

SUOMEN YMPÄRISTÖ 33 | 2009

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Jaana Sorvari, Riina Antikainen, Marja-Leena Kosola,
Satu Jaakkonen, Nea Nerg, Matti Vänskä ja Outi Pyy



Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus

**Jaana Sorvari, Riina Antikainen, Marja-Leena Kosola,
Satu Jaakkonen, Nea Nerg, Matti Vänskä, Outi Pyy**

Helsinki 2009

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS



SUOMEN YMPÄRISTÖ 33 | 2009
Suomen ympäristökeskus
Tutkimusosasto

Taitto: Ritva Koskinen
Kansikuva: Jaana Sorvari, kunnostettavana oleva Mankkaan vanha kaatopaikka

Julkaisu on saatavana myös internetistä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

Edita Prima Oy, Helsinki 2009

ISBN 978-952-11-3551-4 (nid.)
ISBN 978-952-11-3552-1 (PDF)
ISSN 1238-7312 (pain.)
ISSN 1796-1637 (verkkoj.)

ALKUSANAT

Tähän raporttiin on koottu vuosina 2007-2009 toteutetun PIRRE2 projektin pääasialliset tulokset. Hanke oli jatkoa v. 2003-2006 toteutetulle projektille 'Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus' (PIRRE1). Molemmat projektit kuuluivat Ympäristöklusterin tutkimusohjelmaan ja niiden vastuutahona toimi Suomen ympäristökeskus (SYKE). SYKEN lisäksi PIRRE2-projektin toteutukseen osallistuivat Helsingin kaupunki ja Pirkanmaan ympäristökeskus.

PIRRE1-projektissa määriteltiin ekotehokkuuden tekijät pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa ja kehitettiin näiden perusteella internet-pohjainen tukijärjestelmä (www.ymparisto.fi/syke/pirre). Tukijärjestelmä sisältää ohjeita ja suosituksia riskien, kustannusten, kunnostuksen ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arvioimiseksi ja riskiviestinnän järjestämiseksi. Tukijärjestelmä käsittää myös laskentatyökalun, jota voidaan käyttää yksittäisen kohteen eri riskinhallintavaihtoehtojen ekotehokkuuden vertailussa.

Koska PIRRE1-projektissa keskityttiin etupäässä yksittäisen kohteen riskinhallinnan ekotehokkuuden tarkasteluun, nähtiin tarpeellisena laajentaa tarkastelu myös alueelliselle tasolle¹. Tätä varten selvitettiin kirjallisuuden avulla, minkälaisia menetelmiä muissa maissa on käytetty ekotehokkuuden arviointiin laajemmassa mittakaavassa. Näiden pohjalta laadittiin aluetason ekotehokkuuden toteutumista kuvaavat mittarit, joita testattiin kolmella eri alueella eli Helsingin kaupungin, Pirkanmaan ympäristökeskuksen ja Kainuun ympäristökeskuksen toimialueilla. Tässä raportissa esitetään yhteenveto näistä mittareista ja niiden testauksesta mainituilla alueilla. Lisäksi tarkastellaan pilaantuneiden maa-alueiden nykyisiä riskinhallintakäytäntöjä ja ekotehokkuuden toteutumista sekä käytäntöihin vaikuttavia poliittisia, taloudellisia ja tiedollisia ohjauskeinoja. Lopuksi arvioidaan näiden perusteella ekotehokkuuden toteutumista tulevaisuudessa.

Projektin toteutusta ohjasi asiantuntijaryhmä, johon kuuluivat Katarina Kurenlahti (Helsingin kaupunki), Esa Mäkelä (VTT), Anna-Maija Pajukallio (Ympäristöministeriö), Kari Pyötsiä (Pirkanmaan ympäristökeskus), Pirjo Tuomi (Golder Associates) ja Jan Österbacka (Ekokem). Raportin tarkastajina toimivat Teija Tohmo Hämeen ympäristökeskuksesta ja Esa Kuitunen Keski-Suomen ympäristökeskuksesta. Tekijät kiittävät lämpimästi tarkastajia arvokkaista kommentteista sekä ohjausryhmää työn ohjauksesta ja palautteesta. Lisäksi tekijät kiittävät Kimmo Järvistä (Ramboll Oy) ja Anna-Maija Pajukalliota korvaamattomasta asiantuntija-avusta luvun 5.2 valmistelussa.

Helsingissä elokuussa 2009

¹ Alueellisella tasolla tarkoitetaan tässä lähinnä pilaantuneiden maa-alueiden hallinnollista aluejakoa kuten alueellisen ympäristökeskuksen tai kunnan toimialuetta.

TERMIT

BAT	Best Available Technology eli paras käyttökelpoinen tekniikka
BATNEEC	Best Available Technology Not Entailing Excessive Costs
BEP	Best Environmental Practice eli ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate
BTEX	bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleenit
EOW-kriteeri	End of Waste –kriteeri eli kriteeri, joka määrittelee, milloin jäte lakkaa olemasta jäte
<i>ex situ</i> kunnostus	maaperästä poistetun maa-aineksen tai pohjaveden puhdistaminen pilaantuneen alueen ulkopuolella
<i>in situ</i> kunnostus	paikalla tapahtuva maaperän tai pohjaveden puhdistaminen
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control; direktiivi, jonka avulla kontrolloidaan tietyistä teollisista toimista aiheutuvia päästöjä ympäristöön
JL	jätelaki
ohjauskeino	menettely tai työkalu, jolla ohjataan pilaantuneiden maiden käytäntöjä tiettyyn suuntaan; ohjauskeinot voivat olla poliittisia, taloudellisia tai tiedollisia ja niitä ovat mm. säädökset, maaperän ohjeavot ja kunnostuksen rahoitusjärjestelmät
<i>on site</i> kunnostus	pilaantuneella alueella tapahtuva, maaperästä poistetun maa-aineksen tai pohjaveden puhdistaminen
kunnostaminen/kunnostus	kunnostamisella tarkoitetaan kaikkia aktiivisia, eri menetelmin toteutettavia toimia, joilla pilaantumisesta aiheutuvia riskejä pyritään rajoittamaan
MATTI-tietojärjestelmä	Ympäristöhallinnon ylläpitämä Maaperän tilan tietojärjestelmä. Tietojärjestelmään on koottu tiedot kiinteistöistä, joiden maaperän tiedetään pilaantuneen tai jotka saattavat olla pilaantuneita. Järjestelmä kattaa siis myös selvitystä vaativat ja jo kunnostetut alueet. Selvitystä vaativilla kohteilla tarkoitetaan alueita, joilla on käsitelty ympäristölle haitallisia aineita ja joilla toiminnan aiheuttama mahdollinen pilaantuminen tulee ottaa huomioon alueen maankäytössä, alueelle rakennettaessa, aluetta myytäessä tai sitä vuokrattaessa.
MLP	monitoroitu luontainen puhdistuminen

PAH	polyaromaattiset hiilivedyt
PIMA	pilaantunut maa-alue
PIMA-VNA	Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja
PIRRE	Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus, Suomen ympäristökeskuksen koordinoima ja vuoden 2003 lopussa käynnistynyt hanke (www.ymparisto.fi/syke/pirre)
PIRTU	PIRRE-hankkeessa kehitetty ekotehokkuuden arvioinnin laskentatyökallu (www.ymparisto.fi/syke/pirre)
POP	Persistent Organic Pollutant eli pysyvä orgaaninen yhdiste
puhdistaminen/puhdistus	haittojen tai riskien selvittäminen ja arviointi sekä niiden seuranta, poistaminen tai merkittävä vähentäminen
riskinhallinta	riskinhallinta kattaa paitsi kaikki kunnostustoimet myös muut toimenpiteet, joilla riskejä pyritään rajoittamaan kuten mm. monitoroinnin ja maankäytön rajoittamisen yms.
SAMASE-arvo	Saastuneiden maiden tutkimus ja kunnostus –projektissa esitetty maaperän ohje- tai raja-arvo (Puolanne ym. 1994)
SOILI-ohjelma	rahoitusjärjestelmä, jolla rahoitetaan Öljynsuojarahastosta ohjattavin varoin entisten huoltamokiinteistöjen kunnostamista
TVOC	haihtuvat orgaaniset yhdisteet
UUMA-materiaali	maarakentamiseen soveltuva uusiomateriaali
VALTSU	Valtakunnallinen jätesuunnitelma
YSL	ympäristönsuojelulaki

SISÄLLYS

Alkusanat	3
Termit	5
I Johdanto	9
1.1 Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinta Suomessa.....	9
1.2 Ekotehokkuus -käsite.....	10
1.2.1 Määritelmistä	10
1.2.2 Ekotehokkuus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa	11
2 Ekotehokkuuden edistäminen ohjauksella	14
2.1 Ympäristöpoliittiset ja oikeudelliset ohjaukset	14
2.1.1 Ympäristöstrategiat.....	14
2.1.2 Maankäytön suunnittelu ja kaavoitus	16
2.1.3 Ympäristönsuojelulaki	17
2.1.4 BAT-periaatteet	18
2.1.5 Jätteitä koskevat säädökset.....	19
2.1.6 Viranomaispäätökset.....	20
2.2 Taloudelliset ohjaukset.....	21
3 Riskinhallintatoimien ekotehokkuuden mittaaminen	23
3.1 Ekotehokkuus yksittäisessä kohteessa	23
3.1.1 Ekotehokkuuden osatekijät	23
3.1.2 Tapaustarkastelut	24
3.2 Aluetason ekotehokkuus	29
3.2.1 Siirtyminen kohdetasolta aluetasolle	29
3.2.2 Aluetason ekotehokkuuden mittarit	29
3.2.3 Esimerkkejä ekotehokkuuden arvioinnista alueellisella tasolla	31
4 Riskinhallinnan ekotehokkuuden nykytilanne	35
4.1 Nykyiset riskinhallintamenetelmät.....	35
4.2 Massanvaihdoissa syntyvät maa-ainekset.....	37
4.2.1 Maa-ainesten määrä ja laatu	37
4.2.2 Maa-ainesten käsittelymenetelmät ja sijoituskohteet	38
4.3 Nykyisten riskinhallintamenettelyjen ekotehokkuus	40

5 Riskinhallintatoimien ekotehokkuuden tulevaisuudennäkymät	43
5.1 Kunnostettavat kohteet.....	44
5.2 Pilaantuneiden maa-ainesten alueellinen jakautuminen	50
5.3 Riskinhallintakäytäntöjä ohjaavat tekijät.....	51
6 Yhteenveto	57
Lähteet	62
Liitteet	65
Liite 1. Maaperän pilaantuneisuuden ja maa-ainesten käsittely- vaihtoehtojen arvioinnissa käytetyt viitearvot	65
Liite 2. Olemassa olevat rahoitusjärjestelmät	67
Liite 3. PIRTU-laskentaohjelman sisältämät ekotehokkuustekijät ja näiden laskentaperiaatteet.....	69
Liite 4. Suomessa käytetyt yleisimmät maa-ainesten ja pohjavesien käsittelymenetelmät.....	73
Liite 5. Esimerkkejä alueellisen tason ekotehokkuuden arvioinnista	75
Kuvailulehdet	91

1 Johdanto

1.1

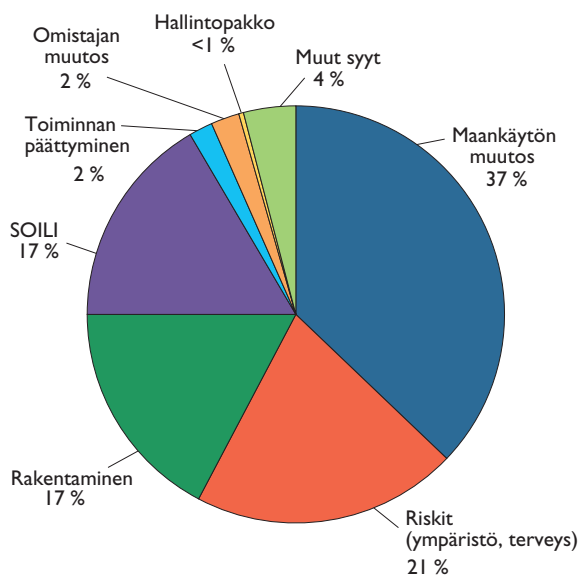
Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinta Suomessa

Maaperän pilaantuminen on tunnistettu useissa maissa merkittäväksi ympäristö-ongelmaksi. Suomessa ongelman laajuutta selvitettiin valtakunnallisesti ensimmäisen kerran vuonna 1994 valmistuneessa SAMASE-hankkeessa (Puolanne ym. 1994). SAMASE-hankkeessa arvioitiin Suomessa olevan noin 10000 mahdollisesti saastunutta² maa-aluetta. Viimeisimmän ympäristöhallinnon selvityksen mukaan määrä on noin kaksinkertainen sisältäen pilaantuneeksi epäillyt, todetut ja kunnostetut alueet. Näissä ns. PIMA-kohteissa pilaantumista ovat aiheuttaneet tai voineet aiheuttaa monet eri toiminnot kuten teollisuustuotanto (esim. metalli- ja puunjalostusteollisuus), kaivostoiminta, polttoaineen jakelu, torjunta-aineiden käyttö ja ampumaharrastus.

Vuoteen 2008 mennessä Suomessa oli kunnostettu kaikkiaan noin 4 000 pilaantunutta maa-aluetta. Nykyisin kunnostetaan vuosittain 300-400 kohdetta. Maankäytön muutos on ollut tärkein selvitys- ja kunnostustoimet laukaiseva tekijä (Kuva 1).

Maa-alueen kunnostaminen tehdään pääsääntöisesti massanvaihtona, mikä edellyttää paitsi kaivua, myös pilaantuneen maa-aineksen kuljetuksia käsittely- ja/

tai loppusijoituspaikalle sekä lisäksi mahdollisesti puhtaan maan kaivua ja kuljetuksia. Pilaantuneita maa-aineksia tiedetään Suomessa kuljetetun käsittelyyn jopa 500 km päähän pilaantuneesta alueesta (Sorvari ym. 2009). Tieto siitä, mihin pilaantuneet maa-ainekset kaivun jälkeen viedään ja minne ne lopullisesti sijoitetaan, on kuitenkin ollut puutteellista. Osaksi tästä syystä myöskään keskimääräiset kuljetusmatkat, kuljetusten energiankulutus tai kuljetuksista aiheutuvat päästöt eivät ole olleet tiedossa. Kunnostustoimien kokonaisympäristövaikutukset ja ekotehokkuus ovatkin siksi jääneet määrittämättä.



