



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# MAAPERÄN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN ARVIOINTI

Case: Kotkan Kantasatama

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma  
Ympäristönsuojelutekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Jenny Lehtinen

## LYHENTEIDEN SELITYKSET

AO	Valtioneuvoston asetuksessa: maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi 214/2007, annettu alempi ohjearvo
BAT	Best Available Techniques, paras käyttökelpoinen tekniikka
BEP	Best Environmental Practice, ympäristön kannalta paras käytäntö
BTEX	Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene, bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleeni
LNAPL	Light Non-Aqueous Phase Liquids, vettä kevyemmät orgaaniset kemikaalit
MTBE	MetyyliTertiääriButyyliEetteri
PAH	PolyAromaattiset Hiilivedyt
PID	PhotoIonization Detector
PIMA-asetus	Valtioneuvoston asetus pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007
POP	Persistent Organic Pollutants, pysyvät orgaaniset yhdisteet
VOC	Volatile Organic Compunds, haihtuvat orgaaniset yhdisteet
THC	Total HydroCarbon, kokonaishiilivetyypitoisuus
TVOC	Total Volatile Organic Compounds, haihtuvien yhdisteiden kokonaismäärä
YO	Valtioneuvoston asetuksessa: maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi 214/2007, annettu ylempi ohjearvo

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

LEHTINEN, JENNY:

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi  
Case: Kotkan Kantasatama

Ympäristönsuojelutekniikan opinnäytetyö, 71 sivua, 10 liitesivua

Syksy 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Kotkan Kantasataman maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Arviointi tehtiin tulevaa kaavamutosta varten, käytössä olleen maankäytön suunnitelma luonnoksen perusteella. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy ja työn tilaajana toimi Kotkan kaupunki.

Opinnäytetyön tutkimusosassa tutkittiin Kotkan kantasataman maaperä ja tutkimustulosten sekä havaintojen perusteella laadittiin maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Teoriaosassa selvennetään asioita, joita tulee huomioda pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa, perehdytään tutkittujen aineiden ominaisuuksiin ja kulkeutumismekanismeihin sekä perehdytään lainsäädäntöön, jotka vaikuttavat tai ohjaavat arviointia.

Tutkimuksissa todettiin, että maaperän pintakerros on paikoin metalleilla ja öljyllä pilaantunut. Syvemmällä sijaitsevassa puutäyttöä sisältävässä täyttökerroksessa todettiin paikoin korkeita haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksia. Lisäksi yhdessä tutkimuspisteessä todettiin maakerros, jossa PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat merkittävästi koholla. Arviointi tehtiin erityisesti terveystarpeiden perusteella, sillä aluetta ollaan ottamassa myös asuinkäyttöön. Riskinarvioinnin perusteella pilaantuneen maan joutuminen ruoansulatuselimistöön esimerkiksi lasten leikkiesä tai mahdollisesti kasveja syödessä on merkittävin riski. Myös hiilivedy-yhdisteiden kulkeutuminen sisäilmaan tai putkimateriaalin läpi juomaveteen on mahdollista, jos rakentaminen ulottuu nykyisen maanpinnan tason alapuolelle. Viimeistään kantasataman maankäytön tarkentuessa on syytä tehdä lisätutkimuksia erityisesti alueilla, joita rakennetaan asuinkäyttöön. Maaperää joudutaan kunnostamaan joka tapauksessa joillakin alueilla.

Asiasanat: arviointi, maaperä, lainsäädäntö, PAH-yhdisteet, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, hiilivedyt, metallit, kunnostus

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology  
Degree Programme in Environmental Technology

LEHTINEN, JENNY:

Assessment of soil contamination and  
remediation needs  
Case: Kantasatama in Kotka

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 71 pages, 10 pages of appendices

Autumn 2014

## ABSTRACT

---

The purpose of this Bachelor's thesis was to make an assessment of the soil contamination and remediation needs in the Kantasatama area in Kotka. The assessment was made for a future alteration of the city plan and it was made on the basis of a draft of land use plan. The Bachelor's thesis was commissioned by Environmental Consulting Company Niemeläinen and the work was ordered by the city of Kotka.

The aim of the experimental part of the thesis was to study the soil in Kantasatama of Kotka and the research results and observations formed the basis for the assessment of soil contamination and remediation needs. The theoretical part deals with what should be taken into account when assessing the soil contamination and remediation needs. It also focuses on the properties and transport mechanisms of the analysed substances and presents legislation that affects or controls the assessment.

The study revealed that in places the surface layer of the soil is contaminated with metals and oil. Below the surface layer, artificial fills containing wood were found to contain high concentrations of volatile organic compounds in some places. In addition, in one location a layer of soil was found to contain significantly elevated concentrations of PAH compounds. The assessment put special emphasis on health risks because the area is being introduced also for residential use. According to the risk assessment, the most significant risk is contaminated soil getting into the digestive system, for example when children eat plants or play. It is also possible for hydrocarbon compounds to diffuse to indoor air or through the pipe material to the drinking water, if the construction extends below the current level of the ground. If the plans for land use get more specific, it is necessary to do further research especially in areas that will be built for residential use. In any case the soil has to be remediated in some areas.

Key words: assessment, soil, legislation, PAH compounds, volatile organic compounds, hydrocarbons, metals, remediated

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MAAPERÄN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN ARVIOINTIA OHJAAVAT TEKIJÄT	2
2.1	Maankäyttö	5
2.2	Haitta-aineiden esiintyminen	6
2.3	Haitta-aineiden kulkeutuminen	7
2.4	Taustapitoisuudet	10
3	HAITTA-AINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET	12
3.1	Metallit	12
3.1.1	Antimoni (Sb)	12
3.1.2	Arseeni (As)	12
3.1.3	Kadmium (Cd)	13
3.1.4	Kromi (Cr)	13
3.1.5	Vanadiini (V)	14
3.1.6	Elohopea (Hg)	15
3.1.7	Lyijy (Pb)	15
3.1.8	Sinkki (Zn)	16
3.1.9	Koboltti (Co)	17
3.1.10	Kupari (Cu)	17
3.1.11	Nikkeli (Ni)	18
3.2	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (C <sub>5</sub> ...C <sub>10</sub> , VOC)	18
3.3	Mineraaliöljyt C <sub>10</sub> ...C <sub>40</sub>	19
3.4	Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	20
3.5	Kloorifenolit (PCP)	21
3.6	Orgaaniset tinayhdisteet (OT-yhdisteet)	22
3.7	Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja dibentsofuraanit (PCDD/F)	22
3.8	Polyklooratut bifenyylit (PCB)	23
4	MAAPERÄN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTAMISTARPEEN ARVIOINNIN SÄÄDÖSPERUSTA	25
4.1	Ympäristönsuojelulaki 527/2014	25
4.2	Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007	28
4.3	Terveydensuojelulaki 763/1994	29

4.4	Maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999	30
4.5	Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004	31
5	MAAPERÄNÄYTTEENOTTO	33
6	KOTKAN KANTASATAMA	36
6.1	Työn rajaukset	37
6.2	Kohdetiedot	37
6.2.1	Kohteen sijainti ja omistus ja ympäröivät alueet	37
6.2.2	Kohteen käyttöhistoria	38
6.2.3	Tuleva käyttö	39
6.2.4	Pinnanmuodot ja päällysteet	40
6.2.5	Vahingot ja onnettomuudet	40
6.3	Aikaisemmat tutkimukset	40
6.4	Katselmushavainnot	41
6.5	Johtopäätökset haastatteluista, historiatiedoista ja katselmushavainnoista	42
6.6	Maaperä, pohja- ja pintavesi	42
6.6.1	Maaperäolosuhteet	42
6.6.2	Pohja- ja pintavesiolosuhteet	43
7	MAAPERÄN HAITTA-AINETUTKIMUS KOTKAN KANTASATAMASSA	44
7.1	Maaperän haitta-ainetutkimuksen toteutus	44
7.2	Tutkimushavainnot ja –tulokset	46
7.2.1	Välilaiturin alue (P20...P26)	46
7.2.2	Tutkimusalueen länsiosa (P1...P6, P17...P19, P27...P30, LP31, LP33)	48
7.2.3	Itälaiturin alue (P7...P16, P32)	50
8	RISKINARVIOINTI KOTKAN KANTASATAMASSA	52
8.1	Kriittiset haitta-aineet	52
8.2	Välilaiturin alue	54
8.2.1	Haitta-aineiden kulkeutuminen	54
8.2.2	Terveysriskien arviointi	56
8.2.3	Ekologisten riskien arviointi	56
8.3	Tutkimusalueen länsiosa	56
8.3.1	Haitta-aineiden kulkeutuminen	57
8.3.2	Terveysriskien arviointi	59

8.3.3	Ekologisten riskien arviointi	59
8.4	Itälaiturin alue	59
8.4.1	Haitta-aineiden kulkeutuminen	60
8.4.2	Terveysriskien arviointi	61
8.4.3	Ekologisten riskien arviointi	61
8.5	Epävarmuustarkastelu	61
8.6	Jatkotoimenpidesuosituksset	62
8.6.1	Välilaiturin alue	62
8.6.2	Tutkimusalueen länsiosa	62
8.6.3	Itälaiturin alue	63
9	YHTEENVETO	64
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	72

# 1 JOHDANTO

Pilaantuneita maa-alueita on tutkittu Suomessa jo 1980-luvun puolestavälistä lähtien (Valpasvuo 2014). Vuonna 2007 otettiin Suomessa käyttöön Maaperän tilan tietojärjestelmä (MATTI). MATTI-tietojärjestelmässä on tietoa alueista, joissa maaperään on voinut päästä haitta-aineita alueen aikaisemmassa tai nykyisessä toiminnassa. Osa alueista on jo tutkittu ja puhdistettu ja osa on mukana niissä havaittujen ongelmien vuoksi. Vuonna 2013 rekisterissä oli 23 850 kohdetta, joiden epäiltiin tai tiedettiin olevan pilaantuneita tai maaperä oli jo puhdistettu. (Haavisto, Niskala, Pyy & Silvola 2013.) Rekisterissä olevien kohteiden pääpaino on Etelä-Suomessa ja rannikkoalueilla eli alueilla, joilla on merkittävimmin teollistatoimintaa, energiantuotantoa, liikennettä, jätteiden käsittelyä sekä tiheintä asutusta (Haavisto ym. 2013; Valpasvuo 2014).

Pilaantuneiden ja pilaantuneiksi epäiltyjen maa-alueiden tutkiminen perustuu ympäristösuojelulain pykälään 16, jossa säädetään maaperän pilaamiskiellosta. Laissa määritellään, ettei maahan saa päästää tai jättää ainetta, joka voi aiheuttaa haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 16 §.) Pohjaveteen pätee myös pilaamiskiello, pohjaveden pilaamiskiellosta on määritelty lain pykälässä 17 (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 17§).

Pilaantuneisuus ja puhdistamistarpeen arviointi tehdään noudattaen valtioneuvoston asetusta maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. Asetuksen avulla määritetään pilaantuneeksi epäiltyjen maa-alueiden pilaantumisen vakavuus sekä pilaantuneen alueen aiheuttamat mahdolliset riskit. (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.)

Työn tavoitteena on antaa tietoa Kotkan kantasataman maankäytön suunnittelua varten ja perehtyä lainsäädäntöön ja muihin asioihin, jotka ohjaavat pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia. Kirjallisuusosuudessa on esitetty arviointimenettelyn vaiheet, tärkeimmät lainsäädännöt, jotka ohjaavat arviointia sekä olennaisia muita asioita, joita tulee huomioida arvioinnissa. Opinnäytetyön toimiksi toimii Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy. Työn tilaajana toimii Kotkan kaupunki.



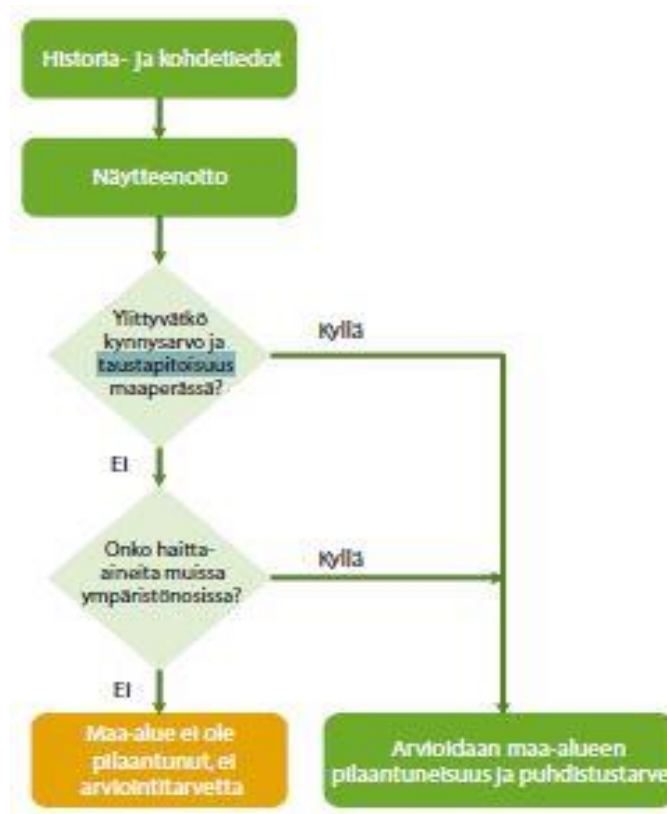
## 2 MAAPERÄN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN ARVIOINTIA OHJAAVAT TEKIJÄT

Arviointimenettelyn vaiheita on kolme: arviointitarpeen tunnistaminen, perusarviointi ja tarkennettu arviointi. Arvioinnin tarkoituksena on selvittää, onko haitta-aineista aiheutuva haitta tai riski hyväksyttävällä tasolla. Jos riski ei ole hyväksyttävä, tulee alue puhdistaa. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistamistarpeen arviointi tehdään alueille, joilla harjoitetaan tai on harjoitettu toimintaa, joista olisi voinut joutua ympäristöön haitta-aineita. (Ympäristöministeriö 2007, 21–26.)  
Haitta-aineella tarkoitetaan ainetta, josta voi aiheuta terveys- tai ympäristöhaittaa (Ympäristöministeriö 2007, 11).

Arviointitarve voi tulla, muun muassa kun alueen maankäyttö muuttuu, esimerkiksi teollisuusalue muutetaan asuinkäyttöön, ympäristön mahdollisesti pilannut toiminta loppuu, havaitaan kohonneita haitta-aine pitoisuuksia alueella tai alue on kiinteistö- tai yrityskauppojen kohteena. Arviointitarpeen tunnistamisen ensimmäisessä vaiheessa kootaan tietoja alueen toiminnasta ja historiatietoja toiminoista. Näiden tietojen pohjalta, jos mahdollinen arviointitarve todetaan, verrataan maaperän haitta-ainepitoisuuksia PIMA-asetuksessa (214/2007) määritettyihin kynnysarvoihin sekä, jos mahdollista, alueen taustapitoisuuksiin tai muihin vertailuarvoihin, joita käytetään arviointitarpeen tunnistamisessa. Arvojen ylittyessä tulee siirtyä arviointimenettelyn seuraavaan vaiheeseen eli perusarviointiin. (Ympäristöministeriö 2007, 26.)

Vertailuarvojen alittuessa voidaan alue todeta pilaantumattomaksi, eikä arviointia tarvitse jatkaa. Mutta siinäkin tapauksessa, jos alue todetaan pilaantumattomaksi, on johtopäätökset dokumentoiva ja toimitettava viranomaisille. (Ympäristöministeriö 2014, 42.) Joissain tapauksissa arviointitarve todetaan, vaikka kynnysarvot ja taustapitoisuudet eivät ylity, riippuen haitta-aineesta ja sen sijainnista, esimerkiksi jos kloorattuja liuottimia sijaitsee rakennusten alla, voivat nämä haitta-aineet kulkeutua sisäilmaan ja aiheuttaa terveysriskin. (Ympäristöministeriö 2007, 26.) Joskus taustapitoisuus, kynnysarvo tai muu arviointitarpeen tunnistamisessa käytetty vertailuarvo ylittyy vain yhdessä tai muutamassa mittaustuloksessa, mutta haitta-ainetta ei havaita laajemmalla yhtenäisellä alueella ja haitta-aineen kokonaisuus on merkityksettömän pieni. Aluetta voidaan pitää pilaantumattomana,

jos tulokset ja tutkimukset ovat luotettavia. Mutta vertailuarvon ylityksen syy tulee tunnistaa ja tämä tulee esittää selkeästi tutkimusraportissa. (Ympäristöministeriö 2014, 42.) Kuviossa 1 on kuvattu arviointitarpeen tunnistamisen vaiheet.

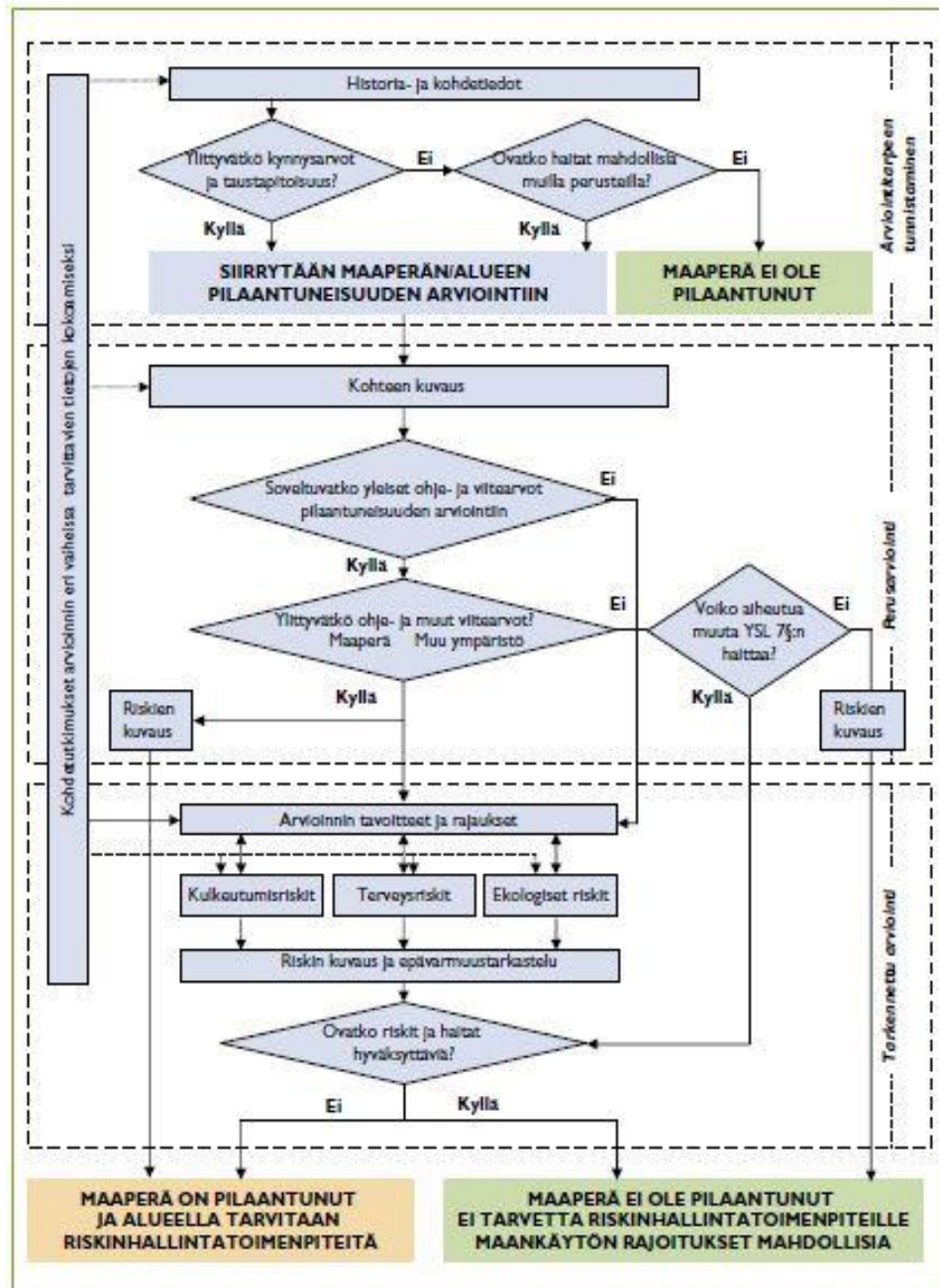


KUVIOSSA 1. Arviointitarpeen tunnistaminen (Ympäristöministeriö 2014, 43)

Perusarvioinnissa arvioidaan ympäristöolosuhteita, maankäyttöä ja alueella todettujen haitta-aineiden ominaisuuksia. Tässä vaiheessa yleensä haitta-ainepitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksessa (214/2007) määrättyihin ohjearvoihin ja näiden pohjalta päätetään, ovatko riskit hyväksyttäviä. Lisätutkimuksien ja arvioinnin tarkentamisen tarve arvioidaan myös tässä vaiheessa. Ohjearvon ylityksessä siirrytään arviointimenettelyn kolmanteen vaiheeseen tarkennettuun arviointiin tai puhdistetaan maaperä. Perusarvioinnissa tulee käydä läpi PIMA-asetuksessa (214/2007) edellytetyt tekijät. (Ympäristöministeriö 2007, 30.)

Tarkennetussa arvioinnissa tarkennetaan perusarvioinnissa käytyjä asioita ja niistä muodostuvaa kuvaa, mutta pääpaino on riskien tarkastelussa. Tarkennetussa arvioinnissa tulee noudattaa PIMA-asetusta (214/2007), erityisesti pykälää 2 tulee noudattaa, jossa on määritelty, mitä arvioinnissa tulee ottaa huomioon. (Ympäris-

töministeriö 2007, 49.) Tarkennetussa arvioinnissa keskitytään ohjearvojen ylittäneisiin haitta-aineisiin tai haitta-aineisiin, jotka esiintyvät niin suurina määrinä ja pitoisuuksina, että niistä saattaa aiheutua haittaa tai riskiä. Pitoisuuksien ja kokonaismäärän lisäksi haitta-aineiden alueellinen ulottuvuus ja sijainti vaikuttavat olennaisesti riskien merkittävyyteen. (Ympäristöministeriö 2007, 49; Ympäristöministeriö 2014, 47.) Tarkennetussa arvioinnissa valitaan niin sanotut kriittiset haitta-aineet eli riskien kannalta olennaiset haitta-aineet, rajataan arvioitava alue ja valitaan arviointimenetelmät. Ohjearvojen soveltuvuutta on myös hyvä tarkastella sekä muita epävarmuustekijöitä. Myös joissain tapauksissa, jos kynnyksarvot ylittyvät, tulee tehdä tarkennettu arvio esimerkiksi jos alue sijaitsee tärkeällä pohjavesialueella. Tarkennetussa arvioinnissa tulee käsitellä ainakin seuraavat asiat haitta-aineiden osalta kulkeutumisriskin, terveysriskin ja ekologisen riskin arviointi. (Ympäristöministeriö 2007, 49–51.) Kulkeutumisriskillä tarkoitetaan pilaantuneen alueen haitta-aineiden kulkeutumisesta aiheutuvaa riskiä tai haittaa, joka kohdistuu ympäristön laatuun pilaantuneella alueella tai sen ulkopuolella. Terveysriskillä tarkoitetaan niitä mahdollisia terveyshaittoja, joita voi seurata ihmisille, jotka altistuvat haitta-aineille pilaantuneella alueella tai sen ulkopuolella. Ekologisella riskillä tarkoitetaan haitallisia vaikutuksia, joita saattaa aiheutua eliöstölle pilaantuneen alueen haitta-aineista. (Ympäristöministeriö 2014, 97, 111, 120.) Kuviossa 2 on esitetty arviointimenettelyn eri vaiheet kaaviona.



KUVIO 2. Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin vaiheet (Ympäristöministeriö 2007)

## 2.1 Maankäyttö

Maankäytön muuttuminen yleensä laukaisee arviointitarpeen tunnistamisen varsinkin siinä tapauksessa, jos alueella on ollut teollistatoimintaa. Alueen maankäyttö myös määrää sen, sovelletaanko alueella ylempää vai alemmaa ohjearvoa.

