NÖN 30 CM KERROKSISSA.
MAANSIIRTOKONEELLA EI SAA LIKKUA SUODATTIMEN PÄÄLLÄ.

MULTA JA NURMETUS

TÄYTTÖMAA

IMETYSPUTKI: DN 110, PAKKALLA REHITETTY
SUODATTINKANGAS: KL2: 130 g/m²
INDRAN-LAPELLI

SUODATTINHEIKKA: RAEKOKO 0-8 MM

TUULETUSPUTKI: DN 110

FOSFIL + SUODATTINHEIKAN SEKOITUS

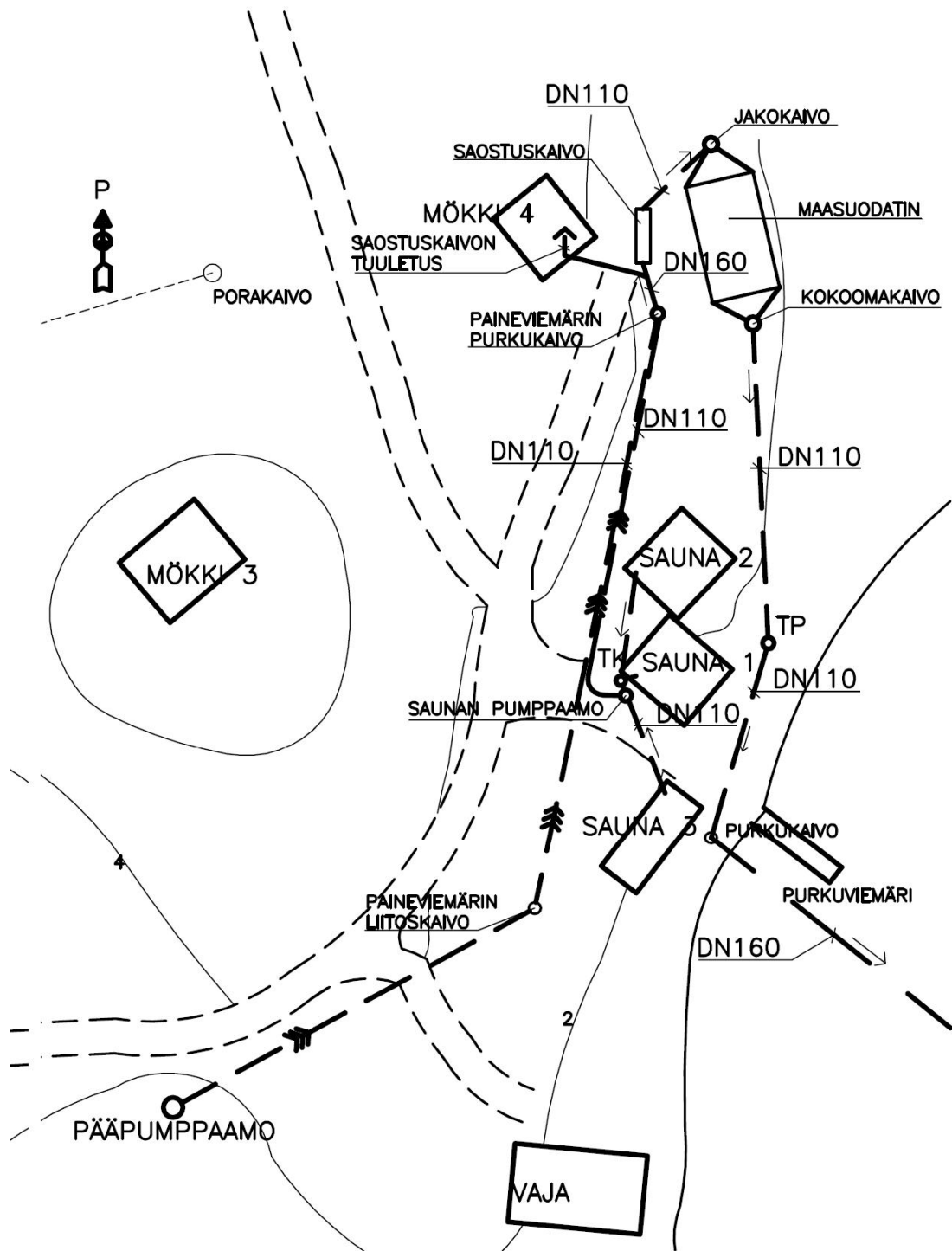
SIIRTYMAKERROS: SEPEL, RAEKOKO 4 - 8 MM

KOKOOMAKERROS: SORA TAI SEPEL, RAEKOKO 8 - 16 MM

KOKOOMAPUTKI: TUPLASALAJAPUTKI DN 117/100

VEDENERISTYS: MUUVI 2 MM, ASENNUSHIEKKA 10 CM

Liite 1 – 4 Raaseporin maasuodattimen asemapiirros (alkuperäinen)



Liite 2. Labtium OY: laboratorioanalyysiraportit

- Akaan ja Kuopion kohteiden raekokotutkimukset
 - o L10112277 (Akaa, raekoko 1)
 - o L10112278 (Akaa, raekoko 2)
 - o L10112279 (Akaa, raekoko 3)
 - o L10112280 (Kuopio, raekoko 1)
 - o L10112281 (Kuopio, raekoko 2)

- Kuopion kohteen raskasmetallitutkimukset
 - o L10112119 (Kuopio, raskasmetallit 1)
 - o L10112120 (Kuopio, raskasmetallit 2)

- Raaseporin kohteen raekoko- ja raskasmetallitutkimukset
 - o L10137091 (Raasepori, raekoko 1)
 - o L10137092 (Raasepori, raekoko 2)
 - o L10137093 (Raasepori, raekoko 3)
 - o L10137094 (Raasepori, raekoko 4)
 - o L10137095 (Raasepori, raskasmetallit 1)
 - o L10137096 (Raasepori, raskasmetallit 2)

- Tammelan kohteen raekokotutkimukset
 - o L10145126 (Tammela, raekoko 1)
 - o L10145127 (Tammela, raekoko 2)

GTK ISY Maankäyttö ja ympäristö VA 402

02.09.2010 7:34:51
KuopioHuttunen Timo
PL 1237
70211 Kuopio**ANALYYSITULOKSIA**

TILAUSNUMERO: 83153 VIITE: 4532002va402 Huttunen Timo

PROJEKTI/HANKE: VASTUUALUE: 402
NÄYTETYYPPI: Hiekka, savi NÄYTTEITÄ: 5

MENETELMÄKOODI	NÄYTTEITÄ
651	4
658	4
663S	5
666	5
902	5

Labtium Oy

Susanna Arvilommi
Laboratorioesimies

Labtium Oy

Labtium Oy

PL 57
02151 ESPOO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38289PL 1500
70211 KUOPIO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38489

MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET

Tilausnumero: 83153
Raportointipäivä: 02.09.2010 7:34:51

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 31.08.2010 - 31.08.2010

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

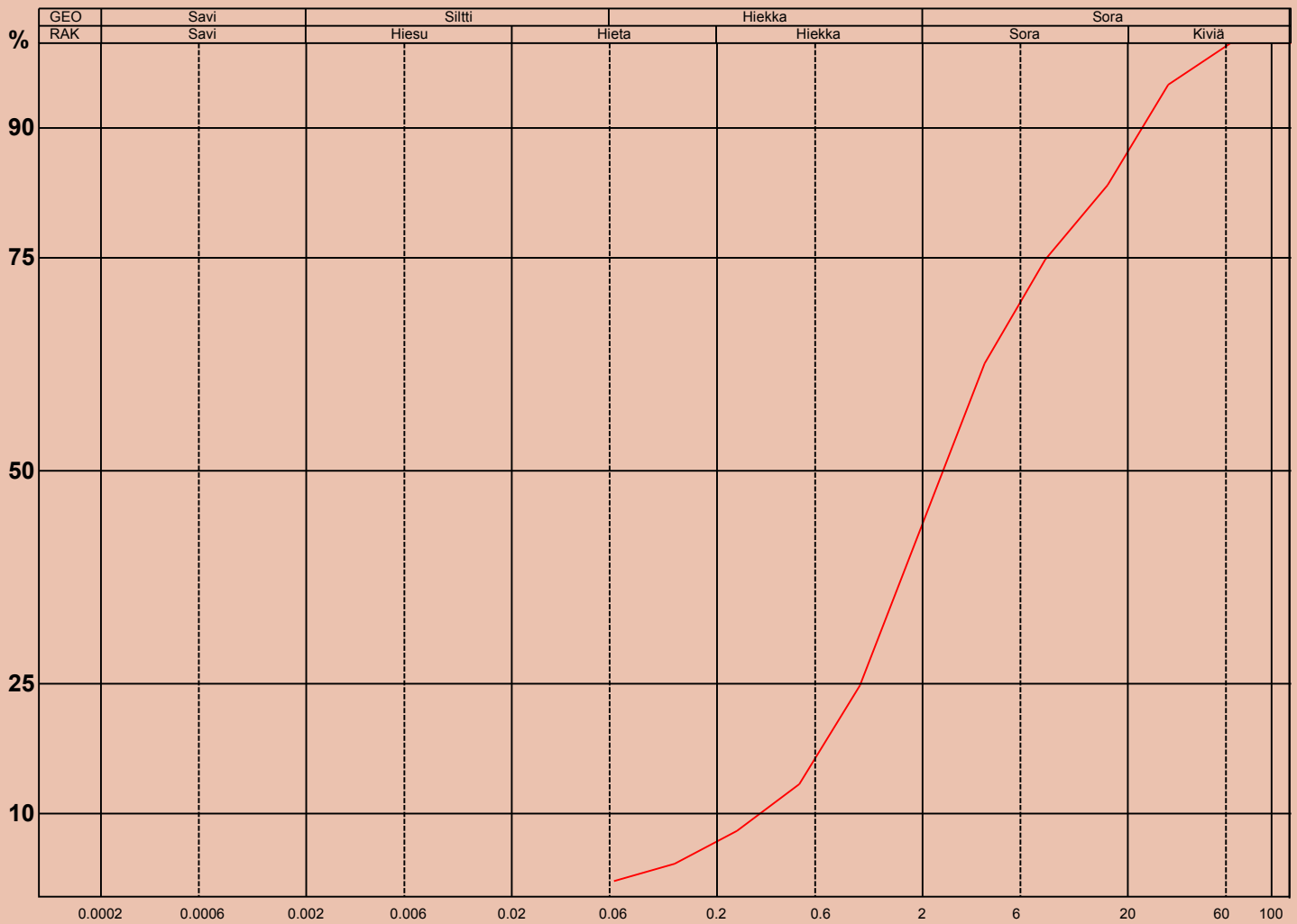
- 651 Raekokojakauman määrittäminen (pesuseulonta)
- 658 Raekokojakauman määrittäminen (sedigraph-analyysi)
- 666 Raekokojakauman määrittäminen (kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2)
- 902 Näytejätteen hävitysmaksu (max 4 kg)
- 663S Kumulatiivisen raekokojakauman määrittäminen