Kuva 1. Riskinhallintatoimiin johtavat tekijät Suomessa (Suomen ympäristökeskus 2008).

² SAMASE-projektissa käytetty termi "saastunut maa-alue" on sittemmin vuonna 2007 voimaan tulleen valtioneuvoston asetuksen (214/2007, ns. PIMA-asetus) myötä muutettu termiksi "pilaantunut maa-alue"

Tässä raportissa esiteltävää jatkohanketta ”Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus” (PIRRE2) edeltävässä PIRRE1-hankkeessa (PIRRE1) todettiin, että Suomessa ekotehokkuusnäkökulmaa ei juurikaan oteta huomioon riskinhallintatoimien suunnittelussa. Selkeä ekotehokkuuden määrittämistä vaikeuttava tekijä on epäselvyys siitä, mitä ekotehokkuudella ylipäätään tarkoitetaan tässä yhteydessä. Toisaalta käytännössä myös ekotehokkuuden arviointiin soveltuvien menetelmien ja työkalujen puute on hidastanut ekotehokkuusperiaatteen käyttöönottoa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksessa. (Sorvari & Antikainen 2004, 56-58; Sorvari ym. 2009).

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatarpeisiin liittyy myös erilaisia paineita eri puolilla Suomea, mikä vaikuttaa riskinhallintakäytäntöihin. Erityisesti Etelä-Suomen suurimmissa kaupungeissa kunnostustarve määräytyy pääasiassa uudisrakentamisen kautta (vrt Kuva 1). Rakentamisen vuoksi riskinhallintatoimilla on usein kiire, joten pilaantumisen aiheutuva ongelma tulee hoitaa lopullisesti. Tällöin maaperään ei haluta jättää haitta-aineita, jotka myöhemmin voisivat aiheuttaa riskejä. Toisaalta kaupunkialueilla muista päästölähteistä aiheutuvat maaperän taustapitoisuudet ovat usein kohonneita, mikä myös tulee ottaa huomioon riskejä ja riskinhallintatoimien tarvetta ja niiden laajuutta arvioitaessa.

1.2

Ekotehokkuus -käsite

1.2.1

Määritelmistä

Ekotehokkuutta voidaan pitää eräänlaisena ajatusmallina tai toimintastrategiana, jonka avulla tavoitellaan luonnonvarojen tuottavuuden lisäämistä ja hyvinvoinnin sekä elämän laadun kohottamista. Ekotehokkuutta on muun muassa OECD:ssä havainnollistettu yksinkertaistetulla yhtälöllä:

Ekotehokkuus = Hyödyt/Panokset.

Ekotehokkuus siis lisääntyy, kun saatujen hyötyjen määrä suhteessa käytettyihin panoksiin kasvaa. Mm. materiaalien, energian ja haitallisten aineiden käytön vähentäminen, materiaalien kierrätettävyyden lisääminen ja luonnonvarojen kestävä käytön maksimointi lisäävät ekotehokkuutta. Toisaalta myös taloudellisella tehostumisella eli kustannusten vähenemisellä tiettyä yksikköä, kuten tuotettua tuotetta tai palvelua kohden, on samansuuntainen vaikutus. On huomattava, että **ekotehokkuuden käsite on suhteellinen** eli ei ole olemassa absoluuttisen ekotehokasta menetelmää tai käytäntöä. Ekotehokkuutta voidaan pikemminkin käyttää mittarina vertailtaessa eri vaihtoehtojen paremmuutta toisiinsa. Ekotehokkuuden on myös esitetty olevan instrumentti, jonka avulla voidaan kuvata ja arvioida ihmistoiminnasta aiheutuvia vaikutuksia (EuroDemo 2007). Ekotehokkuudelle läheinen käsite on kestävä kehitys. Käytännössä ekotehokkuus ymmärretään usein suppeammaksi käsitteeksi kuin kestävä kehitys, joka kattaa ekologisen ja taloudellisen ulottuvuuden lisäksi myös sosiaalisen ulottuvuuden.

Ekotehokkuutta yleisempi ja suppeampi käsite on lainsäädännössäkkin (YSL 4 §) esiintyvä BAT (Best Available Technology) -periaate. Alunperäisessä merkityksessään tämä käsite ei sisällä lainkaan kustannushyöty- tai kustannustehokkuusnäkökulmaa, joten kirjaimellisesti tulkittuna BAT voidaan ymmärtää pyrkimyksenä parhaan käytökelpoisen tekniikan käyttöön kustannuksista välittämättä. Kustannusnäkökulman esiin tuomiseksi on otettu käyttöön myös termi BATNEEC (Best Available Techno-

logy Not Entailing Excessive Costs), mutta sittemmin termi on lyhentynyt jälleen BAT:ksi. Vaikkakin BAT ei siis suoranaisesti sisällä kustannustekijää, on maailmalla vakiintunut tulkinta, jonka mukaan termi kattaa taloudellisen toteuttamiskelpoisuuden (mm. Skea & Smith 1997; Sorrell 2002). Myös PIRRE-projektissa BAT on ymmärretty kustannustehokkuuden kattavaksi termiksi. Näin ollen se on selkeästi ekotehokkuuteen sisältyvä tekijä. BAT-periaatteen lisäksi lainsäädännössä on viitattu BEP-periaatteeseen eli ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteeseen (YSL 4 §). Parhaan käytännön periaate sisältää periaatteen noudattaa kaikessa toiminnassa ympäristön kannalta parhaita menettelytapoja. BEP kattaa siten paitsi parhaan käyttökelpoisen tekniikan käytön, kierrätyksen ja jätteiden synnyn ehkäisyn myös mm. riittävän tiedotuksen kaikille asianosaisille ja koko toiminnan kattavan riittävän menettelytapaohjeistuksen (Code of Practice). Ekotehokkuutta voidaan siten pitää yhtenä osatekijänä BEP-periaatteen toteutumisessa.

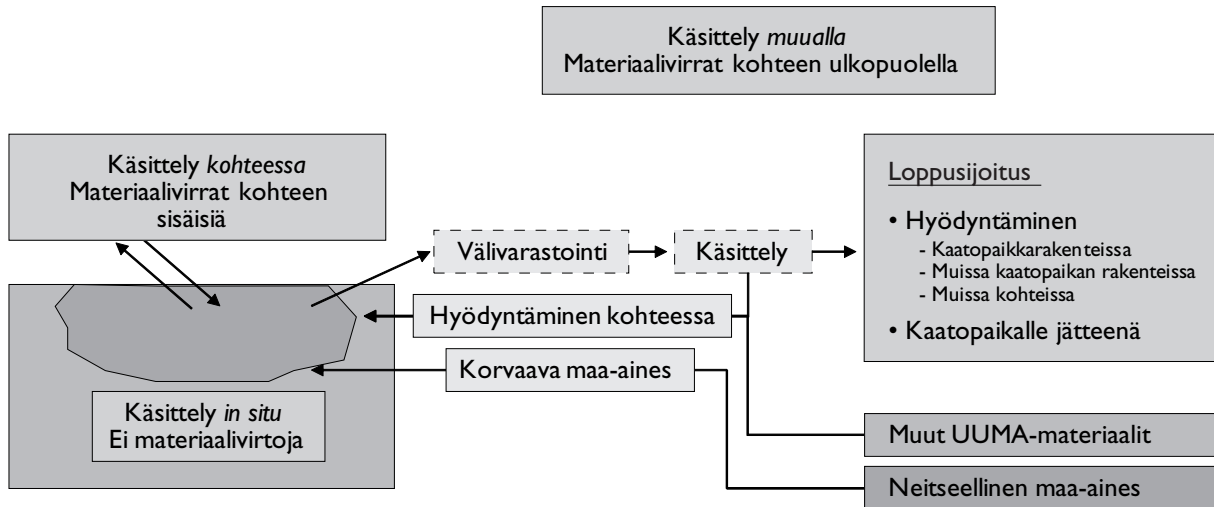
1.2.2

Ekotehokkuus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa

Ennen kuin voidaan arvioida pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden toteutumista, on määriteltävä tarkemmin, mitä ekotehokkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä. Tätä selvitettiin PIRRE-projektin ensimmäisessä vaiheessa seminaarien, kirjallisuusselvitysten, tapaustarkastelujen ja haastattelujen avulla (Sorvari & Antikainen 2004; Sorvari ym. 2009). Lisäksi tutustuttiin eräisiin muissa maissa kehitettyihin riskinhallintamenetelmän valinnassa käytettäviin laskentatyökaluihin. Näiden pohjalta päädyttiin seuraaviin ekotehokkuuden päätekijöihin: riskit, ympäristövaikutukset, kustannukset ja sosiaaliset sekä muut vaikutukset. Riskeihin luetaan tässä mahdolliset haitat suojeltaville kohteille kuten ihmisten terveydelle, ekosysteemeille ja pohjaveden laadulle. Joissain tapauksissa on syytä tarkastella pilaantumisen aiheuttamia riskejä myös muille kohteille kuten rakenteille. Sosiaaliin ja muihin tekijöihin kuuluvat maisemalliset ja kulttuuriperintöön kohdistuvat arvot. Esimerkiksi vanhoilla teollisuusalueilla nämä voivat käytännössä rajoittaa erilaisten kunnostusmenetelmien käyttöä ja sitä kautta vaikuttaa ekotehokkuuden toteutumiseen. Etenkään kulttuurihistoriallisesti arvokkaita rakennuksia ei usein haluta purkaa, ja mikäli maaperän pilaantuminen on levinnyt rakennusten alle, on etsittävä purkamiselle vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tämän vuoksi PIRRE-projektissa ekotehokkuus haluttiin määritellä laajemmin, myös sosio-kulttuuriset vaikutukset sisältäväksi.

PIRRE-projektin ensimmäisessä vaiheessa olennaisimmaksi yksittäiseksi ekotehokkuustekijäksi tunnistettiin pilaantuneiden maa-ainesten riskinhallintaan liittyvät materiaalivirrat ja etenkin pilaantuneiden maa-ainesten massavirrat ja niiden ohjautuminen (Sorvari ym. 2005; 2009). Viime mainitut voidaan jaotella kolmeen luokkaan (Kuva 2). Jos riskit hallitaan paikan päällä ilman maa-ainesten kaivua eli *in situ* tai kohde jätetään kunnostamatta, *maa-ainesvirtoja ei muodostu*. Jos sen sijaan maa-aineksen käsittely voidaan tehdä paikan päällä (*on site*) ja materiaali hyödyntää kohteessa, ovat *maa-ainesvirrat kohteen sisäisiä*. Tällöin kuljetustarvetta ei muodostu, ja lisäksi kunnostetun maa-aineksen jäljitettävyyden ja jatkoseuranta on helppoa esimerkiksi maaperän tilan tietojärjestelmän avulla. Jos maa-aines kaivetaan ja kuljetetaan muualle käsiteltäväksi, muodostuu *kohteen ulkopuolisia maa-ainesvirtoja*. Näitä aiheuttavat pilaantuneen maa-aineksen kuljetus mahdolliseen käsittelyyn ja loppusijoitukseen tai hyödynnettäväksi ja pois kaivetun maa-aineksen korvaaminen alueen ulkopuolelta otettavalla maa-aineksella. Korvaava materiaali voi olla esimerkiksi puhdistettua pilaantunutta maa-ainesta, muuta UUMA- eli maarakentamisessa käyttökelpoista uusiomateriaalia tai neitseellistä maa-ainesta. Kohteen materiaalivirtojen muodostumiseen vaikuttavat mm. pilaantumisen laajuus, haitta-aineet, niiden pitoisuudet, maa-aineksen tekniset ominaisuudet, alueen tuleva käyttötarkoitus ja korvaavien maa-ainesten saatavuus.

Pilaantuneen maa-aineksen käsittelyn materiaalivirrat



Kuva 2. Pilaantuneen maa-aineksen käsittelyn materiaalivirrat. UUMA = uusiokäyttö maarakentamisessa.

Ekotehokkuutta voidaan tarkastella kohdetasolla eli keskittymällä yksittäiseen pilaantuneeseen maa-alueeseen tai laajemmin kuten alueellisella tasolla. Alueellisen tason ekotehokkuusarvioinnilla tarkoitetaan esimerkiksi hallinnollisen alueen tasolla tapahtuvaa tarkastelua. Tässä projektissa termillä "alue" tarkoitetaan kunnan ja alueellisen ympäristökeskuksen toimivalta-alueita.

Ekotehokkuutta pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa on toistaiseksi kansainvälisestikin tarkasteltu varsin vähän. Yleisemmin on puhuttu kestävä kehityksen (sustainable development) mukaisesta toiminnasta (mm. Bardos & Bakker 2008). PIMA-kohteiden riskinhallinnan ekotehokkuudelle on kuitenkin hiljattain esitetty yleiset mittarit EU-rahoitteisessa EURODEMO-projektissa (EURODEMO 2007). EURODEMO (European Co-ordination Action for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation) on v. 2005 käynnistetty foorumi, jonka päätavoitteena on edistää lupaavien maaperän ja pohjaveden kunnostusmenetelmien käyttöä sekä yhtenäistää menetelmien arviointikäytäntöjä. PIRRE-projektin ensimmäisessä vaiheessa kehitettiin kohdetasolla tapahtuvan ekotehokkuuden arvioinnin mittarit (Sorvari ym. 2005), jotka poikkeavat hiukan EURODEMO-foorumin puitteissa esitetyistä. Aluetasolla pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden mittaamista ei ole tietyvästi selvitetty ennen PIRRE-projektin toista vaihetta (PIRRE2). Aluetason tarkastelussa käyttökelpoiset ekotehokkuuden mittarit eroavat kohdetasolla käytettävistä lähinnä johtuen saatavilla olevan tiedon määrästä ja arvioinnin erilaisista tavoitteista.