Ylempää ohjearvoa noudatetaan silloin, kun kyseessä on teollisuus-, varasto- tai

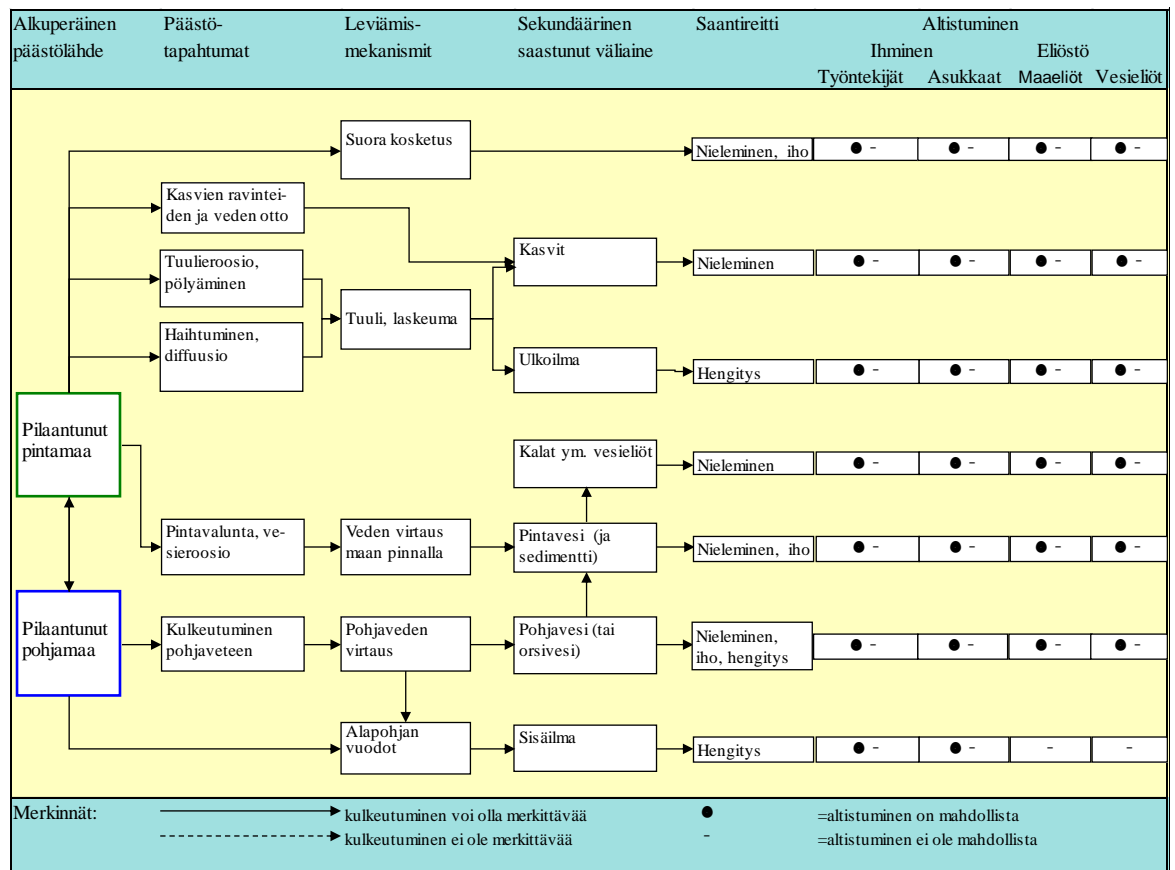
liikennealue ja muussa tapauksessa käytetään alempaa ohjearvoa tai, jos riskinarviolla on niin osoitettu. Maankäyttö kuvataan yleensä perusrarvioinnin yhteydessä. Maankäytön avulla määritetään väestöryhmät ja eliöt, jotka voivat todennäköisimmin altistua haitta-aineille. Lisäksi tulee ottaa huomioon sellaiset erityistoiminnot, jotka voivat vaikuttaa riskien muodostumiseen, esimerkiksi päiväkotia on tällainen erityistoiminto. Alueen maankäytön muuttuessa tulee arviointivaiheessa ottaa huomioon suunniteltu maankäyttö, muussa tapauksessa lähtötietona käytetään vain asemakaavaa. Arvioitavan alueen lähiympäristön maankäyttökin tulee huomioida arvioinnissa, jotta voidaan ottaa huomioon haitta-aineiden kulkeutumisesta ulkopuolelle aiheutuvia riskejä. Myös joissain tapauksissa tulee huomioida kauempanakin sijaitsevat kohteet, jos niillä saattaa olla merkitystä riskien osalta esimerkiksi vedenottamot ovat tällaisia niin sanottuja herkkiä kohteita. (Ympäristöministeriö 2007, 38–39.) Riskinarviointia varten tulee selvittää myös kohteessa sijaitsevat rakennukset, muut rakenteet, kasvillisuus ja päällysteet sekä muut kulkeutumiseen vaikuttavat johteet muun muassa sadevesiviemärointi, salaojat sekä sähkö- ja putkilinjat. Näitä tietoja voidaan hankkia erilaisista kaava-asiakirjoista (esimerkiksi asema- tai yleiskaava, kaavaluonnos tai –ehdotus) ja kohdekäynnillä. (Ympäristöministeriö 2014, 52.)

## 2.2 Haitta-aineiden esiintyminen

Haitta-aineiden kulkeutuminen, ihmisten ja eliöiden altistuminen sekä niiden aiheuttamat vaikutukset vaikuttavat ihmisten ja ympäristölle aiheutuvien riskien suuruuteen ja luonteeseen. Näitä arvioidaan haitta-aineiden fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien ja ympäristössä olevien pitoisuuksien avulla. Myös yhteisvaikutukset ja kokonaismäärä tulee huomioida arvioinnissa. Kriittiset haitta-aineet voidaan tunnistaa vertaamalla pitoisuuksia ohjearvoihin ja ominaisuuksien perusteella voidaan arvioida mahdollisia vaikutuksia ja kulkeutumisreittejä. Haitta-aineiden kokonaismäärän avulla saadaan selville ajallinen ulottuvuus ja leviämispotentiaali. Yleensä haitta-aineet esiintyvät ympäristössä epätasaisesti jakautuneina, ellei kyseessä ole jokin paikallinen onnettomuus. Haitta-aineiden esiintymiseen ja jakaantumiseen vaikuttavat muun muassa ympäristön olosuhteet, päästön suuruus ja siitä kulunut aika sekä haitta-aineiden ominaisuudet. (Ympäristöministeriö 2007, 34 – 35.)

## 2.3 Haitta-aineiden kulkeutuminen

Haitta-aineet voivat olla huokosveteen liuenneena, josta ne voivat kulkeutua kasveihin tai pohjaveteen, josta ne edelleen kulkeutuvat vesistöihin. Ne voivat myös olla huokoskaasuun haihtuneina, mistä ne voivat kulkeutua sisäilmaan tai ilmakehään tai ne voivat olla pintamaahan sitoutuneita ja siitä ne voivat levitä pölyn mukana tai kulkeutua valumavesien mukana vesistöihin. (Ympäristöministeri 2007, 34.) Yleisimpiä altistumisreittejä ovat hengityksen kautta (sisä- ja ulkoilma), ravinnon tai talousveden kautta, pintavedestä ihon kautta (läpäisevät aineet) sekä maan nielemisen kautta (tahaton tai tahallinen). Kuviossa 3 kuvataan haitta-aineiden kulkeutuminen. (Ympäristöministeriö 2007, 39.)



KUVIO 3. Käsitteellinen malli haitta-aineiden kulkeutumisesta (Öljyalan palvelukeskus Oy 2013)

Maaperäolosuhteet vaikuttavat haitta-aineiden kulkeutumiseen ja käyttäytymiseen muun muassa maanpinnan korkeustasot ja viettosuunnat, maalaji, maakerrosten paksuus ja järjestys sekä alkuperä (täyttömaa vai luonnonmaa). Myös maaperän fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet vaikuttavat, kuten pH, hienoaineksen ja

orgaanisen hiilen määrä, vedenläpäisevyys, vesipitoisuus, huokoisuus, raekoko ja höyrynpaine maaperässä, sekä ilmastolliset tekijät vaikuttavat, kuten lämpötila ja sademäärä. Maaperän pH-redox-suhteet, pintavaraus ja mineraalikoostumus säätelevät erityisesti epäorgaanisten aineiden käyttäytymistä. On myös sellaisia ominaisuuksia, joiden vuoksi on vaikea arvioida vaikutuksia kulkeutuvuuteen. Tällaisia syntyy, kun ihminen on muuttanut ja muokannut maaperän ominaisuuksia, esimerkiksi rakentamisen yhteydessä luonnon maakerroksia on korvattu soralla sekä muilla sekalaisilla ylijäämämailla, jotka voivat sisältää muun muassa rakennus- ja yhdyskuntajätettä. (Ympäristöministeriö 2007, 35–36; Ympäristöministeriö 2014, 52.)

Maaperässä haitta-aineet voivat kulkeutua epäorgaanisina tai orgaanisina metallikomplekseina tai liukoissa muodoissa vapaina, maan hiukkasiin kiinnittyneinä, kaasuina tai suspensioissa humukseen (Heikkinen 2000, 11). Maaperän huokosisa haitta-aineet voivat kulkeutua huokoskaasussa tai vedellä kyllästyneissä kerroksissa veden mukana. Haitta-aineet voivat täyttää huokostilan, ja siellä ne voivat kulkea omana faasina, nesteinä tai kaasuna. Haitta-aineet voivat kulkeutua myös tiiviiden maakerrosten päällä. Karkeissa maalajeissa (esimerkiksi sora, hiekka) kulkeutuminen ja vedenläpäisevyys ovat nopeampaa kuin hienojakoisissa maalajeissa (esimerkiksi siltti, savi), näin ollen maan rakeisuus vaikuttaa olennaisesti vedenläpäisevyyteen. (Suomen Geoteknillinen yhdistys ry 2008, 11 – 15.) Maaperän ollessa hapan ovat monet haitta-aineet (kuten metallit) yleensä liukoisemmassa muodossa ja ovat siten myös kulkeutuvampia, maaperän happamoitumisen myötä usein myös sidontakapasiteetti pienenee (Heikkinen 2000, 15 – 16).

Neutraaleissa ja emäksisissä olosuhteissa muun muassa raskasmetallit pidättyvät maaperään parhaiten (Heikkinen 2000, 16). Mutta happamissa ja hapettavissa oloissa negatiivisesti varautuneina anioneina esiintyvät metallit sitoutuvat maahan paremmin (Ympäristöministeriö 2014, 52). Redox-potentiaali vaikuttaa myös maaperän sidontakapasiteettiin ja siten aineiden kulkeutumiseen muun muassa pelkistävät olosuhteet lisäävät esimerkiksi raudan ja kromin liukoisuutta ja vähentävät sitoutumista (Heikkinen 2000, 17). Redox-potentiaali vaikuttaa myös orgaanisten aineiden biohajoamiseen (Ympäristöministeriö 2014, 52). Haitta-aineet voivat levitä myös dispersion avulla, eli pohjaveden virtauksen törmätessä maarakkeisiin joutuu virtaus muuttamaan suuntaa ja mutkittelemaan, jolloin sen mukana

kulkevat haitta-aineet leviävät sekä virtauksen suunnassa että sivulle päin mekaanisesti (Suomen Geoteknillinen yhdistys ry 2008, 11 – 12). Maaperän korkea lämpötila ja kosteus lisäävät haitta-aineiden haihtumista ja vastaavasti maaperän ollessa jäässä haihtuminen ja kulkeutuminen ovat hyvin hidasta. Maaperän korkea höyrynpaine lisää haihtumista varsinkin niillä aineilla, joiden höyrynpaine on suuri. Orgaanisen ja epäorgaanisen aineksen määrä vaikuttaa maaperän sidontakapasiteettiin, mitä enemmän orgaanista aineista on, sitä paremmin maaperä pystyy sitomaan haitta-aineita. Maaperän sisältäessä runsaasti orgaanista hiiltä on orgaanisten haitta-aineiden pidättyminen tehokkainta. (Heikkinen 2000, 12–18.) Kosteuden lisääntyessä myös maaperän redox-potentiaali laskee, myös vesipitoisuuden vaihtelut aiheuttavat vaihteluita redox-potentiaaliin. Redox-potentiaali vaihtelee myös karkeimmissa maalajeissa pohjaveden pinnan vaihteluiden seurauksena. (Ympäristöministeriö 2014, 53.)

Pohjavesiolosuhteet vaikuttavat kulkeutumiseen kuten veden kokonaismäärä, veden virtaussuunta ja nopeus (Heikkinen 2000, 12). Pohjavedessä haitta-aineet voivat kulkeutua siihen liuenneena tai kellua pohjavedessä omana liukenemattomana faasina. Vettä raskaammat haitta-aineet voivat painua pohjavesivyöhykkeen alaosiin ja siellä ne voivat kertyä syvänteisiin. (Suomen Geoteknillinen yhdistys ry 2008, 19 – 20.) Pintavesiin ja vesistöihin haitta-aineet voivat kulkeutua pohjaveden mukana tai huuhtoutua valumaveden mukana (Ympäristöministeriö 200, 36 – 37). Vesistöissä haitta-aineet voivat olla suspentoituneina kiintoaineeseen, liuenneina tai sedimentoituneina, ne voivat myös haihtua veden pinnasta ilmaan (Ympäristöministeriö 2007, 36 – 37; VTT 2014). Valumavesien määrään vaikuttaa pintamaan laatu ja kaltevuus, kasvillisuus, alueen läpi kulkevat ojat ja sadevesien viemärointi. (Ympäristöministeriö 2007, 36 – 37.) Tuulisuus ja sateisuus vaikuttavat myös valumavesien määrään ja kulkeutuvuuteen. Tuulisella ilmalla myös ilmassa olevat haitta-aineet leviävät nopeammin. Osa haitta-aineista voi imeytyä sadevesien ja sulamisvesien mukana maaperään. (VTT 2014.) Myös ilman lämpötila vaikuttaa haitta-aineiden kulkeutuvuuteen, lämpimillä ilmoilla haihdunta suurempaa kuin kylmillä ilmoilla. Kuivassa ja lämpimässä haitta-aineet kulkeutuvat ylöspäin ja kosteassa ja viileässä ne kulkeutuvat alaspäin. (Heikkinen 2000, 11.) Ilmaan päätyvät vesiliukoiset haitta-aineet voivat huuhtoutua sateen mukana vesistöihin tai maahan (VTT 2014).



Haitta-aineiden omat fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet vaikuttavat kulkeutumiseen kuten puoliintumisaika, kertyvyys, pysyvyys, vesiliukoisuus, rasvahakuisuus ja haihtuvuus. Metallien kulkeutumiseen vaikuttaa se, onko aine orgaanisessa vai epäorgaanisessa muodossa, yleensä orgaaninen muoto on kulkeutuvampi ja haitallisempi esimerkiksi metyylielohopea. Haitta-aineiden pitoisuudet vähenevät kulkeutumisen myötä ja voivat siten muuttua, hajota tai pidentyä maaperässä eri tavalla. (Ympäristöministeriö 2007, 34.) Vesiliukoisuus on yksi tärkeimmistä suureista aineen ympäristökäyttäytymisen kannalta, koska veden mukana aine voi levitä hyvin laajalle alueelle. Orgaanisten aineiden vesiliukoisuuteen vaikuttavat aineen molekyylikoko ja funktionaalisten ryhmien määrä ja paikka. Hajoavilla aineilla ionisoimaton muoto on rasvahakuisempi kuin ionisoitunut. Yleensä myös orgaanisilla aineilla rasvahakuisempi muoto on myös kertyvämpi. Epäorgaaniset aineet liukenevat veteen kukin ominaisella tavalla, ja taulukkokirjasta löytyy kunkin aineen vesiliukoisuus. Aineiden pysyvyys on myös yksi keskeisimmistä tekijöistä, kun arvioidaan ympäristövaarallisuutta. Nopeasti hajoavat aineet eivät ehdi vaikuttaa laajoilla alueilla, kun taas pysyvät aineet kertyvät ympäristöön ja ajan myötä vähäinenkin myrkyllisyys saattaa aiheuttaa haittoja. (Leinonen & Nikunen 2002, 10–15.)

#### 2.4 Taustapitoisuudet

Taustapitoisuudella tarkoitetaan haitta-aineiden luontaisia pitoisuuksia maaperässä tai laajalla alueella pintamaassa pilaantuneeksi epäillyn alueen ympäristössä esiintyviä kohonneita pitoisuuksia, jotka ovat peräisin jostain muusta kuin kohteessa harjoitetusta toiminnasta, kuten useasta eri päästölähteestä (Ympäristöministeriö 2007, 27). Geologian tutkimuskeskus on kerännyt tietoa metallien taustapitoisuuksista suomalaisessa maaperässä (taustapitoisuusrekisteri TAPIR), myös joiltain tarkemmin tutkituilta alueilta on selvitetty PCB- ja PAH-yhdisteiden määrää. Taustapitoisuudet vaihtelevat paikallisesti ja alueellisesti sekä eri maalajeissa, eikä kaikilta alueilta ole määritetty taustapitoisuuksia. Maaperässä ei esiinny luontaisesti orgaanisia haitta-aineita, ellei alueella ole sattunut muun muassa metsäpaloja, joissa voi syntyä muun muassa PAH-yhdisteitä ja dioksiineja. Luontainen taustapitoisuus ei muutu ajan myötä maaperässä toisin kuin ihmistoiminnan seurauksista syntyneet taustapitoisuustasot. Ilmalevitteiset haitta-aineet saattavat paikoin

nostaa pintamaan haitta-ainepitoisuuksia. Yleensä, jos alueen taustapitoisuus ylittyy, tulee poikkeava tulos selvittää arviointitarpeen määrittämisessä. Mittaukseen liittyvä virhe tulee huomioida tulosten tulkinnassa. Jos taustapitoisuus on korkeampi kuin kynnyksarvo, tulee arviointikynnyksenä pitää taustapitoisuutta. Taustapitoisuutta voidaan siis käyttää arvioinnissa vertailuarvona, jos taustapitoisuutta pidetään luotettavana. (Ympäristöministeriö 2007, 27–29.) Mitä enemmän taustapitoisuus ylittyy, sitä suuremmaksi riski tai haitta muodostuu. (Ympäristöministeriö 2014, 77).

Tutkitussa kohteessa ei otettu huomioon maaperän taustapitoisuuksia, koska alueelta ei ole tutkittu taustapitoisuuksia ja tutkimusalue on pääosin täyttömaata. Ei voida tietää varmuudella sitä, ovatko täyttömaat olleet jo pilaantuneita, kun ne on tuotu alueella. Lähialueiden metallien taustapitoisuudet jäävät selvästi alle kynnyksarvon. Vaikka tässä arvioinnissa olisi otettu huomioon lähialueiden taustapitoisuudet, ne eivät olisi muuttaneet tuloksia tai johtopäätöksiä. Liitteessä 1 on taulukoitu lähialueen moreenimaan taustapitoisuudet.

### 3 HAITTA-AINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

#### 3.1 Metallit

##### 3.1.1 Antimoni (Sb)

Antimoni on kemiallisilta ominaisuuksiltaan arseenin kaltainen ja se on myös puolimetalli. Luonnossa antimonia tavataan sulfidimineraaleissa, antimonihotteen ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ) sekä seosmetallina erilaisissa arseeni-, kupari- ja lyijysulfideissa. Hapamissa ja hapettavissa oloissa antimonisulfidit hajoavat. Antimonia sitovat maaperässä humus, fosfaatit sekä rauta- ja alumiinihydroksioksidit. Maaperässä antimonin on hyvin kulkeutuvaa ja se voi päätyä pohjaveteen, jos sitä sitovia aineita on vähän maaperässä. Vesiliöille tietyt antimoniyhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä. Antimonin yhdiste antimonitrioksidi on arvioitu syöpävaaralliseksi. Antimonia käytetään muun muassa lyijyluodeissa ja muissa metalliseoksissa. (Reinikainen 2007, 92.) Antimonia hengittämällä se voi imeytyä elimistöön ja voi aiheuttaa ihotulehdusta, jos ihokosketus on toistuvaa tai pitkäaikaista (Työterveyslaitos 2008).

##### 3.1.2 Arseeni (As)

Arseeni on luonnossa yleinen puolimetalli, se esiintyy tavallisesti sulfidimineraalien kanssa. Hapettavissa oloissa maavedessä siitä muodostuu liukoisia arsenaattianioneja ja pelkistävässä oloissa se esiintyy liukoisena arseniittina tai arseenihapokkeena. Maaperässä arseeni sitoutuu orgaaniseen ainekseen, oksideihin ja savimineraaleihin. Arseeni voi olla helposti kulkeutuvaa ja se voi päätyä pohjaveteen karkearakeisissa maalajeissa. (Reinikainen 2007, 93.) Arseeni liukenee pohjaveteen, mistä se voi levitä laajalle alueelle pohjaveden mukana (Alveus ky 2008). Alueilla, joissa arseenia esiintyy paljon kallioperässä, on myös pohjavedessä havaittu korkeita arseenipitoisuuksia luontaisestikin. Arseenia käytetään puunsuojaukseen CCA-kyllästeenä ja seosaineena elektroniikkateollisuudessa. Vesiliöille arseeni on erittäin myrkyllistä. Arseenin yhdisteistä arseenipentoksidi on syöpävaarallinen yhdiste, sitä esiintyy muun muassa CCA-kyllästeessä. (Reinikainen 2007, 93.)

Arseenia hengittämällä se pääsee imeytymään elimistöön. Arseenia kertyy kynsiin, ihoon ja hiuksiin pitkäaikaisaltistuksessa. (Työterveyslaitos 2010a.) Pitkäaikaisaltistuminen voi aiheuttaa vaikutuksia verisolujen muodostukseen, sydän- ja verenkiertoelimistöön, limakalvoihin, ääreishermostoon sekä maksa- ja munuaisvauriot (Alveus ky 2008; Työterveyslaitos 2010a). Arseenin myrkytysoireita ovat pahoinvointi, ruokahaluttomuus, ihomuutokset ja heikkouden tunne raajoissa. (Alveus ky 2008).

### 3.1.3 Kadmiun (Cd)

Kadmiumia esiintyy luonnossa sulfidimineraaleissa, kuten sinkkivälkkeen liittäisenä kadmiumsulfidina (Heikkinen 2000, 23; Reinikainen 2007, 95; Työterveyslaitos 2010c). Kemiallisilta ominaisuuksiltaan se muistuttaa hyvin paljon sinkkiä (Heikkinen 2000, 23). Maaperässä kadmium on helposti kulkeutuvaa varsinkin, jos maaperä on hapan tai orgaanista aineista tai metalleja sitovia saostumia on vähän maaperässä (Reinikainen 2007, 95). Emäksisissä oloissa kadmium on lähes kulkeutumaton (Heikkinen 200, 24). Kadmiumia käytetään muun muassa ruostesuojaukseen ja tekstiiliväriinä turvatekstiileissä, akuissa ja paristoissa (Reinikainen 2007, 95; Työterveyslaitos 2010c). Kadmium voi kertyä kasveihin ja eläimiin, ja se saattaa aiheuttaa vaikutuksia ravintoketjuun jo pienissäkin pitoisuuksissa (Reinikainen 2007, 95). Kadmiumin puoliintumisaika on noin 10 – 30 vuotta. Kadmiumille altistutaan pääasiassa hengitysteitse ja sieltä se pääsee kulkeutumaan elimistöön. Kadmiumille voi myös altistua kasviravinnon kautta. (Työterveyslaitos 2010c.) Pitkäaikaisaltistuksessa se voi kertyä muun muassa munuaiseen aiheuttaen munuaisvaurioita (Reinikainen 2007, 95).

### 3.1.4 Kromi (Cr)

Luonnossa kromi esiintyy pääasiassa niukkaliukoisena kolmenarvoisena krominyhdisteenä oksidimineraaleina tai silikaattimineraaleihin sitoutuneena (Reinikainen 2007, 97; Työterveyslaitos 2010d). Hapettuessaan happamissa tai emäksisissä oloissa syntyy kuudenarvoista kromia, joka on maaperässä suhteellisen kulkeutuvaa. Vesiliukoisuuden kasvaessa kolmenarvoisen kromin haitallisuus kasvaa. (Reinikainen 2007, 97.) Kromin haitallisuus ja biologinen merkitys riippuvat

esiintymismuodosta ja hapetusasteesta. Kromia käytetään ruostumattoman teräksen valmistuksessa, sitä on myös käytetty puunsuojauksessa sekä nahka- ja kemianteollisuudessa muun muassa väriaineina. (Reinikainen 2007, 97; Työterveyslaitos 2010d.) Ihmiselle kolmenarvoinen kromi on välttämätön hivenaine (Reinikainen 2007, 97). Kolmiarvoinen kromi ei kerry helposti kasveihin, koska se sitoutuu tiukasti maahan (Seppänen 1998, 95). Eliöille ja ihmisille kuudenarvoinen kromi on haitallisempaa kuin kolmenarvoinen. Kuudenarvoisen kromin yhdisteet ovat syöpävaarallisia, ja ne imeytyvät myös elimistöön helpommin kuin kolmenarvoinen kromi. Kuudenarvoisen kromin yhdisteet aiheuttavat kosketuksessa ärsytysihottumaa. Krominyhdisteet saattavat aiheuttaa muutoksia muun muassa nenän limakalvoissa pitkäaikaisaltistuksessa, ja joissain tapauksissa se saattaa aiheuttaa keuhkoastmaa. (Reinikainen 2007, 97; Työterveyslaitos 2010d.)

### 3.1.5 Vanadiini (V)

Vanadiinia esiintyy luonnossa kiillemineraaleihin sitoutuneena tai niukkaliukoisina oksimineraaleina. Vanadiinin ominaisuudet ja kulkeutuvuus riippuu siitä millä hapetusasteella se esiintyy. Muun muassa pelkistävässä oloissa se esiintyy kolmenarvoisena ja se on hyvin heikosti liikkuva kun taas viidenarvoinen vanadiini on kulkeutuva laajalla pH-alueella ja se voi muodostaa oksianioneja, jotka ovat veteen hyvin liukenevia. Vanadiini sitoutuu savimineraaleihin, orgaaniseen ainekseen ja raudan oksideihin. Sitoutuminen vähentää vanadiinin kulkeutuvuutta varsinkin neutraalissa ja happamassa maaperässä. Emäksisissä olosuhteissa vastavasti sen liukoisuus kasvaa. Myös sen myrkyllisyys kasvaa suhteessa hapetuslukuun. (Reinikainen 2007, 102.) Vanadiinia käytetään seosaineena muun muassa raudattomissa metalliseoksissa ja kemikaaleissa sekä teräksessä, sitä on myös pieniä määriä kivihiilessä ja öljyssä luonnostaan. Vanadiini on ihmiselle välttämätön hivenaine pieninä määrinä mutta suurina määrinä se on myrkyllinen. Se on myös välttämätön hivenaine joillekin eläimille. (Reinikainen 2007, 102; Metsän tutkimuslaitos 2013.) Vanadiinia kertyy pitkäaikaisaltistumisessa muun muassa keuhkoihin ja se voi aiheuttaa keuhkoputkentulehduksen (Työterveyslaitos 2012c).

### 3.1.6 Elohopea (Hg)

Elohopea esiintyy luonnossa erilaisina epäorgaanisina ja orgaanisina yhdisteinä sekä alkuainemuodossa. Elohopealla on erilaisia esiintymismuotoja luonnossa, niitä ovat muun muassa metallinen elohopea, metyylielohopea ja elohopeasulfidi. (Reinikainen 2007, 94.) Elohopea on nestemäinen metalli, joka ei liukene veteen, mutta se leviää ympäristöön helposti mutta liikkuu huonosti maaperässä (Työterveyslaitos 2010b). Kasveihin elohopea ei kulkeudu varsinkaan kasvien syötäviin osiin, vaikka pitoisuudet nousisivat korkeiksi (Seppänen 1998, 95). Elohopean käyttäytymistä maaperässä säätelevät maaperän olosuhteet, orgaanisen aineksen määrä ja aineen esiintymismuoto (Reinikainen 2007, 94). Pelkistyessään elohopea voi muuttua haihtuvaan metalliseen muotoon tai muodostaa niukkaliukoisia sulfideja, se voi myös muuntua biologisesti epäorgaanisesta muodosta orgaaniseen muotoon metyylielohopeaksi, joka rikastuu ravintoketjussa. Elohopeaa on käytetty muun muassa sähkölaitteissa, maaleissa, torjunta-aineena, lämpömittareissa ja paristoissa. (Reinikainen 2007, 94; Työterveyslaitos 2010b.)