Laboratorion näytetunnus	Tilaajan näytetunnus	651	658	< 125 mm	< 63 mm	< 31.5 mm	< 16 mm	< 8 mm	< 4 mm	< 2 mm	< 1 mm	< 0.5 mm	< 0.25 mm	< 0.125 mm
		651	658	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
				663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S
L10112277	Näyte_1	-	-	100	100	95,2	83,4	74,6	62,6	43,7	24,8	13,4	7,82	4,06
L10112278	Näyte_2	tehty	tehty	100	100	100	100	99,7	99	98,2	97,3	95	91,6	87,5
L10112279	Näyte_3	tehty	tehty	100	100	100	100	99,9	99,3	98,2	96,5	93,1	88,2	80,6
L10112280	Näyte_1□2.1	tehty	tehty	100	100	100	97,2	92,2	88,5	85,2	81	68,4	38,9	14,1
L10112281	Näyte_2□2.54	tehty	tehty	100	100	100	97,4	94	92,8	89,6	84,4	69,4	37,1	10,9
				< 0.063 mm	< 0.06 mm	< 0.05 mm	< 0.04 mm	< 0.03 mm	< 0.02 mm	< 0.016 mm	< 0.01 mm	< 0.006 mm	< 0.004 mm	< 0.002 mm
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
				663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S	663S
L10112277	Näyte_1			1,95										
L10112278	Näyte_2			83,7	83,6	83,5	82,8	80,6	76,1	73,4	66,6	57,3	49,2	35,6
L10112279	Näyte_3			66,9	66,6	65,4	62,1	54,7	42,3	36,4	25,7	16,8	11	4,77
L10112280	Näyte_1□2.1			8,42	8,32	8,21	7,85	7,15	6,29	5,89	5,04	4,27	3,48	2,26
L10112281	Näyte_2□2.54			5,15	5,04	4,94	4,73	4,35	3,85	3,63	3,23	2,85	2,52	1,88
				< 0.001 mm	< 0.0006 mm	666								
				%	%	666								
				663S	663S	666								
				24,4	17,7	tehty								
				2,02	1,04	tehty								
				1,45	1,63	tehty								
				1,26	1,39	tehty								

31.8.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	62.6	0.1250	4.1
63.0000	100.0	2.0000	43.7	0.0630	1.9
31.5000	95.2	1.0000	24.8		
16.0000	83.4	0.5000	13.4		
8.0000	74.6	0.2500	7.8		

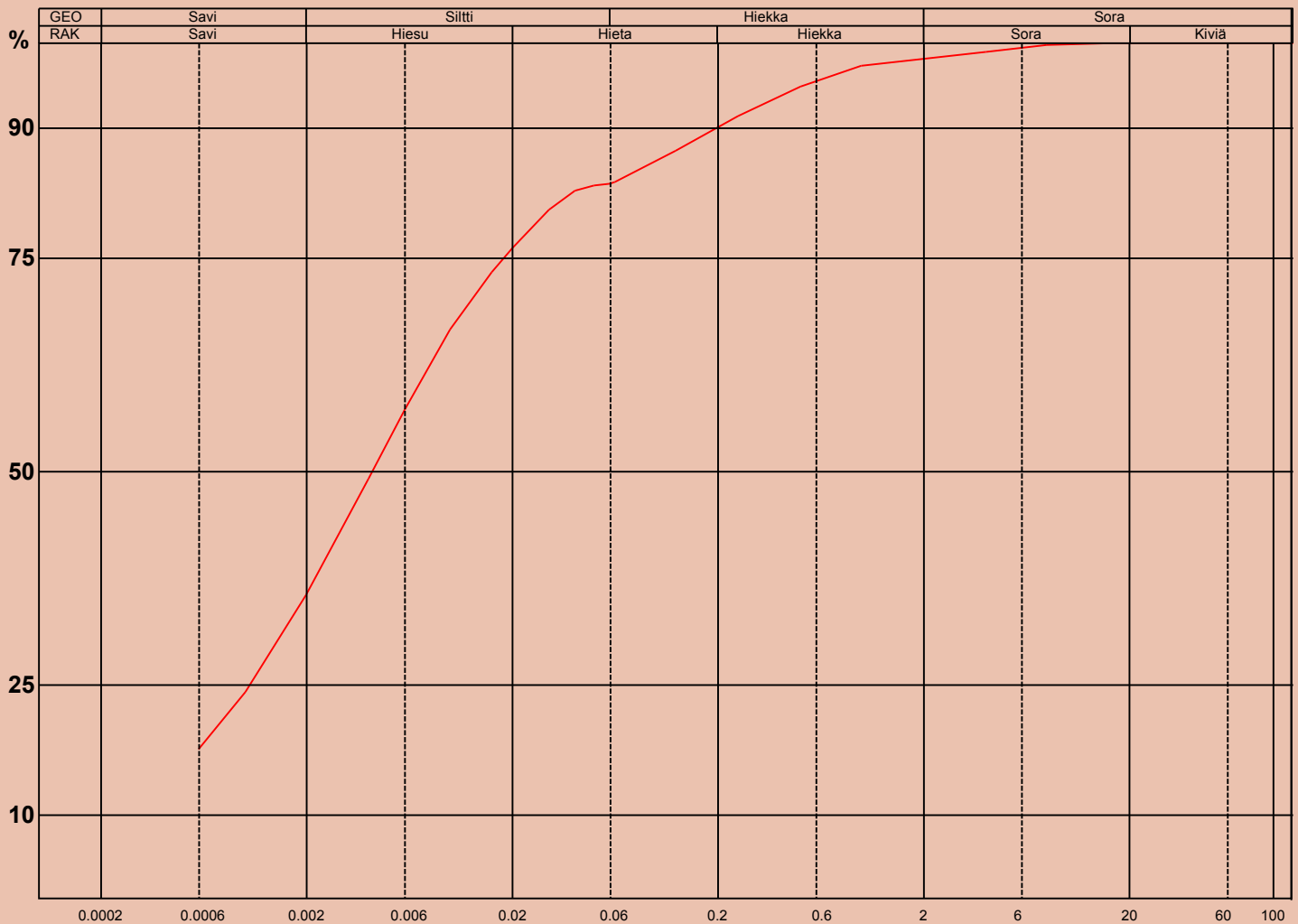
31.8.2010

Labtium Oy
PL 1500
Neulaniementie 5
70211 KUOPIO
Puh: 010 653 8000
Fax: 010 653 8489

651 Pesuseulonta

OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	99.0	0.1250	87.5	0.0300	80.6	0.0040	49.2		
63.0000	100.0	2.0000	98.2	0.0630	83.7	0.0200	76.1	0.0020	35.6		
31.5000	100.0	1.0000	97.3	0.0600	83.6	0.0160	73.4	0.0010	24.4		
16.0000	100.0	0.5000	95.0	0.0500	83.5	0.0100	66.6	0.0006	17.7		
8.0000	99.7	0.2500	91.6	0.0400	82.8	0.0060	57.3				