EURODEMO-foorumin lisäksi kansainvälisellä tasolla on toteutettu ja on myös edelleen meneillä muutamia pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaa käsitteleviä hankkeita, jotka sivuavat ekotehokkuusteemaa. Snowman -verkosto (Sustainable management of soil and groundwater under the pressure of soil pollution and soil contamination platform³ on EU:n rahoituskanava (ERA-NET) hankkeille, jotka pyrkivät kestäväan pilaantuneen maan ja pohjaveden kunnostamiseen. Sen ensimmäisessä

³ <http://www.snowman-era.net/index.php>. [Viitattu 20.5.2009]

vaiheessa rahoitettiin kuutta hanketta, joiden aiheet liittyivät mm. aineiden kulkeutumiseen, luontaiseen puhdistumiseen ja päätöksentekomenetelmiin.

Ruotsissa on vuosina 2003-2009 toteutettu ”Hållbar Sanering”⁴ -osaamisohjelma, joka on sisältänyt yli 50 projektia. Ohjelman osa-alueita ovat: tutkimusmenetelmät, riskinarviointi ja riskien arvottaminen (riskbedömning, riskvärdering), riskikommunikaatio ja kunnostustoimenpiteet. Näihin liittyen ohjelmassa on julkaistu noin 50 raporttia ja ohjelmaan on kuulunut kattava tiedonvälitys ja -vaihto, joiden avulla hankkeen tuloksia ja kokemuksia on viety eteenpäin tiedon käyttäjille ja tarvitsijoille. Ohjelman puitteissa toteutettiin myös mm. projekti, jossa kehitettiin osin amerikkalaisen mallin pohjalta kustannus-hyötyanalyysiin perustuva kunnostusmenetelmien arviointimenetelmä (Rosen ym. 2008). Tämä työkalu sisällytettiin edelleen osaksi monikriteerianalyysimenetelmää, jossa kunnostusvaihtoehdot asetetaan paremmuusjärjestykseen niille lasketun kestävästä kehitystä kuvaavan indeksin (sustainability index) avulla. Menetelmässä indeksi määritellään kolmen ulottuvuuden perusteella: ekologinen, sosio-kulttuurinen ja taloudellinen. Kustannus-hyötyanalyysiä ja monikriteerimenetelmiä on sovellettu monissa muissakin pilaantuneita maa-alueita koskevissa tutkimuksissa eri maissa. Lisäksi on kehitetty näihin menetelmiin perustuvia laskentatyökaluja (mm. USEPA 2000; Vranes ym. 2001; Weth 2001; Maring ym. 2003). Etenkin ekotehokkuuden yhtä osatekijää, nimittäin ympäristövaikutuksia, on tarkasteltu useissa kansainvälisissä pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusta koskevissa elinkaaritutkimuksissa (mm. Page ym. 1999; Shakweer & Nathanail 2003; Blanc ym. 2004; Lesage ym. 2007). Lisäksi kunnostusmenetelmien vertailua varten on ainakin Saksassa kehitetty elinkaarianalyysiin perustuva laskentatyökalu (Volkwein ym. 1999).

⁴ <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-fororenade-omraden/Hallbar-Sanering--kunskapsprogram/>. [Viitattu 15.7.2009.]

2 Ekotehokkuuden edistäminen ohjauskeinoin

Ekotehokkuus, sitä tukevat BAT- ja BEP-periaatteet tai kustannustehokkuus on sisällytetty tavoitteeksi useisiin olemassa oleviin ohjauskeinoihin. Tässä luvussa esitellään näistä pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden toteutumisen kannalta keskeisimmät poliittiset, lainsäädännölliset, taloudelliset ja tiedolliset ohjauskeinot. Erityisesti keskitytään niihin ohjauskeinoihin, joilla voi olla vaikutusta riskinhallintakäytäntöihin ja niiden ekotehokkuuden kehittymiseen aluetasolla ja/ tai koko valtakunnan laajuisesti. Tämän lisäksi esitellään myös joitain olennaisia kohdetasolla vaikuttavia ohjauskeinoja, jotka voivat edistää välillisesti myös aluetason ekotehokkuuden kehittymistä. Tällaisia ovat mm. nykyiset säädökset ja rahoitusjärjestelmät. Suoraan aluetasolla vaikuttavat ohjauskeinot sen sijaan ovat pääsääntöisesti ”pehmeitä” ja niihin kuuluvat erilaiset tavoiteohjelmat ja strategiat.

2.1

Ympäristöpoliittiset ja oikeudellishallinnolliset ohjauskeinot

2.1.1

Ympäristöstrategiat

Kansalliseen ympäristöpolitiikkaan kirjatut tavoitteet määräytyvät pitkälti Euroopan laajuisen EU-strategian pohjalta. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan osalta näistä olennaisia ovat maaperästrategia ja luonnonvaroja sekä jätteiden vähentämistä ja kierrätystä koskevat teemastrategiat. Strategioiden pääteemana on selkeästi kestävä kehitys, jonka yhtenä osatekijänä voidaan pitää ekotehokkuutta (ks. luku 1.2.1). Tässä käsiteltävien teemastrategioiden voidaankin todeta tukevan myös ekotehokkuuden toteutumista pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa koko valtakunnan tasolla ja sitä kautta vaikuttavan PIMA-käytäntöihin myös alueellisella ja kohdetasolla.

Syyskuussa 2006 hyväksytyn maaperästrategian tarkoituksena on pysäyttää maaperän tilan huonontuminen ja palauttaa maaperä tila vähintään sellaiseksi, että se mahdollistaa nykyisen tai suunnitellun tulevan käytön (European Commission 2006). Maaperän kunnostustoimissa tulee ottaa huomioon toimien kustannusvaikutukset. Maaperästrategia sisältää myös ehdotuksen maaperän suojelun puitteiksi. Tämä pitkään valmisteilla ollut maaperädirektiivi sisältää mm. veloitteet selvittää pilaantuneisuus, määrittellä riskinhallintatarpeet kaikilla pilaantuneiksi todetuilla alueilla, tarvittaessa kunnostaa pilaantuneiksi todetut alueet ja luoda rahoitusjärjestelmä isännättömien alueiden kunnostamista varten. Aikajänteeksi PIMA-kohteiden kartoitukselle ja riskinhallintatoimien tarpeen määrittelylle on direktiivissä esitetty 25 vuotta. Riskinhallintatoimien toteutukselle ei ole ehdotettu takarajaa. Direktiivissä esitettyjen toimien toteutumista voidaan Suomessa seurata esimerkiksi MATTI-

tietojärjestelmän kautta. Ekotehokkuuden toteutumisen seuranta edellyttää lisäksi nykyistä tarkempien tietojen keräämistä mm. käytetyistä kunnostusmenetelmistä ja kuljetusmatkoista. Tavoitteeksi maaperädirektiivin toimeenpanolle on asetettu vuosi 2012, mutta tällä hetkellä ei ole selvää käsitystä tämän toteutumisesta (Pajukallio 2009a).

EU:n luonnonvarastrategian pohjalta valmisteltiin Suomessa kansallinen luonnonvarastrategia, joka valmistui huhtikuussa 2009. Kansallisen strategian tavoitteisiin kuuluu mm. materiaalivirtojen tehokas hyödyntäminen ja kierrätys (SITRA 2009). Tässä olennaisena pyrkimyksenä on pitää käyttöön otetut luonnonvarat mahdollisimman pitkään talousjärjestelmän piirissä siten "että ne tuottavat mahdollisimman suuren lisäarvon ja mahdollisimman vähän arvokkaita materiaaleja poistuu lopullisesti talousjärjestelmästä". Alueellisten tuotantomallien todetaan mm. vähentävän luonnonvarojen kuljetuksen tarvetta ja turvaavan paikallista hyvinvointia, minkä vuoksi kehitetään alueellisia luonnonvarastrategioita. Lisäksi tavoitteena on edistää kiertoon palauttamisen ja kierron sulkemisen luomia liiketoimintamahdollisuuksia sekä kehittää ainevirtojen ja ympäristövaikutusten arvioinnin menettelyjä ja luonnonvarojen tilinpidon menetelmiä. Luonnonvarastrategia on osaltaan perustana myös pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimien materiaalitehokkaalle toteuttamiselle.

EU komission Jätteiden syntymisen ehkäisemistä ja kierrätystä koskevan teemakohtaisen strategian (Euroopan yhteisöjen komissio 2005) keskeiset kansalliset tavoitteet on määritelty Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa (VALTSU) vuoteen 2016. Pilaantuneita maa-alueita koskevat VALTSUn tavoitteet ovat yleisiä eli ne eivät sisällä konkreettisia tavoitteita. PIMA-kohteiden riskinhallinnan ekotehokkuuden toteutumisen osalta tärkeiksi tavoitteiksi VALTSUssa on kirjattu seuraavat:

- Kehitetään riskinarviointia ja arvioinnin hyödyntämistä käytännössä;
- Yhtenäistetään kunnostus- ja käsittelyvaatimuksia valtakunnallisesti viranomaisverkoston yhteydenpidon avulla, erityisesti koskien pilaantuneen maa-aineksen sijoitusta tavanomaisen jätteen kaatopaikoille ja pilaantuneen maa-aineksen hyötykäyttöä maarakentamisessa, ja kehitetään pilaantuneiden maiden parhaan käyttökelpoisen tekniikan ohjeistusta (BAT) ja sen toimeenpanoa sekä valvotaan pilaantuneiden maiden materiaalivirtoja;
- Lisätään valtion jätehuoltotöiden kunnostusmäärärahoja nykyisestä tasosta;
- Selvitetään mahdollisuudet rahoittaa mahdollisesti pilaantuneiden kohteiden tutkimusta sekä muiden kuin öljyllä pilaantuneiden, yhteiskunnan hoidettavaksi päätyvien kohteiden kunnostusta esimerkiksi tiettyjen kemikaalien käyttöön liittyvillä maksuilla, öljyjättemaksun tapaan;
- Pidetään yllä ja kehitetään edelleen ympäristöhallinnon maaperän tilan tietojärjestelmää;
- PIMA-asetuksen soveltamisesta järjestetään koulutusta ja riskinarvioinnin palveluja kehitetään ympäristö-, terveys- ja kemikaaliviranomaisten yhteistyönä. Median ja yleisön tiedontasoa pilaantuneen maan kysymyksistä parannetaan tuottamalla maallikolle ymmärrettävää tiedotusaineistoa aiheesta. (VALTSU 2008).

VALTSUun on kirjattu myös pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) koskevat kansainväliset velvoitteet, jotka pääsääntöisesti edellyttävät näillä aineilla pilaantuneen maan käsittelyä haitattomaksi polttamalla. Koska polton kustannukset ja apuenergian kulutus ovat yleensä suuret, tätä tavoitetta voidaan pitää osin jopa ekotehokkuuden toteutumisen vastaisena. VALTSUssa esitettyjen tavoitteiden toteutumista arvioidaan kyseisen ohjelmakauden päätyttyä eli uusimman VALTSUn osalta siis vuoden 2016 lopulla. Tämän jälkeen tavoitteita voidaan tarvittaessa päivittää tai tarkentaa uuteen suunnitelmaan.

Aluetasolla VALTSUa voidaan toteuttaa alueellisten toimintaohjelmien (jätesuunnitelmien) kautta. Etelä- ja Länsi-Suomen alueilla toteutettavassa jätesuunnitelmassa pilaantuneet maat on nimetty yhdeksi painopistealueeksi⁵. Jätesuunnitelma tehdään Uudenmaan, Lounais-Suomen, Hämeen, Kaakkois-Suomen, Pirkanmaan ja Länsi-Suomen ympäristökeskusten yhteistyönä. Tämän ns. ELSU-hankkeen puitteissa alueille ollaan laatimassa erillistä pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan suunnitelmaa, jossa tavoitteina ovat ekotehokkuuden parantaminen ja BAT-tekniikoiden käyttö. Pääpaino on kunnostuksessa syntyvien maa-ainesten hyödyntämisessä ja käsittelyssä. ELSU-hanke edesauttaa ekotehokkuuden toteutumista kyseisillä alueilla ja muillakin alueilla, mikäli ne ottavat käyttöön hankkeessa määriteltävät ekotehokkuuden seurantamenetelmät.

Ympäristöstrategioihin kirjattuja tavoitteita pyritään toteuttamaan eri tavoin kuten lainsäädäntöä muuttamalla ja täydentämällä, antamalla erillisohjeita sekä rahoitusta suuntaamalla. Lähinnä juuri nämä käytännön ohjauskeinot toimivat ekotehokkuuden toteutumiseen vaikuttavina tekijöinä. Sen sijaan niiden taustalla oleviin ympäristöstrategioihin ei ole juurikaan kirjattu konkreettisia tavoitteita, joten niiden vaikutus jäänee käytännön toimissa vähäiseksi.

2.1.2

Maankäytön suunnittelu ja kaavoitus

Maaperän pilaantuneisuus asettaa yleensä rajoitteita maankäytölle. Alueen käyttö- ja pilaantumishistoria on selvitettävä ja maaperän pilaantuneisuus tutkittava. Myös pilaantumiseen ja riskien hallintaan liittyvät taloudelliset vaikutukset ja tekniset mahdollisuudet kunnostaa alue on selvitettävä. Käytännössä kunnostustarve on usein ilmennyt varsin myöhäisessä vaiheessa, kun alueen käyttötarkoitusta on jo päätetty muuttaa ja rakentaminen alkaa olla ajankohtaista (Mela ja Kautto 2007). Kunnostustoimenpiteistä saattaa tällöin tulla tarpeettoman kalliita. Pilaantuneisuuden huomioon ottavalla maankäytön suunnittelulla ja sen yhteydessä tapahtuvalla riskinhallintavaihtoehtojen vertailulla sekä suunnittelun ja toteutuksen eri vaiheiden kilpailutuksella on usein mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Aikaisen vaiheen suunnittelulla vältetään tilanteet, joissa jo aloitettu rakentaminen viivästyy pilaantumisesta aiheutuvien selvitys- ja riskinhallintatoimien vuoksi. Suunnittelu voi myös joissain tapauksissa mahdollistaa toimintojen sijoittelun siten, että osia alueesta voidaan jättää kunnostamatta. Tällöin vältetään kaivun ja kuljetusten aiheuttamilta ympäristövaikutuksilta ja kustannuksilta. Maankäytön ”ennakoiva suunnittelu” alueellisella ja yksittäisen kohteenkin tasolla edesauttaa siten ekotehokkuuden toteutumista. Maankäytön suunnittelu tukee myös kestävästä kehityksestä ja jätepolitiikan yleisiä tavoitteita. Esimerkiksi uusimmassa VALTSUssa se on esitetty ekotehokkuutta tukevana keinona minimoida altistumisriski pilaantuneilla maa-alueilla.