Suurin elohopean käyttäjä on kloorialkaliteollisuus, jossa sitä käytetään elektrolyytinä. Energiatuotannon polttoprosesseissa ilmaan saattaa päästää elohopeaa, joka voi laskeutua maahan ja nostaa humuskerrosten elohopeapitoisuutta. Mustaliuskepitoisessa kallioperässä elohopeapitoisia mineraaleja esiintyy eniten, ja tämä voi nostaa suoturpeiden ja järven pohjasedimenttien elohopea pitoisuutta. (Reinikainen 2007, 94.) Elohopea on erittäin myrkyllistä eläimille ja ihmisille. Hengitysteitse metallinen elohopeahöyry imeytyy elimistöön hyvin, mutta muiden elohopeayhdisteiden imeytyminen on hitaampaa. Osa epäorgaanisista elohopeayhdisteistä voi imeytyä suoraan ihon läpi, muun muassa elohopeakloridi. Metallinen elohopea kertyy ihmisen elimistöön etenkin munuaisiin ja aivoihin. Pitkäaikainen altistuminen voi aiheuttaa hermostomyrkytyksen tai munuaisvaurion. Muilla elohopeanyhdisteillä on havaittu samankaltaisia vaikutuksia mutta imeytyminen on niillä hitaampaa. (Työterveyslaitos 2010b.)

### 3.1.7 Lyijy (Pb)

Lyijyä esiintyy maa- ja kallioperässä pääasiassa niukkaliukoisina sulfidi- ja karbonaattimineraaleina. Lyijyn kulkeutuvuus maaperässä on yleensä heikkoa var-

sinkin hienorakeisissa maalajeissa, koska se sitoutuu tiukasti maan partikkeleihin, eikä se kulkeudu herkästi kasveihin normaaliolosuhteissa. Kasviin jouduttuaan se pidättyy yleensä kasvin juuristoon. Happamat ja hapettavat maaperäolosuhteet sekä kompleksoituminen liukoisiin yhdisteisiin lisäävät lyijyn kulkeutuvuutta ja liukoisuutta. Pintavaluntana lyijy saattaa kulkeutua muun muassa pintavesiin. (Reinikainen 2007, 99.) Lyijyä käytetään muun muassa luodeissa, maaleissa ja korroosioestoaineena (Reinikainen 2007, 99; Työterveyslaitos 2010e). Ihminen voi altistua lyijylle ravinnon kautta tai hengitysilman kautta (maan pölyäminen). Ihon läpi lyijyä voi imeytyä orgaanisessa muodossa mutta ei epäorgaanisessa muodossa. Lyijyn pitkäaikaisaltistus vaikutuksia ovat hermostolliset muutokset, lisääntymiseen vaikuttavat muutokset sekä se lisää riskiä sairastua syöpään. Lyijy sitoutuu verenpunasoluihin, verenkierrossa oleva lyijy voi läpäistä istukan. (Työterveyslaitos 2010e.) Kehitysiässä oleville lapsille ja vesieliöille lyijy on erittäin myrkyllistä (Reinikainen 2007, 99).

### 3.1.8 Sinkki (Zn)

Maaperässä sinkkiä esiintyy luonnostaankin sitoutuneena mineraaleihin, ja se on tärkeä hivenaine ihmisille, eläimille ja eliöille. Sinkki voi muodostaa erilaisia orgaanisia ja epäorgaanisia kompleksiyhdisteitä, jotka ovat liukoisia ja helposti kulkeutuvia. Sinkin sitoutumista maahan edistävät orgaaninen aines, savimineraalien sekä rauta- ja alumiinioksidisaostumat. Sinkin liukoisuutta ja kulkeutuvuutta heikentävät emäksiset ja voimakkaasti pelkistävät olosuhteet, kun taas happamoituminen lisää sen kulkeutuvuutta. Maaperään joutunut sinkki on yleensä liukoisemmassa muodossa kuin siellä luontaisesti oleva. (Reinikainen 2007, 101.) Kasveihin sinkki kulkeutuu suhteellisen helposti (Seppänen 1998, 94). Sinkkiä voi kulkeutua pintavaluntana vesistöihin, ja osa sinkin yhdisteistä on erittäin myrkyllisiä vesieliöille, muun muassa kaloille. Sinkki saattaa kertyä leviin ja sedimentin eliöihin. Sinkkiä käytetään pääasiassa metalliteollisuudessa sekä kiinnittymisenestovalmisteissa. (Reinikainen 2007, 101; Tukes 2013.)

### 3.1.9 Koboltti (Co)

Koboltti esiintyy luontaisestikin maaperässä, yleensä kallio- ja maaperän mineraaleissa. Sitä on havaittu yhdessä raudan ja nikkelin kanssa sulfideissa ja pieninä pitoisuuksina esimerkiksi savi- ja kiillemineraaleissa. Koboltti voi esiintyä suhteellisen liukoisena ja kulkeutua herkästi maaperässä. Koboltti on kulkeutuvimmillaan, kun maaperä on hapan ja kobolttia sitovia rautasaostusmineraaleja ja orgaanista ainesta on niukasti. Koboltti ei itsessään ole vesiliukoinen, mutta monet sen yhdisteet ovat vesiliukoisia. (Reiniainen 2007, 96.) Koboltista valmistetaan muun muassa erikoistyökaluja ja sitä on käytetty muun muassa maaleissa ja akuissa sekä erilaisissa teollisuuden metalliseoksissa (Reiniainen 2007, 96; Työterveyslaitos 2012b). Koboltti on pieninä annoksina välttämätön hivenaine ihmiselle, mutta vesiliöille osa kobolttiyhdisteistä on erittäin myrkyllisiä (Reiniainen 2007, 96). Koboltti voi imeytyä ihmiseen hengitysteiden kautta. Koboltin epäillään aiheuttavan syöpää, se saattaa myös aiheuttaa keuhkolaajentumaa ja verenvuotoa suurina pitoisuuksina. (Työterveyslaitos 2012b.)

### 3.1.10 Kupari (Cu)

Kupari esiintyy luonnossa mineraaleihin sitoutuneena (Reinikainen 2007, 98). Se sitoutuu herkästi rikkiin sulfideiksi, ja näistä yleisin on kuparikiisu ( $\text{CuFeS}_2$ ) (Seppänen 1998, 94). Pieninä annoksina kupari on välttämätön hivenaine ihmisille, eläimille ja kasveille, mutta vesiliöille kupari on erittäin myrkyllistä. Kuparin kulkeutuvuus lisääntyy happamoitumisen ja kuparia sitovien ainesten vähäisyyden seurauksena. Pintavaluntana kuparia saattaa päätyä muun muassa pintavesiin. Maaperän rakeisuus vaikuttaa kulkeutumiseen: mitä hienoaaineksisempaa maaperä on, sitä tiukemmin kupari on sitoutunut. Maaperään päässyt kupari on usein liukoisemmassa muodossa kuin maaperän mineraaleihin sitoutunut kupari. (Reinikainen 2007, 98.) Kuparihuurujen hengittäminen voi aiheuttaa metallikuumeen (Työterveyslaitos 2009). Suomessa kuparia on käytetty muun muassa puutavaran kyllästysaineissa, teollisuuden metalliseoksissa ja väripigmenteissä (Reinikainen 2007, 98).



### 3.1.11 Nikkeli (Ni)

Maaperässä nikkeliä esiintyy luontaisestikin nikkelisulfidimineraaleissa, ja se on pieninä annoksina välttämätön hivenaine ihmisille. Maaperässä nikkelin liikkuvuutta säätelevät pH sekä alumiinipitoisten savimineraalien ja orgaanisen aineksen määrä. Nikkeli pidättyy niukkaliukoisena orgaaniseen ainekseen ja maaperän hienoaineksen oksidi- ja savimineraaleihin. Tietyt nikkeliyhdisteet voivat aiheuttaa syöpää, erityisesti hengitettynä. Emäksisissä olosuhteissa nikkeli keraaostuu rautaoksidien kanssa ja pelkistävässä olosuhteissa se voi saostua muun muassa sulfideina. (Reinikainen 2007, 100.) Nikkeli voi aiheuttaa myös ihoärsytystä ja hengitettynä keuhkotulehduksen. Liukoisemmat nikkeliyhdisteet imeytyvät hengitettynä elimistöön. (Työterveyslaitos 2011.) Vesiliöille osa nikkeliyhdisteistä on erittäin myrkyllisiä. Nikkeliä käytetään esimerkiksi paristoissa ja metallien galvanoinnissa sekä ruostumattoman teräksen ja metalliseosten valmistuksessa. (Reinikainen 2007, 100.)

### 3.2 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub>, VOC)

Hiilivetyjakeet C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub> ovat tyypillisesti herkästi haihtuvia ja kulkeutuvat herkästi sisäilmaan. ”Haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi luokitellaan aineet, joiden höyrynpaine on yli 0,01 kPa, kun lämpötila on 293,15 K, tai joilla on vastaava haihtuvuus tietyissä käyttöolosuhteissa” (Suomen ympäristökeskus 2014). Haihtuvalla orgaanisella yhdisteellä tarkoitetaan orgaanista yhdistettä, jonka kiehumispiste normaali-ilmanpaineessa (101,3 kPa) on enintään 250 °C. (Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja lakoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta 837/2005, 2 §). Haihtuvien yhdisteiden sulamispiste on huoneilman normaalilämpötilaa alhaisempi ja kiehumispiste vaihtelee noin 50 ja 250 °C:n välillä (Työterveyslaitos 2012a).

Yhdisteiden vesiliukoisuus vaihtelee niukkaliukoisesta liukoiseen, muun muassa BTEX-yhdisteet ovat vesiliukoisia ja helposti kulkeutuvia. Lisäksi osa yhdisteistä on vettä kevyempiä ja osa vettä raskaampia. Useimmat haihtuvat yhdisteet ovat myrkyllisiä tai erittäin myrkyllisiä vesiliöille. Haihtuvat yhdisteet hajoavat myös suhteellisen nopeasti hapellisissa oloissa. Haihtuvien yhdisteiden puoliintumisaika

vaihtelee viikoista vuosiin, muun muassa tolueenin puoliintumisaika on viikosta neljään viikkoon. Puoliintumisaikaan vaikuttaa olennaisesti ympäristöolosuhteet. MTBE:tä käytetään bensiinin lisäaineena, ja sen biologinen hajoavuus on heikkoa, ja siksi se on ympäristölle erityisen haitallista. Se kulkeutuu pohjaveden mukana yhtä nopeasti kuin pohjavesi virtaa. Haihtuvia yhdisteitä esiintyy luontaisestikin muun muassa maaöljyssä ja kivihiilessä ja siten myös niistä jalostetuista tuotteissa, esimerkiksi bensiinissä. Haihtuvia yhdisteitä syntyy ja päättyy ympäristöön muun muassa epätäydellisessä palamisessa, teollisuuden prosesseissa, liikenteessä, liuottimien ja maalien käytössä sekä bensiinin jakelussa. Ksyleeniä ja tolueenia käytetään muun muassa ohenteina lakoissa ja maaleissa. Haihtuvat yhdisteet aiheuttavat jo pienissäkin pitoisuuksissa hajuhaittoja sekä makuhaittoja muun muassa talousveteen. (Reinikainen 2007, 103 – 107.)

Haihtuvista hiilivedyistä merkittävimmät todetut olivat 4-isopropyylitolueeni (p-symeeni) ja isopropyylimetyylisykloheksaani. Nämä ovat helposti haihtuvia, vettä kevyempiä ja erittäin heikosti veteen liukenevia. Niitä todetaan luonnossa ja niitä käytetään muun muassa hajusteissa, mutta ne ovat korkeina pitoisuuksina terveydelle haitallisia. (Ark pharm inc 2014; International labour organization 2014.) Näille yhdisteille ei ole määritetty ohjearvoja maaperässä.

### 3.3 Mineraaliöljyt $C_{10}\dots C_{40}$

Maaperässä öljyhiilivetyjen käyttäytymiseen vaikuttavat öljyhiilivetyjen ominaisuuksien lisäksi maaperäolosuhteet ja koostumus sekä pohjaveden virtaus. Vettä kevyemmät orgaaniset kemikaalit eli LNAPL-nesteet voivat kellua vedessä erillisenä omana faasinaan, tällaisia ovat esimerkiksi poltto- ja voiteluaineina käytettävät mineraaliöljyt. Maaperässä aineet voivat olla myös maapartikkeleihin sitoutuneena, haihtuneena huokoskaasussa tai huokos- ja pohjaveteen liuenneena. Maaperään joutuessaan öljyjakeet kulkeutuvat painovoiman vaikutuksesta alaspäin, jolloin öljyä voi imeytyä maaperän huokosiin. Kulkeutumiseen vaikuttavat maaperän ominaisuudet (esimerkiksi rakeisuus ja tiheys) sekä öljypäästön luonne ja öljyn ominaisuudet (esimerkiksi viskositeetti ja tiheys). Kapillaarivoimien vaikutuksesta osa öljystä voi sitoutua pisararykelminä tai pisaroina maaperän huokostilaan. (Reinikainen 2007, 149 – 151.) Biologinen hajoaminen öljyhiilivedyillä on

nopeinta suoraketjuisilla alkaaneilla ja keskipituisilla hiiliketjuilla ( $C_{10} \dots C_{24}$ ) (Reinikainen 2007, 149 – 151; Sillanpää 2007, 9). Niin sanotut keskitisleet ( $C_{10} \dots C_{21}$ ) liukenevat suhteellisen hyvin veteen ja osa haihtuu ilmaan (Reinikainen 2007, 149 – 151). Hajoamisnopeuteen vaikuttavat muun muassa happi-, vesi- ja ravinnepitoisuus, maalaji, lämpötila ja pH (Sillanpää 2007, 9).

Sadevesi saattaa kuljettaa öljyhiilivetyjä pintavaluntana pintavesiin. Öljyhiilivetyjen molekyylikoon kasvaessa vesiliukoisuus ja haihtuvuus vähenevät ja hajoaminen hidastuu. Maan pidätyskapasiteetti ja kapillaarivoimien vaikutus on suurempi hienorakeisissa maalajeissa (esimerkiksi siltti ja savi) kuin karkearakeisissa maalajeissa. Päästön ollessa tarpeeksi suuri (esimerkiksi onnettomuudet) voi öljy kulkeutua koko vajovesikerroksen läpi ja päätyä pohjaveden pinnan yläpuolisiin kapillaarikerroksiin ja siellä vapaa öljyfaasi voi kulkeutua pohjaveden virtauksen mukaisesti. Kerroksellisessa maaperässä öljy voi kulkeutua tiiviiden maakerroksien ohjaamana tai kertyä niiden päälle. (Reinikainen 2007, 149 – 151.)

### 3.4 Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)

PAH-yhdisteet ovat yhdisteitä, jotka sisältävät kaksi tai useampia yhdistyneitä bentseenirenkaita. USA:n ympäristönsuojeluvirasto EPA on priorisoinut 16 PAH-yhdistettä, joiden yhteispitoisuudelle on PIMA-asetuksessa (214/2007) asetettu kynnykset ja ohjearvot. Lisäksi osalle näistä yhdisteistä on määritetty erilliset kynnykset ja ohjearvot. Bentso(a)pyreeniä käytetään muun muassa maalaustyössä esimerkiksi maaleissa ja lakoissa, joita käytetään laivojen valmistuksessa ja korjauksessa. PAH-yhdisteet ovat tyypillisesti peräisin poltto- ja voiteluöljyjen (moottoriöljyt ja jäteöljyt) päästöistä ja kreosoottiöljystä, jota on aikaisemmin käytetty puutavaran kyllästämiseen sekä myös asuinrakentamisessa 1900-luvun alkupuolella vesieristeenä käytetyssä kivihiilitervassa. Polttoprosesseissa PAH-yhdisteitä syntyy erityisesti epätäydellisessä palamisessa. (Reinikainen 2007, 108 – 113.)

Maaperässä useimmat PAH-yhdisteet sitoutuvat tiukasti maan orgaaniseen ainekseen eivätkä siten ole helposti eliöiden saatavilla, muun muassa fluoranteeni pidättyy yleensä tiukasti maa-ainekseen. Fenantreeni kulkeutuu maaperässä muihin PAH-yhdisteisiin verrattuna paremmin ja sen biologinen hajoaminen saattaa olla suhteellisen nopeaa. Bentso(a)pyreeni on syöpävaarallisin PAH-yhdiste, mutta se

pidättyy erittäin tiukasti maaperään, mutta joissain tapauksissa se voi kertyä biologisesti. Naftaleeni on PAH-yhdisteistä kulkeutuvuin, koska se on biologisesti nopeimmin hajoavaa ja se on herkimmin haihtuva sekä vesiliukoisin. Osa PAH-yhdisteistä on vettä raskaampia. Muun muassa kreosoottiöljy päästöstä voi aiheuttaa pohjavesipinnan alapuolisten tiiviiden kerrosten päälle PAH-yhdisteitä omana faasinaan sisältävä niukasti liukeneva esiintymä. Yhdisteiden biohajoavuus on pientä, ja ne ovat niukkaliukoisia veteen ja ovat erittäin myrkyllisiä vesieliöille. (Reinikainen 2007, 108 – 113.) Humuspitoisessa maassa PAH-yhdisteet kulkeutuvat herkemmin kasveihin. Mitä pienempi PAH-yhdiste on molekyylikooltaan, sitä nopeammin se hajoaa maaperässä ja hapellisissa oloissa hajoaminen on nopeinta. (Seppänen 1998, 99.)

### 3.5 Kloorifenolit (PCP)

Kloorifenolit ovat orgaanisia happoja, osa kloorifenoleista on rasvaliukoisia ja ionisoituneessa muodossa ne ovat vesiliukoisia, myös ionisoitumattomassa muodossa osa on kohtalaisen vesiliukoisia (esimerkiksi trikloorifenoli, tetrakloorifenoli, pentakloorifenoli, monokloorifenoli, dikloorifenoli). Happamissa olosuhteissa vesiliukoiset kloorifenolit voivat päätyä pohjaveteen, ja rasvaliukoisina ne voivat helposti imeytyä ihon läpi. Kloorifenolit ovat pysyviä yhdisteitä, ja ne ovat suhteellisen hitaasti hajoavia. Maaperässä suurin osa kloorifenoleista hajoaa biologisesti nopeammin kuin kemiallisesti. Biologisesti hitaasti hajoavia ovat muun muassa monokloorifenoli ja dikloorifenoli. Kloorifenolien puoliintumisajat vaihtelevat kuukaudesta vuosiin. Vedessä kloorifenolit sitoutuvat partikkeleihin ja sedimentoituvat, osa saattaa rikastua eliöihin. Osa kloorifenoleista, kuten trikloorifenoli ja tetrakloorifenoli, ovat vesieliöille erittäin myrkyllisiä ja kertyviä, mono- ja dikloorifenolit eivät ole niin myrkyllisiä vesieliöille kuin edellä mainitut. (Reinikainen 2007, 124 – 129.)

Ihminen voi altistua kloorifenoleille muun muassa ruoan ja hengitysilman kautta. Kloorifenolit ovat solumyrkkyjä, jotka vaikuttavat solujen energiankäyttöä. Ne aiheuttavat elintoimintojen kiihtymistä, iho-oireita, ja niitä pidetään syöpävaarallisina. (Heikkinen 2014.) Suomessa kloorifenoleita on käytetty erityisesti sahoilla, sinistymisenestoaineena (Ky-5-kloorifenolivalmiste) vuosina 1940 - 1984. Mono-

kloorifenolia käytetään lisäaineena muun muassa tekstiileissä ja rakennusmateriaaleissa estämään mikrobikasvustoa ja muiden orgaanisten kemikaalien lähtöaineena käytetään dikloorifenolia. (Reinikainen 2007, 124 – 129.)

### 3.6 Orgaaniset tinayhdisteet (OT-yhdisteet)

Orgaanisten tinayhdisteiden myrkyllisyyteen vaikuttavat orgaanisten yhdisteiden määrä ja tyyppi. Myrkyllisin ja haitallisin tinayhdiste on tributyylitina (TBT). TBT:n puoliintumisaika voi olla vuosia, ja sen rasvaliukoisuuteen vuoksi se kertyy eliöihin (esimerkiksi simpukoihin ja kaloihin). Orgaaniset tinayhdisteet ovat veteen niukkaliukoisia, mutta ne sitoutuvat veden partikkeleihin ja sedimentoituvat. (Reinikainen 2007, 138–139; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014b.) Osa tinayhdisteistä hajoaa melko nopeasti luonnossa, mutta sedimenttiin tai humukseen sitoutuneena ne hajoavat hitaammin, myös hapettomat olosuhteet hidastavat hajoamista (Helsingin kaupunki 2004). Maaperässä ne sitoutuvat maan orgaaniseen ainekseen, eivätkä siten ole helposti kulkeutuvia (Reinikainen 2007, 138 – 139). Hitaasti hajoavat tinayhdisteet kertyvät ja rikastuvat ravintoketjussa. Eliöissä ne kiinnittyvät kudosten proteiineihin ja kertyvät munuaisiin ja maksaan. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014b.)

Orgaanisia tinayhdisteitä on ennen käytetty muun muassa laivojen pohjamaaleissa (antifoulin-maalit), puunsuoja-aineissa, torjunta-aineissa sekä teollisuudessa limoittumisenestoaineena. Nykyään niitä käytetään muun muassa PVC-muovien ominaisuuksien parantamisessa esimerkiksi parantamaan valon- ja lämmönkestävyyttä. Ihminen altistuu orgaanisille tinayhdisteille ravinnon kautta, pääasiassa kalaa syömällä. Nämä yhdisteet häiritsevät hormonitoimintaa ja heikentävät immunipuolustusjärjestelmää. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014b.) Vesielioilla kuten kaloilla on huomattu muutoksia lisääntymisessä ja hormonitoiminnassa (Reinikainen 2007; 138 – 139).

### 3.7 Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja dibentsofuraanit (PCDD/F)

Polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja -furaanit ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka kuuluvat POP-yhdisteisiin. Näitä yhdisteitä syntyy tahattomasti orgaanisten aineiden reagoidessa kloorin kanssa poltto- ja teollisuusprosessissa. Niitä myös saattaa

esiintyä muissa kemikaaleissa epäpuhtauksina muun muassa Ky-5-kloorifenolivalmisteessa (katso kloorifenoli). (Reinikainen 2007, 131; Munne & Seppälä 2013a.) Siksi niitä on päätynt vanhojen sahojen alueella vesistöihin ja maaperään (Reinikainen 2007, 131). PCDD/F-yhdisteet ovat veteen niukkaliukoisia ja klooripitoisuuden kasvaessa liukoisuus vähenee (Munne & Seppälä 2013a).

Maaperässä ne eivät kulkeudu juuri ollenkaan ja ovat pysyviä yhdisteitä, esimerkiksi myrkyllisimmän 2,3,7,8-tetraklooridibentsodioksiiniin (TCDD) puoliintumisaika on noin 10–12 vuotta. PCDD/F-yhdisteet ovat erittäin kertyviä, ja ne rikastuvat ravintoketjussa. Ne ovat myös erittäin myrkyllisiä vesieliöille ja monille muille eläinlajeille. (Reinikainen 2007, 131; Munne & Seppälä 2013a.) Osa PCDD/F-yhdisteistä voivat olla kohtalaisen hyvin haihtuvia, ja ne voivat kulkeutua pitkiä matkoja ilmassa ja päätyä muun muassa sisäilmaan (Munne & Seppälä 2013a). Ihmiset voivat altistua PCDD/F-yhdisteille ravinnon kautta ja erityisesti kalan kautta. Ihmisellä todettuja pitkäaikaisaltistumisen vaikutuksiin kuuluvat muun muassa hormonitoiminnan muutokset, hermostolliset kehityshäiriöt, lisääntymishäiriöt ja maksasairaudet. (Reinikainen 2007, 131.) Eläimillä on havaittu samanlaisia oireita pitkäaikaisaltistumisessa (Munne & Seppälä 2013a).

### 3.8 Polyklooratut bifenyylit (PCB)

PCB-yhdisteet ovat hyvin kestäviä, eristäviä, öljymäisiä ja huonosti syttyviä nesteitä (Terveysten ja hyvinvoinnin laitos 2014a). Maaperässä PCB-yhdisteet ovat hyvin hitaasti hajoavia ja heikosti kulkeutuvia. Kloorautumisasteen kasvaessa niiden vesiliukoisuus ja haihtuvuus laskee ja pysyvyys kasvaa. PCB-yhdisteet voivat kulkeutua pitkiä matkoja ilmassa. (Reinikainen 2007, 130.) Rasvaliukoisina PCB-yhdisteet kertyvät eläinten ja eliöiden rasvakudoksiin ja näin ollen rikastuvat ravintoketjussa. Vesiympäristössä ne ovat erittäin kertyviä, ja ne sitoutuvat orgaaniseen ainekseen sekä sedimenttiin. Ne ovat myös erittäin myrkyllisiä vesieliöille. (Munne & Seppälä 2013b.) Ympäristössä pysyviksi yhdisteiksi luokitellaan penta- ja sitä korkeammin kloorautuneet yhdisteet kun taas mono-, di- ja tribifenyylit hajoavat suhteellisen nopeasti ympäristössä (Reinikainen 2007, 130; Munne & Seppälä 2013b.) PCB:n puoliintumisajaksi maassa on arvioitu 2 - 6

vuotta, mutta mitä enemmän yhdisteessä on klooria, sitä pidempi on puoliintumisaika (Seppänen 1998, 98).

Ihmiselle PCB-yhdisteiden on todettu aiheuttavan klooriaknea ja pitkäaikaisaltistuminen voi aiheuttaa muun muassa neurologisia oireita ja syöpää, ne kertyvät rasvakudokseen ja maksaan (Reinikainen 2007, 130; Munne & Seppälä 2013b; Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2014a). Eläimille (esimerkiksi hylkeille) PCB-yhdisteiden on todettu aiheuttavan lisääntymis- ja kehityshäiriöitä (Munne & Seppälä 2013b). PCB-yhdisteitä on käytetty rakennusten saumamassoissa, muuntajissa sekä kondensaattoreissa (Reinikainen 2007, 130). Suomessa PCB-yhdisteitä sisältävien tuotteiden valmistus, myynti ja maahantuonti kiellettiin vuonna 1990 ja vuoteen 1994 mennessä kaikki kondensaattorit ja muuntajat tuli poistaa käytöstä, joissa oli käytetty PCB-yhdisteitä (Munne & Seppälä 2013b).