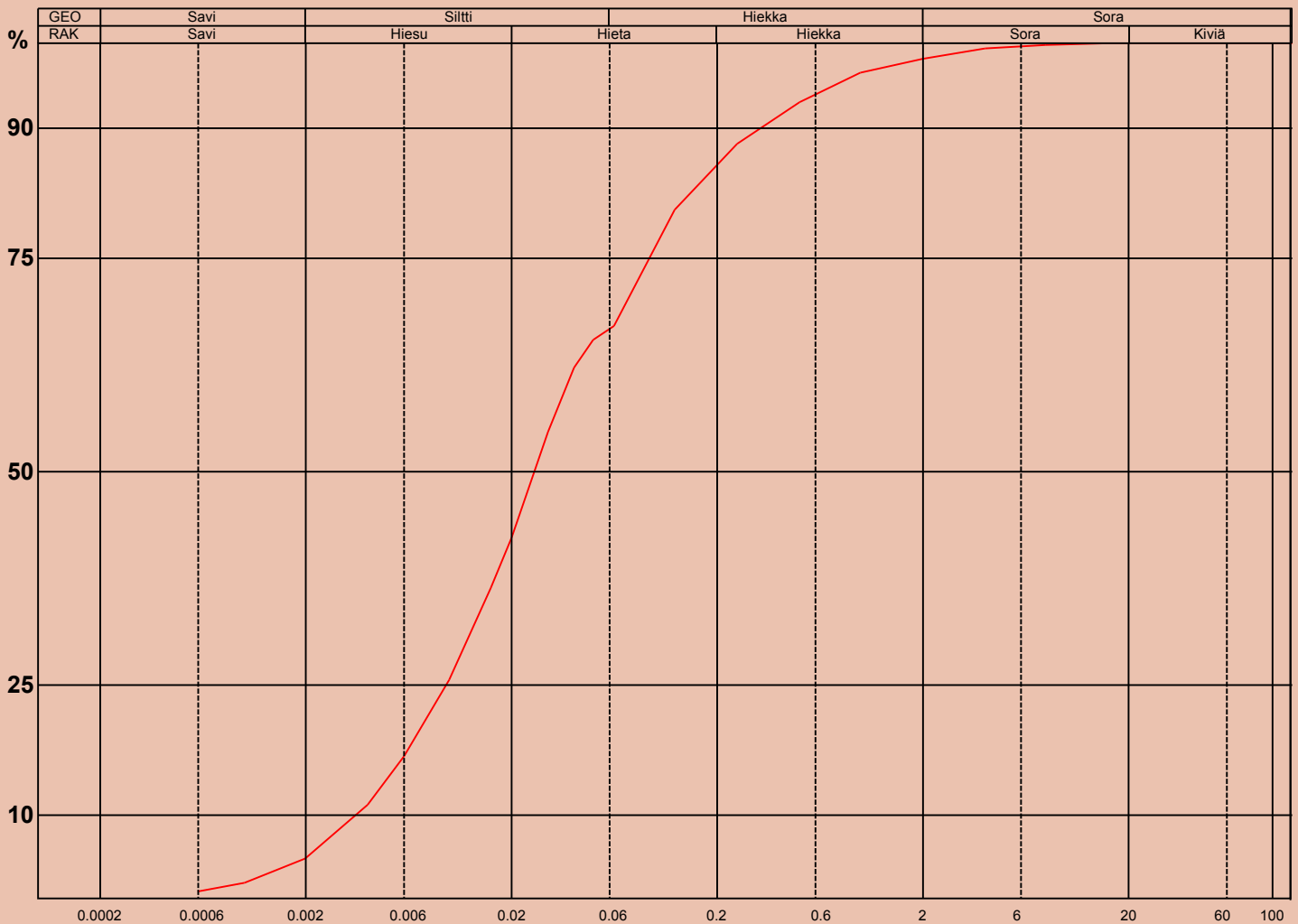
31.8.2010

Labtium Oy
PL 1500
Neulaniementie 5
70211 KUOPIO
Puh: 010 653 8000
Fax: 010 653 8489

651 Pesuseulonta

OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	99.3	0.1250	80.6	0.0300	54.7	0.0040	11.0		
63.0000	100.0	2.0000	98.2	0.0630	66.9	0.0200	42.3	0.0020	4.8		
31.5000	100.0	1.0000	96.5	0.0600	66.6	0.0160	36.4	0.0010	2.0		
16.0000	100.0	0.5000	93.1	0.0500	65.4	0.0100	25.7	0.0006	1.0		
8.0000	99.9	0.2500	88.2	0.0400	62.1	0.0060	16.8				

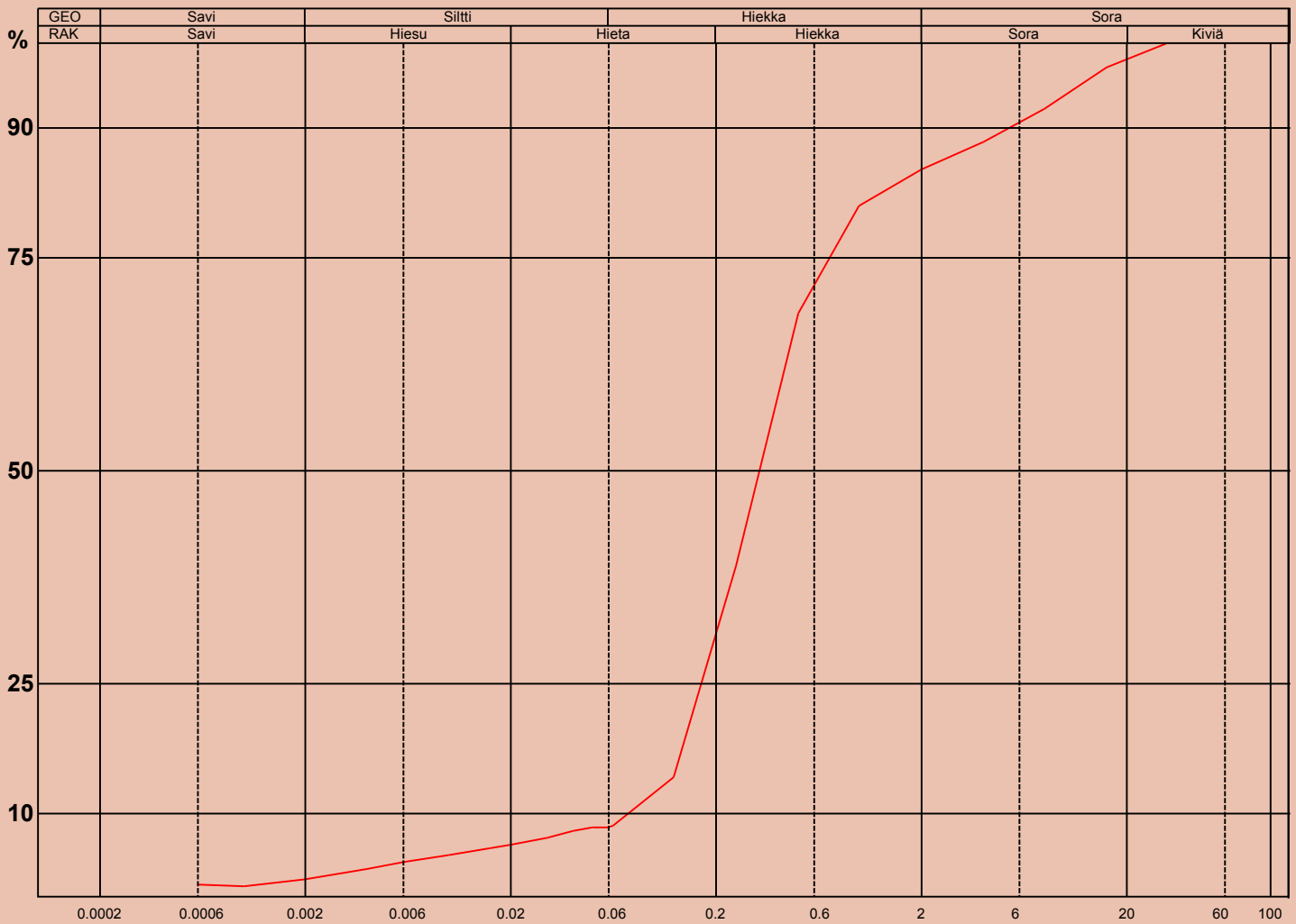
31.8.2010

Labtium Oy
PL 1500
Neulaniementie 5
70211 KUOPIO
Puh: 010 653 8000
Fax: 010 653 8489

651 Pesuseulonta

OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	88.5	0.1250	14.1	0.0300	7.1	0.0040	3.5		
63.0000	100.0	2.0000	85.2	0.0630	8.4	0.0200	6.3	0.0020	2.3		
31.5000	100.0	1.0000	81.0	0.0600	8.3	0.0160	5.9	0.0010	1.5		
16.0000	97.2	0.5000	68.4	0.0500	8.2	0.0100	5.0	0.0006	1.6		
8.0000	92.2	0.2500	38.9	0.0400	7.8	0.0060	4.3				

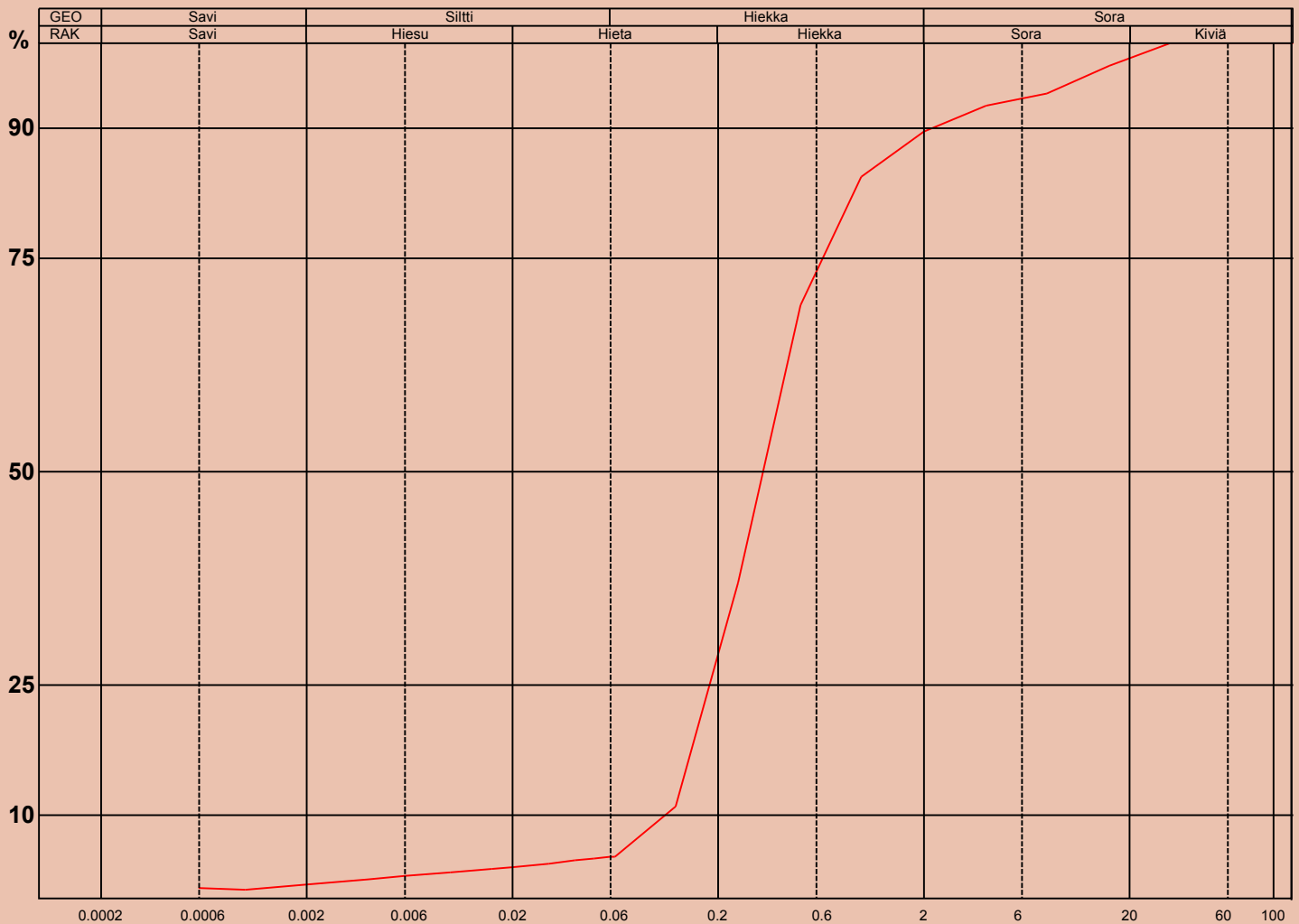
31.8.2010

Labtium Oy
PL 1500
Neulaniementie 5
70211 KUOPIO
Puh: 010 653 8000
Fax: 010 653 8489