SYKEssä tehdyssä selvityksessä (Pyrylä & Kylä-Setälä 2001) on tarkasteltu sitä, miten maankäytön suunnittelussa on otettu huomioon maaperän mahdollinen pilaantuneisuus ja tiedossa olevat pilaantuneet maa-alueet⁶, miten maankäyttömuotojen muutoksissa Suomessa on arvioitu pilaantuneisuudesta aiheutuvia toimenpiteitä ja kustannuksia ja miten maaperän pilaantuneisuuden selvittäminen ja kunnostustoimet ovat liittyneet kaavoitusprosessiin. Selvityksessä tarkasteltiin kymmentä, eri puolilla Suomea sijaitsevaa kaavoitettua pilaantunutta maa-aluetta. Alueista kolme sijaitsi pääkaupunkiseudulla, jossa paineet pilaantuneiden maa-alueiden rakentamiseen ovat suurimmat. Tarkastelu ulottuu osittain myös varsinaisen kaavoituksen

⁵ <http://www.ymparisto.fi/elsu>. [Viitattu 23.6.2009.].

⁶ Ks myös Mela ja Kautto 2007.

jälkeen ilmenneisiin alueiden käytön mahdollisuuksiin ja ongelmiin. Selvityksen yhteenvedossa todetaan, että maaperän pilaantuneisuuden tutkimuksiin, suunnitelmiin ja kunnostuksiin on syytä varautua systemaattisesti varaamalla näille riittävästi aikaa ja varoja eri suunnittelu- ja päätöksentekovaiheissa. Kaavoittajien ja päättäjien tulisivat suunnata järjestelmällistä ohjausta ja tietoa pilaantuneiden maa-alueiden maankäytön suunnittelun avuksi.

2.1.3

Ympäristönsuojelulaki

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan kohdetason ohjauskeinoista merkittävimpiä on ympäristönsuojelulaki (YSL 86/2000), joka sisältää pilaamisen torjunnan yleiset periaatteet ja velvollisuudet. Ennaltaehkäisy ja haittojen minimoinnin periaatteen mukaan haitalliset ympäristövaikutukset on ehkäistävä ennakolta tai, milloin haitallisten vaikutusten syntymistä ei voida kokonaan ehkäistä, ne on rajoitettava mahdollisimman vähäisiksi. Näiden periaatteiden noudattamisen tulisi johtaa myös siihen, ettei pilaantuneita maa-alueita synny tulevaisuudessa enää yhtä paljon kuin aiemmin. Jo olemassa olevien pilaantuneiden maa-alueiden osalta ennaltaehkäisy periaate merkitsee päästöjen rajoittamista siten, ettei pilaantuminen leviä esimerkiksi naapurikiinteistölle tai pilaantunut maa-aines aiheuta pohjaveden pilaantumista. Ennaltaehkäisy periaatteen noudattaminen tukee ekotehokkuuden toteutumista pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa, sillä riskien ennakointi on yleisesti kustannustehokkaampaa kuin riskien vähentäminen tai poistaminen jälkikäteen, pilaantumisen jo tapahduttua. Riskit ovat myös helpommin hallittavissa, mikäli pilaantuminen ei ole ehtinyt vielä levitä useisiin ympäristönsosiin tai laajalle alueelle. Myös kustannustehokkuus paranee, kun välttytään laaja-mittaisilta kunnostustoimilta.

Ympäristönsuojelulaissa on määritelty myös varovaisuus- ja huolellisuusperiaatteet, joita ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavassa toiminnassa on noudatettava (YSL 4 §). Taloudellisessa arvioinnissa varovaisuus- ja huolellisuusperiaatteet konkretisoituvat muun muassa toiminnanharjoittajan velvoitteina varautua tuleviin merkittäviin ympäristömenoihin. Ympäristönsuojelulaki (42.3 §) edellyttää, että ammatti- tai laitospöytä jätteen – siis myös kaivetun pilaantuneen maa-aineksen – käsittely- tai hyödyntämistoiminnan ympäristöluvan myöntämisen ehdoksi asetetaan riittävä vakuus tai muu vastaava järjestely, jolla varmistetaan asianmukainen jätehuolto. Vakuusvelvoitteen tarkoitus on kattaa niitä ennakoitavia kustannuksia, jotka voivat syntyä asianmukaisen jätehuollon laiminlyönnistä esimerkiksi toiminnanharjoittajan jouduttua maksukyvyttömäksi. Yksittäiselle toiminnanharjoittajalle vakuus on muodostunut ensisijaiseksi tavoitteeksi varmistaa jätehuoltovelvoitteiden hoitaminen. Sen sijaan kunnat on toistaiseksi vapautettu vakuuden asettamisesta.

Taloudellinen varautuminen pilaantuneiden maa-alueiden tuleviin riskinhallintatoimiin jouduttaa yleensä töiden suunnittelua ja niiden käynnistämistä. Näin ollen kunnostaminen voidaan todennäköisesti toteuttaa nopeammin verrattuna tilanteeseen, jolloin siihen ei ole etukäteen varauduttu taloudellisesti. Tämä lisää riskinhallinnan ekotehokkuutta. Ekotehokkuuden toteutumisen kannalta onkin olennaista, että toiminnanharjoittajan vakavaraisuudesta on oikeellista ja ajantasaista tietoa ja että vakuuden kattavuus ja suuruus osataan määritellä oikein. Tässä kohdin on kuitenkin käytännössä esiintynyt ongelmia (Kilpinen & Kosola 2000) ja eroavaisuuksia menetelmissä (Kievari ym. 2009). Riittämätön vakuus voi kohdetasolla estää ekotehokkuuden toteutumista, mikäli riskinhallintatoimia ei tästä johtuen voida toteuttaa tarvittavassa laajuudessa ja/tai aikataulussa. Alueellisesta näkökulmasta tarkasteltuna erityisen tärkeää on kuntien asianmukainen varautuminen tuleviin ympäristövelvoitteisiin, sillä kunta on viime kädessä vastuussa kunnostamisesta. Tämä kuntien selvitys- ja puhdistamisvastuu todentuu silloin, kun pilaantumisen aiheuttajaa tai toissijaisessa

puhdistamisvastuussa olevaa alueen haltijaa ei saada vastuuseen. Kunnan viimekätistä puhdistamisvastuuta on perusteltu mm. kunnalla olevalla huolenpitovelvollisuudella: yhteiskunnan tulee taata, että ympäristö täyttää terveellisyys- ja turvallisuuden kriteerit. Toisaalta joissain tapauksissa kunnalla saattaa olla suuri intressi kunnostaa pilaantunut maa-alue, vaikkei sillä olisi tätä vastuuta.

2.1.4

BAT-periaatteet

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa käytettävät menetelmät vaikuttavat olennaisesti ekotehokkuuden toteutumiseen. IPPC-direktiivin (96/61/EY) tavoitteisiin⁷ ja sitä toimeenpanemaan kansalliseen ympäristönsuojelulakiin (86/2000) sisältyvällä parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) periaatteella on tässä merkittävä rooli. BAT-periaate on tavoite, jonka pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa tulisi ohjata kunnostusmenetelmien valintaa. BAT-periaate ohjaa siis kunnostustoi- mintaa kohdetasolla eli sen vaikutus aluetason ekotehokkuuteen on välillinen.

Kaikilta ammattimaisilta jätteiden käsittelijöiltä - siis myös pilaantuneiden maa- aineiden käsittelylaitoksilta - edellytetään BAT-periaatteen noudattamista. Tämä vaa- timus on kirjattu laitosten ympäristölupiin. Ekotehokkuuden kannalta on oleellista, että käytettävät riskinhallintamenetelmät on kehitetty sellaisessa mittakaavassa, että niiden käyttö kyseisellä toimialalla on taloudellisesti ja teknisesti kannattavaa (Kosola ja Leivonen 2003). Periaate on ulotettu koskemaan myös parhaiden käytäntöjen so- veltamista (BEP) työmenetelmissä sekä raaka-aineiden ja polttoaineiden valinnoissa.

BAT-periaatetta voidaan soveltaa pilaantuneen ympäristön riskinhallintatoimien määrittelyssä, mutta ei samassa laajuudessa kuin teollisen toiminnan päästöjen rajoit- tamisessa. Riskinhallintamenetelmän valintaa koskevaa ratkaisua ei voida perustaa suoraan YSL 43 §:ään, mutta päätöksen eräänä perusteena voidaan viitata BAT-peri- aatteeseen lain 41 §:n nojalla⁸. Periaatetta voidaan kuitenkin yksiselitteisesti soveltaa riskinhallintatoimista aiheutuvien päästöjen rajoittamisessa (Tuomainen 2006).

BAT-periaatteen mukaisten menetelmien määrittelemisessä toiminnanharjoittaja voi käyttää mm. EU-komission julkaisemia BAT-tietojenvaihdon tuloksia eli ns. BAT- referenssiasiakirjoja (BAT Reference Documents). Niihin on koottu BAT-valinnoissa tarvittavaa toimialakohtaista taustatietoa. BREF-asiakirjojen tavoitteena on edistää ympäristönsuojelua ja toimia eräänlaisena tekniikan hyvää tasoa kuvaavana mitta- keppinä, johon kulloinkin tarkasteltavana olevaa teknistä vaihtoehtoa tai alan käytän- töä verrataan. Toistaiseksi ei ole olemassa pilaantuneen maa-alueen kunnostukseen liittyviä vertailuasiakirjoja eikä selkeitä BAT-kriteerejä. Saatavilla on kuitenkin aihetta sivuavia BREF-asiakirjoja, jotka koskevat mm. jätteiden käsittelyä ja polttoa (Pyy 2007). Lisäksi Suomessa on laadittu eräitä käytännön ohjeita ja työkaluja, joiden avulla voidaan arvioida eri riskinhallintamenetelmien soveltuvuutta erilaisissa kohteissa, ja joissa on kuvattu laadunvarmennukseen liittyviä tekijöitä (Sarkkila ym. 2004; Mrueh ym. 2004). Suomen ympäristökeskuksessa on myös meneillä (tilanne kesäkuussa 2009) ns. BAT-projekti, jossa määritellään pilaantuneen maa-alueen kunnostamisen hyvät käytännöt ja näihin liittyvät tekijät. Näiden toivotaan tulevaisuudessa edesaut- tavan myös ekotehokkuuden toteutumista. Alustavaksi kunnostamisen päätavoit- teiksi projektissa on määritelty pitkäaikaisten ympäristövaikutusten vähentäminen ja lievästi pilaantuneiden ja käsiteltyjen maa-ainesten hyödyntäminen kohteissa,

⁷ Jo ennen IPPC - direktiiviä on monissa muissa EU:n direktiiveissä ja kansainvälisissä sopimuksissa edellytetty, että päästöjen vähentämisessä sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

⁸ Ympäristöluvan myöntämisen yleisenä edellytyksenä on, että toiminta täyttää YSL:n vaatimukset (41.1 §); Ympäristölupa myönnetään, jos toiminta täyttää tämän lain ja jätelain sekä niiden nojalla annet- tujen asetusten vaatimukset. YSL 43 § säädetään ympäristölupien päästöjä koskevista lupamääräyksistä. Säännöksessä edellytetään, että "päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan".

joissa ne eivät aiheuta ympäristön pilaantumisen vaaraa, sekä uuden jätedirektiivin mukaisen käsittelyhierarkian noudattaminen maa-ainesten käsittelyssä.

SYKEN BAT-projektin puitteissa kehitetään lisäksi saksalaisen järjestelmän pohjalta yksinkertainen työkalu, joka mahdollistaa kunnostusmenetelmien vertailun kohdekohtaisesti (Kuva 3). Työkalua on tarkoitettu kehittää mm. siten, että vertailussa voidaan ottaa huomioon myös haitta-aineiden pitoisuustasot (Silvola 2009). Työkalua voitaisiin jatkossa käyttää PIRTU-ekotehokuuslaskentatyökalun (ks. luku 3.1.2) rinnalla tunnistamaan alustavasti käyttökelpoisimmat kunnostusmenetelmät.

Testiversio (luonnos)		Soveltuvan PIMA-käsittelymenetelmän valinta																					
Matriisi	Käsittelymenetelmä	Maaperä										Pohjavesi		Huokoskaasu									
		Aumakompostointi	Peltokäsittely	Bioreaktori	Maan pesu	Liutominuutto	Kiinteytys	Pyrolyysi	Poltto	Termodesorptio	Kaatoaika-sijoitus	Hyötykäyttö	Biologinen käsittely	Veden peruskäsittelyt	Häpätys	Ioninvaihto	Jutto (MPPE)	Käänteinen osmoosi	Biofilteri	Aktiivihiihi adsorptio	Absorptio	Katalyyttinen häpätys	
Maalajit	Kyllä ▼ Karkea ($k=10^{-4} - 10^{-2}$) Ei ▼ Sekoitus ($k=10^{-6} - 10^{-4}$) Ei ▼ Hieno ($k=10^{-8} - 10^{-6}$) Ei ▼ Orgaaninen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+												
Haitta-aineet	Kyllä ▼ Raskasmetallit/arseeni Ei ▼ Syanidi Ei ▼ Hiilivedyt Kyllä ▼ BTEX Ei ▼ PAH Ei ▼ Fenoli Ei ▼ Helposti haihtuvat halogenoituneet hiilivedyt Ei ▼ PCB Ei ▼ Heikosti haihtuvat halogenoituneet hiilivedyt Ei ▼ Nitroaromaattiset hiilivedyt	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+												
Selitteet		+ = Soveltuva o = Soveltuu varauksella - = Ei sovellu																					
Käsittelyn arvio	Kunnostuksen kesto-aika Kunnostuskustannukset Tehokkuus Vaikutukset ympäristöön Turvallisuus ympäristölle Valvonta Julkinen hyväksyntä			+	+						+	+											
Selitteet		+ = Hyvä o = Keskinen - = Huono																					

Kuva 3. Näkymä Excel-pohjaisesta alustavasta BAT-arvioinnin työkalusta (Silvola 2009, julkaisematon).