## 4 MAAPERÄN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTAMISTARPEEN ARVIOINNIN SÄÄDÖSPERUSTA

### 4.1 Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Uusi ympäristönsuojelulaki tuli voimaan syyskuussa 2014. Ympäristönsuojelulakia pidetään pilaantumisen torjunnan yleislakina, jossa on säännöksiä ilman, vesien ja maaperän suojelusta (Ympäristöministeriö 2013,11). Ympäristönsuojelulain tavoitteena on muun muassa ehkäistä ympäristön pilaantumista, vähentää ja poistaa pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja, turvata viihtyisä, monimuotoinen ja terveellinen ympäristö sekä tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 1§). Ympäristönsuojelulaissa ”*ympäristön pilaantumisella tarkoitetaan sellaista päästöä, jonka seurauksena aiheutuu joko yksin tai yhdessä muiden päästöjen kanssa: terveyshaittaa, haittaa luonnolle ja sen toiminnoille, luonnonvarojen estymistä tai melkoista vaikeutumista, ympäristön yleisen viihtyisyyden tai erityisten kulttuuriarvojen vähentymistä, ympäristön yleiseen virkistyskäyttöön soveltuvuuden vähentymistä, vahinkoa tai haittaa omaisuudelle taikka sen käytölle tai muu näihin rinnastettava yleisen tai yksityisen edun loukkaus*” (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 5§). Ympäristönsuojelulain 527/2014 keskeisimmät pykälät maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa:

- 5 § Määritelmät
- 7 § Velvollisuus ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista
- 16 § Maaperän pilaamiskielto
- 17 § Pohjaveden pilaamiskielto
- 20 § Yleiset periaatteet ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa
- 133 § Maaperän ja pohjaveden puhdistamisvelvollisuus
- 135 § Selvitysvelvollisuus ja puhdistustarpeen arviointi
- 136 § Päätös pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta.

Ympäristönsuojelulain pykälässä 7 käsitellään toiminnanharjoittajan velvollisuutta ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista. Toiminnanharjoittajan on ehkäistävä ennakoita ympäristön pilaantuminen niin, että hän järjestää toimin-



tansa siten, ettei ympäristön pilaantumista tapahdu mutta, jos tämä ei ole täysin mahdollista, tulee hänen rajoittaa se mahdollisimman vähäiseksi. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 7 §.)

Ympäristönsuojelulain pykälän 16 mukaan maaperän laatua ei saa huonontaa päästämällä tai jättämällä sinne jätettä tai muuta ainetta taikka pieneliöitä tai eliöitä, joista voi aiheutua haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle tai viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muuhun niihin rinnastettavan yksityisen tai yleisen edun loukkaus (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 16 §). Ympäristönsuojelulain pykälässä 17 vastaavasti käsitellään pohjaveden pilaamiskieltoa koskevat säännökset. Riskienhallinnan ja –arvioinnin suunnittelussa pilaamiskieltojen soveltaminen edellyttää näkemystä suurimmasta hyväksyttävästä laatumuutoksesta tai kiellosta (Ympäristöministeriö 2013, 16).

Ympäristönsuojelulain pykälässä 20 yleiset velvollisuudet ja periaatteet ohjaavat pilaantuneen alueen päätöksentekoa ja ohjaavat riskienhallinnan ja riskienarvioinnin toteutusta ja suunnittelua. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) käyttöön ja ympäristön kannalta parhaan käytännön (BEP) periaatteiden tulisi ohjata riskinhallintamenetelmien valintaa sekä päätöksentekoa. Velvoite ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseen sekä huolellisuus- ja varovaisuusperiaate ohjaavat arvioimaan ja tunnistamaan riskejä sekä puuttumaan niihin ennen kuin pilaantumista tai ympäristöhaittoja on vielä aiheutunut. Ne merkitsevät pilaantuneen alueen riskienhallinnassa muun muassa päästöjen ja altistumisen rajoittamista niin, että haitta-aineita ei leviä kohteen muihin ympäristönsiiniin tai ulkopuolelle. (Ympäristöministeriö 2013,15.)

Ympäristönsuojelulain luvussa 14 käsitellään pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta. Luvun 14 pykälässä 133 käsitellään maaperän ja pohjaveden puhdistamisvelvollisuutta. Lain mukaan puhdistamisvelvollinen on se, jonka toiminnassa on aiheutunut pilaantuminen tai jos maaperän pilaantumisen aiheuttajaa ei saada selville ja, jos tämä on tapahtunut alueen haltijan suostumuksella tai hänen olisi pitänyt tietää alueen tila hankkiessaan, on hän puhdistamisvelvollinen. Kunnan tulee selvittää maaperän puhdistamistarve ja puhdistettava maaperä, jos alueen haltijaa ei voida velvoittaa puhdistamaan maaperää. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 133 §.) Luvun 14 pykälässä 135

käsitellään selvitysvelvollisuus ja puhdistamistarpeen arviointi. Tämän pykälän mukaan ”vastuussa olevan on selvitettävä alueen pilaantuneisuus ja puhdistamistarve” (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 135§). Pykälässä 135 on myös määrätty mitä pilaantuneisuus ja puhdistamistarpeen arvioinnissa tulee huomioida. Sen mukaan arvioinnissa tulee huomioida pilaantuneen alueen, pohjaveden ja ympäristön tuleva ja nykyinen käyttö sekä pilaantumisesta aiheutuva haitta tai vaara ympäristölle tai terveydelle. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 135§).

Ympäristönsuojelulain luvun 14 pykälässä 136 käsitellään ilmoituksen tekoa, joka vaaditaan pilaantuneen maaperän puhdistamisesta, jos puhdistaminen ei edellytä ympäristölupaa luvun 4 nojalla (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 136 §). Ilmoitus tulee tehdä hyvissä ajoin, mutta viimeistään 45 vuorokautta ennen puhdistamisen kannalta olennaisen työvaiheen aloittamista. Valtioneuvoston asetuksessa ympäristönsuojelusta (713/2014) on säädetty tarkemmin pilaantuneen alueen puhdistamista koskevan ilmoituksen sisällöstä. Ympäristönsuojeluasetuksen pykälissä 24 ja 25 käsitellään ilmoituksen tekoa pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamisesta. Ilmoituksen tulee sisältää muun muassa kohdetiedot, käytettävän puhdistusmenetelmän kuvaus, riskinarviointi pohjaveden ja maaperän pilaantuneisuudesta ja puhdistamistarpeesta, puhdistamistavoitteet ja puhdistamisen yhteydessä kaivetun maa-aineksen hyödyntämisestä kaivualueella. Ympäristönsuojeluasetuksessa säädetään myös ympäristönlupahakemuksen sisällöstä ja lupaviranomaisen toimivallasta, joilla on merkitystä maa-ainesjätteen käsittelyyn, jotka kaivetaan pilaantuneelta alueelta. (Ympäristöministeriö 2014, 27.) Ympäristölupa voidaan vaatia silloin kun esimerkiksi puhdistaminen saattaa aiheuttaa vesistön pilaantumista, puhdistamisesta syntyvien jätevesien johtamisesta saattaa aiheutua ojan, lähteen tai noron pilaantumista, puhdistamisesta, josta saattaa aiheutua naapurustolle kohtuutonta rasitusta ympäristölle haitallisista aineista tai, jos pilaantunutta maa-aineista hyödynnetään tai loppukäsitellään puhdistetulla alueella (Ympäristönsuojelulaki 527/2014, 27 – 32 §).

#### 4.2 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa tulee noudattaa valtioneuvoston asetusta maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, niin sanottua PIMA-asetusta. PIMA-asetuksen liitteissä on esitetty yleisimmät maaperän pilaantuneisuuden haitta-aineiden ohje- ja kynnysarvot, joita käytetään arvioinnissa. PIMA-asetuksen ohella voidaan käyttää apuna ympäristöministeriön laatimaa ohjetta maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007), ohjeessa tarkennetaan asetuksen periaatteita. (Ympäristö 2014.) Ohjeesta julkaistiin päivitetty sähköinen versio pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta marraskuussa 2014.

PIMA-asetuksessa keskitytään maaperän haitta-aineiden aiheuttamiin haittoihin tai riskeihin, joita voi aiheutua ympäristölle tai terveydelle. Haittoja ja riskejä tulee tarkastella aina kohdekohtaisesti (Ympäristöministeriö 2007, 15). PIMA-asetuksen kolmannen pykälän mukaan maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, jos haitta-aine pitoisuus ylittää asetuksen liitteessä annetun kynnysarvon tai alueellisen taustapitoisuuden, jos tämä on korkeampi kuin kynnysarvo (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, 3 §). PIMA-asetuksen pykälässä 4 käsitellään ohjearvojen soveltaminen, sen mukaan ohjearvot eivät ole sitovia vaan niitä käytetään apuna päätöksenteossa (Ympäristöministeriö 2014, 29). Pilaantuneisuus ja puhdistustarve tulee arvioida olosuhteiden muuttuessa uudestaan (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007, 2 §). PIMA-asetuksen 214/2007 pykälässä kaksi on määritelty, mitä arvioinnin tulee sisältää. Sen mukaan arvioinnin tulee sisältää

- haitta-aineiden taustapitoisuudet, kokonaismäärät, pitoisuudet, ominaisuudet ja sijainti

- pohjavesi- ja maaperäolosuhteet pilaantuneeksi epäillyltä alueelta ja tekijät, jotka voivat vaikuttaa haitta-aineiden leviämiseen ja kulkeutumiseen alueella tai sen ulkopuolella
- pilaantuneeksi epäillyn alueen ja sen ympäristön ja pohjaveden suunniteltu ja nykyinen käyttö
- pitkän ja lyhyen ajan altistumismahdollisuudet haitta-aineille
- haitan todennäköisyys ja vakavuus ympäristölle ja terveydelle, jotka voivat tulla altistumisen seurauksena sekä haitta-aineiden yhteisvaikutukset
- epävarmuustekijät arviointimenetelmissä, käytettävissä tutkimustiedoissa sekä muissa lähtötiedoissa.

#### 4.3 Terveydensuojelulaki 763/1994

Terveydensuojelulain tarkoituksena on yksilön ja väestön terveyden edistäminen ja ylläpitäminen sekä ennaltaehkäistä, poistaa tai vähentää sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 763/1994, 1§). Terveyshaitalla tarkoitetaan ”ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä” (Terveydensuojelulaki 763/1994, 1§). Terveydensuojelulaissa asetetaan suosituksia ja vaatimuksia muun muassa asuntojen tai muiden oleskelutilojen sisäilmasta sekä talousvedestä. Laki ohjaa pilaantuneen alueen päätöksentekoa myös sillä perusteella, että kunnan terveydensuojeluviranomainen voi antaa yksittäisiä määräyksiä tai kieltoja mahdollisten terveyshaittojen estämiseksi tai poistamiseksi. (Ympäristöministeriö 2013, 23.)

Terveydensuojelulain luvussa viisi käsitellään talousvettä koskevia vaatimuksia. Lain pykälässä 17 on annettu yleiset vaatimukset ja niistä poikkeaminen. Sen mukaan talousveden tulee olla tarkoitukseen soveltuvaa ja terveydelle haitatonta. Tämä määrittelee siten myös yleiset vaatimukset talousvetenä käytettävälle pinta- ja pohjavedelle. Tarkemmat laatuvaatimukset ja valvontatutkimukset on säädetty sosiaali- ja terveysministeriön asetuksilla (461/2000 ja 401/2001), jotka koskevat

talousvettä. (Ympäristöministeriö 2013, 23.) Lain luku 7 käsittelee asunnon ja muun oleskelutilan sekä yleisten alueiden terveydelliset vaatimukset. Lain pykälän 26 mukaan asunnon tai muun sisätilan olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu terveyshaittaa asunnossa tai muussa sisätilassa oleskeleville. (Terveydensuojelulaki 763/1994, 26 §.)

Lain pykälän 27 mukaan kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa ryhtymään toimenpiteisiin terveyshaitan rajoittamiseksi tai poistamiseksi sen henkilön, jonka toiminnasta on aiheutunut terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 763/1994, 27 §). Sisäilman viitteellisiä ohjearvoja on annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (268/2014) ja sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeessa (STM 2003) sekä Työterveyslaitoksen ohjeistuksissa (Ympäristöministeriö 2014, 32).

#### 4.4 Maankäyttö ja rakennuslaki 132/1999

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteena on järjestää rakentaminen ja alueiden käyttö niin, että se edistää taloudellista, ekologista, sosiaalista ja kulttuurillista kestävä kehitystä sekä takaa hyvät edellytykset hyvälle elinympäristölle (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 1 §). Maankäyttö- ja rakennuslaki asettaa yleisiä vaatimuksia uudelle rakennuksen sijaintipaikalle, muun muassa rakennuspaikan tulee olla ympäristöllisesti, terveydellisesti, liikenteellisesti, maastollisesti, maankäytöllisesti sekä pohjamaaltaan rakentamiseen sopiva (Ympäristöministeriö 2013, 25). Näistä asioista on tarkemmin määrätty maankäyttö- ja rakennuslain luvussa 17 rakentamisen yleiset edellytykset (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 116- 117 §). Rakennuslupahakemukseen tulee liittää selvitys rakennuspaikan pohja- ja perustamisolosuhteista (Ympäristöministeriö 2014, 33).

Kaavoituksessa ja rakentamisessa tulee ottaa huomioon alueen pilaantuneisuus, koska tämä voi aiheuttaa rajoitteita maankäytölle. Merkittäviä kustannussäästöjä voidaan saavuttaa, jos pilaantuneisuus otetaan huomioon jo maankäytön suunnitteluvaiheessa ja sen yhteydessä tapahtuvalla riskinhallintavaihtoehtojen vertailulla. (Ympäristöministeriö 2013, 25.) Maankäyttö- ja rakennuslain pykälässä 117c on määritelty, että rakennusten sisäilma tulee olla terveellinen ja turvallinen sekä rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien,

säteilyn, maapohjan tai veden pilaantumisen vuoksi (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 117c §). Maankäyttö- ja rakennuslain nojalla on annettu määräykset rakennusten ilmanvaihdosta ja sisäilmasta, nämä on julkaistu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D 2 (Ympäristöministeriö 2007, 17).

#### 4.5 Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004

Vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisen yleisenä tavoitteena on parantaa, suojella ja ennallistaa vesiä niin, ettei pohjavesien ja pintavesien tila heikkene ja että niiden tila on vähintään hyvällä tasolla (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004, 1§). Lain vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisen nojalla on saatettu voimaan kansallisesti Euroopan neuvoston direktiivi 2000/60/EY vesipolitiikan puitteista (Ympäristöministeriö 2013, 21). Vesipolitiikan puitedirektiivissä vahvistetaan puitteet pohja- ja pintavesien suojelulla ja asetetaan tavoitteet ympäristöpolitiikalle, joihin kuuluvat vesien tilan huonontamisen ehkäiseminen, hyvän ekologisen ja kemiallisen tilan saavuttaminen (Gustafsson, Karvonen, Mannio, Mehtonen, Nystén, Verta, Vuori, Ruoppa, Sainio, Siimes, Silvo, Taina, Tuominen & Äystö 2013, 9). Se sisältää säännökset muun muassa vesienhoidon suunnittelujärjestelmästä, vesienhoidon suunnittelun ympäristötavoitteista pohja- ja pintavesille sekä vesien tilan luokittelusta (Ympäristöministeriö 2014, 30).

Pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta on annettu direktiivi 2006/118/EY. Siinä on säädetty tarkemmin pohjaveden pilaavien aineiden päästöjen ehkäisemisestä ja rajoittamisesta sekä pohjaveden kemiallisen tilan arvioinnista. Direktiivi on toimeenpantu kansallisesti valtioneuvoston asetuksella vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006, VEHA-asetus, muutoksia 342/2009) ja valtioneuvoston asetuksella vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006, VESPA-asetus) (Ympäristöministeriö 2013, 21.)

VESPA-asetuksen tarkoituksena on parantaa pinta- ja pohjavesien laatua ja suojella niitä, ehkäisemällä haitallisista ja vaarallisista aineista aiheutuvaa pilaantumista tai sen vaaraa. Asetuksessa on asetettu ympäristölaatunormeja, päästökieltoja ja päästöraja-arvoja tavoitteiden saavuttamiseksi. (Ympäristöministeriö 2013, 21.) Asetuksen tavoitteena on vähentää vaiheittain vesiympäristölle haitallisten aine-

den huuhtoumat ja päästöt sekä vaiheittain tai kerralla vesiympäristölle vaarallisten aineiden huuhtoumat ja päästöt (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006, 1 §). VESPA-asetuksen päästökiellot ovat keskeisimmät säännökset pilaantuneen alueen riskinhallinnan ja –arvioinnin näkökulmasta, mutta kiellot eivät koske aineiden vähäisen määrän päästämistä pohja- ja pintaveteen, jos päästöstä ei aiheudu pohjaveden laadun heikkenemistä tai sen vaaraa tai pintaveden pilaantumisen vaaraa. (Ympäristöministeriö 2013, 21).

VEHA-asetuksessa säädetään vesien tilan seurannasta ja arvioimisesta, vesienhoitosuunnitelmaan sisältyvistä selvityksistä sekä vesienhoitosuunnitelman laatimisesta (Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006, 1 §).

VEHA-asetuksessa on annettu pohjaveden kemiallisen tilan luokittelussa käytettävät pohjaveden ympäristölaatu normit. Kohteissa, joissa ympäristölaatu normit paikallisesti ylittyvät, saadaan riskinarvioinnilla tarvittavaa lisätietoa pohjaveden kemiallisen tilan luokitteluun. Asetetut laatu normit ovat perustana maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistamistarpeen arvioinnissa silloin, kun maaperän pilaantuneisuus voi aiheuttaa riskin pohjaveden laadulle (Ympäristöministeriö 2007, 16).

## 5 MAAPERÄNÄYTTEENOTTO

Maaperänäytteenotosta tulee laatia näytteenottosuunnitelma ennen näytteenottoa. Ympäristögeoteknisessä näytteenotto-oppaassa on esitetty, mitä tutkimussuunnitelmassa tulisi olla. Sen mukaan tutkimussuunnitelmassa tulisi olla seuraavat asiat:

- ”Tutkimuspisteiden määrä ja alustava sijainti
- Näytteenottomenetelmä
- Tutkimuspisteiden tavoitesyvyys ja pohjaveden pinnan sijainti
- Alustavat näytteenottosyvyydet
- Näytteiden lukumäärä ja tarvittava määrä
- Kenttämittaukset
- Laboratorioon lähetettävien näytteiden valinta, lukumäärä ja niistä tehtävät analyysit
- Näytteiden esikäsittely ja pakkaaminen laboratorioanalyysijä varten
- Näytteiden merkitseminen ja säilytys
- Suunnitelmanvaaratekijöiden poistamiseksi ja minimoimiseksi
- Aikataulu” (Laine-Juva, Lindroos, Paatonen, Vahane, Takala & Rintala 2002, 7.)

Suunnittelun tärkein vaihe on näytteenoton tavoitteiden määrittely. Tavoitteen asettelussa on tärkeä miettiä, mihin näytteenoton tuloksia käytetään. (Ympäristöministeriö 2014, 61.) Tutkimussuunnitelma voidaan esittää myös kartalla. Kartalta tulee käydä ilmi muun muassa tutkimuspisteet, mahdolliset aikaisemmat tutkimuspisteet sekä tiedossa olevat rakenteet (esimerkiksi kaivot, säiliöt ja putkilinjat). Rakenteista voidaan saada selville, ovatko ne toimineet leviämisreitinä tai päästölähteinä. Rakenteet myös voivat rajoittaa tutkimuspisteiden sijoittamista. Tutkimuksen laajuuteen vaikuttavat monet tekijät, muun muassa tutkimuksen tavoite, tutkittavan alueen pinta-ala, alueen tuleva ja nykyinen maankäyttö. Ennen tutkimuksen aloittamista tulee tehdä tarvittavat paperityöt, tarkistaa näytteenottovälineiden ja kenttämittareiden kunto ja pakata näytteenottovälineet valmiiksi. Kentällä näytteistä tulee tehdä sellaiset mittaukset heti, jotka voivat muuttua säilytyksen aikana esimerkiksi PID-mittaukset, jotka mittaavat haihtuvien yhdisteiden kokonaismäärää. (Laine-Juva ym. 2002, 7 – 11.)

Koko näytteenottoketjun ajan tulee huolehtia laadunvarmistuksesta. Laadunvarmistukseen kuuluu, muun muassa että näytteenottovälineet ovat puhtaita ja



näytteenottoon soveltuvia ja näytteet ovat edustavia. Laadunvarmistukseen kuuluu myös dokumentointi, eli kaikki havainnot ja vaiheet on dokumentoitava. Laadunvarmistuksella pyritään siihen, että tulokset ovat luotettavia ja edustavia. Myös näytteenoton jälkeen tulee huolehtia laadusta; tärkein tekijä on, että näytteet säilytetään oikein eli viileässä ja valolta suojattuna. (Laine-Juva ym. 2002, 12 – 13.)

Näytteenottoon valittiin raskas porakonekairakalusto GM200 (KUVA 1). Raskas porakonekairakalusto, valittiin koska tarkoituksena oli porata monessa paikassa paksun betonin tai asfaltin läpi noin neljän metrin syvyyteen asti. Porakonekairakalustossa käytettiin putkiotinta, koska se soveltuu moniin erilaisiin maalajeihin ja sillä saadaan yhdellä näytteenottokerralla riittävä määrä näytettä (Laine-Juva ym. 2002, 22). Putkiottimella voidaan porata kymmenien metrien syvyyteen jatkoputkia liittämällä. Putkiottimien toiminta perustuu siihen, että kruunupäinen putki isketään maahan kairakoneen avulla, jolloin putken sisälle virtaa maa-ainesta työntönopeudella (Björklöf, Kähkölä, Leivuori, Nikunen, Nuutinen, Pyy & Westerholm 2012, 21). Putkiottimella saadaan myös katsottua tarkasti näytteenottosyvyydet ja putkiottimen ilmahuuhtelulla pystytään minimoimaan kontaminaatoriski. Ilmahuuhtelun avulla putki pystytään pitämään tarvittaessa tyhjänä haluttuun syvyyteen asti. (Laine-Juva ym. 2002, 21 – 22.)



KUVA 1. Porakonekaira GM 200

Putkiottimen etuina pidetään myös sitä, että ylös nostettaessa näyte ei pääse sekoittumaan. Putkiotin tyhjennetään näytteestä hakkaamalla, varisuttamalla

tai paineilmaa käyttäen, näyte tyhjennetään ämpäriin kerroksittain, ämpäristä näyte otetaan näytepussiin pienellä lapiolla. (Björklöf ym. 2012, 21.) Kuvassa 2 on näytteitä, jotka kerättiin rilsan-näytepusseihin. Putkiotimen huonona puolena pidetään sitä, että näyte saattaa lämmetä näytteenotossa hieman, varsinkin jos maaperä on hyvin tiivistä tai kivistä. Putkiotin saattaa myös hienontaa karkeaa kiviaineista. (Korkiala-Tanttu & Onninen 2001, 16.) Kuumenemisen vuoksi osa haihtuvista yhdisteistä saattaa haihtua ennen kuin näyte saadaan suljettua pussiin, myös paineilman käyttö putkentyhjennyksessä voi huuhtoa haihtuvia yhdisteitä näytteestä (Björklöf ym. 2012, 22; Laine-Juva ym. 2002, 22). Putkiotimella otettaessa näytteitä, näyte saattaa huuhtoutua pois putkesta putkea ylös nostettaessa, jos maaperä on esimerkiksi löyhää tai vedellä kyllästynyttä. Mutta näytteen pysymistä putkessa voidaan edesauttaa siivilällä, joka laitetaan putken päähän. Siivilä koostuu väkäsistä, jotka taittuvat putken sisään putkea iskettäessä maahan. Ylösoston aikana väkäset taittuvat takaisin putken suulle putken sisällä olevan maa-aineksen painaessa niitä alaspäin. (Björklöf ym. 2012, 22.)



KUVA 2. Näytteet kerättiin rilsan-näytepusseihin.

## 6 KOTKAN KANTASATAMA

Kotkan kaupungin toimeksiannosta Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy on suorittanut maaperän haitta-ainetutkimuksen sekä tutkimustuloksiin ja tutkimushavaintoihin perustuvan pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin Kotkan kaupungin kantasataman asemakaavan muutosalueelle, liitteessä 2 kohteen sijaintikartta. Maaperän haitta-ainetutkimus ja puhdistustarpeen arviointi tehtiin tulevaa kaavamuutosta varten, käytössä olleen alustavan kaavaluonnoksen määrittämisen maankäytön perusteella, liitteessä 3 maankäyttösuunnitelma luonnos.

Kantasatama on ollut 1800-luvulta asti satamakäytössä, ja satama-alueella on myös ollut pienteollista toimintaa nykypäivään asti. Rantaviivaa on siirretty täyttäen kohti syvempää vettä, useaan otteeseen historian aikana. Täyttöön on käytetty sekalaista maa-ainesta, muun muassa laivojen painolastihiekkaa sekä ylijäämäriimoja alueella sijainneilta sahoilta. (Ryökkynen 2012.) Kotkan kaupunki osti satamavarastot itselleen vuonna 2009. Suunnittelualueita suunnitellaan työpaikkojen, palvelujen, asumisen, virkistyksen sekä liikenteen käyttöön. (Broas & Kukkonen 2014.) Tässä työssä on huomioitu seuraava aineisto:

- Kotkan kantasataman rakennushistoriallinen selvitys
- Kantasataman asemakaavan muutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma
- alueen alustava maankäyttösuunnitelma
- Stevecon korjaamoiden sijaintikartat
- välilaiturin alueen pohjatutkimukset (Matti Lantan toimittamat kairaustiedot) sekä
- muistio puhelinkeskustelusta Vernerin Vulkko – Olli Kalve (13.8.2014)
- luonnos alueen maankäytöstä 21.10.2014.

Kohteeseen tehtiin katselmuskäynti 13.8.2014. Työhön kuulunut maaperänäytteenotto suoritettiin 9. - 10.9.2014 raskaalla porakonekairalla 31 pisteestä ja lisäksi lapionäytteinä otettiin kahdesta pisteestä. Tilaajan yhteyshenkilönä toimi Marja Kukkonen ja Heli Ojala. Raportin laatijana toimi Jenny Lehtinen ja raportin tarkistaja ja vastuuhenkilönä Timo Niemeläinen Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy:stä. Raportti on laadittu Valtioneuvoston asetuksen (214/2007) mukaisesti.