651 Pesuseulonta

OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	92.8	0.1250	10.9	0.0300	4.3	0.0040	2.5		
63.0000	100.0	2.0000	89.6	0.0630	5.2	0.0200	3.9	0.0020	1.9		
31.5000	100.0	1.0000	84.4	0.0600	5.0	0.0160	3.6	0.0010	1.3		
16.0000	97.4	0.5000	69.4	0.0500	4.9	0.0100	3.2	0.0006	1.4		
8.0000	94.0	0.2500	37.1	0.0400	4.7	0.0060	2.8				

24.08.2010 14:12:25
 GTK ISY Maankäyttö ja ympäristö VA 402 Kuopio

Huttunen Timo
 PL 1237
 70211 Kuopio

ANALYYSITULOKSIA

TILAUSNUMERO: 214580 VIITE: 4532002VA402 Timo Huttunen

PROJEKTI/HANKE: VASTUUALUE: 402
 NÄYTETYYPPI: Maaperä NÄYTTEITÄ: 2

MENETELMÄKOODI	NÄYTTEITÄ
11	2
26	2
512	2
+ 512P	2
+ 822L	2
901GTK	1
902	2

Labtium Oy

Susanna Arvilommi
 Laboratorioesimies

Labtium Oy

PL 57
 02151 ESPOO
 Puh. 01065 38000
 Fax 01065 38289

Labtium Oy

PL 1500
 70211 KUOPIO
 Puh. 01065 38000
 Fax 01065 38489

MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET

Tilausnumero: 214580
Raportointipäivä: 24.08.2010 14:12:25

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 16.08.2010 - 24.08.2010

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

- 11 Näytteen kuivaus <40°C:ssa
- 26 Mineraalisen näytteen seulonta <2mm fraktioon
- 512 Kuningasvesiliuotus 90 °C:ssa
- 901GTK Tilauksen vastaanotto ja kirjaus
- 902 Näytejätteen hävitysmaksu (max 4 kg)
- + 512P Monialkuainemääritys ICP-OES -tekniikalla
- + 822L Hg:n määritys pyrolyyttisesti

Laboratorion näytetunnus	Tilaaan näytetunnus	Al mg/kg + 512P	As mg/kg + 512P	B mg/kg + 512P	Ba mg/kg + 512P	Be mg/kg + 512P	Ca mg/kg + 512P	Cd mg/kg + 512P	Co mg/kg + 512P	Cr mg/kg + 512P	Cu mg/kg + 512P	Fe mg/kg + 512P	K mg/kg + 512P	Mg mg/kg + 512P
L10112119	Näyte_1□2.1	3050	<5	<5	21,8	<0.2	895	<0.5	1,7	5,9	11,9	4490	656	1320
L10112119U	Näyte_1□2.1	3180	<5	<5	23,2	<0.2	1070	<0.5	1,8	6,2	11,8	4510	651	1310
L10112120	Näyte_2□2.54	2580	<5	<5	13,6	<0.2	1020	<0.5	1,6	4,6	5,6	3300	478	1060
		Mn mg/kg + 512P	Mo mg/kg + 512P	Na mg/kg + 512P	Ni mg/kg + 512P	P mg/kg + 512P	Pb mg/kg + 512P	S mg/kg + 512P	Sb mg/kg + 512P	Sr mg/kg + 512P	Ti mg/kg + 512P	V mg/kg + 512P	Zn mg/kg + 512P	Hg mg/kg + 822L
L10112119	Näyte_1□2.1	45	<1	69	4	428	<5	188	<20	5,4	305	9,1	13	<0.01
L10112119U	Näyte_1□2.1	47	<1	74	4	478	<5	185	<20	6,1	326	9,2	13	<0.01
L10112120	Näyte_2□2.54	41	<1	70	3	370	<5	70	<20	4,2	293	7,4	9	<0.01
Laadunvalvonta- näytteen tunnus		Al mg/kg + 512P	As mg/kg + 512P	B mg/kg + 512P	Ba mg/kg + 512P	Be mg/kg + 512P	Ca mg/kg + 512P	Cd mg/kg + 512P	Co mg/kg + 512P	Cr mg/kg + 512P	Cu mg/kg + 512P	Fe mg/kg + 512P	K mg/kg + 512P	Mg mg/kg + 512P
QCGSD12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QCMCS		5820	7,34	5,72	17,3	0,316	18200	<0.5	3,57	16,6	4,74	10400	1170	3770
QCSOKEA		<15	<5	<5	<1	<0.2	<50	<0.5	<1	<1	<1	<50	<100	<10
QCTILL4		19400	105	<5	70,1	0,893	1400	<0.5	5,82	23,5	229	33800	2920	5020
		Mn mg/kg + 512P	Mo mg/kg + 512P	Na mg/kg + 512P	Ni mg/kg + 512P	P mg/kg + 512P	Pb mg/kg + 512P	S mg/kg + 512P	Sb mg/kg + 512P	Sr mg/kg + 512P	Ti mg/kg + 512P	V mg/kg + 512P	Zn mg/kg + 512P	Hg mg/kg + 822L
QCGSD12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0376
QCMCS		251	<1	62,2	12,4	334	10,5	920	<20	50,4	108	13,9	39,3	-
QCSOKEA		<1	<1	<50	<2	<50	<5	<20	<20	<1	<2	<1	<1	-
QCTILL4		279	14	318	14,3	729	34,2	673	<20	10,8	1290	40,5	57	-

11.10.2010 8:44:23

GTK ISY Maankäyttö ja ympäristö VA 402 Kuopio

Huttunen Timo
PL 1237
70211 Kuopio**ANALYYSITULOKSIA**

TILAUSNUMERO: 214620 VIITE: 4532002va402 Huttunen Timo

NÄYTETYYPPI: Maaperä NÄYTTEITÄ: 6

MENETELMÄKOODI	NÄYTTEITÄ
10	2
26	2
512	2
+ 512P	2
651	2
658	2
663S	4
666	4
667C	1
669	1
901GTK	1

Labtium Oy

Susanna Arvilommi
Laboratorioesimies

Labtium Oy

Labtium Oy

PL 57
02151 ESPOO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38289PL 1500
70211 KUOPIO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38489

MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET

Tilausnumero: 214620
Raportointipäivä: 11.10.2010 8:44:23

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 24.09.2010 - 11.10.2010

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

- 10 Näytteen kuivaus 70°C:ssa
- 26 Mineraalisen näytteen seulonta <2mm fraktioon
- 512 Kuningasvesiliuotus 90 °C:ssa
- 651 Raekokojakauman määrittäminen (pesuseulonta)
- 658 Raekokojakauman määrittäminen (sedigraph-analyysi)
- 666 Raekokojakauman määrittäminen (kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2)
- 669 Humuksen poisto vetyperoksidikäsitteilyllä
- 901GTK Tilauksen vastaanotto ja kirjaus
- + 512P Monialkuainemäärittäminen ICP-OES -tekniikalla
- 663S Kumulatiivisen raekokojakauman määrittäminen
- 667C Humuspitoisuuden määrittäminen spektrofotometrisesti