2.1.5

Jätteitä koskevat säädökset

Maaperästä poistetut pilaantuneet maa-ainekset ovat jätettä, joten niihin sovelletaan jätelain säädöksiä⁹. Pilaantuneiden maa-ainesten laitos- ja ammattimainen hyödyntäminen ja käsittely vaativat siten ympäristönsuojelulain mukaisen luvan. Luvassa määrätään, millaisia pilaantuneita maa-aineksia kyseinen laitos saa ottaa vastaan, mitä käsittelymenetelmiä maa-aineksille voidaan käyttää sekä miten ja mihin käsittelemättömän tai käsitellyn maa-aineksen saa sijoittaa.

⁹ Uudessa 12.12.2010 mennessä kansallisesti voimaanpantavassa jätedirektiivissä kaivamattomat pilaantuneet maa-ainekset ja kaivupaikalla hyödynnettävät pilaantumattomat kaivetut maa-ainekset on rajattu direktiivin soveltamisalan ulkopuolelle.

Jätelain yleisenä tavoitteena on ”tukea kestävästä kehitystä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä” (JL 1 §, myös YSL 1 §). Jätelakiin onkin sisällytetty vaatimus siitä, että jäte - siis myös maa-ainejäte - on pyrittävä ensisijaisesti hyödyntämään, jos se on teknisesti mahdollista eikä siitä ei aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia (JL 6 §). Tämä vaatimus tukee eri strategioissa esitettyjä yleisiä, kierrätystä ja luonnonvarojen kestävästä käyttöä koskevia tavoitteita (ks. luku 2.1.1), ja voi edistää ekotehokkuuden toteutumista sekä kohde- että aluetasolla. Hyödyntämistavoitteen lisäksi pilaantuneiden maa-ainesten kannalta olennaista on jätelaissa oleva vaatimus kerätä ja pitää jätteet ”toisistaan erillään jätehuollon kaikissa vaiheissa” (JL 6 §). Pilaantuneiden maa-alueiden osalta tätä voidaan tulkita siten, että pitoisuustasoiltaan erilaisia kaivettuja maa-aineksia ei sekoiteta keskenään. Kunnostustekniikan valinnan kannalta tämä tavoite on myös BAT-periaatteen mukainen, sillä erillään pito yleensä helpottaa tai tehostaa maa-aineksen jatkokäsittelyä ja/tai hyödyntämistä. Aiemmin kaivettujen maa-ainesten luokittelu perustui SAMASE-projektissa määriteltyihin ohje- ja raja-arvoihin sekä ongelmajäterajoihin (ks. liite 1). Tällöin ohje- ja raja-arvon välissä oleva maa-aines katsottiin yleisesti lievästi saastuneeksi ja raja-arvon ylittävä voimakkaasti saastuneeksi, usein jopa ongelmajätteeksi. Vuonna 2007 annetun Valtioneuvoston asetuksen (214/2007) myötä luokittelu on kuitenkin muuttunut, sillä asetuksen yhteydessä on esitetty uusi haitta-aineiden pitoisuuksiin perustuva maa-ainejätteen luokittelu (Taulukko 1). Tätä uutta luokittelua voidaan soveltaa myös kaivettujen maa-ainesten hyötykäyttökelpoisuuden alustavaan arviointiin. Hyötykäyttökelpoisuuden arviointiin ollaan kuitenkin valmistelemissa myös erillisiä ohjeita (tilanne kesäkuussa 2009). Selkeiden hyötykäyttökriteerien voidaan olettaa lisäävän lievästi pilaantuneiden ja käsiteltyjen pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä muuallakin kuin kaatopaikoilla, mikä puolestaan lisää materiaalitehokkuutta sekä kohdekohtaisesti että aluetasolla.

Taulukko 1. Kaivetun maa-ainejätteen pilaantuneisuusluokittelu (Jaakkonen 2008).

Tunnus	Määritelmä	Taso
A	Pilaantumaton	< kynnyсарvo
B	Kohonnut pitoisuus	kynnyсарvo – alempi ohjearvo
C	Pilaantunut	alempi ohjearvo – ylempi ohjearvo
D	Pilaantunut	ylempi ohjearvo – ongelmajätearvo
O	Ongelmajäte	> ongelmajätearvo

2.1.6

Viranomaispäätökset

Kohdetasolla pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöjä ohjaillaan viranomaiskäsittelyn kautta. Näissä on erotettavissa lupa- ja ilmoitusmenettely. Käytännössä yli 90 % kunnostuspäätöksistä on viime vuosina annettu ilmoitusmenettelyssä (Jaakkonen 2008). Ilmoitusmenettelyn edellytykset on kirjattu ympäristönsuojelulain 78 §:ään. Näitä ovat yleisesti käytössä olevan hyväksytyt menetelmän käyttö ja se, ettei toiminnasta aiheudu ympäristön muuta pilaantumista (YSL 78 §). Lupamenettelyllä käsitellään lähinnä kohteet, joissa pilaantuneiden maa-ainesten (tai pohjaveden) käsittelyä tai hyötykäyttöä tapahtuu kunnostettavassa kohteessa. Koekohteet, joissa testataan uusien kunnostusmenetelmien toimivuutta, käsitellään myös usein ilmoitusmenettelyllä (YSL 61 §:n mukainen ilmoitus koeluonteisesta toiminnasta). Ilmoitusmenettely on ns. kevennetty menettely, jossa vastuussa oleva taho esittää ilmoituksessa suunnitelman kunnostuksen toteuttamisesta. Ilmoitusmenettelyyn on mahdollista liittää asianosaisten kuten naapurien kuuleminen, mutta velvoitetta tähän ei ole. Käytännössä monissa ilmoitusmenettelyissäkin on järjestetty naapurien

kuuleminen (Pyötsiä 2009). Ilmoitukseen ei edellytetä eri riskinhallintavaihtoehtojen tarkastelua. Viranomainen voi kuitenkin joko hyväksyä tai hylätä esitetyn riskinhallintavaihtoehdon. Käytännössä lupaviranomaiset harvoin hylkäävät ilmoitushakemuksia, sen sijaan toimintaa koskevien määräysten ja velvoitteiden lisääminen on yleistä. Viranomaisilla on siten vielä päätöksenteon yhteydessä mahdollisuus vaikuttaa esitettyihin riskinhallintaratkaisuihin.

Ympäristövaikutuksiltaan merkittäviin kunnostus- ja rakennuskohteisiin sovelletaan kohdetasolla ympäristölupamenettelyä. Tällaisia ovat tyypillisesti isot, taajama-alueilla olevien teollisuus- ja varastointialueiden kunnostuskohteet. Ympäristölupassa edellytetään kuulemismenettelyä sekä eri riskinhallintavaihtoehtojen tarkastelua. Näin ollen viranomaisella on päätöksessään mahdollisuus vaikuttaa ekotehokkuuden toteutumiseen BAT- tavoitteen perusteella. Riskinhallinnasta vastuussa olevan tahon tavoitteena on toisaalta yleensä kustannustehokas ratkaisu. Lupamenettelyä sovellettaessa ekotehokkuuden osatekijät tulevat siten useimmiten huomioiduiksi. (Pyötsiä 2009).

EU:n vapaata kilpailua koskevien säännösten vuoksi viranomaisella ei ole mahdollisuuksia määrätä käyttämään tiettyä kunnostustekniikkaa tai toimittamaan kaivetut maa-ainekset esimerkiksi lähimpään käsittelypaikkaan. Viranomaispäätöksissä voidaan lähinnä vain edellyttää maa-ainesten toimittamista luvanvaraiseen käsittelyyn. Näiltä osin ekotehokkuutta ei siten arvioida. Kunnostukselle asetetaan ilmoituspäätöksissä ja ympäristöluvassa yleensä myös seuranta ja loppuraportointivelvoite, jonka tarkoituksena on varmistaa kunnostuksen onnistuminen. Loppuarvioinnissa ei kuitenkaan kiinnitetä erityistä huomiota ekotehokkuuden toteutumiseen kuten esimerkiksi siihen, miten etäälle kunnostetusta kohteesta pilaantuneet maa-ainekset on toimitettu.

2.2

Taloudelliset ohjauskeinot

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaa voidaan osaltaan ohjailla erilaisten taloudellisten ohjauskeinojen avulla ekotehokkaampaan suuntaan. Taloudellisia ohjauskeinoja ovat esimerkiksi erilaiset rahoitusjärjestelmät, joissa rahoituksen saannille voidaan asettaa ekotehokkuuden toteutumista edistäviä kriteerejä. Koska rahoitus kohdistuu yksittäisiin kohteisiin, tämä vaikutus ei ilmene suoraan alueellisella tasolla. Suomessa käytössä olevia rahoitusjärjestelmiä ovat valtion myöntämät ympäristötyömäärärahat (kuten valtion jätehuoltotyöt), kuntien tuki kunnostustöille ja Öljysuojarahaston tuki öljyllä pilaantuneiden alueiden kunnostukseen (kuten SOILIHankkeet). Näitä järjestelmiä on kuvattu tarkemmin liitteessä 2. Joihinkin kunnostushankkeisiin on mahdollista saada myös EU -rahoitusta. Lisäksi vuoden 1999 alusta lähtien Suomessa ovat voimassa ympäristövahinkovakuutuksia koskevat säädökset, joiden perusteella tietyillä yrityksillä on oltava pakollinen ympäristövahinkovakuutus. Vahinkovakuutuksen kautta voidaan tietyin edellytyksin korvata maaperän kunnostustoimien kustannuksia.

Valtion jätehuoltotöiden kautta on rahoitettu osaksi etupäässä hankkeita, jotka alueellinen ympäristökeskus on priorisoinut merkittävien ympäristö- tai terveysvaikutusten perusteella. Valtion rahoituksen edellytyksenä on myös mm. kunnostuskustannusten kohtuuttomuus. VALTSUssa vuoteen 2016 tavoitteeksi on kirjattu pilaantuneiden maiden kunnostustöiden osalta valtion jätehuoltotöiden kunnostusmäärärahojen lisääminen nykyisestä tasosta. Määrärahat kohdennettaisiin erityisesti vedenhankintaa ja ihmisten terveyttä uhkaavien PIMA-kohteiden kunnostukseen ja ylipäätään terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta merkittäviin kohteisiin.

Öljyn pilaaman maaperän puhdistuskustannuksia voidaan korvata öljynsuoja-rahastosta mm. entisten huoltoasemakiinteistöjen kunnostamista rahoittavan SOILI -ohjelman kautta. SOILI-ohjelman hakuaika päättyi v. 2005 lopussa, mutta sen puitteissa tullaan vielä tulevaisuudessakin rahoittamaan merkittävä määrä entisten huoltamokiinteistöjen kunnostuksia.

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusta voidaan rahoittaa myös pakollisen ympäristövahinkovakuutuksen kautta. Ympäristövahinkovakuutus koskee vain lain voimaantulon eli 1.1.1999 jälkeen harjoitetusta toiminnasta aiheutettua maaperän pilaantumista (ja muita ympäristövahinkoja). Koska suurin osa vielä kunnostamatta olevista pilaantuneista maa-alueista on syntynyt ennen tätä ajankohtaa, voidaan tämän järjestelmän puitteissa kunnostaa vain harvoja kohteita. Lakisääteinen ympäristövahinkovakuutus on tarkoitettu vain tilanteisiin, joissa korvauksista vastuussa oleva taho on maksukyvytön tai lopettanut toimintansa (Tuomainen 2009).

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöjä voidaan ohjalla myös erilaisten verojen ja kannustimien avulla. Suomessa ei ole toistaiseksi olemassa tällaisia taloudellisia ohjauskeinoja. Esimerkiksi monista muista Euroopan maista poiketen Suomessa kaatopaikalle toimitettavasta pilaantuneesta maa-aineksesta ei tarvitse maksaa jäteveroa. Myöskään neitseellisille maarakentamisessa ja muissa toiminnoissa käytettäville maa-aineksille ei ole asetettu veroa. Pilaantuneiden alueiden kiinteistöveron korotuksilla tai puhdistettujen alueiden veron alennuksella voitaisiin edistää kunnostamista. Kannustimina voitaisiin käyttää myös mm. valtionavustuksia tai valtion takaamia korkotukilainoja.

3 Riskinhallintatoimien ekotehokkuuden mittaaminen

3.1

Ekotehokkuus yksittäisessä kohteessa

3.1.1

Ekotehokkuuden osatekijät

Yksittäisen pilaantuneen maa-alueen ekotehokkuutta voidaan arvioida riskinhallintamenetelmän valintaan vaikuttavien ja ekotehokkuutta kuvaavien tekijöiden avulla. PIRRE-projektissa näihin luetaan haitta-aineista aiheutuvat riskit suojeltaville kohteille, ympäristöön kohdistuvat haitalliset vaikutukset, kustannukset sekä sosiaaliset ja muut vaikutukset. Ympäristövaikutukset viittaavat tässä todellisiin, riskinhallintatoimiin liittyviin vaikutuksiin. Näitä ovat erilaiset päästöt ympäristöön, jätteiden syntyminen sekä raaka-aineiden kuten maa-aineksen kulutus. Riskit ovat sen sijaan pilaantumisesta johtuvia tai riskinhallintatoimien seurauksena syntyviä mahdollisia haittoja, joita ei voida täysin todentaa. Pilaantuneiden maa-alueiden osalta riskeiltä suojeltavia kohteita ovat etenkin ihmiset, ekosysteemit ja pohjavesi. Suojelun kohteena saattaa olla myös esimerkiksi kulttuurihistoriallisesti merkittävä rakennus tai alue. Olennaista on, että haitan todellista suuruutta suojeltavalle kohteelle ei tarkalleen tiedetä eli sitä joudutaan arvioimaan erilaisten riskinarviointimenetelmien avulla. Useimmiten riskinarviointi toteutetaan määrällisenä perustuen vertailuun viitearvoihin kuten maaperän ohjearvoihin tai käyttämällä erilaisia laskennallisia malleja. Arvioinnin tuloksia voidaan käyttää edelleen ekotehokkuuslaskelmissa. Ekotehokkuuden osatekijöistä vaikeimmin määrällisesti arvioitavissa ovat mahdolliset sosio-kulttuuriset vaikutukset, joita ovat mm. vaikutukset maanomistajan imagolle, alueen viihtyvyydelle sekä psykologiset vaikutukset (ihmisten pelot). Näille ei ole toistaiseksi olemassa yksinkertaisia laskennallisia arviointimenetelmiä, joten arviointi joudutaan tekemään asiantuntija-arvioinnin tai erilaisten arvottamismenettelyjen (esim. maksuhaluuskyselyt) avulla. Viime mainittuihin tekniikoihin liittyy yleensä arvioitavan tekijän rahamääräistäminen eli monetarisointi.