## 6.1 Työn rajaukset

Tässä työssä laadittu raportti perustuu kohdekatselmukseen ja kohteessa suoritettuun maaperän haitta-ainetutkimukseen sekä kohteesta saatuihin asiakirjoihin ja helposti saatavissa oleviin julkisiin tietoihin. Arviointi rajattiin koskemaan maa-alueita ja maaperää, vesi- tai sedimenttinäytteitä ei otettu. Työ on tehty parhaalla mahdollisella ammattitaidolla noudattaen yleisesti vastaavissa töissä käytössä olevia toimintatapoja, voimassa olevia standardeja ja voimassa olevaa lainsäädäntöä. Kuitenkin tulee huomioida, että työssä on tehty ammatilliseen harkintaan perustuvia rajauksia tiedonhankinnan ja raportoinnin suhteen ja osa olennaisesta taustatiedosta on voinut jäädä saamatta. Työssä on oletettu, että saatu suullinen ja kirjallinen tieto on luotettavaa. Kaikkea tietoa ei ole voitu perusteellisesti tarkistaa. Ympäristökonsultointi Niemeläinen Oy ei vastaa raportissa esitettyjen tietojen käytöstä suoraan aiheutuvista ja käyttöön liittyvistä asiakkaalle tai kolmannelle osapuolelle mahdollisesti aiheutuvista välittömistä eikä välillisistä vahingoista.

## 6.2 Kohdetiedot

### 6.2.1 Kohteen sijainti ja omistus ja ympäröivät alueet

Kohde sijaitsee Kotkan kaupungin kantasatamassa, sijaintikartta liitteessä 2. Kuvassa 3 Kotkan Kantasataman yleiskuva, kuva on otettu pääporteilta päin. Nykyiset satama-alueet ja niiden viereiset vesialueet sekä sataman ratapihojen alue kuuluvat suunnittelualueeseen. Siihen kuuluvat myös Norskankatu nykyisen kaupunkirakenteen reunaan saakka sekä osa Satamakadusta. (Broas & Kukkonen 2014.) Suunnittelualan laajuus maapinta-alaltaan on noin 30 hehtaaria ja koko suunnittelualan laajuus noin 50 hehtaaria. Tutkimusalueen ala on kartalta mitattuna noin 22 hehtaaria.



KUVA 3. Kotkan Kantasataman yleiskuva.

Kotkan kaupunki osti vuonna 2009 suurimman osan satamavarastoista ja tällä hetkellä osa varastoista on vuokrattu (Broas & Kukkonen 2014). Satamavarastoja ja katoksia on 13 kappaletta arvioitavalla alueella. Tutkimuskohteen kiinteistörekisterinumero on 285- 420-1-0. Arviointikohde rajautuu Kotkamills Oy:n teollisuusalueeseen idässä ja lännessä merikeskus Vellamon alueeseen. Etelässä sijaitsee kaupungin ydinkeskusta ja pohjoisessa Kotkanlahden merialue.

### 6.2.2 Kohteen käyttöhistoria

Satama alkoi muodostua jo Ruotsinsalmen aikaan vuonna 1790 lähes samaan paikkaan kuin nykyinen Kantasatama. Tuolloin ranta oli kuitenkin lähes luonnon-tilainen muutamaa puukantista pistolaituria huomioimatta. Teollinen toiminta alkoi 1800-luvun lopulla, jolloin kantasataman alueelle perustettiin höyrystys- ja lähelle vielä useita muita höyrystyslaitureita. Laivojen painolasti- ja sahoilta saatujen rimojen avulla alettiin muotoilla saaren rantaviivaa uusien laitureiden mukaiseksi. Rantaviivaa oioittiin laivojen rantautumisen helpottamiseksi. Sahaus- jätettä ja rimoja käytettiin runsaasti rantaviivan oikomisessa ja laitureiden rakentamisessa. Sahatoiminta satama alueella loppui vuosisadan vaihteessa. Satamasta laivattiin alussa paljon sahausteollisuustuotteita ja satamaraitteen valmistuttua myös selluteollisuuden tuotantoa alettiin laivata 1900-luvun alussa. Satamaa alettiin laajentaa 1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä ja vuonna 1921 valmistui 60 metriä pitkä Itälaituri. Hiililaituri rakennettiin Härniemen ja Itälaiturin väliin

vuonna 1931. Hiililaituria käytettiin pääasiassa irtotavaran lastaamiseen ja purkamiseen. (Ryökkönen 2012.)

Maailmansodan jälkeen Kantasataman merkitys kasvoi. Vuonna 1954 valmistui 200-metrinen Välilaituri. Välilaiturin rakentamisessa ei ilmeisesti enää ole hyödynnetty rimatäyttöä. Välilaiturin pohjoispuolesta tuli Kantasataman tehokkain laiturinosa. Vuonna 1969 saatiin koko alueen kestopäällystys valmiiksi. 1970-luvun lopussa kantasatamaa laajennettiin Kirkkokadun päässä täyttämällä Ranta- ja Itälaiturin välinen alue. Itälaiturin rakentaminen jatkui reunan valamisella ja laiturialueen täytöllä, myös Itälaiturin takaa massat vaihdettiin paremmin kantaviksi. Vuonna 1980 rakennustöiden yhteydessä Itälaituriin rakennettiin vedenpäällinen osa 115 metrin osuudelta, aluetta täytettiin merestä nostetulla soralla ja hiekalla. Uusi päätyalue viemäroitiin ja kestopäällystettiin ja laiturin edusta ruopattiin ja harattiin. Kantasatama säilyi vuoteen 1982 asti suurimpana liikenteen välittäjänä. (Ryökkönen 2012.)

Kantasatama ei ole missään vaiheessa toiminut varsinaisesti kemikaalisatamana, mutta ilmeisesti sataman raiteita on joskus ruuhkatilanteissa käytetty transitovauunujen seisontaraiteina. Kyseinen raiteenosa on kuitenkin tutkimus- ja kaavamuu-tosalueen lounaispuolella. Satamatoiminta alkoi vähetä 1980- ja 1990-luvuilla. Vuonna 1984 itälaiturilta purettiin tarpeettomiksi jääneet rataiskot. Raiteistoja purettiin ja peruskorjattiin myös muualla vanhan sataman alueella. Rakennushistoriassa on mainittu useita muuntamon rakennus- ja purkuhankkeita itä- ja välilaiturin alueilla. Vuonna 1996 Steveco Oy muutti itälaiturin eteläpuolella sijainneen pituuspaketointilaitoksen korjaamo- ja konehalliksi. Hallin edessä on toiminut koneiden polttoaineenjakelupiste, joka on nykyisin purettu. Satamaliikenne lope-tettiin Kantasataman vanhimmissa osissa 2000-luvun taitteessa. (Ryökkönen 2012.)

### 6.2.3 Tuleva käyttö

Arviointikohteen alueelle suunnitellaan asemakaavamuutosta. Alustavassa suunnitelmassa Välilaiturin alueelle on kaavoitettu asuinrakennuksia ja virkistysalueita. Itälaiturin pää jää satamakäyttöön ja laiturin tyveen on suunniteltu muun muassa ostoskeskus ja pysäköintialue. Itälaiturin ja Välilaiturin länsipuoliselle alueelle on

alustavassa kaavasuunnitelmassa sijoitettu muun muassa ostoskeskus ja hotelleja sekä alueen eteläosaan asuinrakennuksia ja virkistysalueita. (Broas & Kukkonen 2014.)

#### 6.2.4 Pinnanmuodot ja päällysteet

Satama-alue on päällystetty suurimmaksi osaksi asfaltilla, ainoastaan alueen länsiosan raidealueet ja paikoin varastojen seinänvierukset ovat päällystämättömiä. Asfaltointi suoritettiin vuosien 1955 ja 1969 välisenä aikana. Päällystämättömät alueet ovat paikoin pusikoituneet. Arviointikohde on pinnanmuodoiltaan tasainen ja korkeussuhteiltaan matala. Maanpinnan taso vaihtelee noin +1,6 ja +3,5 välillä. Arvioitavan kohteen maa-ala on noin 22 hehtaaria. Varastojen reunuksilla on päällystämätöntä soramaata, johon sadevesi imeytyy ja asfaltoidulla alueella sadevedet johdetaan hulevesiviemäriin.

#### 6.2.5 Vahingot ja onnettomuudet

Rakennushistoriassa kerrotun tiedon mukaan vuonna 1879 Ahlqvistin ja Hackmanin vanha saha paloi. Sota-aikana Kantasatamaa pommitettiin, mikä on aiheuttanut vaurioita ja tulipaloja. Itälaiturilla täytettiin palaneen kuurin pohjaa, sinne ajettiin ruoppauspaikalta hiekkaa ja paikka raivattiin puhtaaksi palojätteestä. Vuonna 1959 Välilaiturin varastot paloivat ja vain toinen rakennettiin uudestaan. (Ryökkönen 2012.) Mahdollisista vuoto- tai muista kemikaalivahingoista ei ole saatu tietoja.

### 6.3 Aikaisemmat tutkimukset

Kantasataman alueella on tehty aikaisemmin kaksi maaperätutkimusta. Vuonna 2002 SCC Viatek on tutkinut Steveco Oy:n jakeluasemia, joista yksi sijaitsi kantasataman kaavamuutosalueella Itälaiturin eteläpuolella. SCC Viatek teki kohteen kaksikin tutkimuspistettä, joista otettuja näytteitä tutkittiin PetroFlag-kenttätestillä. Tutkimuksen perusteella tankkausalueen maaperä ei ollut öljyllä pilaantunut. Museokeskus Vellamon alueella (uuden kaavamuutosalueen länsipuolella) Suomen IP-Tekniikka on tutkinut maaperää vuonna 2005. Tutkimukses-

sa todettiin kohonneita metalli-, mineraaliöljy- ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia syvyyksillä 0...3 metriä maanpinnan tasosta. Lisäksi alueella havaittiin täyttökerroksessa puutavaraa ja rakennusjätettä. Jätejakeita ja puuainesta todettiin maaperässä, syvyyksillä 1...3 metriä. Tällä hetkellä vuonna 2005 tutkitulla alueella sijaitsee Museokeskus Vellamo. Pilaantuneet täyttökerrokset lienee poistettu museokeskuksen rakentamisen yhteydessä.

#### 6.4 Katselmushavainnot

Kohteessa tehtiin lyhyt katselmus 13.8.2014. Toiminta alueella oli katselmushetkellä vähäistä. Katselmuksessa havaittiin muutamilla alueilla roskaantumista ja paikoin romua sekä jäteöljytynnyreitä, mutta yleisilmeeltään koko kohde ja hallitilat olivat siistit. Myös Stevecon hallinnassa olleista korjaamorakennuksista pienempi (läntinen) todettiin sisäpuolelta siistiksi. Suurempaan itäiseen halliin ei voitu mennä sisään; ulkopuolelta tarkasteltuna tämä uudempi halli näytti huomattavasti parempikuntoiselta kuin läntinen halli. Itälaiturin eteläisimmän katoksen kaakkoispäädyssä oli päällysteen reunassa runsaasti tynnyreitä (KUVA 4), joista oli vuotanut öljyä asfaltille ja maaperään.



KUVA 4. Itälaiturin alueella sijainneita öljytynnyreitä.



## 6.5 Johtopäätökset haastatteluista, historiatiedoista ja katselmushavainnoista

Kantasatamassa ei ole tiettävästi missään vaiheessa laivattu tai varastoitu merkittävästi kemikaaleja, vaan lähinnä puunjalostusteollisuuden tuotteita ja muuta kuivatavaraa. Alueella toimineet sahat lopettivat toimintansa jo 1900-luvun alkupuolella eikä sahojen yhteydessä ollut kyllästämöjä. Muu teollisuus oli vähäistä, satama-alueella oli lähinnä varastotiloja. Ennen tutkimusta saadussa materiaalissa ei ollut yksityiskohtaisia tietoja eri toimintojen sijainneista. Rakennushistoria oli käsitelty yleisellä tasolla, eikä maaperäolosuhteita ollut kuvattu niin, että erilaisten täyttöjen sijainnista olisi voinut tehdä tarkkoja arvioita.

Kantasataman alueella olleet kaksi korjaamo (rakennukset ovat edelleen toiminnassa) ovat historiatietojen perusteella merkittävimmät maaperää mahdollisesti pilanneet toiminnot. Lisäksi alueen muuntamot ja satamaliikenne ovat mahdollisesti aiheuttaneet paikallisia öljyvahinkoja. Myös tulipalojen jäljiltä alueelle on voinut jäädä paikallisesti pilaantunutta maata. Rakennusvaiheessa satama-alueella käytetty täyttömateriaali on voinut olla pilaantunutta tai se on voinut sisältää jätettä. Viitteitä tästä havaittiin vuonna 2005 Vellamon alueelle tehdyssä tutkimuksessa. Täyttökerrosten sijainnista ja paksuudesta voitiin tehdä arvioita karttoihin merkityn vanhan rantaviivan perusteella. Lisäksi oli tiedossa, että alueen täyttökerroksia on tehty sahoilta saaduista rimatäytöistä sekä alusten painolastina olleesta hiekasta.

## 6.6 Maaperä, pohja- ja pintavesi

### 6.6.1 Maaperäolosuhteet

Tutkimushavaintojen perusteella maaperän pintakerros on hiekkavaltaista täyttömaata, jonka alla havaittiin paikoittain puuta (ilmeisesti rimatäyttöä) 1,3...4,0 metrin syvyyksillä ja puumateriaalin alapuolella oli hiekkaista täyttömaata ja perusmaata. Puuta havaittiin pääasiassa välilaiturin ja itälaiturin lounaispuolella vanhan rantaviivan tuntumassa ja siitä merelle päin. Mahdollisesti puutäyttöä on paikoin myös yli 4 m:n syvyydellä nykyisestä maanpinnasta. Tiettävästi 1950-luvulla rakennetun välilaiturin alueella ei kuitenkaan ole käytetty rimatäyttöä. Osassa rata-alueista havaittiin louhetta noin 0,5...0,7 metrin syvyydellä. Louhe-

kerroksen läpi ei porattu. Tutkimusalueen eteläosassa kairaus päättyi muutamissa pisteissä mahdollisesti kallioon 2...3,2 m:n syvyydessä.

#### 6.6.2 Pohja- ja pintavesiolosuhteet

Kotkan kantasatama kuuluu Suomenlahden ranta-alueeseen ja Kymijoen suisto-alueeseen. Tutkimuskohde ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Lähimmät pohjavesialueet ovat Kuutsalon (tunnus 0528511) II luokan pohjavesialue, joka sijaitsee noin 3,9 km kohteesta kaakkoon, ja Suulisniemen (tunnus 0528503) II luokan pohjavesialue, joka sijaitsee 2,7 km kohteesta koilliseen. Pohjaveden pinta on kohdealueella merenpinnan tasolla (noin 2 m:n syvyydessä).

## 7 MAAPERÄN HAITTA-AINETUTKIMUS KOTKAN KANTASATAMASSA

Maaperänäytteenotto suoritettiin 9. - 10.9.2014. Alueelle tehtiin yhteensä 33 tutkimuspistettä. Näytteet otettiin raskaalla porakonekalustolla pisteistä P1...P30 ja P32. Lisäksi otettiin lapionäytteet pisteistä LP31 ja LP33. Tutkimuspisteet pyrittiin sijoittamaan niin, että koko arvioitava alue katettaisiin mahdollisimman hyvin. Tutkimusta painotettiin hieman kohdekäynnin ja historiatietojen perusteella sellaisilla alueilla, joissa haitta-aineiden päätyminen maaperään näytti todennäköiseltä (korjaamorakennukset). Kuvassa 5 on Stevecon korjaamohalli. Toinen painotusperuste oli alustavassa kaavasunnitelmassa esitetty herkimmän maankäytön sijoitusalue (välilaiturille oli suunniteltu asuinrakennuksia). Laboratorioanalytiikassa tutkittiin tyypillisten teollisten alueiden haitta-aineiden (öljypohjaiset hiilivety-yhdisteet, polyklooratut bifenyylit ja 11 metallia ja puolimetallia) lisäksi myös organotinayhdisteitä (mahdollinen veneiden maalaus ja hiekkapuhallus) sekä kloorifenoleita ja polykloorattuja dibentso-p-dioksiineja ja –furaaneja (mahdollinen tuoreempi sahatavara- tai rimatäyttö).



KUVA 5. Stevecon korjaamohalli.

### 7.1 Maaperän haitta-ainetutkimuksen toteutus

Tavoitteena oli ulottaa näytteenotto vähintään pohjavesipinnan yläpuolisen täyttökerroksen läpi. Maanäytteet otettiin alkaen päällysteen alapinnasta pääasiassa

0...0,5 m:n, 0,5...1,0 m:n, 1,0...2,0 m:n, 2,0...3,0 m:n ja 3,0...4,0 m:n kerroksista porakonekairan putkinäytteenottimella. Porakoneella otettujen näytteiden lisäksi otetut kaksi lapionäytettä kerättiin kahdesta hallista lastauslaiturin vierestä 0...0,3 m:n syvyydeltä raidealueelta. Näytteitä otettiin yhteensä 138. Kaikissa näytepisteissä ei päästy neljän metrin syvyyteen koska vastaan tuli kalliota, betonia tai louhetta. Näytteet kerättiin kemikaaleja läpäisemättömiin ja inertteihin rilsan-näytepusseihin ja pussit suljettiin nippusiteillä. Näytteitä säilytettiin tutkimuksen ajan kylmälaukuissa. Kaikki kairareivät täytettiin hiekalla ja asfalttiin tehdyt reiät paikattiin kylmäasfaltilla. Kuvassa 6 kairareikä, joka on peitetty kylmäasfaltilla. Liitteessä 4 on esitetty tutkimuspisteiden sijainti karttapiirustuksessa.



KUVA 6. Asfaltin läpi poratut kairareivät peitettiin kylmäasfaltilla.

Kaikki näytteet arvioitiin aistinvaraisesti ja havainnot (maalaji, pilaantuneisuusarvio ja muut havainnot) kirjattiin. Jokaisesta näytteestä mitattiin lyijyn (Pb), kuparin (Cu), sinkin (Zn) ja arseenin (As) pitoisuudet Niton-mittarilla ja tutkittiin haihtuvien hiilivetyjen esiintymistä PID-mittarilla. Lisäksi 16 näytteestä analysoitiin THC-pitoisuus PetroFlag-kenttätestillä. Laboratorioon lähetettiin 20 näytettä (P1/0,5...1, P2/1...1,6, P7/3...4, P8A/0...0,4, P10/0,5...1, P10/2...2,5, P17/2...3, P18/0-0,5, P20/0-0,4, P23/0-0,5, P25/2-3, P26/1...2, P26/3...4, P27/1...2, P28A/0...0,5, P29B/2...3, P30/1...1,3, LP31/0...0,3, P32/0...0,5, LP33/0...0,3). Laboratorioon lähetettävät näytteet valittiin aistinvaraisen arvioinnin ja kenttäanalyysitulosten perusteella. Näytteet toimitettiin laboratorioon viimeistään kolmen

vuorokauden kuluessa näytteenotosta. Näytteitä säilytettiin ja toimitettiin laboratorioon viileässä ja valolta suojattuna.

Laboratorioon lähetetyistä näytteistä analysoitiin

- öljyhiilivetyjen C<sub>10</sub>...C<sub>40</sub> pitoisuus 10 näytteestä
- TVOC-yhdisteiden C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub> pitoisuus 10 näytteestä
- PAH-yhdisteiden pitoisuus kahdeksasta näytteestä
- PCB-yhdisteiden pitoisuus kuudesta näytteestä
- metallit ICP-AES Vna 214/2007 20 näytteestä
- organotinayhdisteiden pitoisuus kahdesta näytteestä
- kloorifenolipitoisuus kahdesta näytteestä ja
- PCDD/PCDF-pitoisuus kahdesta näytteestä.

Näytteet analysoi akkreditoitu laboratorio SGS Inspection Services Oy. Yhteenve-to tutkimushavainnoista ja kenttäanalyyseistä on esitetty liitteissä 5 - 7 ja laboratorion analyysituloslomakkeet on esitetty liitteissä 8 - 9.

## 7.2 Tutkimushavainnot ja –tulokset

Tutkimusalue on jaettu kolmeen osa-alueeseen: Välilaiturin alue, Itälaiturin alue ja tutkimusalueen länsiosa. Aluejako perustuu väljästi kaavassa suunniteltuun maankäyttöön. Välilaiturin alueella asuminen on merkittävin maankäyttömuoto, joten se on pilaantuneisuusarvion kannalta herkin alue. Laiturialueiden länsipuolelle on suunniteltu hotelleita ja virkistysalueita sekä läntisimpään osaan asumista, joten se on myös herkkää aluetta. Itälaiturin alueella jatkuu osittain satamatoiminta ja muuten alueen käytöksi on suunniteltu muun muassa kauppatoimintaa. Tämä on siis vähiten herkkä osa-alue.

### 7.2.1 Välilaiturin alue (P20...P26)

Aistinvaraisen tarkastelun perusteella Välilaiturin alueella vähintään lievästi pilaantuneiksi arvioitiin kuusi näytettä. Kuvassa 7 puutäyttöä, jota havaittiin näytteissä P25/2,0...3,0 m sekä P26/3,0...4,0 m. Puutäyttö haisi voimakkaasti.



KUVA 7. Puuainestäyttöä, jota havaittiin tutkimuspisteissä.

Kenttäanalyysien perusteella näytteessä P23/0...0,5 m sinkkipitoisuus oli Nitonmittarin mukaan 564 mg/kg ja kuparipitoisuus 292 mg/kg. Myös arseenipitoisuus oli mittauksen perusteella koholla, mutta alle ohjearvotasojen. Lisäksi kromi- ja nikkelpitoisuudet olivat tässä näytteessä mittauksen perusteella merkittävästi kohonneet. PetroFlag-kenttätestillä analysoitu THC-pitoisuus oli 829 mg/kg samassa näytteessä (P23/0...0,5 m). Niton-mittausten perusteella pisteessä P20 sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat yli alempien ohjearvotasojen 0...1 m:n syvyydellä. Näytteen P25 /2,0...3,0 m näytepussin kaasutilassa TVOC-pitoisuus oli PID-mittarin mukaan 50,3 ppm (näyte haisi voimakkaasti). Pisteessä P26 lyijypitoisuus oli Niton-mittauksen mukaan 239 mg/kg, syvyydellä 1...2 metriä. Samassa näytteessä THC-pitoisuus oli PetroFlag-testin perusteella 748 mg/kg. Lisäksi 3...4 m:n syvyydeltä otetun näytteen näytepussin kaasutilassa oli PID-mittauksen mukaan TVOC-pitoisuus 19 ppm.

Laboratoriotulosten perusteella näytteen P23/0...0,5 m kobolttipitoisuus oli 927 mg/kg (PIMA-asetuksen ylempi ohjearvo 250 mg/kg), kuparipitoisuus 352 mg/kg (200 mg/kg), nikkelpitoisuus 285 mg/kg (150 mg/kg) ja sinkkipitoisuus 611 mg/kg (400 mg/kg). Lisäksi ylempien ohjearvotason ylitti yksittäisistä PAH-yhdisteistä fluoranteenin pitoisuus 20 mg/kg (15 mg/kg) näytteessä P26/1...2 m. Asetuksen alemman ohjearvotason ylittivät näytteen P20/0...0,4 m sinkkipitoisuus (todettu 313 mg/kg ja asetuksen alempi ohjearvo 250 mg/kg) sekä näytteen P26/1...2 m PAH-pitoisuus (90 ja 30 mg/kg) ja näytteen P26/3...4 m TVOC-

pitoisuus (190 ja 100 mg/kg). Lisäksi näytteen edellä mainituista näytteissä todettiin arseenin, kobolttin, kuparin ja hiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>40</sub> kynnysarvot ylittäviä pitoisuuksia. Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto Välilaiturin alueella todetuista haitta-aineista.

TAULUKKO 1. Välilaiturin alueen laboratoriotulosten ohjearvojen (PIMA-asetus 214/2007) ylittävät pitoisuudet

	Tutkimuspiste P20	Tutkimuspiste P23	Tutkimuspiste P26	AO	YO
<b>PAH, mg/kg</b>	-	-	90	<b>30</b>	<b>100</b>
<b>fluoranteeni, mg/kg</b>	-	-	20	<b>5</b>	<b>15</b>
<b>TVOC (C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub>), mg/kg</b>	-	-	190	<b>100</b>	<b>500</b>
<b>Koboltti, mg/kg</b>	-	927	-	<b>100</b>	<b>250</b>
<b>Kupari, mg/kg</b>	-	352	-	<b>150</b>	<b>200</b>
<b>Nikkeli, mg/kg</b>	-	285	-	<b>100</b>	<b>150</b>
<b>Sinkki, mg/kg</b>	313	611	-	<b>250</b>	<b>400</b>

\*Punaisella merkityt arvot ovat ylempään ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia.

#### 7.2.2 Tutkimusalueen länsiosa (P1...P6, P17...P19, P27...P30, LP31, LP33)

Aistinvaraisen tarkastelussa havaittiin vähintään lievää pilaantuneisuutta melkein kaikissa pisteissä. Pisteessä P18 havaittiin öljyn hajua syvyydellä 0...0,5 metriä. Puutäyttöä havaittiin pisteissä P17 syvyysvälillä 2,0...3,0 metriä, P27 syvyysvälillä 1,0...2,0 metriä, P29 syvyysvälillä 2,0...3,0 metriä ja P30 syvyysvälillä 2,0...3,0 metriä. Puutäyttö haisi voimakkaasti. Lapionäytteet LP31 ja LP33 olivat likaisen ja öljyisen näköisiä. Kuvassa 8 lastauslaiturin raidealue, jolta lapionäyte LP31 otettiin.





KUVA 8. Lastauslaiturin raidealue, jolta otettiin lapionäyte.

Niton-mittarin mukaan metallipitoisuudet olivat selvästi koholla näytteissä P1/0,5...1 m, P17/2...2,6 m, P27/1...2 m, LP31/0...0,3 m ja LP33/0...0,3 m. Näytteessä LP31/0...0,3 m mittaustulokset olivat suurimmat: arseenipitoisuus 53 mg/kg, kuparipitoisuus 844 mg/kg, lyijypitoisuus 351 mg/kg ja sinkkipitoisuus 811 mg/kg. Myös näytteessä LP33/0...0,3 m kaikkien mainittujen metallien pitoisuudet olivat selvästi koholla. PetroFlag-kenttätestin mukaan korkeimmat hiilivetyjen kokonaispitoisuus (THC) oli yli 2 000 mg/kg näytteissä P18/0...0,5 m, LP31/0...0,3 m ja P17/2...2,6 m. THC-pitoisuudet olivat PetroFlag-testin perusteella selvästi koholla myös näytteissä P2/1...2 m, LP33/0...0,3 m ja P27/1...2 m. Lisäksi haihtuvia hiilivetyjä (TVOC) oli PID-mittausten perusteella näytteissä P29B/2...3 m, P27/1...2m, P17/2...2,6 m ja P2/1...1,6 m.