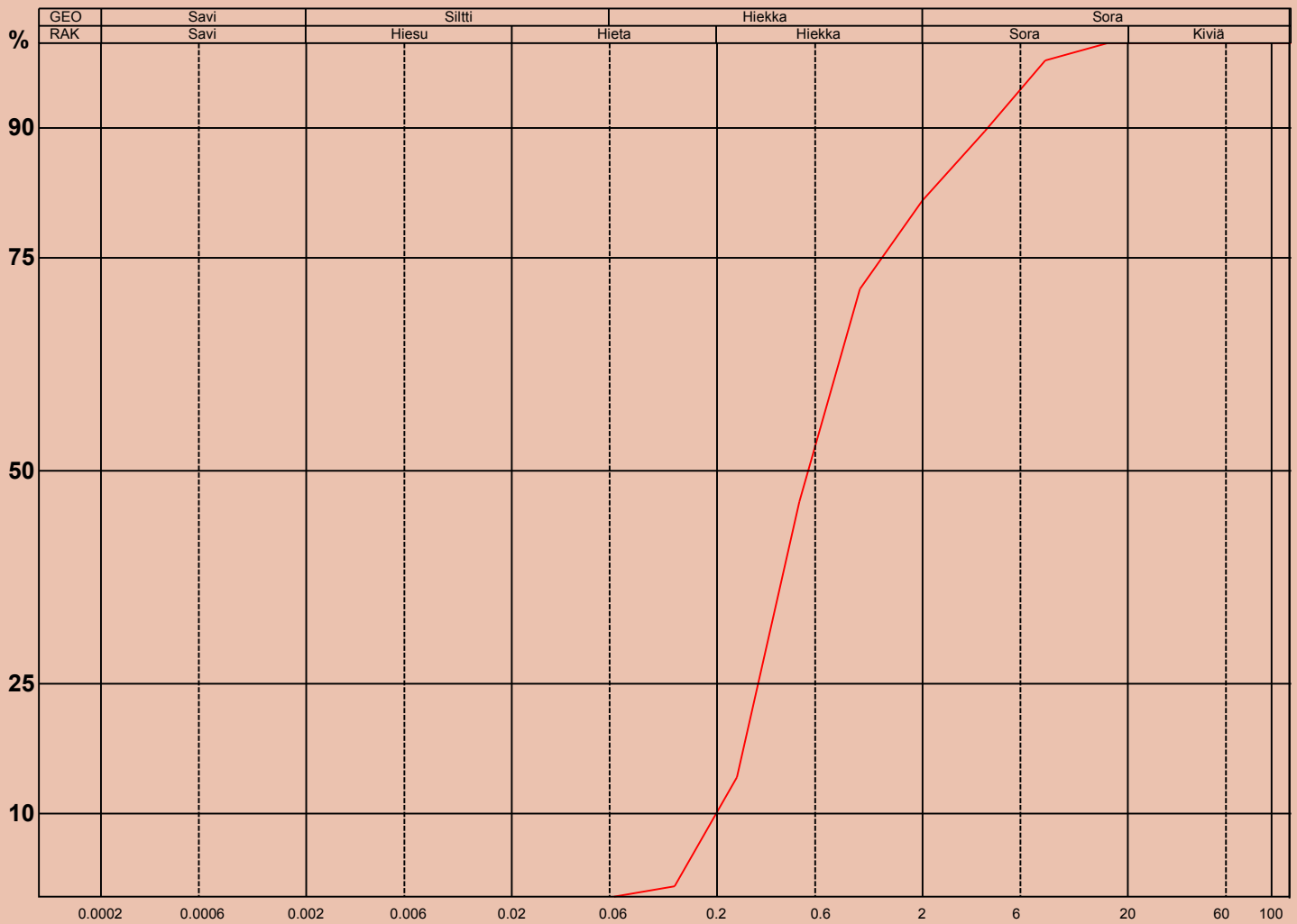
Laboratorion näytetunnus	Tilaaajan näytetunnus	Al mg/kg + 512P	As mg/kg + 512P	B mg/kg + 512P	Ba mg/kg + 512P	Be mg/kg + 512P	Ca mg/kg + 512P	Cd mg/kg + 512P	Co mg/kg + 512P	Cr mg/kg + 512P	Cu mg/kg + 512P	Fe mg/kg + 512P	K mg/kg + 512P	Mg mg/kg + 512P				
L10137095	raskasmetallit_1	4260	<5	<5	13,1	<0.2	1630	<0.5	2,1	6,3	20,4	7020	661	2140				
L10137095U	raskasmetallit_1	4040	<5	<5	12,2	<0.2	1500	<0.5	2,0	6,8	17,5	6850	683	2050				
L10137096	raskasmetallit_2	8960	<5	<5	58,6	0,36	2430	<0.5	3,0	25,8	19,5	13500	961	1970				
		Mn mg/kg + 512P	Mo mg/kg + 512P	Na mg/kg + 512P	Ni mg/kg + 512P	P mg/kg + 512P	Pb mg/kg + 512P	S mg/kg + 512P	Sb mg/kg + 512P	Sr mg/kg + 512P	Ti mg/kg + 512P	V mg/kg + 512P	Zn mg/kg + 512P					
L10137095	raskasmetallit_1	85	<1	140	4	432	<5	431	<20	8,0	334	12,6	51					
L10137095U	raskasmetallit_1	79	<1	140	4	406	<5	410	<20	7,5	322	12,4	49					
L10137096	raskasmetallit_2	119	<1	300	8	2260	16	401	<20	25,8	1950	62,7	45					
		Al mg/kg + 512P	As mg/kg + 512P	B mg/kg + 512P	Ba mg/kg + 512P	Be mg/kg + 512P	Ca mg/kg + 512P	Cd mg/kg + 512P	Co mg/kg + 512P	Cr mg/kg + 512P	Cu mg/kg + 512P	Fe mg/kg + 512P	K mg/kg + 512P	Mg mg/kg + 512P				
Laadunvalvonta- näytteen tunnus		Al mg/kg + 512P	As mg/kg + 512P	B mg/kg + 512P	Ba mg/kg + 512P	Be mg/kg + 512P	Ca mg/kg + 512P	Cd mg/kg + 512P	Co mg/kg + 512P	Cr mg/kg + 512P	Cu mg/kg + 512P	Fe mg/kg + 512P	K mg/kg + 512P	Mg mg/kg + 512P				
QCMCS		6190	5,94	9,07	17,3	0,36	18800	<0.5	3,96	17,1	4,86	10500	1320	3820				
QCSOKEA		<15	<5	<5	<1	<0.2	<50	<0.5	<1	<1	<1	<50	<100	<10				
QCTILL4		19200	106	<5	65,6	0,959	1510	0,659	5,75	22,9	234	33200	2980	4880				
		Mn mg/kg + 512P	Mo mg/kg + 512P	Na mg/kg + 512P	Ni mg/kg + 512P	P mg/kg + 512P	Pb mg/kg + 512P	S mg/kg + 512P	Sb mg/kg + 512P	Sr mg/kg + 512P	Ti mg/kg + 512P	V mg/kg + 512P	Zn mg/kg + 512P					
QCMCS		256	<1	62	12,4	323	11,4	901	<20	49,3	119	14,5	41					
QCSOKEA		<1	<1	<50	<2	<50	<5	<20	<20	<1	<2	<1	1,26					
QCTILL4		281	13,8	325	13,5	687	37	649	<20	10,7	1280	39,3	58,5					

Laboratorion näytetunnus	Tilaajan näytetunnus	651	658	< 125 mm	< 63 mm	< 31.5 mm	< 16 mm	< 8 mm	< 4 mm	< 2 mm	< 1 mm	< 0.5 mm	< 0.25 mm
		651	658	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S
L10137091	Raekoko_1	-	-	100	100	100	100	97,9	89,7	81,6	71,2	46,3	14,1
L10137091U	Raekoko_1	-	-	100	100	100	100	98,5	90,6	83,1	73,1	48,0	14,9
L10137092	Raekoko_2	-	-	100	100	100	100	98,9	93,2	86,2	75,9	50,9	17,0
L10137093	Raekoko_3	tehty	tehty	100	100	100	100	98,9	91,1	85,9	77,6	58,5	33,7
L10137094	Raekoko_4	tehty	tehty	100	100	100	100	98,6	89,3	82,4	73,2	54,5	30,9
				< 0.125 mm	< 0.063 mm	< 0.06 mm	< 0.05 mm	< 0.04 mm	< 0.03 mm	< 0.02 mm	< 0.016 mm	< 0.01 mm	< 0.006 mm
				% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S
L10137091	Raekoko_1			1,4	0,3	6,0	6,0	5,8	5,5	5,0	4,7		
L10137091U	Raekoko_1			1,5	0,3	5,7	5,6	5,5	5,2	4,6	4,1		
L10137092	Raekoko_2			2,0	0,4	-	-	-	-	-	-		
L10137093	Raekoko_3			10,0	6,0	-	-	-	-	-	-	4,2	3,8
L10137094	Raekoko_4			9,2	5,7	-	-	-	-	-	-	3,2	2,5
				< 0.004 mm	< 0.002 mm	< 0.001 mm	< 0.0006 mm	666	Humus	669			
				% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	666	% 667C	669			
L10137091	Raekoko_1							tehty	-	-			
L10137091U	Raekoko_1							tehty	-	-			
L10137092	Raekoko_2							tehty	-	-			
L10137093	Raekoko_3			3,3	2,7	2,1	1,6	tehty	3,7	tehty			
L10137094	Raekoko_4			2,0	1,4	1,0	0,9	tehty	-	-			

30.9.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)

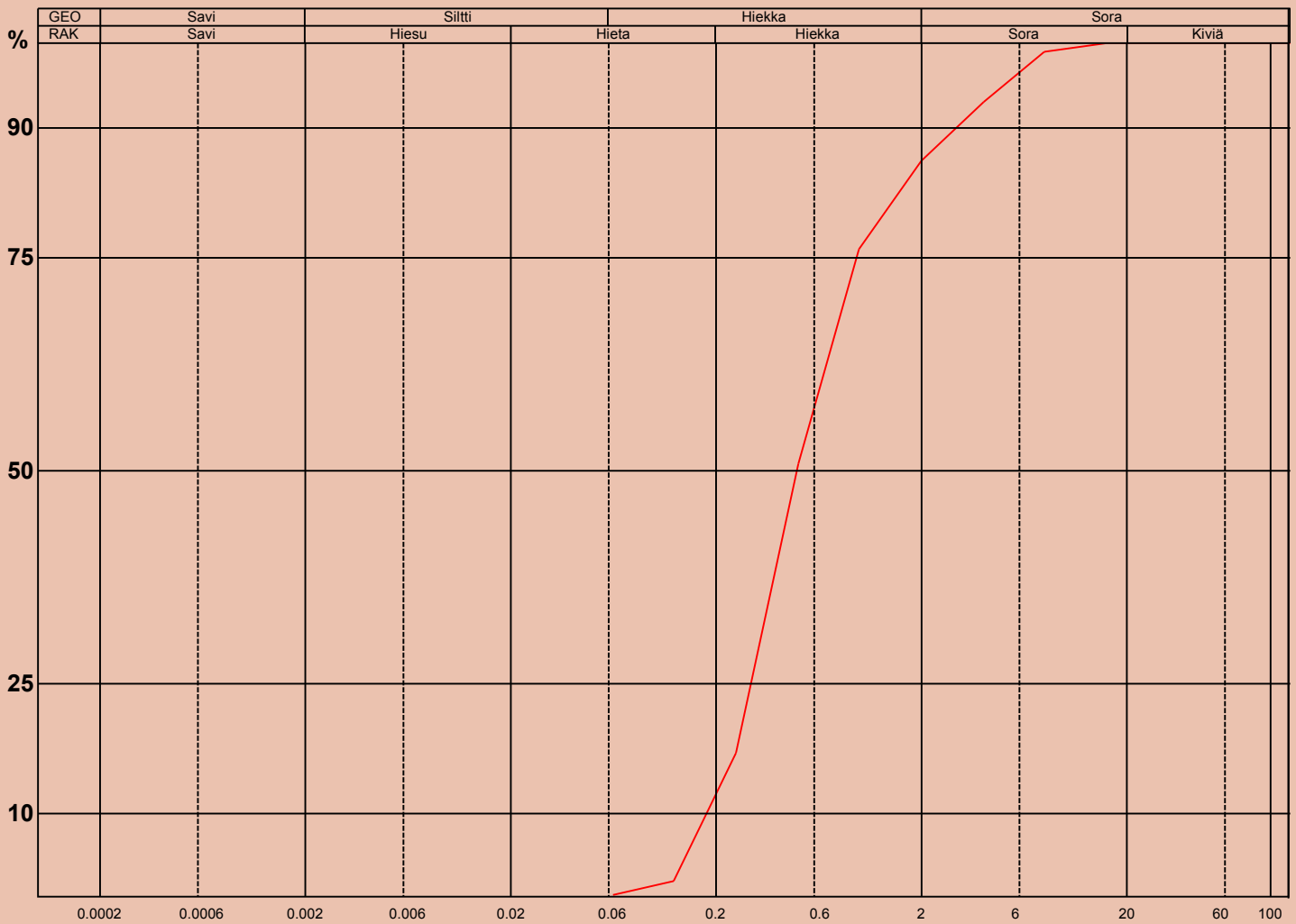


D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	89.7	0.1250	1.4
63.0000	100.0	2.0000	81.6	0.0630	0.3
31.5000	100.0	1.0000	71.2		
16.0000	100.0	0.5000	46.3		
8.0000	97.9	0.2500	14.1		