Yksittäisessä PIMA-kohteessa vaihtoehtoisten kunnostusmenetelmien ekotehokkuuden määrälliseksi arvioimiseksi PIRRE-projektin ensimmäisessä vaiheessa kehitettiin laskentatyökalu PIRTU. PIRTU-laskentaohjelmaan¹⁰ on sisällytetty riskien, kustannusten ja ympäristövaikutusten¹¹ lisäksi riskinhallintatoimien psykososiaaliset

¹⁰ Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/syke/pirre> > PIRTU -ekotehokkuuslaskentatyökalu. [Viitattu 15.7.2009.].

¹¹ Tähän jouduttiin tekemään joitain rajauksia ympäristövaikutusten arvioitavuuden vuoksi. Muut kuin alueella tapahtuvat päästöt (kuljetuksia lukuun ottamatta) jätettiin siksi tarkastelun ulkopuolelle. Tällaisia vaikutuksia ovat mm. jätteen käsittelypaikalla aiheutuvat päästöt ympäristöön esimerkiksi kaatopaikalta tulevien suotovesien vaikutukset. Lähtökohtana pidettiin, että kaikki käsittelylaitokset ovat luvanvaraisia, eikä niiden toiminnasta tulisi siten aiheutua päästöjä, joiden seurauksena ovat merkittävät ympäristövaikutukset.

vaikutukset, vaikutukset alueen imagoon ja alueen arvostukseen sekä kunnostuksesta aiheutuvat ekologiset vaikutukset (Kuva 4). Tarpeen mukaan laskentataulukoihin voidaan lisätä vielä muita vaikutuksia (ja riskejä) kuten kulttuurihistoriallisiin kohteisiin kohdistuvat vaikutukset. Kaikki PIRTUn sisältämät ekotehokkuuden arviointitekijät (ns. päätöskriteerit) ja käytetyt laskentamenetelmät on kuvattu lyhyesti liitteessä 3. Luvussa 3.1.2 on esitetty muutamia PIRTUn avulla tehtyjä tapaustarkasteluja.

3.1.2

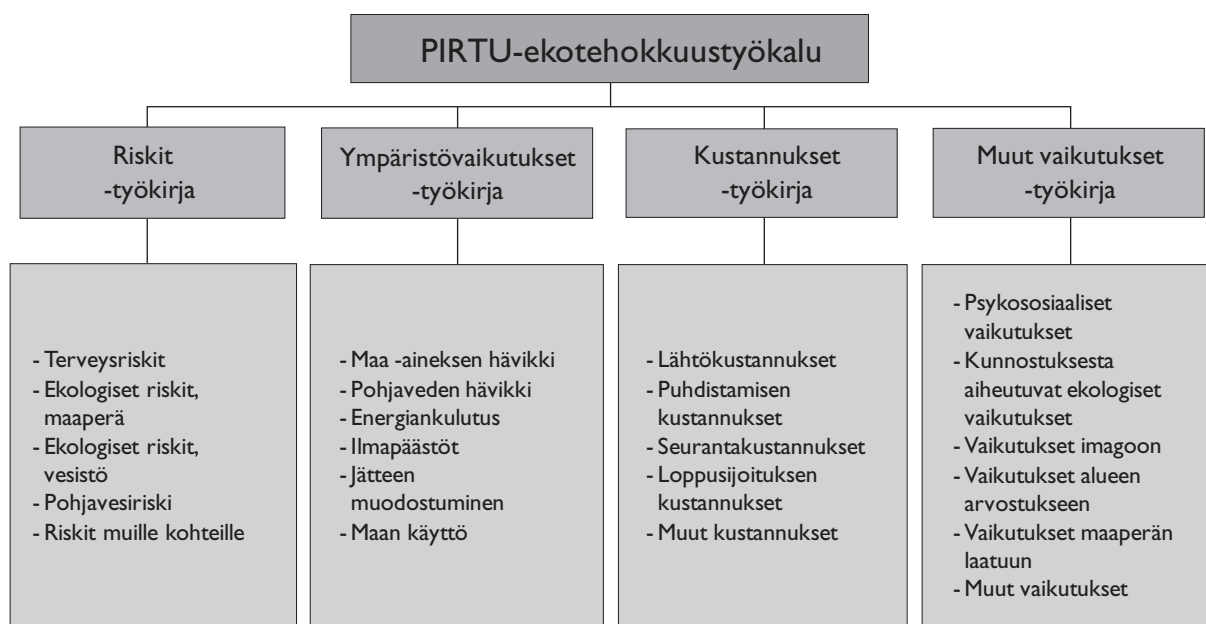
Tapaustarkastelut

Kohdekohtaisen ekotehokkuuden toteutumista eri riskinhallintavaihtoehdoilla arviointiin PIRTU-laskentatyökalun avulla (ks. kuvaus luku 3.1.1 ja liite 3). Arvioinnissa tarkasteltiin neljää kuvitteellista PIMA-kohdetta, jotka edustivat Suomessa tavallista ja erityyppistä pilaantumista. Tarkastellut tyyppikohteet olivat: ampumarata, kaupapaputarha, dioksiineilla pilaantunut saha-alue ja huoltamo. Kohteille luotiin todellisten PIMA-kohteiden ja asiantuntijahaastattelujen perusteella tiedot maaperän ominaisuuksista, käyttöhistoriasta, pilaantuneisuudesta ym. riskinhallintamenetelmän valinnan kannalta olennaisista tekijöistä. Tarkastelussa oli mukana sekä vakiintuneita että Suomessa lähinnä vasta kokeiluasteella olevia kunnostusmenetelmiä. Kunnostusmenetelmiä tarjoavien yritysten lisäksi menetelmiä koskevia tietoja koottiin mm. suomalaisesta LIPASTO-päästötietokannasta. Riskinhallintamenetelmiin sisällytettiin myös maankäytön muutos. Lisäksi selvitettiin riskinhallintatoimien tavoitepitoisuuksien vaikutusta käyttämällä kahta eri tavoitetasoa eli SAMASE-ohjearvoja ja luonnosasteella (1/2006) olleessa maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointia koskevassa valtioneuvoston asetuksessa esitetyjä ohjearvoja.

Laskelmien perusteella maa-ainesten kaivu yhdistettynä kaatopaikkakäsittelyyn ei ollut kustannustehokkuudeltaan paras yhdessäkään tapauksessa, vaikka menettelyä usein perustellaan juuri alhaisilla kustannuksilla (Utriainen 2006). Vertailussa ei tehty eroa sille, miten pilaantuneet maat käsitellään kaatopaikalla (esim. hyödynnetäänkö ne) vaan kustannusarvio perustui kaatopaikan ilmoittamaan vastaanottomaksuun ja pilaantuneen aineksen määrään. Vaikka eräät vasta kokeiluasteella olevat tai pitkäkestoiset kunnostusmenetelmät kuten monitoroitu luontainen puhdistuminen ja pohjaveden puhdistus käyttäen 'uusia' kunnostusmenetelmiä (Metclean¹² ja kalvosuodatus) osoittautuivat tarkastelussa ekotehokkaiksi, niiden ekotehokkuutta voi käytännössä rajoittaa epävarmuus saavutettavassa riskien vähenemässä sekä kunnostuksen pitkä aikajänne. Tästä ja vähäisistä käyttökokemuksista (Suomessa) johtuen menetelmiä koskevat kustannusarviot ovat epävarmoja.

PIRTU-laskentatyökalua käytettiin myös kolmen Helsingin alueella olevan todellisen PIMA-kohteen riskinhallintavaihtoehtojen ekotehokkuuden vertailuun (Lunden 2008). Tarkastellut kohteet olivat teollisuusalue, huoltoasema ja kaasulaitos (Taulukko 2). Teollisuusalueella oli aiemmin ollut höyläämö ja sittemmin siellä oli harjoitettu autojen korjaus- ja huoltotoimintaa.

¹² Metclean-menetelmässä liuoksessa olevat metallit ja metalloidit adsorboituvat reaktorissa (fluidised bed) jatkuvasti muodostuvien rauta- ja mangaanioksidien pinnalle. Metallit kapseloituvat edelleen liikukumattomiksi oksidikerroksen kasvaessa kaksin- tai kolminkertaiseksi, jonka jälkeen se poistetaan.



Kuva 4. PIRTU-laskentaohjelman sisältämät päätekijät (päätekijät) ja niihin sisältyvät osatekijät.

Taulukko 2. Kunnostusmenetelmien ekotehokkuuden vertailussa tutkitut kohteet, niiden sisältämät haitta-aineet ja tarkastellut puhdistusvaihtoehdot (Lunden 2008, mukaeltu). MLP = monitoroitu luontainen puhdistuminen, BTEX = bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleenit, TVOC = haihtuvat orgaaniset yhdisteet, PAH = polyaromaattiset hiilivedyt.

	Teollisuusalue	Huoltamo	Kaasulaitos
Pilaantuneen alueen pinta-ala (m ²)	405	785	n. 6 800
Todetut haitta-aineet ja näiden pitoisuus maaperässä (mg kg ⁻¹)	naftaleeni: 11 fluoranteeni: 11-12 arseeni: 50-90 nikkeli: 11	öljyhiilivedyt: 250-750	BTEX: max 430-640 ^a TVOC: max 2 900 PAH: 34 000 öljyhiilivedyt: max >10 000 syanidi ja raskasmetallit: ei tarkasteltu ^b
Kunnostusmenetelmät	massanvaihto asfaltointi	massanvaihto MLP	massanvaihto+kaasujenhallinta massanvaihto 1 m massanvaihto 2,5 m

^aeri BTEX-yhdisteiden mitatut maksimipitoisuudet

^bnäistä aiheutuva riski oletettiin vähäiseksi, koska alue on pääosin asfaltoitu, lisäksi suurin osa syanidista on tarkastelualueen ulkopuolella

Tarkastelussa todettiin, että 0-vaihtoehto eli kunnostamatta jättäminen voi joissain tilanteissa olla ekotehokkain eli lähinnä silloin, kun jo riskien lähtötaso on alhainen. Massanvaihto oli yleensä riskien ja sosiaalisten vaikutusten vähenemän kannalta paras, mutta kustannustehokkuudeltaan huonoin vaihtoehto (Taulukko 3). Asfalttistabiloinnin ja termisen käsittelyn ekotehokkuutta vähensi niiden suuri energiankulutus (= huono energiatehokkuus). Ekotehokkuuden eri kriteerit olivat usein ristiriidassa keskenään. Joissain tilanteissa voikin olla vaikea tunnistaa kokonaisekotehokkuudeltaan paras vaihtoehto yksinomaan eri ekotehokkuuden osatekijöitä (päätekijöitä) tarkastelemalla.

Taulukko 3. Esimerkki ekotehokkuustekijöiden (kriteerien) vertailusta entisen kaasulaitoksen alueella (Lunden 2008). Kutakin Muut vaikutukset -kriteereihin kuuluvaa tekijää arvioitiin ensin seitsemänportaisen laadullisen asteikon avulla huomattava negatiivinen vaikutus - huomattava positiivinen vaikutus, joka muunnettiin numeroasteikoksi -3...+3.

A. Kriteerien ”Riskit”, ”Ympäristövaikutukset”, ”Muut vaikutukset” ja ”Kustannukset” arviointi.

	0-vaihtoehto	Pintamaan poisto ja kaasujen hallinta järjestelmä	Massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely muualla	Massanvaihto ja pilaantuneen maan käsittely kohteessa termisesti
Riskit: - Terveysriskien vähenemä	Kasvatavat noin 24 %	n. 75 %	n. 58 %	n. 58 %
Ympäristövaikutukset: - Päästöt ilmaan - Energiankulutus - Jätteen muodostuminen - Maa-aineksen hävikki	Ei päästöjä Ei energiankulutusta Ei jätettä Ei hävikkiä	24 as-ekv 15 as-ekv 10 200 m ³ 10 200 m ³	40 as-ekv 26 as-ekv 20 500 m ³ 20 500 m ³	356 as-ekv 502 as-ekv Ei jätettä Ei hävikkiä
Muut vaikutukset - Psykososiaaliset vaikutukset - Ekologiset vaikutukset - Imago-vaikutukset - Vaikutukset alueen arvostukseen	Vähäinen positiivinen vaikutus Ei vaikutusta Negatiivinen vaikutus Negatiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus	Positiivinen vaikutus Vähäinen positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus Positiivinen vaikutus
Kustannukset	Ei kustannuksia	n. 2,6 milj. euroa	n. 4 milj. euroa	n.3,2 milj. euroa

B. Muiden vaikutusten vertailuarvot eri kunnostusvaihtoehdoissa.

	Psykososiaaliset vaikutukset		Kunnostuksesta aiheutuvat ekologiset vaikutukset		Vaikutukset alueen omistajan imagoon		Vaikutukset alueen arvostukseen	
	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne	Kunnostusvaihe	Lopputilanne
Lähtötilanne	-2		-1		-1		-2	
0-vaihtoehto	-1		-1		-2		-2	
Pintamaan vaihto ja kaasujen hallinta	-2	+1	-1	0	+2	+1	-2	+1
Massanvaihto ja käsittely muualla	-3	+1	-1	0	+2	+1	-2	+1
Massanvaihto ja terminen käsittely	-3	+1	-2	0	-1	+1	-3	+1

Edellä esitetyissä tuloksissa eri ekotehokkuustekijöitä ei yhdistetty kokonaisekotehokkuutta kuvaavaksi luvuksi. Toisinaan riskinhallintamenetelmien valintaan vaikuttavien tekijöiden eli päätöskriteerien tarkastelu erillisinä onkin tarkoituksenmukaista, mutta vaihtoehtojen vertailun helpottamiseksi nämä voidaan myös yhdistää toisiinsa. Erilaisista yksiköistä ja skaalasta johtuen kriteerit ja alikriteerit on ensin yhteismitallistettava. Yhdistämisen yhteydessä kriteerejä on mahdollista priorisoida antamalla niille painokertoimia. Jos esimerkiksi kustannuksia pidetään riskinhallin-