Laboratoriotulosten mukaan PIMA-asetuksen ylempään ohjearvotason ylitti näytteen P29B hiilivetyjen C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub> pitoisuus 1 200 mg/kg (ylempi ohjearvo 500 mg/kg), lapionäytteiden LP31/0...0,3 m ja LP33/0...0,3 m kuparipitoisuudet 312 ja 245 mg/kg (200 mg/kg). Lisäksi näytteen LP31/0...0,3 m lyijypitoisuus 239 mg/kg, sinkkipitoisuus 337 mg/kg ja hiilivetyjen C<sub>21</sub>...C<sub>40</sub> pitoisuus 1 500 mg/kg ylittivät asetuksen alemman ohjearvotason. Lyijypitoisuus 244 mg/kg ja sinkkipitoisuus 297 mg/kg näytteessä P1/0,5...1 m, hiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub> pitoisuus 320 mg/kg näytteessä P2/1...1,6 m, hiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub> pitoisuus 520 mg/kg näytteessä P17/2...2,6 m, hiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub> pitoisuus 360 mg/kg



ja jakeiden C<sub>21</sub>...C<sub>40</sub> pitoisuus 1 900 mg/kg näytteessä P18/0...0,5 m sekä hiilive-  
tyjakeiden C<sub>5</sub>...C<sub>10</sub> pitoisuus 120 mg/kg näytteessä P27/1...2 m ylittivät asetuk-  
sen alemman ohjearvotason. Lisäksi arseenin kynnysarvo ylittyi neljässä pistees-  
sä, PAH-yhdisteiden kynnysarvo kahdessa pisteessä sekä kobolttin, lyijyn ja PCB-  
yhdisteiden kynnysarvo yhdessä pisteessä. Kahdessa pisteessä antimoinin pitoisuus  
oli kynnysarvotasolla. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto tutkimusalueen länsi-  
osassa todetuista haitta-aineista.

TAULUKKO 2. Tutkimusalueen länsiosan laboratoriotulosten ohjearvojen  
(PIMA-asetus 214/2007) ylittävät pitoisuudet

	Hiilivetyja- keet C <sub>10</sub> ...C <sub>21</sub> , mg/kg	Hiilivety- jakeet C <sub>21</sub> ...C <sub>40</sub> , mg/kg	TVOC (C <sub>5</sub> ...C 10), mg/kg	Kupari, mg/kg	Lyijy, mg/kg	Sinkki, mg/kg
AO	300	600	100	150	200	250
YO	1000	2000	500	200	750	400
P1	-	-	-	-	244	297
P2	323	-	-	-	-	-
P17	520	-	-	-	-	-
P18	360	1900	-	-	-	-
P27	-	-	120	-	-	-
P29B	-	-	1200	-	-	-
LP31	-	1500	-	312	239	337
LP33	-	-	-	245	-	-

\*Punaisella merkityt arvot ovat ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia. P =  
tutkimuspiste

### 7.2.3 Itälaiturin alue (P7...P16, P32)

Aistinvaraisen tarkastelun perusteella Itälaiturin alueella havaittiin vähintään  
lievää pilaantuneisuutta kuudessa pisteessä. Puutäyttöä havaittiin pisteessä P7  
syvyysvälillä 3,0...4,0 metriä, puutäyttö haisi. Pisteessä P8A havaittiin voimakas-  
ta polttoöljyn hajua. Pisteessä P10 pintamaakerros 0...0,5 m:n syvyydellä oli  
öljyinen ja alin näyte ilmeisesti kallion päältä syvyydellä 2...2,5 metriä haisi mel-  
ko voimakkaasti.

Kenttämittausten mukaan THC-pitoisuus oli selvästi koholla näytteissä P8A/0...0,4 m (> 2 500 mg/kg) ja P32/0...0,5 m (> 2 500 mg/kg) sekä näytteessä P7/3...4 m (1 197 mg/kg). PID-mittarilla mitattuna merkittävimmät TVOC-pitoisuudet olivat näytteissä P8A/0...0,4 m (98,9 ppm) ja P32/0...0,5 m (34,1 ppm). Niton-mittauksissa merkittävin tulos oli kuparipitoisuus 140 mg/kg pisteessä P10 syvyydellä 2,0...2,5 metriä.

Laboratoriotulosten mukaan pisteessä P8A syvyydellä 0...0,4 metriä hiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub> pitoisuus oli 2 900 mg/kg (asetuksen ylempi ohjearvo 1 000 mg/kg). Hiilivetyjakeiden C<sub>21</sub>...C<sub>40</sub> alempi ohjearvo 600 mg/kg ylittyy näytteissä P8A/0...0,4 m (1 700 mg/kg) ja P32/0...0,5 m (1 900 mg/kg). Lisäksi arseenin kynnysarvo ylittyi kolmessa ja kuparin kynnysarvo yhdessä näytteessä. Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto Itälaiturin alueella todetuista haitta-aineista.

TAULUKKO 3. Itälaiturin alueen laboratoriotulosten ohjearvojen (PIMA-asetus 214/2007) ylittävät pitoisuudet

	Tutkimuspiste P8A	Tutkimuspiste P32	AO	YO
<b>Hiilivetyjakeet C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub></b>	2900	-	300	1000
<b>Hiilivetyjakeet C<sub>21</sub>...C<sub>40</sub></b>	1700	1900	600	2000

\*Punaisella merkityt arvot ovat ylempään ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia.

## 8 RISKINARVIOINTI KOTKAN KANTASATAMASSA

Tutkimusalueen maaperä on hiekkaista täyttömaata. Laajoilla alueilla vanhan rantaviivan tuntumassa on käytetty rimatäyttöä, jota havaittiin noin 1...2 metrin paksuisina kerroksina, syvyyksillä 1...4 metriä. Raidealueilla havaittiin louhetäyttöä. Alue ei ole luokiteltua pohjavesialuetta.

Nykytilanteessa maaperän haitta-aineiden terveydelle aiheuttama riski on pieni, koska alueen käyttö on vähäistä ja teollisuusluonteista. Lisäksi alue on suurimaksi osaksi päällystetty asfaltilla, eikä sen välittömässä läheisyydessä ole asuinalueita. Pohjaveteen on todennäköisesti paikoin joutunut haitta-aineita, jotka päätyvät mereen, mutta tilanne on vakiintunut eikä maaperästä liukenevilla haitta-aineilla ole merkittävää vaikutusta syvien satama-altaiden veden laatuun. Nykyisessä maankäyttötilanteessa kohteessa ei ole välitöntä maaperän kunnostustarvetta. Tarkennettu riskinarviointi ja tavoitepitoisuuksien määrittely rajataan koskemaan tutkimusalueen tulevaa käyttöä. Kriittiset aineet valittiin haitta-aineista, joiden pitoisuus vähintään yhdessä näytteessä todettiin kynnysarvotaso suuremmaksi. Muun muassa polykloorattujen dibentso-p-dioksiinien ja dibentsofuraanien, kloorifenoleiden sekä orgaanisten tinayhdisteiden pitoisuudet olivat tutkituissa näytteissä alle kynnysarvotason.

PCB:n kynnysarvo 0,1 mg/kg ylittyi näytteessä LP31/0...0,3 m (0,17 mg/kg), mutta samassa muun muassa metallien ylemmät ohjearvopitoisuudet ylittyivät. Arseenin kynnysarvo ylittyi 10 näytteessä, mutta kaikissa näissä näytteissä muiden aineiden pitoisuudet olivat merkittävästi korkeammalla tasolla. Lisäksi antimonin pitoisuus oli kahdessa pintakerrosnäytteessä kynnysarvon tasolla, mutta myös näissä näytteissä muiden haitta-aineiden pitoisuudet olivat merkittävästi korkeammalla tasolla. Niinpä PCB, arseeni ja antimoni eivät kuulu riskinarviossa tarkasteltaviin aineisiin.

### 8.1 Kriittiset haitta-aineet

Kriittisiksi haitta-aineiksi valittiin lyijy, sinkki, koboltti, kupari, nikkeli, haihtuvien hiilivetyjen kokonaispitoisuus (TVOC-yhdisteet), polyaromaattiset hiilivedyt (PAH-yhdisteet) ja öljyhiilivedyt (jakeet C<sub>10</sub>...C<sub>40</sub>). Nämä haitta-aineet valittiin

kriittisiksi haitta-aineiksi koska näiden osalta todettiin PIMA-asetuksessa (214/2007) annettujen ohjearvojen ylittäviä pitoisuuksia.

Lyijyn pitoisuus ylitti kynnsarvon 60 mg/kg neljässä näytteessä ja alempi ohjearvo 200 mg/kg ylittyi noin 20 % tutkimuskohteen länsiosassa pisteissä P1 ja LP31 alle metrin syvyydessä. Sinkkipitoisuus ylitti kynnsarvon neljässä näytteessä, joista kaikissa ylittyi myös alempi ohjearvotaso 250 mg/kg ja yhdessä näytteessä (P23/0...0,5 m Välilaiturin päässä) todettu sinkkipitoisuus 611 mg/kg ylittää ylemmän ohjearvon. Kobolttipitoisuuden kynnsarvo ylittyi kolmessa pisteessä maaperän pintakerroksessa. Kaikissa näissä pisteissä myös muiden metallien pitoisuudet olivat korkeita. Välilaiturin alueella pisteessä P23 kobolttin pitoisuus 927 mg/kg ylitti selvästi ylemmän ohjearvon (250 mg/kg). Kuparipitoisuus ylitti kynnsarvon (100 mg/kg) neljässä pisteessä. Kolmessa pisteessä kuparipitoisuudet (244...352 mg/kg) ylittivät ylemmän ohjearvotason (200 mg/kg) maaperän pintakerroksessa 0...0,5 m:n syvyydessä. Lisäksi kuparipitoisuus oli 140 mg/kg Itälaiturin alueella näytteessä P10/2...2,5 m. Nikkelin pitoisuus ylitti kynnsarvon 50 mg/kg tutkimuskohteen länsiosassa näytteessä LP31/0...0,3 m (58 mg/kg). Välilaiturin alueella näytteessä P23/0...0,5 m nikkelpitoisuus 285 mg/kg ylitti myös ylemmän ohjearvotason.

Haihtuville yhdisteille ei ole määritetty kynnsarvoa. Haihtuvien yhdisteiden alempi ohjearvo (100 mg/kg) ylittyi kolmessa näytteessä. Välilaiturin alueella pisteessä P26 sekä tutkimusalueen länsiosassa pisteessä P27 ja ylemmän ohjearvon (500 mg/kg) ylitys oli tutkimusalueen länsiosassa pisteessä P29. Merkittävimmät pitoisuudet olivat isopropyylimetyylisykloheksaanilla ja 4-isopropyylitolueenilla (p-symeeni), jonka suurin todettu pitoisuus oli 350 mg/kg. Kaikki ohjearvon ylitykset todettiin puuta sisältävissä täyttökerroksissa. Aineet lienevät merkittävältä osin peräisin orgaanisen aineksen hajoamisesta.

PAH-yhdisteiden kynnsarvo 15 mg/kg ylittyi kolmessa pisteessä. Näytteessä P26/1...2 m Välilaiturin tyvessä todettu pitoisuus 90 mg/kg ylittää PAH-yhdisteille PIMA-asetuksessa määrätyn alemman ohjearvon 30 mg/kg. Samassa näytteessä todettiin fluoranteenin pitoisuus 20 mg/kg, joka ylittää fluoranteenille asetuksessa määrätyn ylemmän ohjearvon 15 mg/kg. Alemman ohjearvon tässä

samassa näytteessä ylittivät bentso(a)antraseenin, bentso(a)pyreenin ja fenantreenin pitoisuudet.

Öljyhiilivetyjakeiden  $C_{10}\dots C_{40}$  kynnysarvo 300 mg/kg ylittyi seitsemässä pisteessä. Jakeiden  $C_{10}\dots C_{21}$  pitoisuus ylitti ohjearvon 300 mg/kg neljässä näytteessä, joista yhdessä (P8A/0...0,4 m) todettu pitoisuus 2 900 mg/kg ylitti myös ylempään ohjearvon 1 000 mg/kg. Alemman ohjearvon ylitykset todettiin maaperän pintakerroksessa 0...0,5 m:n syvyydessä muuten mutta pisteessä P17 todettiin jakeiden  $C_{10}\dots C_{21}$  pitoisuus 520 mg/kg yli kahden metrin syvyydessä. Raskaiden öljyjakeiden  $C_{21}\dots C_{40}$  alemman ohjearvon 600 mg/kg ylityksiä todettiin neljässä pisteessä maaperän pintakerroksessa; todetut pitoisuudet olivat välillä 1 500 ja 1 900 mg/kg.

## 8.2 Välilaiturin alue

Alustavan maankäyttösuunnitelman mukaan Välilaiturin kärkeen on suunniteltu asuinalue, alkupäähän ja keskiosaan hotelli- ja casinoalue. Laiturin pään lähellä pisteessä P23 todettiin pintakerroksessa voimakkaita metallipitoisuuksia. Lisäksi pisteessä P20 lähellä laiturin rannanpuoleista päätä oli pintakerroksessa alemman ohjearvon ylittävä sinkkipitoisuus. Syvemmillä täyttökerroksessa todettiin hiilivetyjä pisteessä P26 hiekkatäytössä syvyydellä 1...2 metriä, PAH-yhdisteitä oli 90 mg/kg ja hiilivetyjä  $C_{10}\dots C_{40}$  oli 408 mg/kg. Yksittäisistä PAH-yhdisteistä fluoranteenin pitoisuus ylitti asetuksen ylempään ohjearvon. Samassa pisteessä syvyydellä 3...4 metriä oli puuvaltaista täyttöä, jossa hiilivetyjen  $C_5\dots C_{10}$  pitoisuus oli 190 mg/kg. Tässä puuvaltaisessa täytössä havaittiin voimakas haju. Puuainestäyttö on välilaiturin alueella miltei kokonaan vesipinnan alapuolella. Välilaiturin alueella puutäyttöä arvioidaan olevan noin 4 300 m<sup>3</sup> ja lisäksi noin 300 m<sup>3</sup> maa-ainesta, jossa metallien tai raskaiden hiilivetyjen pitoisuus ylittää ylempään ohjearvon.

### 8.2.1 Haitta-aineiden kulkeutuminen

Laiturin kärjessä pisteessä P23 (suunniteltu asuinalue) todettiin päällysteen alapuolisessa 0,5 m:n maakerroksessa korkeita metallipitoisuuksia, joista merkittävimmät oli koboltin pitoisuus 927 mg/kg ja sinkin pitoisuus 611 mg/kg. Lisäksi hotellin suunnitellulla sijoitusalueella todettiin pintamaassa pisteessä P20 kohon-

neita metallipitoisuuksia (muun muassa sinkkiä 313 mg/kg). Metallit voivat erityisesti niukasti orgaanista ainetta sisältävässä karkeassa maaperässä (sora ja hiekka) kulkeutua liuenneina noin kahden metrin syvyydessä olevaan pohjaveteen ja edelleen mereen, mutta tästä aiheutuvat haitalliset vaikutukset ovat tutkimuskohteessa vähäiset. Pintamaakerroksessa olevat metallit saattavat kulkeutua juuriston kautta kasveihin. Päällystämättömillä alueilla metallit voivat kulkeutua pölyämisen seurauksena hengitysilmassa elimistöön. Lisäksi lapset voivat alueella leikkiessään kaivella ja syödä maata, jolloin metalleja voi päätyä ruoansulatuselimistöön.

Välilaiturin tyvessä pisteessä P26 (myymälöiden edustan päällystettyä ulkoaluetta) todettiin 1...2 m:n syvyydessä hiekkatäytössä PAH-pitoisuus 90 mg/kg ja fluoranteenin pitoisuus 20 mg/kg. Monet PAH-yhdisteet, muun muassa fluoranteeni, pidättyvät varsinkin hienorakeiseen maa-ainekseen eivätkä liukene tai haihdu helposti. Osa PAH-yhdisteistä on puolihaihtuvia (esimerkiksi naftaleeni). Näytteessä P26/1...2 m ei kuitenkaan todettu naftaleenia eikä merkittävänä pitoisuuksina muita herkemmin liikkuvia PAH-yhdisteitä. Lähtöpitoisuudet ovat matalat ja mereen kulkeutuvien haitta-aineiden määrä on edellä kerrotun perusteella pieni ja vaikutus laiturialueiden suuressa vesimassassa merkityksettömät.

Pisteessä P26 havaittiin lisäksi puutäyttöä 3...4 m:n syvyydellä selvästi pohjavesipinnan alapuolella. Tässä täyttökerroksessa oli haihtuvia yhdisteitä (TVOC-pitoisuus 190 mg/kg), joista suuri osa lienee peräisin puumateriaalin hajoamisesta. Pääasialliset yhdisteet olivat p-symeeni ja isopropyylimetyylisykloheksaani, jotka ovat veteen niukkaliukoisia. Puuaineksen hajoamisen seurauksena näitä yhdisteitä voi joutua veteen, jossa ne vettä kevyempinä kelluvat pinnalla. Ne haihtuvat maaperän huokosilmaan, mutta tässä tapauksessa hitaasti (pohjavesipinnan alapuolinen ja yli 3 m:n syvyydessä maanpinnasta oleva kerros). Yhdisteiden kulkeutumisesta maanpinnan tasolle tai sisäilmaan voidaan pitää merkityksettömänä. Jos esimerkiksi kunnallistekniset kaivannot tai rakennusten perustukset ulottuvat pilaantuneisiin kerroksiin tai niiden lähelle, kulkeutumisolosuhteet saattavat muuttua kriittisemmiksi. Osa hiilivedyistä voi muun muassa kulkeutua muovisen putkimateriaalin läpi (talousvesi- ja viemäriputket).

### 8.2.2 Terveysriskien arviointi

Jos metallipitoinen maa sijaitsee pintakerroksessa päällystämättömällä alueella, on altistuminen metalleille suoran kosketuksen tai pölyämisen vuoksi mahdollista. Altistus voi tapahtua myös maansyönnin vuoksi. Maansyönti voi olla joko tahatonta (käsien kautta altistuminen) tai tahallista (esimerkiksi lapsilla). Päällystetyllä alueella ei ole suoran kosketuksen mahdollisuutta eikä pölyämisiongelmaa. Jos esimerkiksi kunnallistekniikan putkistoja rakennetaan haitta-ainepitoisiin maakerroksiin, erityisesti hiilivety-yhdisteiden kulkeutuminen putkistokaivantoja pitkin rakennuksiin voi helpottua. Osa hiilivedyistä voi kulkeutua muovisen putkimateriaalin läpi ja päätyä esimerkiksi talousveteen.

### 8.2.3 Ekologisten riskien arviointi

Alueen käyttöhistoria on teollista, eikä alueella ole merkittäviä luontoarvoja. Suunnitelmien perusteella alue tulee olemaan tiiviisti rakennettu sekä pääosin päällystetty. Ekologiset toiminnot alueella tulevat olemaan kaupunkiympäristölle tyypillisiä. Maaperäeliöt ja alueella kasvavat kasvit voivat altistua haitta-aineille. Pikkunisäkkäät ja linnut puolestaan voivat altistua haitta-aineille esimerkiksi kasveja ja matoja syödessään.

## 8.3 Tutkimusalueen länsiosa

Alueelle on suunniteltu muun muassa virkistysalue, hotelli- ja kauppa-alue. Lisäksi alueen eteläosaan on suunniteltu asutusta. Alueen lounaiskärjessä pisteessä P1 lyijy- ja sinkkipitoisuudet olivat yli alemman ohjearvotason, arseenipitoisuus oli yli kynnyksarvon. Metalleja todettiin syvyydellä 0,5...1,0 metriä maanpinnan tasosta. Öljyhiilivetyypitoisuudet olivat koholla vanhan korjaamohallin öljynerottimen vieressä pisteessä P2, öljyhiilivetyjakeiden C<sub>10</sub>...C<sub>21</sub> pitoisuus ylittää alemman ohjearvotason. Läntisen alueen itäosassa pisteissä P18 ja P17 todettiin korkeita öljyhiilivetyypitoisuuksia, pitoisuudet olivat yli alemman ohjearvotason.

Pisteissä P6, P17, P27, P29B ja P30 havaittiin runsaasti puuainesta sisältävää täyttöä noin metrin paksuisena kerroksena syvyyksillä 1...3 metriä maanpinnan tasosta. Puuainestäyttö oli selvästi ylempänä kuin välilaiturin alueella, ja täyttöä

on aikanaan tehty tällä alueella matalaan veteen ja osin kuivalle maalle. Puuainesta sisältävässä täyttökerroksessa havaittiin monin paikoin voimakasta hajua, ja laboratorioissa analysoiduissa näytteissä haihtuvien hiilivetyjen pitoisuus oli koholla. Suurin haihtuvien hiilivetyjen pitoisuus (1 200 mg/kg) todettiin pisteessä P29B, syvyydellä 2...3 metriä. Haihtuvista hiilivedyistä merkittävimmät todetut olivat 4-isopropyylitolueeni (p-symeeni) ja isopropyylimetyylisykloheksaani. Raskaampien hiilivetyjen kuten metallienkin korkeat pitoisuudet todettiin pääasiassa alle metrin syvyydellä maanpinnasta. Pintakerros oli erityisen likaantunutta lastauslaitureiden edustalta raidealueelta kerätyissä kokoomanäytteissä LP31 ja LP33. Tutkimusalueen länsiosassa puutäyttöä arvioidaan olevan kahdella eri alueella ainakin 17 000 m<sup>3</sup> ja lisäksi noin 400 m<sup>3</sup> maa-ainesta, jossa ainakin yhden aineen pitoisuus ylittää alemman ohjearvon.

### 8.3.1 Haitta-aineiden kulkeutuminen

Alueen maaperä on täyttömaata, pääasiassa laivojen painolastihiekkaa, ja paikoit-tain vanhan rantaviivan tuntumassa havaittiin runsaasti puutäyttöä. Mahdollinen kallionpinnan taso havaittiin ylimmällä noin kahden metrin syvyydellä, suunnil-leen pohjavesipinnan tasolla. Osa-alueen läntisimmässä osassa pääasiallinen tule-va maankäyttö on suunnitelman mukaan piha-, vapaa-ajanvietto- ja pysäköintialu-eita, lisäksi alueelle on sijoitettu hotelli ja pienmyymälöitä. Kyseisellä osa-alueella havaittiin puutäyttöä kahdessa pisteessä (näytteet P27/1...2 m ja P29B/2...3 m) ja tässä kerroksessa oli myös merkittävästi haihtuvia yhdisteitä, TVOC-pitoisuus pisteessä P29B oli 1 200 mg/kg.

Haihtuvat yhdisteet voivat kulkeutua maaperän huokostilan kautta ulkoilmaan tai rakennusten sisäilmaan. Pääasialliset haihtuvat yhdisteet olivat 4-isopropyylitolueeni ja isopropyylimetyylisykloheksaani ja suurelta osin yhdisteet lienevät peräisin puun hajoamisesta. Puun hajoaminen ja haihtuvien yhdisteiden muodostuminen on hidasta maaperässä varsinkin pohjaveden kyllästävässä ker-roksessa. Yhdisteiden kulkeutumista maanpinnan tasolle tai sisäilmaan voidaan pitää merkityksettömänä, jos alueelle ei rakenneta esimerkiksi puutäyttökerrok-seen ulottuvia kunnallistekniikan putkistoja, kellaritiloja tai perustusrakenteita. Mainitut yhdisteet ovat veteen niukkaliukoisia ja vettä kevyempiä. Niitä voi kul-



keutua pohjaveden pinnalla mereen, mutta tämän kulkeutumisen merkitys on satama-aitaiden suuren vesimassan vuoksi vähäinen.

Osa-alueen itäiseen osaan on suunniteltu myymälöitä ja niiden pysäköintialueita. Alueelle sijoittuvista pisteistä kolmessa (P17, P18 ja LP33) todettiin merkittäviä haitta-ainepitoisuuksia. Maaperän pintakerroksessa todettiin korkeita metallipitoisuuksia (LP33, muun muassa kuparipitoisuus 245 mg/kg) ja pääasiassa hiilivetyjakeiden  $C_{10} \dots C_{40}$  alemmat ohjearvotasot ylittäviä pitoisuuksia (P18). Pintamaakerroksessa olevat metallit saattavat kulkeutua juuriston kautta kasveihin. Päälystämättömillä alueilla metallit ja hiilivetyyhdisteet voivat kulkeutua pölyämisen seurauksena hengitysilmassa elimistöön. Lisäksi lapset voivat alueella leikkiessään kaivella ja syödä maata, jolloin haitta-aineita voi päätyä ruoansulatuselimistöön. Varsinkin öljy-yhdisteet voivat kulkeutua pohjaveteen tai haihtua ilmaan. Näiden kulkeutumisreittien merkitys on kuitenkin vähäinen, koska hiilivetyyhdisteet koostuivat pääasiassa raskaammista jakeista ( $C_{21} \dots C_{40}$  – pitoisuus 1 900 mg/kg ja  $C_{10} \dots C_{21}$  – pitoisuus 360 mg/kg). Pisteessä P17 puutäyttöä sisältävässä kerroksessa yli kahden metrin syvyydessä todettiin hiilivetyjakeita  $C_{10} \dots C_{21}$ , pitoisuus oli 520 mg/kg. Keskiraskaat hiilivedyt voivat kulkeutua jonkin verran veden mukana ja haihtua maaperän huokostilaan ja edelleen ilmaan. Kun otetaan huomioon alhainen lähtöpitoisuus, tuleva maankäyttösuunnitelma ja haitta-aineiden sijainti syvällä, näitä kulkeutumisreittejä voidaan pitää merkityksettöminä, jos haitta-aineita sisältävään maakerrokseen ei kajota rakentamisen aikana.

Osa-alueen eteläisen osan suunniteltu maankäyttö on asuin- ja virkistysalueita. Merkittävästi haitta-aineita todettiin kolmessa pisteessä: näytteessä P1/0,5...1 m lyijyn ja sinkin pitoisuudet ylittivät alemmat ohjearvotasot, näytteessä P2/1...1,6 m hiilivetyjakeiden  $C_{10} \dots C_{21}$  pitoisuus ylitti alemman ohjearvotason ja näytteessä LP31/0...0,3 m kuparipitoisuus 312 mg/kg ylitti ylemmän ohjearvon ja lyijyn, sinkin sekä hiilivetyjakeiden  $C_{21} \dots C_{40}$  pitoisuus alemman ohjearvotason. Pintamaakerroksessa olevat metallit saattavat kulkeutua juuriston kautta kasveihin. Päälystämättömillä alueilla metallit voivat kulkeutua pölyämisen seurauksena hengitysilmassa elimistöön. Lisäksi lapset voivat alueella leikkiessään kaivella ja syödä maata, jolloin metalleja voi päätyä ruoansulatuselimistöön. Keskiraskaat öljyhiilivetyjakeet kulkeutuvat ja haihtuvat raskaita öljyhiilivetyjakeita helpommin ja osa öljyhiilivedyistä on saattanut kulkeutua pohjaveteen. Keskiraskaat

öljyhiilivetyjakeet  $C_{10}\dots C_{21}$  saattavat haihtua maaperästä huokoskaasuun ja kulkeutua sieltä huokoskaasun mukana sisäilmaan. Lisäksi hiilivedyt voivat kulkeutua erityisesti muovisten putkirakenteiden läpi.