30.9.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



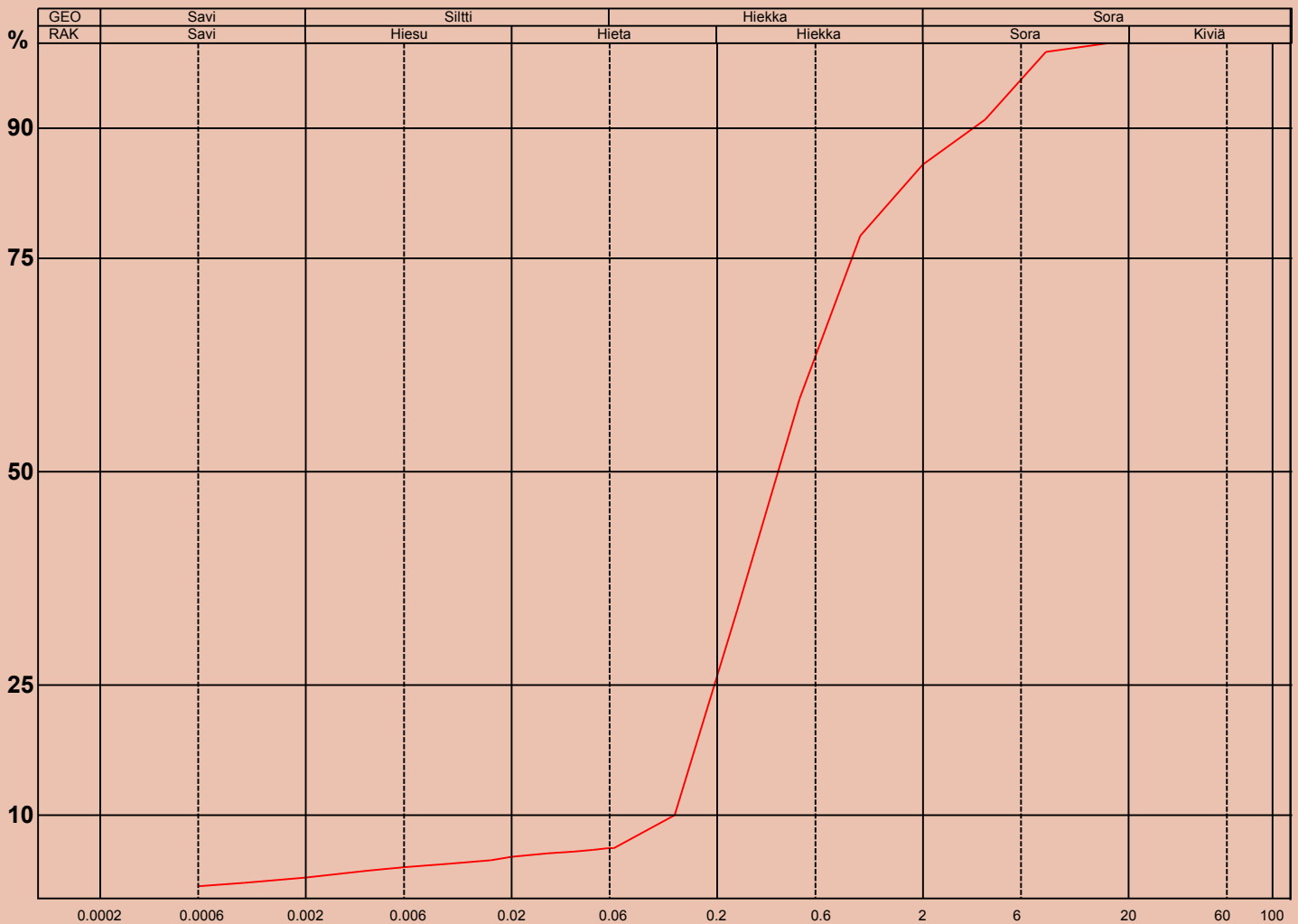
D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	93.2	0.1250	2.0
63.0000	100.0	2.0000	86.2	0.0630	0.4
31.5000	100.0	1.0000	75.9		
16.0000	100.0	0.5000	50.9		
8.0000	98.9	0.2500	17.0		

30.9.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

667C Humuspitoisuuden määrittäminen spektrofotometrisesti (%) 3.73
 651 Pesuseulonta OK
 669 Humuksen poisto vetyperoksidikäsitellyllä OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	91.1	0.1250	10.0	0.0300	5.5	0.0040	3.3		
63.0000	100.0	2.0000	85.9	0.0630	6.0	0.0200	5.0	0.0020	2.7		
31.5000	100.0	1.0000	77.6	0.0600	6.0	0.0160	4.7	0.0010	2.1		
16.0000	100.0	0.5000	58.5	0.0500	5.9	0.0100	4.2	0.0006	1.6		
8.0000	98.9	0.2500	33.7	0.0400	5.8	0.0060	3.8				

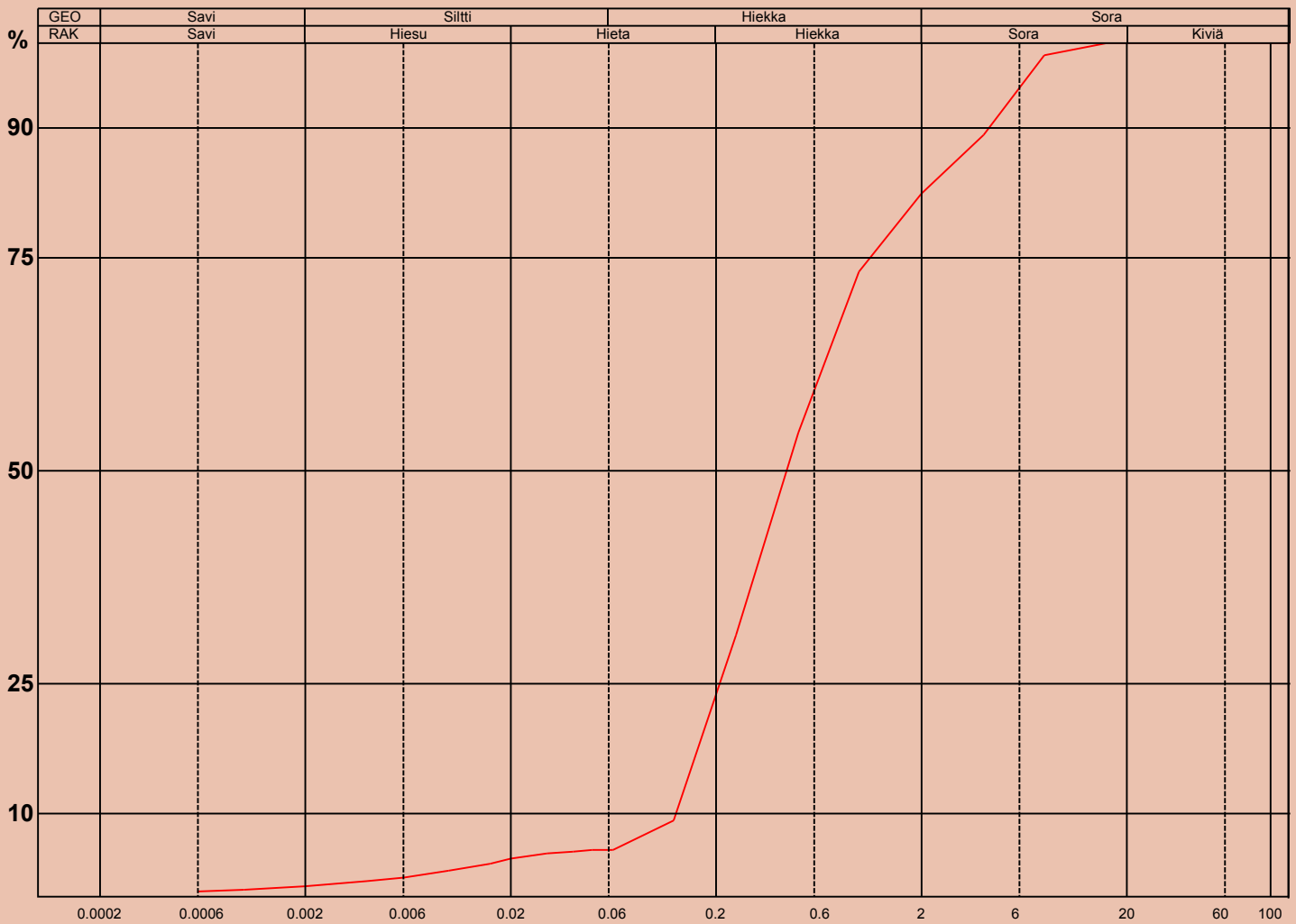
30.9.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