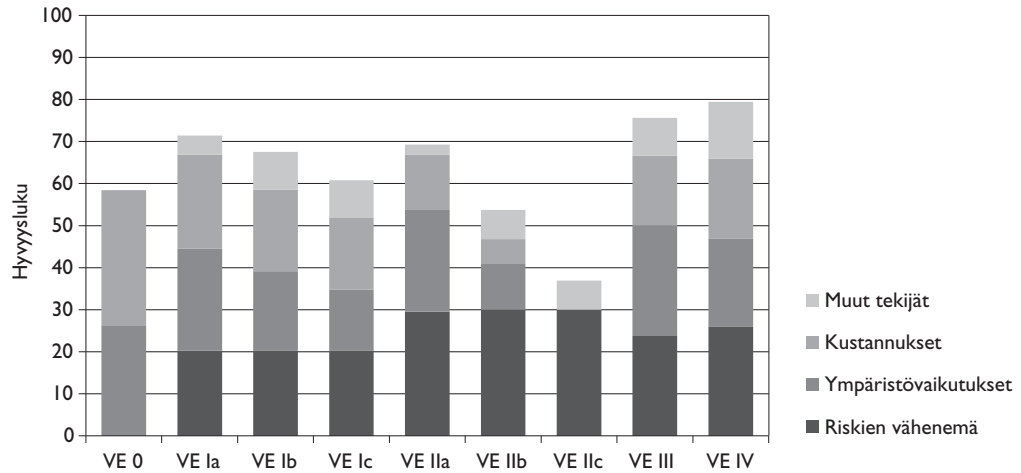
tamenetelmän valinnan kannalta tärkeämpänä tekijänä kuin ympäristövaikutuksia, kustannus-kriteerille annetaan korkeampi painokerroin kuin ympäristövaikutuksille. Kahdessa kuvitteellisessa esimerkkikohteessa (ampumarata ja huoltamo) tehtiin tällainen ns. päätösanalyttinen tarkastelu PIRTU-työkalun avulla (Sorvari & Seppälä 2009). Analyysiä varten järjestettiin seminaari, jossa osallistujia pyydettiin painottamaan PIRTU-työkalun sisältämiä, riskinhallintamenetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä (päätoskriteerejä). Osallistujien antamista painokertoimista laskettiin keskiarvot, jotka syötettiin PIRTU-laskentaohjelmaan. Painokertoimet ja kunkin kriteerin arvot yhdistämällä saatiin ns. hyvyysluku, joka kuvaa kunkin riskinhallintamenetelmän paremmuutta (Kuva 5). Tulosten perusteella voitiin siis priorisoida tarkastellut riskinhallintavaihtoehdot. Tuloksista voidaan myös nähdä, minkä tekijöiden suhteen kukin riskinhallintamenetelmä on paras.

Kummassakin tarkastellussa kuvitteellisessa kohteessa 0-vaihtoehto (ei riskinhallintatoimia) oli kustannusten suhteen paras, sillä tässä vaihtoehdossa kustannuksia kuvaava osuus hyvyysluvusta on suurin (Kuva 5). Tämä onkin ymmärrettävää, koska vaihtoehto ei sisällä aktiivisia kunnostustoimia tai seurantaa. Sen sijaan saavutettavan riskinvähennyksen suhteen 0-vaihtoehto on luonnollisesti huonoin.

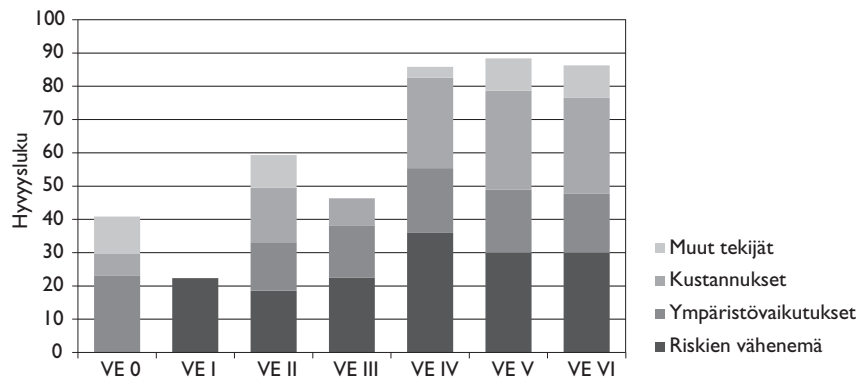
Huoltamokohteen osalta SAMASE-ohjearvon ylittävän maa-aineksen kaivu ja poltto (VE IIc) osoittautui kokonaisekotehokkuudeltaan huonoimmaksi vaihtoehdoksi (pienin hyvyysluku). Parhaimmaksi riskinhallintavaihtoehdoksi (suurin hyvyysluku) osoittautui vastaavasti huokosilmaimu yhdistettynä monitoroituun luontaiseen puhdistumiseen (VE IV), mutta ero oli vähäinen verrattuna vaihtoehtoon, jossa SAMASE-rajaa-arvon ylittävä maa-aines kaivetaan, kompostoidaan siirrettävissä kompostikon-teissa ja hyödynnetään tämän jälkeen paikan päällä.

Ampumaratakohteessa huonoin vaihtoehto oli vastaavasti maa-ainesten kaivu SAMASE-ohjearvotasoon asti ja sijoitus kaatopaikalle maa-ainesta hyödyntämättä. Vastaavasti maankäytön rajoitus ja pohjaveden käsittely reaktiivisen seinämän avulla (VE IV) oli paras vaihtoehto - joskin ero vaihtoehtoihin, joissa maankäyttöä rajoitetaan ja pohjavesi käsitellään (VE V ja VE VI) oli vähäinen. Ampumaratakohteen riskinhallinnan kustannukset olivat kaikissa vaihtoehdoissa suuret johtuen alueen pohjaveden käytöstä talousvetenä. Kaikissa vaihtoehdoissa tuli siten ottaa huomioon puhtaan talousveden turvaaminen joko muuttamalla raakavesilähdettä tai käsittelemällä alueen pohjavettä.

PIRTU-työkalun todettiin toimivan hyvin päätöksenteon apuvälineenä ja mahdollistavan eri osapuolten välisen kommunikoinnin ja keskustelun päätöksentekoon vaikuttavien eri tekijöiden tärkeydestä. Koska riskikommunikaatio ja osallistumiskäytännöt ovat PIRRE1:n tulosten perusteella ekotehokkuuden tärkeitä osatekijöitä, voidaan yllä kuvatun päätösanalyttisen tarkastelun avulla tunnistetun priorisoidun kunnostusvaihtoehdon katsoa myös edustavan ekotehokkainta vaihtoehtoa.



A. Huoltamo. Kunnostusvaihtoehdot: VE 0 = ei kunnosteta; VE I = kaivu, tavoite: SAMASE-raja-arvo ja a) kompostointi alueella b) sijoitus kaatopaikalle, c) poltto; VE II = kaivu, tavoite SAMASE-ohjearvo ja a) kompostointi alueella b) sijoitus kaatopaikalle, c) poltto; VE III = monitoroitu luontainen puhdistus (MLP); VE IV = huokosilmäimä + MLP.



B. Ampumarata. Kunnostusvaihtoehdot: VE 0 = ei kunnosteta; VE I = kaivu, tavoite SAMASE-ohjearvo ja sijoitus kaatopaikalle + uusi vedenottamo; VE II = kaivu, tavoite PIMA-VNA-ylempi ohjearvo ja sijoitus kaatopaikalle + uusi vedenottamo; VE III = kaivu, tavoite SAMASE-ohjearvo ja pesu paikan päälle; VE IV = maankäytön rajoitus + reaktiivinen seinämä; VE V = maankäytön rajoitus + pohjaveden puhdistus (Metclean); VE VI = maankäytön rajoitus + pohjaveden puhdistus (kalvosuodatus).

Kuva 5. Eri riskinhallintavaihtoehtojen paremmuuden (ekotehokkuuden) määrittely kahdelle kuvitteelliselle PIMA-kohteelle (A. Huoltamo, B. Ampumarata) PIRTU-laskentatyökalun ja siihen sisällytetyn päätösanalyttisen tarkastelun avulla. Hyvyyysluku kuvaa arvioitujen menetelmien paremmuutta suhteessa toisiinsa eli mitä suurempi hyvyyysluku on, sitä parempi kyseinen vaihtoehto on tarkastellun tekijän (tai kaikkien tekijöiden) suhteen. Hyvyyssluvun laskemisessa on otettu huomioon eri tekijöille eli päätöskriteereille (riskien, vähenemä, ympäristövaikutukset, kustannukset, muut tekijät ja näiden alakriteerit) annetut painokertoimet. Ennen hyvyysslukujen laskemista päätöskriteerien arvot on skaalattu välille 0-100 (0 = huonoin, 100 = paras). Kunnostustavoitteina käytetyt viitearvot eli SAMASE-arvot ja PIMA-VNA-arvot on esitetty liitteessä I.

Aluetason ekotehokkuus

Siirtyminen kohdetasolta aluetasolle

Aluetasolla ekotehokkuus koostuu periaatteessa samoista komponenteista kuin yksittäisen kohteen riskinhallinnan ekotehokkuus, eli riskien vähenemästä, ympäristövaikutuksista, kustannuksista ja sosiaalisista vaikutuksista. Mm. tiedonpuutteista johtuen alueellista ekotehokkuutta ei kuitenkaan voida mitata tai arvioida samoin perustein ja menetelmin kuin kohdekohtaista ekotehokkuutta.

Aluetason ekotehokkuutta on kaiken kaikkiaan tutkittu vähemmän kuin yksittäisten laitosten, toimintojen tai tuotteiden ekotehokkuutta. Suomessa ehkä merkittävin yleistä alueellista ekotehokkuutta käsittelevä hanke on ollut vuosina 2002-2004 toteutettu ECOREG (The Eco-efficiency of Regions – Case Kymenlaakso) -hanke, jossa tutkittiin Kymenlaakson maakunnan ekotehokkuutta ja määriteltiin aluetason ekotehokkuuden mittarit (Melanen ym. 2004). Hankkeessa ekotehokkuuteen sisällytettiin sekä luonnonvarojen kulutusta ja ympäristön kuormittumista kuvaavia että sosiaalisia ja taloudellisen hyödyn lisäyksen mittareita.

ECOREG-hankkeen mittarit tarjoavat hyvän pohjan myös pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden arviointiin. Ne eivät kuitenkaan sellaiseenaan sovellu tähän käyttötarkoitukseen, koska niistä puuttuu pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamisen toimialalle tyypillisiä ominaisuuksia mittaavia tekijöitä. Tämän vuoksi PIRRE-hankkeessa tuotettiin pilaantuneiden maa-alueiden aluetason ekotehokkuuden arviointiin soveltuvat mittarit, joita testattiin Helsingin kaupungin alueella (Nerg 2008 ja liite 5). Lisätestauksia tehtiin Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisten ympäristökeskusten toimialueilla (liite 5).

Aluetason ekotehokkuuden arvioinnin lähtökohtana on taustaoletus kohdekohtaisesta riskinhallinnasta. Tämän pohjalta voidaan tarkastella sitä, miten ekotehokkuutta voidaan edistää alueellisella tasolla esimerkiksi materiaalivirtoja hallitsemalla. Tärkeitä kysymyksiä ovat tällöin seuraavat: Miten pilaantuneista maa-alueista aiheutuvia voitaisiin hallita siten, että vältettäisiin turha kaivu ja kuljetukset ja minimoitaisiin puhdistamisesta aiheutuvat päästöt sekä ylimääräinen puhtaiden maa-ainesten käyttö? Olisiko esimerkiksi mahdollista lisätä pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä puhdistettavassa kohteessa tai sen lähialueilla? Toisaalta myös riskinäkökohdat ovat olennaisia. Esimerkiksi kunnostamatta jättämällä ja seurannan avulla voidaan toisinaan välttää kaivu ja kuljetukset. Päälähtökohtana on kuitenkin aina pilaantumisen aiheutuvien riskien riittävä hallinta.

Aluetason ekotehokkuuden mittarit

Ekotehokkuuden mittarit muodostuvat erilaisista kuvaajista tai indikaattoreista, jotka ilmaisevat ilmiön tilaa tai kehitystä. Mittareille on tyypillistä, että niiden avulla voidaan ohjata toimintaa ja niiden avulla tuotettuja tietoja voidaan käyttää hyödyksi päätöksenteossa ja suunnittelussa. Mittarin tulee olla luotettava (tyypillisesti tieteellisesti hyväksyttävä) ja käyttökelpoinen (tarpeellinen, yksinkertainen ja helppo tulkita, herkkä muutoksille, mahdollistaa ennakoinnin, sisältää tavoite- ja suositusarvon, mahdollistaa vertailun ja tuottaa tietoa kohtuullisin kustannuksin). Lisäksi mittareiden tulee olla toistettavissa ja toisistaan riippumattomia. Lähtötiedon saatavuus on yksi kriittinen mittarien valintaan vaikuttava tekijä. (Ekotehokkuus ja factor-ajattelu 1998; Rosenström & Palosaari 2000; Peura 2001).

Tässä projektissa määriteltiin ekotehokkuuden mittaristo, jota voidaan käyttää ekotehokkuuden toteutumisen arviointiin alueellisella tasolla. Sopivia aluetason ekotehokkuuden mittareita hahmoteltiin julkaistujen pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan elinkaaritutkimusten ja ekotehokkuuslaskentaohjelmien ja -indikaattorien pohjalta. Lisäksi tarkasteltiin tehtyjä materiaalityöntutkimuksia, ja selvitettiin pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisen tuottaman taloudellisen hyödyn ja kustannusten mittaamista (ks. tarkemmin Nerg 2008). Nergin (2008) mukaan aiemmissä tutkimuksissa yrityksille suunnattuja toiminnan tuottamien taloudellisten hyötyjen ekotehokkuuden indikaattoreita ovat olleet mm. arvonlisäys, nettoarvonlisäys, tuotto, tuotteiden ja palveluiden määrä, myynti, megawattitunti sekä lattiapinta-ala. Aluetason ECOREG-hankkeessa käytettiin alueen yritysten yhteenlaskettua tuottoa yhtenä toimialakohtaisena indikaattorina, mutta myös laajempia tarkasteluja tehtiin käyttämällä bruttokansantuotetta tai arvonlisäystä (Melanen ym. 2004). Vastaavasti pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisen tuottamaa arvonlisäystä voidaan havainnoida maa-alueen arvonlisäyksen, mutta myös terveysriskin vähentymisen avulla PIRTU-laskentaohjelman mukaisesti.