### 8.3.2 Terveysriskien arviointi

Jos metallipitoinen maa sijaitsee pintakerroksessa päällystämättömällä alueella, on altistuminen metalleille suoran kosketuksen tai pölyämisen vuoksi mahdollista. Altistus voi tapahtua myös maata syömällä. Maansyönti voi olla joko tahatonta (käsiensä kautta altistuminen) tai tahallista (esimerkiksi lapsilla). Päällystetyllä alueella ei ole suoran kosketuksen mahdollisuutta eikä pölyämisiongelmaa. Jos esimerkiksi kunnallistekniikan putkistoja rakennetaan haitta-ainepitoisiin maakerroksiin, erityisesti hiilivety-yhdisteiden kulkeutuminen putkistokaivantoja pitkin rakennuksiin voi helpottua. Osa hiilivedyistä voi kulkeutua muovisen putkimateriaalin läpi ja päätyä esimerkiksi talousveteen.

### 8.3.3 Ekologisten riskien arviointi

Alueen käyttöhistoria on teollista, eikä alueella ole merkittäviä luontoarvoja. Suunnitelmien perusteella alue tulee olemaan tiiviisti rakennettu sekä pääosin päällystetty. Eteläisen osan asuinalueella on myös puistomaista ympäristöä. Ekologiset toiminnot alueella tulevat olemaan kaupunkiympäristölle tyypillisiä. Maaperäeliöt ja alueella kasvavat kasvit voivat altistua haitta-aineille. Pikkunisäkkäät ja linnut puolestaan voivat altistua haitta-aineille esimerkiksi kasveja ja matoja syödessään.

## 8.4 Itälaiturin alue

Itälaiturin päässä on tarkoitus jatkaa satamatoimintaa ja muualle Itälaiturin alueelle on suunniteltu kauppakeskus sekä pysäköinnille ja ajanvietto toiminnalle varattuja alueita. Alue on alustavan maankäytön suunnittelun perusteella arvioituna vähiten herkkä. Haitta-aineita todettiin pisteissä P8A, P10 ja P32. Öljyjakeiden  $C_{10}\dots C_{21}$  ylempi ohjearvotaso ylittyi pisteessä P8A, öljyhiilivedyt ovat todennäköisesti joutuneet maaperään pintakerrokseen aikaisemman tankkauspisteen toi-

minnan seurauksena. Öljyjakeiden  $C_{21} \dots C_{40}$  alempi ohjearvo ylittyi pisteessä P32, jonka lähellä on sijainnut muuntamo. Muuntamosta on mahdollisesti valunut öljyä maaperän pintakerrokseen. Pisteessä P10 välittömässä läheisyydessä oli öljytynnyreitä, joista oli valunut pintamaahan öljyä, mutta syvemmissä kerroksissa öljyä ei havaittu. Pisteessä P7 havaittiin puuainesta sisältävää täyttöä noin metrin paksuisena kerroksena syvyydellä 2,5...4,0 metriä maanpinnan tasosta. Puuainesta sisältävässä täyttökerroksessa havaittiin voimakasta hajua mutta haihtuvien hiilivetyjen  $C_5 \dots C_{10}$  pitoisuus oli matala. Pisteissä, joissa haitta-aine pitoisuudet olivat koholla, rajoittuivat maaperän pintakerrokseen. Itälaiturin alueella puutäyttöä arvioidaan olevan noin  $1\,400\text{ m}^3$  ja  $50 \dots 100\text{ m}^3$  maa-ainesta, jonka öljyhiilivetyjen pitoisuudet ylittävät asetuksen alemman ohjearvotason. On huomattava, että tutkimuksessa ei päästy Kotka Millsin hallinnoiman korjaamorakennuksen sisään eikä mahdollisesta rakennuksen alapohjan alapuolisesta pilaantuneisuudesta ole tietoa.

#### 8.4.1 Haitta-aineiden kulkeutuminen

Alueelle todettiin kolmessa yksittäisessä pisteessä öljyhiilivetyjä maaperän pintakerroksessa 0...0,5 m:n syvyydellä. Pisteessä P8A hiilivedyt olivat pääosin mineraaliöljyjen keskitisleitä ( $C_{10} \dots C_{21}$  pitoisuus  $2\,900\text{ mg/kg}$  ylittää ylemmän ohjearvon  $1\,000\text{ mg/kg}$ ). Pisteessä P32 todettiin raskaampia hiilivetyjä alemman ohjearvon ylittävä pitoisuus  $1\,900\text{ mg/kg}$ . Pisteessä P10 havaittiin aistinvaraisesti, että maaperän pintakerros on öljyinen (öljyisen kerroksen alapuolella syvyydellä 0...0,5 metriä hiilivetypitoisuudet olivat laboratorioanalyysin mukaan alle kynnyksarvotason). Alueen maaperä on täyttömaata, pääasiassa laivojen painolastihiekkaa. Yhdessä pisteessä havaittiin puutäyttöä. Alueella pohjavesi on noin kahden metrin syvyydellä maanpinnasta.

Pintamaassa olevien hiilivetyjen kulkeutumisreittejä ovat leviäminen pölyn mukana, kulkeutuminen juuriston kautta kasveihin sekä kulkeutuminen elimistöön pölyn hengittämisen, maan kaivamisen ja syömisen vuoksi. Raskaat öljyhiilivetyjakeet eivät kulkeudu herkästi maaperässä ja tulosten perusteella voidaan arvioida, ettei pohjaveteen ole päässyt kulkeutumaan raskaita öljyhiilivetyjakeita. Keskiras-kaat öljyhiilivetyjakeet ( $C_{10} \dots C_{21}$ ) kulkeutuvat raskaita öljyhiilivetyjakeita pa-

remmin ja on mahdollista, että niitä kulkeutuu maaperän pintakerroksesta pohjaveteen. Öljyjen keskitisleet ( $C_{10} \dots C_{21}$ ) kulkeutuvat hiekkaisessa maaperässä painovoiman vaikutuksesta pääasiassa alaspäin ja vettä kevyempinä leviävät pohjavesipinnan tasolle laajemmalle. Mereen asti kulkeutuvien haitta-aineiden määrä on ilmeisesti vähäinen ja vaikutukset suuressa vesimassassa merkityksettömät. Keskiraskaat öljyhiilivetyjakeet saattavat haihtua maaperästä huokoskaasuun ja kulkeutua sieltä huokoskaasun mukana sisäilmaan. Lisäksi öljyhiilivetyjä voi kulkeutua kunnallistekniikan muoviputkien seinämien läpi ja päätyä edelleen esimerkiksi talousveteen.

#### 8.4.2 Terveysriskien arviointi

Altistuminen öljyhiilivedyille on mahdollista sisäilman hengityksen, suoran kosketuksen tai maansyönnin vuoksi. Lisäksi hiilivetyjä voi päätyä juomaveteen.

#### 8.4.3 Ekologisten riskien arviointi

Alueen käyttöhistoria on teollista, eikä alueella ole merkittäviä luontoarvoja. Alue tulee olemaan tiiviisti rakennettu sekä pääosin päällystetty. Maaperässä vesiliukoiset ja kevyet öljyhiilivedyt ovat eliöille helpommin saatavilla ja haitallisempia kuin huonosti liukenevat raskaat öljyhiilivedyt. Maaperässä olevat mikrobit kuitenkin sopeutuvat hiilivetyjen hajottamiseen. Jonkin verran hiilivetyjä voi päätyä muun muassa lintujen ja nisäkkäiden elimistöön, mutta ekologiset haitat eivät ole merkittäviä. Mereen kulkeutuvien öljyhiilivetyjen määrä on ilmeisesti melko pieni eikä sillä ole merkitystä vesieliöille.

#### 8.5 Epävarmuustarkastelu

Laiturialueet on pääosin täyttömaalle perustettu. Täyttömaa koostuu pääasiassa laivojen painolasteina käytetyistä hiekasta, ruopatusta merihiekasta ja sahateollisuuden ylijäämärimoista. Täyttöalue on laaja ja täyttöhistoria pitkä, joten täyttömaan joukossa voi olla epäpuhtauksia, joita tässä tutkimuksessa ei havaittu ja joista ei ole saatu tietoa historiaselvityksessä. Maaperätäyttöjen paikoittainen heterogeenisuus vaikuttaa myös haitta-aineiden kulkeutumiseen ja hajoamiseen.

Lisäksi monilla alueilla (muun muassa Itälaiturin korjaamon vierellä entisen tankkauspaikan lähellä) tutkimuspisteitä ei voitu tehdä riittävästi. Tämän vuoksi haitta-aineiden leviämisen ja pilaantuneisuuden laajuuden arvioinnissa on epätarkkuuksia. Maankäytön suunnittelu on kesken. Tutkimuspisteiden sijoittelu tehtiin osittain tutkimushetkellä käytössä olleen maankäyttösuunnitelman perusteella. Tulosten ja jatkotoimenpiteiden arviointi perustuu 21.10.2014 päivättyyn maankäyttösuunnitelman luonnokseen. Kaikelta osin arviointi ei päde tilanteessa, jossa maankäyttö poikkeaa edellä mainitusta luonnoksesta esitetystä.

## 8.6 Jatkotoimenpidesuosituksukset

### 8.6.1 Välilaiturin alue

Metallien merkittävät haitta-vaikutukset voidaan poistaa esimerkiksi peittämällä pilaantunut kohta yhden metrin täyttömaakerroksella. Kuitenkin varsinkin laiturin päähän sijoitettavalla asuinalueella on suositeltavaa kaivaa helposti kaivettavissa oleva haitta-ainepitoinen pintamaakerros pois niin, että maaperän jäännöspitoisuudet ovat alle asetuksessa 214/2007 määrättyjen ohjearvojen. Pisteessä P26 havaittujen haitta-ainepitoisuuksien ja tulevan maankäyttösuunnitelman perusteella arvioituna toimenpiteeksi riittävät se, että poistetaan haitta-ainepitoiset kerrokset kohdista, joihin perustetaan rakenteita nykyisen maanpinnan tason alapuolelle. Kunnallistekniikan ja erityisesti vesijohtojen kohdalla putkistoa ympäröivä hiilivedyillä pilaantunut maa-aines on poistettava niin, että haitta-ainepitoisuus putkiston ympärillä ei ylitä kynnyсарvotasoa.

### 8.6.2 Tutkimusalueen länsiosa

Osa-alueen eteläisimmässä osassa (tulevalla asuinalueella) on syytä poistaa hiilivedyillä/metalleilla pilaantunut pintamaakerros. Tavoitepitoisuudeksi on suositeltavaa asettaa haitta-aineiden asetuksessa 214/2007 mainittu alempi ohjearvotaso. Koska varsinkin Stevecon korjaamon alueella ei voitu tehdä tutkimuspisteitä itse halliin, on suositeltavaa tutkia tätä aluetta tarkemmin pilaantuneen maa-alueen laajuuden selvittämiseksi. Osa-alueen läntisimmässä osassa on suositeltavaa korottaa maanpinnan tasoa ja välttää kunnallistekniikan tai muiden rakenteiden si-

joittamista puutäyttökerrokseen tai sen lähelle. Niillä alueilla, joilla rakennetaan nykyisen maanpinnan tason alapuolelle, on varauduttava suorittamaan massanvaihto. Massanvaihdolla varmistetaan, ettei haihtuvia hiilivetyjä sisältänyt täyttökerros ole kosketuksissa rakenteisiin, joiden kautta haihtuvia haitta-aineita voi kulkeutua muun muassa sisäilmaan. Osa-alueen itäosassa pisteiden P18 ja LP33 alueella on suositeltavaa poistaa helposti kaivettavissa oleva maaperän metalleilla/öljyllä pilaantunut pintakerros. Muuten alueen tuleva käyttötarkoitus ei aiheuta tutkimusten perusteella kunnostustarvetta muualla kuin alueilla, joihin on tarkoitus perustaa nykyistä maanpinnan tasoa syvemmälle ulottuvia rakenteita.

### 8.6.3 Itälaiturin alue

Alueella todettiin kolmessa pisteessä maaperän pintakerroksessa öljyllä pilaantunutta maata. Pilaantuneet kohteet vaikuttavat tutkimushavaintojen ja – tulosten perusteella paikallisilta. Pilaantunut maaperän pintakerros on suositeltavaa kunnostaa massanvaihdolla niin, että maa-aineksen mineraaliöljyjen  $C_{10}\dots C_{40}$  pitoisuus alittaa PIMA-asetuksessa (214 /2007) mainitun kynnysarvotason 300 mg/kg.

## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä on tuotu esille pilaantuneisuus ja puhdistustarpeen arvioinnissa selvitettävät asiat hyödyntäen Kotkan Kantasataman pilaantuneisuus ja puhdistustarpeen arviointia. Teoriaosuudessa keskityttiin seikkoihin, jotka vaikuttavat arviointiin ja kerättiin tietoa arviointiin vaikuttavista lainsäädännöistä. Lainsäädännöt ohjaavat olennaisesti arviointia.

Tutkimusosuudessa toteutettiin Kotkan kantasataman maaperällä haitta-ainetutkimus ja näytteet arvioitiin aistinvaraisesti sekä mitattiin PID-mittarilla kaikista näytteistä haihtuvien hiilivetyjen pitoisuus ja Niton-mittarilla mitattiin metallien (arseeni, kupari, lyijy ja sinkki) pitoisuus sekä 16 näytteestä mitattiin öljyhiilivetyjenkokonaispitoisuus Petro Flag-mittarilla. Näiden tulosten pohjalta osa näytteistä laitettiin laboratorioon tarkempia tutkimuksia varten. Tutkimustulosten ja havaintojen perusteella laadittiin maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarpeen arviointi. Maaperätutkimuksessa saatuja tuloksia verrattiin PIMA-asetuksessa (214/2007) annettuihin kynnys- ja ohjearvoihin, joiden perusteella valittiin niin sanotut kriittiset haitta-aineet ja laadittiin riskinarviointi.

Kotkan Kantasataman maankäytön suunnittelu on vielä kesken. Nyt tehdyillä tutkimuksilla saatiin yleiskuva suunnittelualueen maaperän ympäristöteknisestä tilasta. Tutkimuksen sekä tämänhetkisten maankäyttösuunnitelmien perusteella voitiin arvioida toimenpidetarvetta yleisellä tasolla. Viimeistään siinä vaiheessa, kun maankäyttötarkoitus kantasataman eri alueilla varmistuu, on syytä selvittää rakennettavien alueiden maaperän tilaa tarkemmin. Erityisesti alueet, joihin halutaan rakentaa asuinrakennuksia tai selvästi nykyistä maanpintaa syvemmälle ulottuvia rakenteita, on suositeltavaa tutkia tarkemmin etukäteen. Joiltain osin lisätutkimukset voisivat palvella merkittävästi myös vielä käynnissä olevaa maankäytön suunnittelua.

Vaikka kohteessa on sen pitkään käyttöhistoriaan suhteutettuna melko vähän pilaantunutta maata, maaperän kunnostustoimenpiteitä joudutaan tekemään joillakin alueilla. Maaperän kunnostus on luvanvaraista toimintaa. Kantasataman alueella toteutettavista kunnostustoimenpiteistä tulee laatia suunnitelma ja tehdä ilmoitus Kaakkois-Suomen ELY-keskukselle. Lisätutkimusten ja kunnostussuun-

nitelman tekemiseen on suositeltavaa varata vähintään 1...2 kuukautta. ELY-keskuksessa ilmoituksen käsittelyyn kuluu 1...2 kuukautta. Jotta maaperän pilaantuneisuudesta ei aiheudu tarpeetonta viivästystä tuleville rakennushankkeille, on maaperän kunnostuksen suunnittelu käynnistettävä viimeistään 3...4 kuukautta ennen rakentamisen suunniteltua aloitusajankohtaa.

Kotkan Kantasataman pilaantuneisuus ja puhdistustarpeen arvioinnin yhteydessä itselleni muodostui selkeä kuva siitä, mistä arviointi koostuu ja mitkä ovat tärkeitä ja olennaisia asioita, joita tulee huomioida arvioinnissa. Opinnäytetyö ja pilaantuneisuus ja puhdistustarpeen arvioinnin raportti toimivat itselleni pohjana jatkossa vastaavanlaisissa arvioinneissa.



## LÄHTEET

Alveus ky. 2008. Arseeni [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.alveus.fi/arseeni.htm>

Ark pharm inc. 2014. Material safety data sheet [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa:

[www.arkpharminc.com/files/...MSDS/MSDS-63112.pdf](http://www.arkpharminc.com/files/...MSDS/MSDS-63112.pdf)

Björklöf, K., Kähkölä, T., Leivuori, M., Nikunen, S., Nuutinen, J., Pyy, O. & Westerholm, H. 2012. Näytteenoton vertailukoe. Suomen Ympäristökeskus [viitattu 5.11.2014]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/39506>

Broas, P. & Kukkonen, M. 2014. Kantasataman asemakaavamuutoksen osallistumis- ja arviointisuunnitelma. Kotkan kaupunkisuunnittelu [viitattu 6.10.2014].

Saatavissa:

[www.kotka.fi/.../kotka/.../kotkawwwstructure/21463\\_OAS\\_KANTASAT...](http://www.kotka.fi/.../kotka/.../kotkawwwstructure/21463_OAS_KANTASAT...)

Geologian tutkimuskeskus. 2013. Maaperän taustapitoisuudet [viitattu 9.11.2014].

Saatavissa: <http://gtkdata.gtk.fi/tapir/index.html>

Gustafsson, J., Karvonen, A., Mannio, J., Mehtonen, J., Nystén, T., Verta, M., Vuori, K., Ruoppa, M., Sainio, P., Siimes, K., Silvo, K., Taina, T., Tuominen, S. & Äystö, L. 2012. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujensäädösten soveltaminen. Ympäristöministeriö [viitattu 12.11.2014]. Saatavissa:

[Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista ...](#)

Haavisto, T., Niskala, K., Pyy, O. & Silvola, M. 2013. Pilaantuneet maa-alueet Suomessa. Suomen ympäristökeskus [viitattu 14.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BB56C2F05-4E94-46E5-8B9F-BBB69B687734%7D/92133>

Heikkinen, M. 2014. Ympäristömyrkyt. Biomi [viitattu 30.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.biomi.org/biologia/ymparistomyrkyt/>

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä.

Geologinen tutkimuskeskus [viitattu 7.11.2014]. Saatavissa:

[http://arkisto.gtk.fi/tr/tr150/TR150s1\\_41.pdf](http://arkisto.gtk.fi/tr/tr150/TR150s1_41.pdf)

Helsingin kaupunki. 2004. TBT- ja raskasmetallikartoitus telakoiden ja venesatamien edustoilta Helsingissä vuonna 2003. Ympäristökeskuksen monisteita. [viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: [www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/moniste-02-04.pdf](http://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/moniste-02-04.pdf)

International labours organization. 2014. P-symeeni [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa: [http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=fi&p\\_card\\_id=0617](http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0617)

Korkiala-Tanttu, L. & Onninen, H. 2001. Tien rakennekerrostutkimukset. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka [viitattu 5.11.2014]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/tppt/pdf/13-rakennekerros.pdf>

Kotkan kaupunki. 2014. Kaupunkisuunnittelu, kaavoitus. Maankäyttösuunnitelma luonnos [viitattu 21.10.2014].

Laine-Juva, V., Lindroos, P., Paatonen, E., Vahane, P., Takala, J. & Rintala, J. 2002. Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet. Suomen Geoteknillinen yhdistys [viitattu 5.11.2014]. Saatavissa: [Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas.pdf](#)

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 1299/2004. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299>

Leinonen, R. & Nikunen, E. 2002. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit. Kemiantollisuus ry. Helsinki: Chemas Oy.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Metsän tutkimuslaitos. 2013. Raskasmetalli- ja typpilaskeuma Suomessa [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/raskasmetalli/kartta-vanadiini.htm>

Munne, P. & Seppälä, T. 2013a. Dioksiinit ja furaanit. Suomen ympäristökeskus [viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B023F2743-DD13-4DAC-8C34-23E22542BE64%7D/94311>

Munne, P. & Seppälä, T. 2013b. Polyklooratut bifenyylit eli PCB-yhdisteet. Suomen ympäristökeskus [viitattu 31.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B52DF81C8-DB6F-4A71-8E51-0BD7CB86C708%7D/94325>

Pellinen, J., Sorvari, J. & Soimasuo, M. 2007. Pilaantuneen maaperän ekologinen riskinarviointi. Ympäristö hallinnon yhteinen verkkopalvelu [viitattu 30.10.2014].

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BEAFEBB44-7EB1-4B42-A08B-EC6ADAA28ADC%7D/91492>

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Ympäristö hallinnon yhteinen verkkopalvelu. Suomen ympäristökeskus [viitattu 30.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC633F084-8595-4032-BDD8-EFD539D4AED1%7D/91488>

Ryökkönen, A. 2012. Kotkan kantasatama rakennushistoriallinen selvitys. Kymenlaakson museo.

Seppänen, H. 1998. Ympäristönsuojelutekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto Oy.

Sillanpää, P. 2007. Öljyhiilivedyille saastuneen maan puhdistaminen puiden avulla. Pirkanmaan Ympäristökeskus [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa:

<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/38391>

Spectrumlaboratories. 2012. Chemical Fact Sheet [viitattu 29.10.2014]. Saatavissa: <http://www.speclab.com/compound/c206440.htm>

Suomen Geoteknillinen yhdistys ry. 2008. Geotekniikan perusteet [viitattu 7.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.getunderground.fi/getfile.ashx?cid=72843&cc=3&refid=5>

Suomen ympäristökeskus 2014. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (NMVOC) [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/nmvoc>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2014a. Dioksiinit ja PCB-yhdisteet [viitattu 31.10.2014]. Saatavissa:

<http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2014b. Orgaaniset tinayhdisteet [viitattu 3.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/orgaaniset-tinayhdisteet>

Terveydensuojelulaki 763/1994. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Tukes. 2013. Kiinnittymisenestovalmisteiden ympäristövaikutukset [viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kemikaalit-ja-ymparisto/Kiinnittymisenestovalmisteet-ja-vesiymparisto/Kiinnittymisenestovalmisteiden-ymparistovaikutukset/>

Työterveyslaitos. 2008. Antimonin kemikaalikortti [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0775.htm>

Työterveyslaitos. 2009. Kuparin kemikaalikortti [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0240.htm>

Työterveyslaitos. 2010a. Arseeni ja sen epäorgaaniset yhdisteet [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: [Arseeni - Työterveyslaitos](#)

Työterveyslaitos. 2010b. Elohopea ja sen epäorgaaniset yhdisteet [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: [Elohopea - Työterveyslaitos](#)

Työterveyslaitos. 2010c. Kadmium [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/haku/results.aspx?q=kadmium>

Työterveyslaitos. 2010d. Liukoiset kromi (VI)- yhdisteet [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: [Liukoiset kromi\(VI\)-yhdisteet - Työterveyslaitos](#)

Työterveyslaitos. 2010e. Lyijy [viitattu 3.11.2014]. Saatavissa: [www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/.../Documents/Lyijy.pdf](http://www.ttl.fi/fi/palvelut/turvallisempi-tyoymparisto/.../Documents/Lyijy.pdf)

Työterveyslaitos. 2011. Nikkelin kemikaalikortti [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0062.htm>

Työterveyslaitos. 2012a. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: [www.ttl.fi/fi/...ja.../TVOC\\_tavoitetasot\\_final\\_25052012.pdf](http://www.ttl.fi/fi/...ja.../TVOC_tavoitetasot_final_25052012.pdf)

Työterveyslaitos. 2012b. Koboltti ja sen epäorgaaniset yhdisteet [viitattu 4.11.2014]. Saatavissa: [www.ttl.fi/fi/asiantuntijapalvelut/.../kemikaalit.../PM\\_koboltti\\_final.pdf](http://www.ttl.fi/fi/asiantuntijapalvelut/.../kemikaalit.../PM_koboltti_final.pdf)

Työterveyslaitos. 2012c. Vanadiinitrioksidin kemikaalikortti [viitattu 10.11.2014]. Saatavissa: <http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0455.htm>

Valpasvuo, V. 2014. Pilaantuneet maa-alueet. Suomen kuntaliitto [viitattu 14.11.2014]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/pilaantuneet-maa-alueet/Sivut/default.aspx>

Valtioneuvoston asetus orgaanisten liuottimien käytöstä eräissä maaleissa ja laikoissa sekä ajoneuvojen korjausmaalaustuotteissa aiheutuvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjen rajoittamisesta 837/2005. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20050837>

Valtioneuvoston asetus pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>

Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 1040/2006. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040#L2P7>

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20061022#Pidm1260240>

VTT. 2014. Kemikaalien leviäminen [viitattu 7.11.2014]. Saatavissa:  
[http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit\\_kemikaalien\\_leviaminen.jsp](http://www.vtt.fi/proj/riskianalyysit/riskianalyysit_kemikaalien_leviaminen.jsp)

Ympäristö. 2014. Riskien määrittely ja arviointi [viitattu 11.11.2014]. Saatavissa:  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ ja\\_tuotanto/Pilaantuneet\\_maaalueet/Riskien\\_maarittely\\_ ja\\_arviointi](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet/Riskien_maarittely_ ja_arviointi)

Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi [viitattu 27.10.2014]. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistohallinnon\\_ohjeita\\_OH/OH\\_22007\\_Maaperan\\_pilaantuneisuuden\\_ ja\\_p%289002%29](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Ymparistohallinnon_ohjeita_OH/OH_22007_Maaperan_pilaantuneisuuden_ ja_p%289002%29)

Ympäristöministeriö. 2013. Pilaantuneen alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ohjeluonnos [viitattu 11.11.2014]. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B4F029DFA-355B-4757-B613-846C51C25756%7D/77506>

Ympäristöministeriö 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa:  
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/136564>

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. [viitattu 20.11.2014]. Saatavissa  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>.

Öljyalan palvelukeskus Oy. 2013. Soilrisk-ohjelma.