651 Pesuseulonta

OK

Sedigraph-analyysi (658)Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	89.3	0.1250	9.2	0.0300	5.2	0.0040	2.0		
63.0000	100.0	2.0000	82.4	0.0630	5.7	0.0200	4.6	0.0020	1.4		
31.5000	100.0	1.0000	73.2	0.0600	5.7	0.0160	4.1	0.0010	1.0		
16.0000	100.0	0.5000	54.5	0.0500	5.6	0.0100	3.2	0.0006	0.9		
8.0000	98.6	0.2500	30.9	0.0400	5.5	0.0060	2.5				

GTK ISY Maankäyttö ja ympäristö VA 402

25.10.2010 10:09:28
KuopioHuttunen Timo
PL 1237
70211 Kuopio**ANALYYSITULOKSIA**

TILAUSNUMERO: 214630 VIITE: 4532002va402 Huttunen Timo

PROJEKTI/HANKE: VASTUUALUE: 402
KOHDE: Tammela, Maasuodattamo
KARTTALEHDET:
NÄYTETYYPPI: Maaperä NÄYTTEITÄ: 2

MENETELMÄKOODI	NÄYTTEITÄ
663S	2
666	2
901GTK	1
902	2

Labtium Oy

Susanna Arvilommi
Laboratorioesimies

Labtium Oy

Labtium Oy

PL 57
02151 ESPOO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38289PL 1500
70211 KUOPIO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38489

MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET

Tilausnumero: 214630
Raportointipäivä: 25.10.2010 10:09:28

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 22.10.2010 - 22.10.2010

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

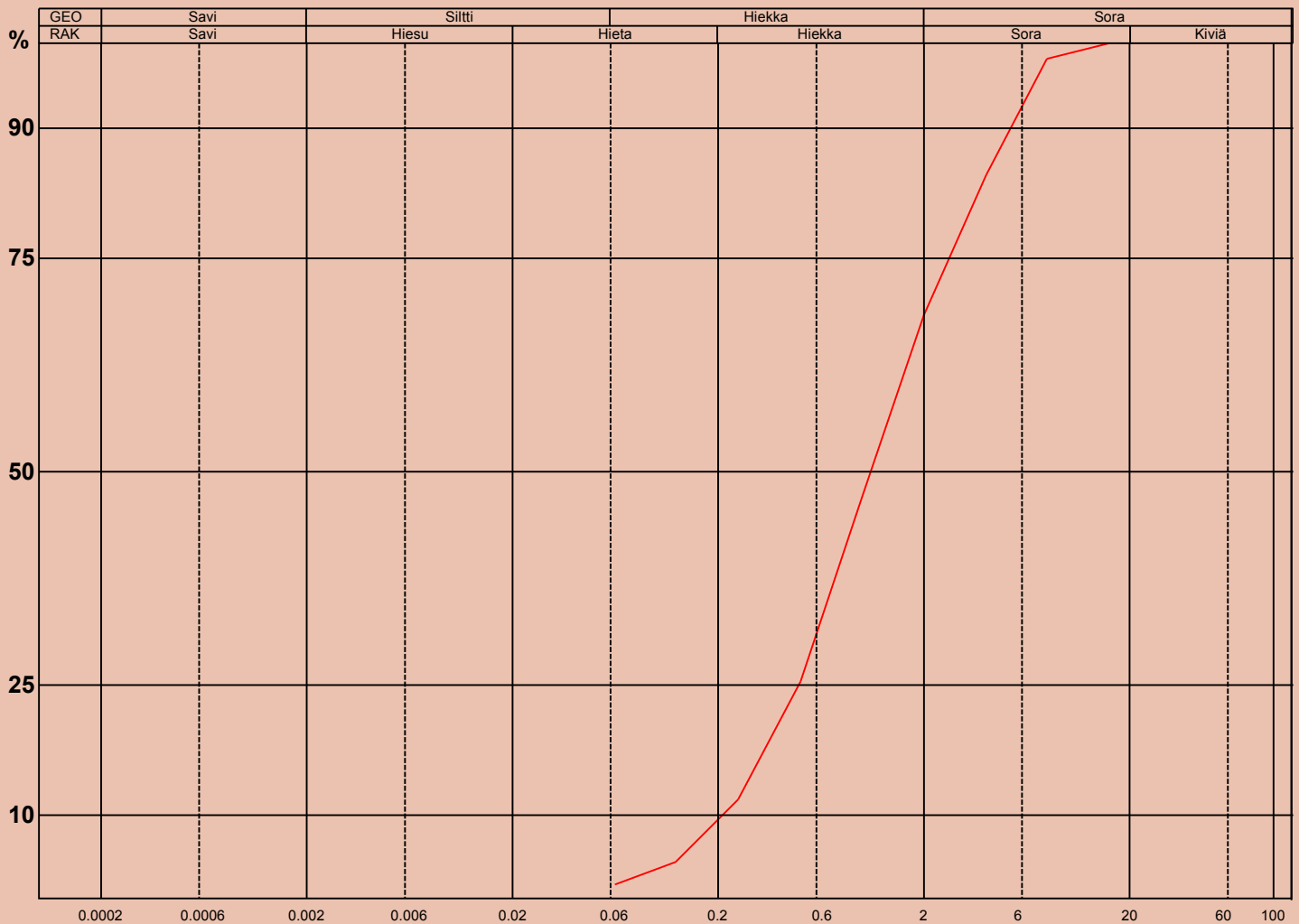
- 666 Raekokojakauman määrittäminen (kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2)
- 901GTK Tilauksen vastaanotto ja kirjaus
- 902 Näytejätteen hävitysmaksu (max 4 kg)
- 663S Kumulatiivisen raekokojakauman määrittäminen

Laboratorion näytetunnus	Tilaajan näytetunnus	< 125 mm	< 63 mm	< 31.5 mm	< 16 mm	< 8 mm	< 4 mm	< 2 mm	< 1 mm	< 0.5 mm	< 0.25 mm	< 0.125 mm	< 0.063 mm	666	902
		% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	% 663S	666
L10145126	Nayte1	100	100	100	100	98,2	84,7	68,2	46,8	25,4	11,7	4,46	1,81	tehty	tehty
L10145127	Nayte2	100	100	100	100	97,5	81,1	63,9	41,9	21,5	9,55	3,62	1,61	tehty	tehty

22.10.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)

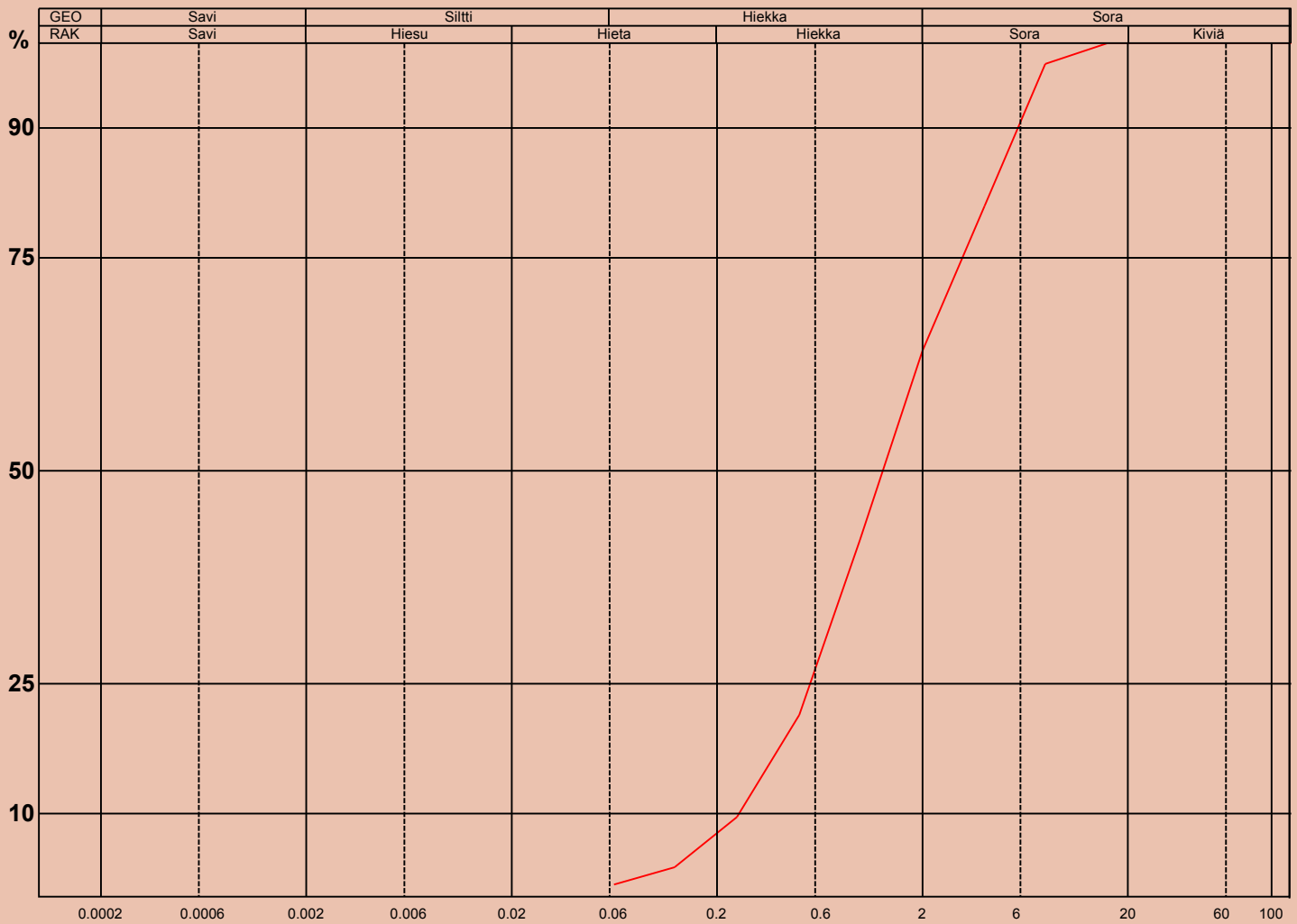


D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	84.7	0.1250	4.5
63.0000	100.0	2.0000	68.2	0.0630	1.8
31.5000	100.0	1.0000	46.8		
16.0000	100.0	0.5000	25.4		
8.0000	98.2	0.2500	11.7		