## LIITTEET

LIITE 1. Metallien taustapitoisuudet

LIITE 2. Sijaintikartta

LIITE 3. Maankäyttösuunnitelma luonnos

LIITE 4. Tutkimuspisteiden sijaintikartta

LIITE 5. Kenttämittaustulokset Vällilaiturin alue

LIITE 6. Kenttämittaustulokset Tutkimusalueen länsiosa

LIITE 7. Kenttämittaustulokset Itälaiturin alue

LIITE 8. Metallien laboratorioanalyysitulokset

LIITE 9. Laboratorioanalyysitulokset

LIITE 1. Metallien taustapitoisuudet (Geologien tutkimuskeskus 2013)

Valtakunnallinen taustapitoisuusrekisteri (TAPIR)

9.11.2014

Tilastollisia tunnuslukuja

Näytetyyppi: Luonnonmaa: moreeni

Alla 2 mm raekoko. Kuningäveesiliuotus tai väkevä typpihappoliuotus.

Aluevalinta: Ympyrän säde 15 km

Koekipiste: N:6703439 E:497266 (EUREF TM35FIN)

N = 77	Sb mg/kg	As mg/kg	Bg mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg
analysoituja kpl	0	0	0	0	77	73
keskiarvo	-	-	-	-	2.35	6.08
mediaani	-	-	-	-	2.33	5.49
maksimi	-	-	-	-	6.18	29.33
pros.piste 25	-	-	-	-	1.47	3.29
pros.piste 75	-	-	-	-	2.95	7.86
SSTP	-	-	-	-	5.2	15.0
Kynnysarvo	2	5	0.50	1	20	100

N = 77	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	V mg/kg	Tl mg/kg
analysoituja kpl	77	0	77	77	77	0
keskiarvo	7.36	-	4.54	33.87	7.72	-
mediaani	7.19	-	4.17	30.71	6.81	-
maksimi	16.81	-	12.08	83.55	42.31	-
pros.piste 25	5.8	-	2.58	23.29	5.03	-
pros.piste 75	8.41	-	6.37	40.32	8.9	-
SSTP	12.0	-	12.0	66.0	15.0	-
Kynnysarvo	100	60	50	200	100	-

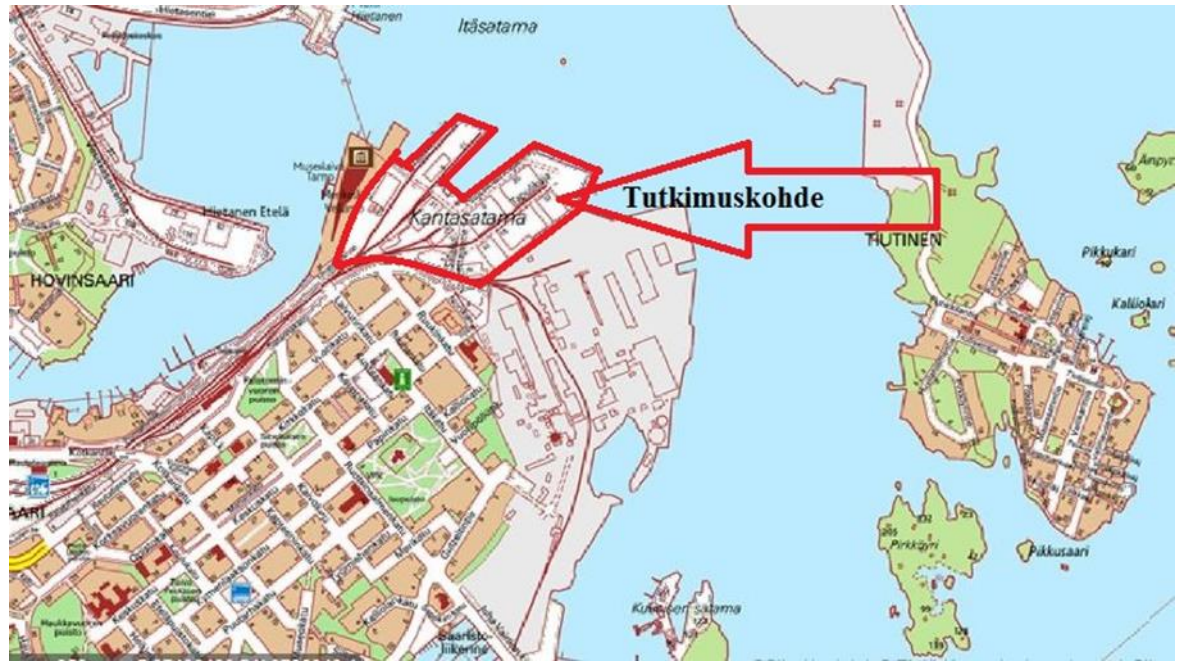
N = 77	B mg/kg	Ba mg/kg	Mo mg/kg	Se mg/kg	Sn mg/kg	Be mg/kg
analysoituja kpl	0	77	0	0	0	0
keskiarvo	-	32.44	-	-	-	-
mediaani	-	31.38	-	-	-	-
maksimi	-	79.74	-	-	-	-
pros.piste 25	-	25.38	-	-	-	-
pros.piste 75	-	37.83	-	-	-	-
SSTP	-	57.0	-	-	-	-
Kynnysarvo	-	-	-	-	-	-

SSTP = suurin suositeltu taustapitoisuusarvo





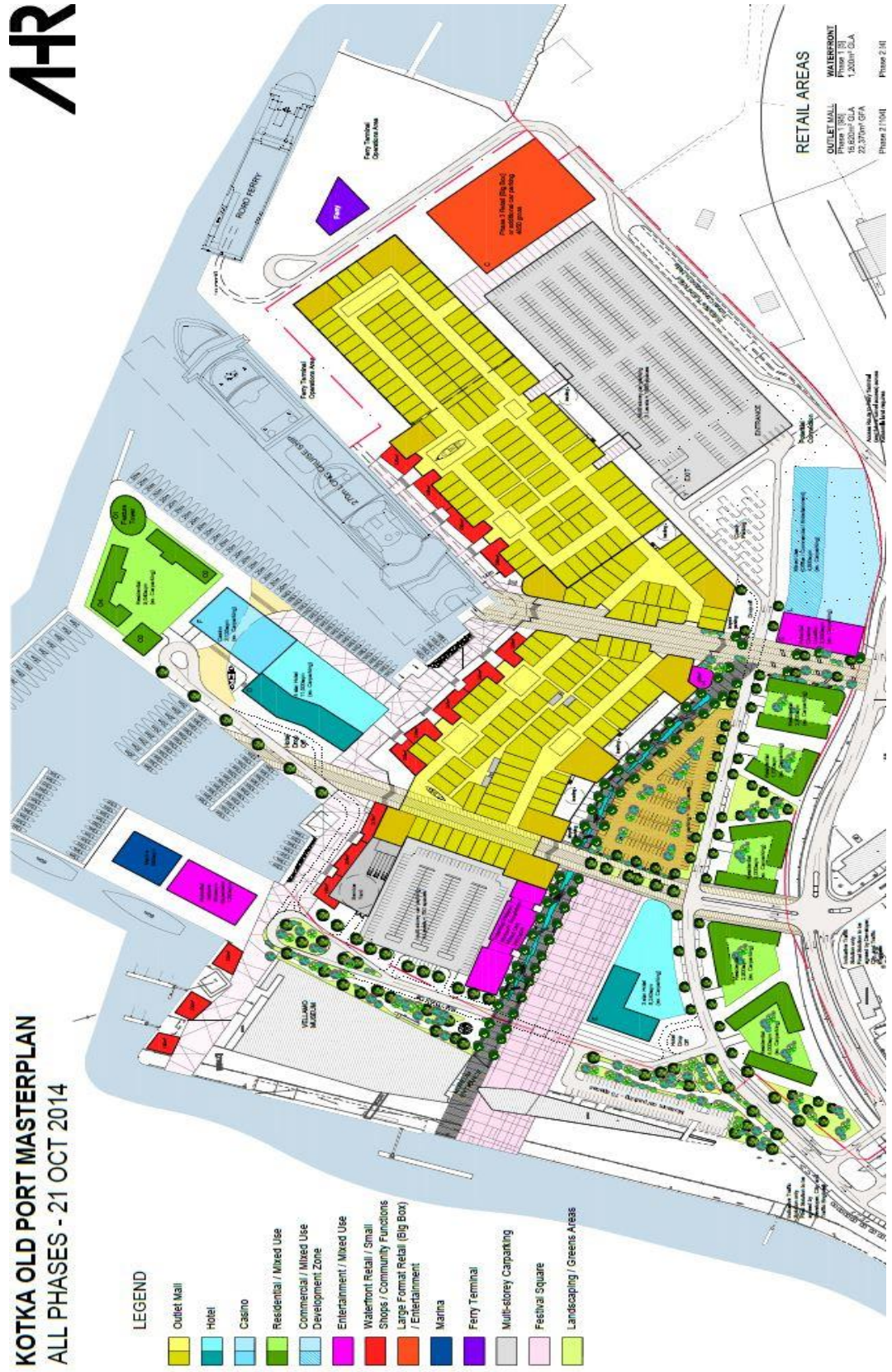
## LIITE 2. Sijaintikartta



LIITE 3. Maankäyttösuunnitelma luonnos (Kotkan kaupunki 2014)



**KOTKA OLD PORT MASTERPLAN  
ALL PHASES - 21 OCT 2014**







LIITE 5. Kenttämittaustulokset Vällilaiturin alue

YKN 14084		138 näytettä							
Maaperän haitta-ainetutkimus									
Päivämäärä 09.-10.09.2014									
Näytteenottaja Jenny Lehtinen									
Pitoisuudet mg/kg									
KENTTÄHAVAINNOT JA -ANALYYSIT									
Tutkimuspiste		Aistinv. arvio <sup>(1)</sup>	PID	Petroflag THC	XRF-kenttämittari Cu	Pb	Zn	As	Huom.
syvyys mp.	Maalaji + huomiot	0...3	ppm	mg/kg					
<b>Vällilaiturin alue</b>									
<b>P20</b>									
0...0,4	Hk, 0,4 m:ssä kairaputki meni poikki	0...1	1		96	30	337	<15,2	
0,4...1,0	Hk	0	0		131	40	212	<15,1	
1,0...2,0	Hk	0	0		<34,9	19	<21,1	<11,7	
2,0...3,0	Hk	0	0		<35,3	23	41	<12,9	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0		<32,2	16	21	<10,9	
<b>P21</b>									
0...0,5	Hk	0	1		<36,6	27	49	<14,3	
0,5...1,0	Hk	0	0		<35,3	22	<21,5	<11,9	
1,0...2,0	Hk	0	0		<34,1	18	<20,4	<12,2	
2,0...3,0	Hk, märkää	0	0		<32,9	21	<20,1	<11,5	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0		<32,8	16	<19,5	<10,7	
<b>P22</b>									
0...0,5	Hk, asfalttia ja betonia seassa	0...1	0,8		42	36	77	<15,6	
0,5...1,0	Hk	0	0		<35,9	21	<20,2	<12,3	
1,0...2,0	Hk	0	0		<33,9	20	<20,0	<11,9	
2,0...3,0	Hk, märkää	0	0		<34,8	16	<19,5	<11,3	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0		<34,4	17	22	<11,6	
<b>P23</b>									
0...0,5	Hk	1	0	829	292	43	564	37	Ni 263, Cr 269
0,5...1,0	Hk, oranssia	0	0		45	25	<19,9	<12,5	
1,0...2,0	Hk, oranssia	0	0		59	18	<20,9	<12,2	
2,0...3,0	Hk, kosteaa	0	0,2		53	15	48	<12,4	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0		<32,1	18	<19,5	<11,3	
<b>P24</b>									
0...1,0	Hk	0	0		<34,6	22	25	<12,0	
1,0...2,0	Hk	0	0		<33,9	17	<21,0	<11,8	
2,0...3,0	Hk, märkää	0	0		<34,1	<13,3	<18,7	<11,0	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0		<33,7	19	<19,4	<11,5	
<b>P25</b>									
0...1,0	Hk	0	0,6		<37,5	31	38	<13,4	
1,0...2,0	Hk	0	0		<34,3	22	<20,9	<11,8	
2,0...3,0	Hk, puuta seassa, puu alkoi n. 2,4 m:ssä, haisee	1	50,3	0	<34,1	18	<18	<11,1	
3,0...4,0	Hk	0	4,2		<33,9	14	<16,6	<10,7	
<b>P26</b>									
Siirretty noin 1 m, putkijojen takia									
0...1,0	Hk	0	0,4		55	49	87	<17,4	Cr200
1,0...2,0	Hk, mustia "könttejä" seassa, PF vähän keltainen	0...1	0	748	<34,7	239	73	<17,9	
2,0...3,0	Hk, savista	0	0		79	151	80	<22,3	
3,0...4,0	Puuta, puu alkoi noin 3 m:ssä, haisee	1	19		<25,9	<9,4	34	<7,1	

## LIITE 6. Kenttämittaustulokset Tutkimusalueen länsiosaa

YKN 14084 Maaperän haitta-ainetutkimus		138 näytettä							
Päivämäärä 09.-10.09.2014									
Näyteenottaja Jenny Lehtinen									
Pitoisuudet mg/kg									
KENTTÄHAVAINNOT JA -ANALYYSIT									
Tutkimuspiste		Aistinv. arvio <sup>(1)</sup>	PID	Petroflag THC	XRF-kenttämittari Cu	Pb	Zn	As	Huom.
syvyys mp.	Maalaji + huomiot	0...3	ppm	mg/kg					
<b>Tutkimusalueenlänsiosaa</b>									
<b>P1</b>									
0...0,5	Hk	0...1	4,4		51	38	82	<15,6	
0,5...1,0	Hk, kostea, PF hieman keltainen	0...1	3,8	326	49	179	272	<24,8	
1,0...2,0	Hk, kostea, mustaa seassa, hiltä?	1	0,5		<34,5	50	63	<15,3	
2,0...2,65	Hk, 2,65 m kova tuli vastaan, kallo?	0...1	4,3		<39,7	38	49	<14,9	
<b>P2</b>									
Korjaamohalin edestä									
0...0,5	Hk,	0	0,4		<36,5	28	46	<13,6	
0,5...1,0	Hk,	0...1	0,8		<34,5	20	24	<12,6	
1,0...1,6	Hk, märkä, haisee	1	40,3	1680	<34,5	18	<20,6	<11,5	
2,0...3,0	Hk, sorainen, märkää	0...1	4		<32,1	21	<19,4	<11,6	Cr248
3,0...4,0	kark. sr, märkää	0...1	2,3		<32,3	17	<20,2	<10,9	
<b>P3</b>									
0...1,0	Hk, osa saattoi pudota	0	0,3		<37,4	29	26	<13,7	
1,0...2,0	Hk	0	0		50	32	29	15	
2,0...2,7	Hk, kova tuli vastaan, kallo?	0	1		<37,5	21	43	<13,4	
<b>P4</b>									
Öljysäiliön vierestä									
0...0,5	Hhk,hm	0	0,5		<37,4	27	25	<12,6	
0,5...1,0	Hk	0	0,2		<33,2	21	<19,9	<12,0	
1,0...2,0	Hk, vesi tuli noin 1,6 m	0	0,5		<33,9	19	<19,1	<11,9	
2,0...2,9	Hksr	0	0		<33,9	16	34	<12,0	
2,9...3,2	Hk, pohjamaata, märkä	0	0,2		<38,1	18	26	<12,5	
<b>P5</b>									
Junaradan vierestä									
0...0,5	Hk,multainen, läsinruuja, sepelä	0...1	0		63	41	58	<15,1	
0,5...1,0	Hksr	0	0,7		<36,4	26	43	<12,9	
1,0-1,8	Hksi	0	0		<34,1	28	23	<12,1	
1,8-2	Hksi, 2m: ssä kallo tuli vastaan, louhetta?	0	0,2		<35,0	17	22	<11,6	
<b>P6</b>									
0...0,5	Hksr	0...1	4		<38,2	32	55	<14,7	
0,5...1,0	Hk	0	0		<35,3	41	42	<14,2	
1,0...2,0	Hk	0...1	0,4		<34,0	30	<21,6	<13,5	
2,0...3,0	Sj/multaa/puuta, PF vähän keltainen	0...1	0	280	76	37	37	<12,4	
3,0...4,0	Hksr, märkää	0	0		<35,5	26	38	<13,4	
<b>P17</b>									
0...0,5	Sr	0...1	0,7		42	43	85	<15,6	
0,5...1,0	Hk	0	0,1		<37,4	51	90	<15,6	
1,0...2,0	Hk, puuta ja hiltä seassa	0...1	13		<31,9	25	<19,5	<10,9	
2,0...2,6 (3,0)	Sr/puu, 2,0-2,6 puuta, kiviä märkää, haisee, 2,6...3,0 saattoi pudota	1	49	2482	70	35	380	<12,0	
3,0...4,0	Hhk,märkä, 4,05 m kova tuli vastaan	0	0		<35,8	<14,0	<19,7	<11,3	
<b>P18</b>									
Halin keskeltä									
0...0,5	Hksr, haisee, PF tosi keltainen	1...2	0,2	>2500	<37,7	33	70	<14,6	
0,5...1,0	Hksr	0	0,1		<36,1	22	50	<12,8	
1,0...1,2	Hk, 1,2 m kovaa tuli vastaan?	0	0		<43,3	287	99	<31,9	
<b>P19A</b>									
Junaradan vierestä									
0...0,8	Hksr, kiviä, mustia kontteja, kova tuli vastaan 0,8 m:ssä, louhetta?, siirretty 1 m keskenmälle	0...1	0,1						
<b>P19B</b>									
0...0,8	Hksr, kiviä, mustia kontteja, kova tuli vastaan 0,8 m:ssä, louhetta?, kokeiltu kolmesta kohtaa.	1	1,1		48	45	78	<15,8	
<b>P27</b>									
0...0,5	Hk	0...1	3,5		<38,3	37	63	<14,8	
0,5...1,0	Hk	0...1	2,5		51	30	48	<14,4	Cr208
1,0...2,0	Hk, puuta ja mustia kontteja seassa, haisee, PF keltainen	2	150	934	85	22	335	<11,6	
2,0...3,0	Sv, hieman puun mujua seassa	0	0,7		<35,2	17	45	<11,3	
3,0...4,0	Hk, osa saattoi pudota	0	0,5		<33,2	17	<20,2	<11,4	
<b>P28A</b>									
0...0,5	Hk, kova tulee vastaan 0,5 m:ssä	0	4		164	35	76	<15,0	Cr222
<b>P28B</b>									
0...0,68	Hk, kova tulee vastaan 0,68 m:ssä, kokeiltu neljästä eri kohdasta, kokeiltiin porata syvemmälle, betonin pöly nousi, lopetettiin poraaminen	0...1	5		<35,3	47	57	<16,0	
<b>P29A</b>									
0...1,0	Hk	0	0		<36,2	26	38	<13,5	
1,0...2,0	Hk, hiltä seassa, puuta noin 2 m:ssä Kivi jäi tukkeeksi, porattiin uusi reikä viereen	0...1	3,6		<35,2	32	51	<13,0	
<b>P29B</b>									
2,0...3,0	Puuta, puu akoi 2 m:ssä, haisee, märkää	1...2	160		<27,7	<10,5	17	<7,6	
3,0...4,0	Hk, märkää	0...1	4		<34,2	<14	<19,7	<11,5	
<b>P30</b>									
0...0,5	Hk	0...1	2,5		<37,7	34	66	<15,0	
0,5...1,0	Hk	0	4,3		<38,8	33	133	<14,5	
1...1,3	Hk, 1,3 m:ssä alkoi puu, otettu erilleen, hieman haisee, PF vähän keltainen	1	14	387	<37,2	38	157	<14,7	
1,3...2,0	Puuta, haisee	1	4,8		27	<8,5	24	<6,4	
2,0...3,0	Hk, puun mujua seassa, haisee hieman	0...1	2,4		<33,9	23	78	<12,7	
3,0...4,0	Hksr, märkää	0	0,9		<36,4	26	32	<12,5	
<b>LP31</b>									
Lastauslaiturilla									
0...0,3	Hhksr, radan pinnasta, hieman puuta	1...2	0,2	>2500	844	351	811	53	Cr1558
<b>LP33</b>									
Lastauslaiturilla									
0...0,3	Hksr, radan pinnasta, PF vähän keltainen	1...2	0	1299	333	207	214	<29,3	Cr216

## LIITE 7. Kenttämittaustulokset Itälaiturin alue

YKN 14084		138 näytettä						
Maaperän haitta-ainetutkimus								
Päivämäärä 09.-10.09.2014								
Näytteentottaja Jenny Lehtinen								
Pitoisuudet mg/kg								
KENTTÄHAVAINNOT JA -ANALYYSIT								
Tutkimuspiste		Aistinv. arvio <sup>(1)</sup>	PID	Petroflag THC	XRF-kenttämittari			
syvyys mp.	Maalaji + huomiot	0...3	ppm	mg/kg	Cu	Pb	Zn	As
Huom.								
<b>Itälaiturin alue</b>								
<b>P7</b>								
0...0,5	Hksr, asfalttia seassa	0	0	<36,2	31	45	<13,2	
0,5...1,0	Hk	0	0,2	<33,9	24	<19,8	<11,8	
1,0...2,0	Hk	0	0	<34,4	20	<20,3	<11,7	
2,0...3,0	Sr, puuta, 2,5 m:ssä puu akoi, haisee	0...1	1,7	<32,6	19	<20,1	<11,4	
3,0...4,0	Sr, hieman puuta, hieman märkää, hieman haisee, kloorifen?	0...1	16	1197	<33,9	18	25	<11,9
<b>P8A</b>								
0...0,4	Hk, 0,4 m:ssä betonia, haisee voimakkaasti, reikää sirretty kaivojen yläpuolelle, PF todella keltainen	1...2	98,9	>2500	<37,3	37	57	<15,5
<b>P8B</b>								
0...1,0	Hk	0	1	<33,7	26	26	<13,2	
1,0...2,0	Sr	0	0,3	<34,6	22	<20,7	<12,3	
2,0...3,0	Hk, hieman märkää	0	0,3	<33,1	26	<18,0	<12,3	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0	<32,5	20	<18,8	<11,2	
<b>P9</b>								
0...0,5	Hk, kosteaa	0...1	2	<38,2	37	34	<14,0	
0,5...1,0	Hk, kosteaa	0	0	<35,8	18	<20,4	<12,1	
1,0...2,0	Hk, n. 1,8 m vesi tuli, märkää	0	0	<33,9	16	<19,1	<11,7	
2,0...3,0	Hk, märkää	0	0	<35,6	22	<19,7	<12,5	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0	<35,3	20	<20,1	<11,7	
<b>P10</b>								
0...0,5	Öjytynnyreitä							
0,5...1,0	Hk, öljyisiä könttejä, murskettua seassa, otettu asfaltista	1...2	4,1	39,5	37	70	<14,8	
1,0...2,0	Hk, oransseja paakkuja, hieman öljyinen	0...1	0,4	97/158	<38,0	28	43	<13,1
2,0...2,5	Ei pysynyt putkessa!							
2,0...2,5	Hksr, vetistä, kivistä, kova tuli vastaan, kallo?	1	16	140	41	31	<15,4	Co 205
<b>P11</b>								
0...0,5	Kaivon vierestä							
0,5...1,0	Hk, betonin paljoja	0...1	0,4	<39,7	34	81	<14,0	
1,0...2,0	Hk	0	0	<34,3	19	<19,9	<11,4	
2,0...3,0	Hk	0	0	<36,2	15	<19,8	<11,4	
3,0...4,0	Hk, hieman savea, hieman märkää	0	0	<32,7	<13,9	<18,7	<11,0	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0	<35,2	21	<20,1	<11,8	
<b>P12</b>								
0...0,5	Hk, asfalttia seassa	0	0	<38,5	31	86	<15,0	
0,5...1,0	Hk	0	0,3	<37,1	47	100	<15,5	
1,0...2,0	Ei pysynyt putkessa							
2,0...3,8	Lj,	0	0	<28,9	45	50	<13,5	
3,8...4,0	Hk, märkää	0	0	<35,9	<14,3	42	<11,6	
<b>P13</b>								
0...0,5	Keskeltä, keskimmäisen pakin vierestä							
0,5...1,0	Hk	0	0	<41,4	33	124	<15,7	
1,0...2,0	Hk	0	0	<37,5	21	44	<13,9	
2,0...3,0	Hk, kivistä	0	0	<37,1	24	29	<12,9	
3,0...4,0	Hk, märkää	0	0	<37,2	25	27	<13,0	
3,0...4,0	Hk, n. 3,5 m:ssä märempää ja hienompaa	0	1	<36,5	31	53	<13,6	
<b>P14</b>								
0...0,5	Hk	0	0	<35,0	25	25	<13,5	
0,5...1,0	Hk	0	0	<36,5	24	27	<12,4	
1,0...2,0	Hk, kiviä seassa	0	0	<35,0	31	36	<13,5	
2,0...3,0	Hksr, vetistä, kiviä, ei meinannut pysyä putkessa	0	0	<33,5	19	28	<11,1	
3,0...4,0	Hksr, märkää	0	0	<33,2	22	34	<11,8	
<b>P15</b>								
0...0,5	Hk, kiviä seassa	0	0,7	<38,3	43	64	<15,8	
0,5...1,0	Hk, kiviä seassa, hieman oranssia	0	0	<38,4	30	28	<13,7	
1,0...2,0	Hk, kiviä seassa	0	0	<36,4	26	32	<13,0	
2,0...3,0	Hksr, märkää	0	0	<36,9	27	39	<13,0	
3,0...4,0	Ei pysynyt putkessa, vetistä/karkeaa?							
<b>P16</b>								
0...0,5	Hhk	0	2,7	<37,7	35	76	<14,9	
0,5...1,0	Hk	0	0	<36,8	26	42	<13,6	
1,0...2,0	Hk	0	2,2	<34,2	18	24	<12,2	
2,0...3,0	Hksr	0	0	<34,2	21	28	<12,2	
3,0...4,0	Hksr	0	0	<33,8	16	<18,7	<11,4	
<b>P32</b>								
0...0,5	(Isäpiste) muuntaja							
0,5...1,0	Hk, PF vähän keltainen	1...2	34,1	>2500	<39,2	44	93	<15,8
1,0...2,0	Hk	0	1,1	43	38	71	<15,4	
2,0...3,0	Hksi, isoja kiviä seassa	0	0	55	45	56	<16,0	
3,0...3,2	Hksi, vetistä ja kivistä	0	0,8	<36,1	32	73	<13,4	
3,0...3,2	Hk, hieman savea mukana, kova tuli vastaan 3,2 m:ssä	0	0	<35	32	32	<13,7	