22.10.2010

Labtium Oy
 PL 1500
 Neulaniementie 5
 70211 KUOPIO
 Puh: 010 653 8000
 Fax: 010 653 8489

Kuivaseulonta seulasarjalla SFS-EN 933-2 (666)



D (mm)	%	D (mm)	%	D (mm)	%
125.0000	100.0	4.0000	81.1	0.1250	3.6
63.0000	100.0	2.0000	63.9	0.0630	1.6
31.5000	100.0	1.0000	41.9		
16.0000	100.0	0.5000	21.5		
8.0000	97.5	0.2500	9.6		

Liite 3. Kuvia tutkimuskohteista:

3-1. Akaan tutkittu maahanimeyttämö ja uusi maasuodattamo

3-2. Kuopion maasuodattamo

3-3. Raaseporin maasuodattamo

3-4. Tammelan maasuodattamo

Liite 3-1. Akaan tutkittu maahanimeyttämö ja uusi maa-suodattamo



Akaa 1. Tutkitun maahanimeyttämön pintaa. Sakokaivot sijaitsivat paikalle uutta puhdistamoa varten tuodun sepelikasan takana talon ja imeyttämön välissä.



Akaa 2. Näytteenottokuopan pohja. Kuvaan merkitty kaksi näytteenottoa. Kuvassa nähtävissä maaperän savinen koostumus ja osa imeytyssorasta.



Akaa 3. Sakokaivojen tyhjennystä ennen uuden puhdistamon kytkemistä.



Akaa 4. Tukkeutuneen imeyttämön korvanneen Uponor- maasuodattamon rakennuspaikka. Kuvan etulaidassa on nähtävissä suunnitellun rakennuspaikan kohdalta paljastunut kalliopinta tai suuri kivi, jonka takia suodattamo rakennettiin hieman suunnitellun paikan sivulle.



Akaa 5. Uuden maasuodattamon kaivanto.



Akaa 6. Uuden maasuodattamon kokoomaputkiston ja kaivon asennusta.



Akaa 7. Suodatinhiekan yläpinnan tasausta.



Akaa 8. Uusi maasuodattamo tuuletusputkien lyhennystä ja maisemointia vaille valmiina. Paikalle on suunniteltu nurmipinta.



Akaa 9. Uuden suodattamon rakentamiseen käytetyt hiekka- ja sepelikasat sekä järjestelmään lisätyn kolmannen sakokaivon renkaat.



Akaa 10. Uuden sakokaivon paikka kaivettuna.

Liite 3-2. Kuopion maasuodattamo



Kuopio 1. Tutkittu maasuodattamo. Kuvan vasemmassa laidassa jakokaivo ja kokoomaputkien päädyt. Maasuodattamo sijaitsee lyhyeksi leikatulla alueella. Pintapurkautumista oli havaittu kuvan oikeasta laidasta alkavan rinteeseen yläosassa.



Kuopio 2. Näytteenottokuopan alkua ja käytössä ollut pieni kumitelainen kaivinkone.



Kuopio 3. Näytteenottokuopan alkua: näkyvillä jakokerrosta ja biokerrosta. Kuvaan on merkitty biokerrosnäytteen ottopaikka. "GTK 1" merkitystä paikasta otettiin ensimmäinen raekokojakaumatutkimuksiin tarkoitettu näyte.



Kuopio 4. Näytteenottokuopan pohja. Näkyvissä suodatinhiekkää, katkennut kokoo-putki ja kaivaessa revennyt pohjan muovieriste.

Liite 3-3. Raaseporin maasuodattamo



Raasepori 1. Maasuodattamossa käytetyt In-Drän modulit pesua varten kasattuina. Moduulit käytettiin pesun jälkeen uudelleen saneeratussa puhdistamossa.



Raasepori 2. Kentän biokerros. Kuvasta näkyy hyvin, että jätevesi on jakautunut lähinnä imeytysmoduulien alla olleeseen maahan.



Raasepori 3. Lähikuva biokerroksesta. Paksuus noin 5 cm.



Raasepori 4 & 5. Vasemmalla kentän purkamista, näkyvissä vedellä täyttyneet tuuletusputket Fosfilt-hiekkakerroksen yläpinnalla. Oikealla lähikuva hiekan ja Fosfilt-hiekka-seoksen rajapinnasta, johon oli muodostunut rakenteeltaan tiiviimminkin tuntuinen tukkeumakerros.

Liite 3-4. Tammelan maasuodattamo



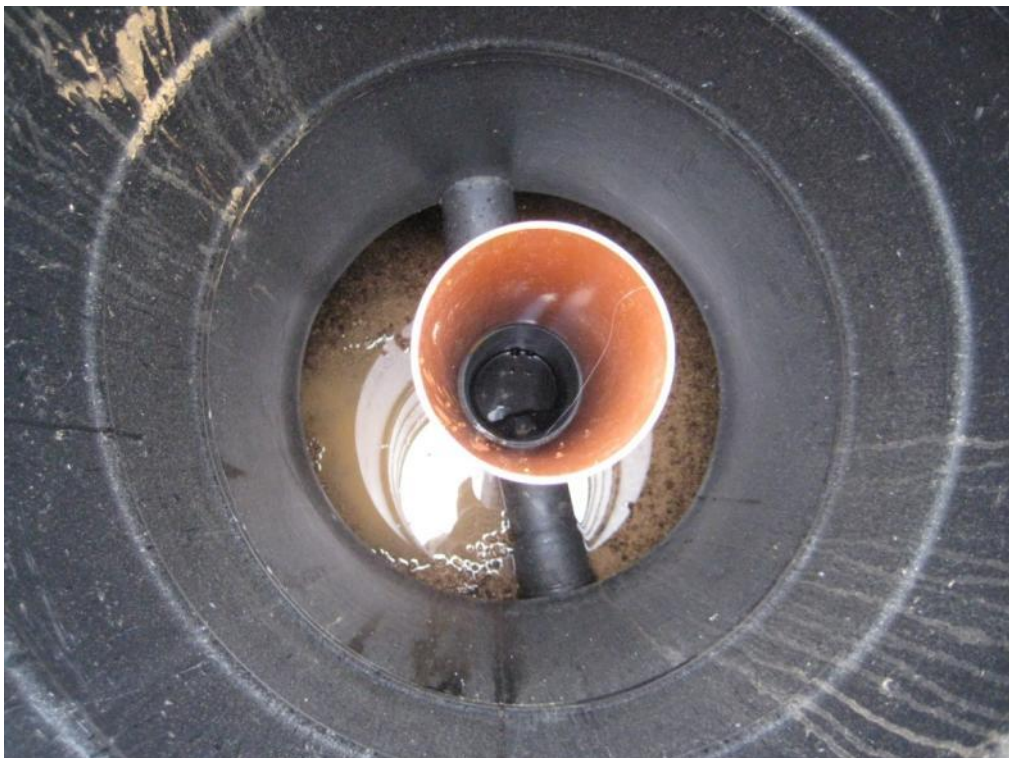
Tammela 1. Tammelassa tutkittu maasuodattamo. Kuva on otettu saostussäiliön vierestä. Kuvan vasemmassa laidassa nähtävissä pumppukaivon sähkötolppa. Lisäksi nähtävissä kokoomaputkien päätyjä ja taustalla heinän seassa yhden jakokaivon kansi.



Tammela 2. Lähikuva biokerroksesta ja jakokerroksesta. Havaittavissa alle 5 cm paksu tummempi ja tiivimpi kerros imeytyspinnassa.



Tammela 3. Kuva näytteenottokuopan laidasta. Nähtävissä kaikki maakerrokset sekä yläpinnan suodatinharso ja routasuojalevyt.



Tammela 4. Kuva fosforinpoistokaivon sisälle. Käytössä Nordkalk Filtra P – massa.

Liite 4. Fosfilt – esite (Kemira Pigments OY)

FOSFILT[®]

FOSFORINPOISTOON

FOSFILT ON AINE, JOKA TAVALLISEEN MAASUOTIMEEN LISÄTTYNÄ TEHOSTAA SUOTIMEN TOIMINTAA SITOMALLA JÄTEVEDEN FOSFORIN TEHOKKAASTI ITSEENSÄ.

FOSFILTIN KÄYTTÖTAPA

Lisätään tavanomaisiin maasuotimiin noin 10...20 cm:n kerros hiekkasuotimen alaosaan.

FOSFILTIN KÄYTTÖALUEET

Kotitalouksien, koulujen, leirintäalueiden jätevesien puhdistukseen haja-asutusalueilla.

KOKEMUKSET

Vuodesta 1992 alkaen on rakennettu useita maasuotimia FOSFILT-fosforinpoistokerroksella. Useimmat kohteet on rakennettu Lounais-Suomen ympäristökeskuksen kanssa. Suotimien toimintaa seurataan viranomaisten toimesta, ja tulokset ovat lupaavia. Suotimia rakennetaan jatkuvasti lisää.

Toteutettuja kohteita ovat muun muassa:

- Ulvilan maatalouskoulunmaaseutunäyttelyn esittelysuodin 1994
- Metsähallituksen leirintäalueelle Ouluun 1994
- Useisiin kotitalouksiin vuodesta 1992 lähtien.

TUOTTEESTA

FOSFILT on tummanruskea, hiekkamainen neutraali tuote (pH noin 7). Tuotteen tilavuuspaino on noin 1000 kg/m³

VALMISTAJA



Lisätietoja FOSFILT:ista, sovellutuksista ja toimituksista saat osoitteesta:

KEMIRA PIGMENTS OY
Kehitysinsinööri Janne Halminen
28840 PORI

Puhelin (939) 628 1708, Faksi (939) 628 1852