Yksittäisten pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimet ovat usein mittakaavaltaan pieniä tai pienehköjä ja toisaalta myös alueellisessa mittakaavassa PIMA-toimiala on suhteellisen pieni. Tästä johtuen tietyt vaikutukset kuten eräät alueen sosioekonomiset tekijät esim. työllisyyskehitys ovat usein epäolennaisia ja tiedonpuutteiden vuoksi lisäksi vaikeasti mitattavia ja todennettavia. Alueellisella tasolla myös ympäristön puhtaus ja asuinpaikan turvallisuus ovat olennaisia sosiaaliseen hyvinvointiin vaikuttavia tekijöitä, ja voidaankin olettaa, että hyvä pilaantuneiden alueiden riskinhallinta parantaa sosiaalista ekotehokkuutta. Aluetasolla sosiaaliseen hyvinvointiin vaikuttaa mahdollisen maaperän pilaantumisen lisäksi moni tekijä. Sosiaalisen ulottuvuuden sisällyttäminen alueellisen ekotehokkuuden määrittämiseen edellyttäisi tietoa siitä, mikä on nimenomaan pilaantuneisuuden vaikutus sosiaalisiin vaikutuksiin. Tällaista tietoa on hyvin harvoin saatavilla. Tämän vuoksi sosiaalinen ulottuvuus jouduttiin rajaamaan alueellisessa tarkastelussa ekotehokkuuden käsitteen ulkopuolelle.

Taulukko 4. Ehdotus pilaantuneen maa-alueen puhdistamisen ekotehokkuuden aluetason mittareiksi (perustuen Nergin (2008) selvitykseen).

	Tekijä	Mittari
1	Alueen kokonaispinta-ala (maapinta-ala)	km ²
2	Keskiväkiluku	Asukasta
3	Väestötiheys	Asukasta/km ²
4	Kunnostettujen kohteiden lukumäärä	lkm/vuosi
5	Käytetyt puhdistusmenetelmät	Suhteelliset osuudet (% tai sanallisesti)
6	Kunnostus paikalla (ml. pohjaveden käsittely)	lkm/vuosi
7	Poiskuljetetun pilaantuneen maa-aineksen kokonaismäärä	t/a tai t/alueen asukas
8	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineet	Pilaantuneiden maa-ainesten määrät haitta-aineittain (t)
9	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineiden pitoisuudet	Luokiteltuina esim. kynnys- ja ohjearvojen (VNA 214/2007) mukaan (t)
10	Pilaantuneisuuden toimialat	Kaatopaikka, ampumarata, täyttöalue jne.
11	Neitseellisen puhtaan täyttömaa-aineksen tarve	t/a tai kg/alueen asukas
12	Kuljetusmatka	Keskikuljetusmatka haitta-ainepitoisuuksien mukaan (km)
13	Ilmastonmuutos	t CO ₂ /a (kaivun ja kuljetusten päästöt)
14	Vedenkulutus	Pumpattu vesimäärä (m ³)
15	"Ekotehokkuusmittari"*	Kustannukset / kunnostettu maa-aines

* kustannustietojen puutteellisuuden vuoksi ei käyttökelpoinen

Helsingin kaupungin alueella ja Pirkanmaan ja Kainuun ympäristökeskusten toimialueilla tehtyjen lisätestausten (Nerg 2008 ja liite 5) perusteella ehdotettiin pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden mittaamisen aluetason indikaattoreiksi 15 mittaria (Taulukko 4). Niin kutsutun ekotehokkuusmittarin osalta todettiin kuitenkin kustannustiedon olevan ainakin toistaiseksi niin vaikeasti saatavilla, ettei mittari ole yleisesti käyttökelpoinen. Lisäksi kustannusten muodostuminen on aina kohdekohtaista ja riippuu monista tekijöistä kuten maalajista, pohjavesiesiintymän ominaisuuksista, haitta-aineista ja niiden pitoisuuksista sekä haitta-aineyhdistelmästä, riskinhallintamenetelmästä, aikataulusta ja kunnostettavan maa-aineksen (tai pohjaveden) määrästä ja sijainnista. Käytännössä myös pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusurakoitsijat ja maa-ainesten vastaanottajat hinnoittelevat palvelunsa parhaaksi katsomallaan tavalla. Näin ollen kustannustiedoista ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätelmiä tuntematta taustatietoja. Tarkasteltavan alueen ominaisuuksia kuvaavat mittarit kuten pinta-ala helpottavat alueiden välistä vertailua ja myös saman alueen eri vuosien välillä tapahtuvaa vertailua. Näiden mittareiden tieto on helposti saatavilla ja yksinkertaista, mutta niiden avulla ei juuri pystytä ohjaamaan toiminnan ekotehokkuutta. Tässä projektissa ei voitu määritellä yksiselitteistä ja suoraan maa-alueen pilaantuneisuudesta aiheutuvaa riskiä tai sen vähenemää kuvaavaa mittaria. Riskejä kuvaa siten epäsuorasti mittari "Poiskuljetettujen maa-ainesten määrä" (haitta-aineittain ja pitoisuustasoittain).

Muut ehdotetut mittarit kuvaavat lähinnä ympäristökuormitusta ja materiaali-
virtoja. Materiaalivirtoihin perustuviksi mittareiksi valittiin pilaantuneiden maa-
ainesten määrä ja neitseellisten täyttömateriaalien määrä. Ympäristökuormitusta ja
materiaalivirtojen kuormitusta kuvaavat kuljetusmatkat massakilometreinä ja kes-
kikuljetusmatkoina sekä poistettujen maa-ainesten sisältämät haitta-aineet ja niiden
pitoisuudet, toimialatiedot, vedenkulutus ja ilmastonmuutos (CO₂-päästöt).

3.2.3

Esimerkkejä ekotehokkuuden arvioinnista alueellisella tasolla

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan alueellisia ekotehokkuuden mittareita (Taulukko 4) testattiin asukastiheyden, teollisuuden sijoittumisen, rakentamisintensiteetin ja ympäristöolosuhteiden suhteen erityyppisillä alueilla: Helsingin kaupunki ja Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisten ympäristökeskusten toimialueet (Vänskä 2007; Antikainen ym. 2008; Nerg 2008). Lähinnä tietojen saatavuuden perusteella tarkasteltaviksi aikajaksoiksi valittiin vuodet 2004-2006. Ohessa esitetään yhteenveto näistä tarkasteluista. Liitteestä 5 on löydettävissä työn yksityiskohtaisempi kuvaus.

Ekotehokkuusmittarit kohdealueilla

Helsingin kaupunki on kohdealueista selvästi pinta-alaltaan pienin, mutta siellä on suurin asukasmäärä (Taulukko 9). Tarkasteluvuosina väestötiheys oli Helsingissä noin 3 000 asukasta/km², kun se oli samaan aikaan Pirkanmaalla noin 42 asukasta/km² ja Kainuussa vain noin 4 asukasta/km². Lukujen perusteella voidaan päätellä, että Helsingissä taajama-aste on korkea ja Pirkanmaalla ja Kainuussa huomattavasti alhaisempi.

Kunnostettujen PIMA-kohteiden lukumäärä vaihteli eri alueilla vuosittain ollen kuitenkin Helsingissä ja Pirkanmaalla selvästi korkeampi kuin Kainuussa, jossa kunnostettiin vuosittain alle 10 pilaantunutta maa-aluetta. Myös kunnostettujen alueiden tyyppi vaihteli vuosittain. Helsingissä kohteet olivat pääsääntöisesti sekapilaantuneita ja Pirkanmaalla ja Kainuussa öljyhiilivedyillä ja PAH-yhdisteillä pilaantuneita. Sekä Pirkanmaalla että Kainuussa öljytuotteiden varastointi, jakelu ja liikennetoiminta tunnistettiin merkittävimmiten pilaantumista aiheuttaneiksi toiminnoiksi. Helsingissä

puolestaan vanhat kaatopaikat, taustakuormitus, rantojen täyttöalueet ja teollisuus ovat tärkeimmät maaperän pilaantumisen aiheuttajat.

Kaikilla kolmella alueella massanvaihto oli vallitsevin kunnostusmenetelmä. Sen lisäksi oli toteutettu joitain pohjaveden käsittelyjä, huokosilmakäsittelyjä ja pilaantuneen maaperän peittoa ja eristämistä. Pirkanmaalla tarkasteluajanjaksona yksi kohde kunnostettiin pesuseulonnan avulla ja yksi kohde käsiteltiin biologisesti (kuitenkin *off site*).

Kaikilla alueilla poiskuljetetun pilaantuneen maa-aineksen määrä vaihteli vuosittain huomattavasti, eikä kehityksessä ollut nähtävissä selvää trendiä. Helsingissä ja Pirkanmaalla vuosi 2005 oli aktiivisin, kun taas Kainuussa eniten kuljetuksia oli vuonna 2004. Helsingin maa-ainesten massamäärät olivat selvästi suurimpia vaihdellen välillä 199 000 ja 608 000 t/a, kun Pirkanmaalla ne puolestaan olivat välillä 25 000 ja 186 000 t/a ja Kainuussa 3 500-77 000 t/a. Asukasmäärään suhteutettuna poiskuljetetun maa-aineksen määrä oli noin 0,5 t/a, eikä siinä ollut havaittavissa merkittäviä eroja alueiden välillä, vaikkakin eri alueiden ja vuosien välillä oli huomattavaa vaihtelua (0,0 t/a-1,1 t/a).

Pilaantuneiden maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelivat eri alueilla ja eri vuosina. Pisimmälle (keskimäärin 170 km päähän kunnostetusta PIMA-kohteesta) kuljetettiin Pirkanmaan voimakkaasti pilaantuneita maa-aineksia vuonna 2006. Kainuussa kuljetusmatkat olivat vastaavasti lyhyehköjä, erityisesti vuonna 2004 (alle 20 km). Millään alueella ei ollut havaittavissa trendiä ekotehokkuusajattelun mukaisiin lyhempiin kuljetusmatkoihin.

Kuljetusmatkat ja maa-ainesten määrät heijastuvat suoraan hiilidioksidipäästöihin. Helsingissä, jossa maa-ainesten määrä oli suuri ja kuljetusmatkat suhteellisen pitkiä, myös kaivun ja kuljetusten aiheuttamat arvioidut CO₂-päästöt olivat kaikkina kolmena vuonna suurimmat. Kuten muissakaan mittareissa, ei hiilidioksidipäästöissä ollut havaittavissa selkeää trendiä.

Ekotehokkuusmittarien arviointia

Alueellisten tarkastelujen päätavoitteena oli testata projektissa kehitettyjä alueellisen ekotehokkuuden mittareita (Taulukko 4). Nerg (2008) totesi Helsingin kaupungin alueella tekemässään mittariston testauksessa pääosan mittareista olevan suhteellisen helposti määritettävissä. Sama havainto tehtiin Pirkanmaan ja Kainuun alueilla. Taustatiedoista pinta-alat ja asukasmäärät löytyivät internetistä ja pilaantuneiden maa-ainesten kunnostamiseen liittyvät tiedot lähinnä kunnostamisen loppuraporteista, jotka olivat saatavilla alueellisista ympäristökeskuksista. Helsingin kaupungin ympäristökeskus kokoaa vuosittain tiedot kunnostuksista yhtenäiseen raporttiin. Nämä raportit olivat arvokasta aineistoa tässä selvityksessä.

Ongelmaksi todettiin, että kunnostustöiden yhteydessä ei esitetä arviota kunnostuksen yhteydessä maaperään jäävien maa-ainesten määristä. Myöskään ehdotetussa mittaristossa ei ole tätä kuvaavaa mittaria, ja näin ollen mittarit kuvaavatkin erityisesti kaivettujen ja poiskuljetettujen maa-ainesten määriä ja sijoitusta. Nerg (2008) suosittelikin puhdistusmenetelmien suhteellisten osuuksien laskemista maa-ainemääräperusteisena, mutta tämä vaatisi maaperään jätettyjen pilaantuneiksi luokiteltujen maa-ainesten määrän arviointia ja raportointia. Nykyisessä tilanteessa suositeltavin tapa tarkastella puhdistusmenetelmiä onkin kuvailla sanallisesti erilaisten puhdistusmenetelmien merkitystä aluetasolla. Puhdistusmenetelmien raportoinnin pohjalta voidaan arvioida erilaisten puhdistusmenetelmien käytön yleisyyttä ja laaja-alaisuutta.

Kuljetusmatkojen määrittäminen vaati erillistä selvitystä, sillä tämä tieto ei ollut suoraan saatavilla esimerkiksi kunnostuksen loppuraporteista. Matka määritettiin esim. internetissä saatavilla olevien karttapalvelujen tai muiden karttojen avulla. Kuljetusmatkoja kuvaavan mittarin arvon määrittelyä helpottaisikin jatkossa se, että

kunnostuksen loppuraportteihin kirjattaisiin kunnostuskohteen ja loppusijoituspaikkojen välinen etäisyys.

Arvio kaivun ja kuljetusten aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä on hyvin karkea, sillä laskenta perustui keskimääräisiin kaivu- ja kuljetustietoihin ja -tekniikoihin. Tarkemman arvion saamiseksi tulisi olla kohdekohtaiset tiedot mm. kaivu- ja kuljetuskaluston ominaisuuksista. Karkea arvio on kuitenkin hyvä apuväline arvioitaessa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksen merkitystä hiilidioksidipäästöjen muodostumisessa ja toisaalta päästöjen kehittymistä ajan funktiona.

Ehdotetuista alueellisen ekotehokkuuden mittareista "Neitseellisen puhtaan täytömaa-aineksen tarve" ja "Vedenkulutus" olivat sellaisia, joiden määrittämiseen ei ollut saatavilla riittävästi tietoja, koska näitä ei kerätä esimerkiksi kunnostuksen loppuraportteihin. Molemmat ovat kuitenkin materiaalivirtoja ja ympäristövaikutuksia kuvaavia olennaisia tekijöitä, ja niiden pitäminen alueellisen ekotehokkuuden mittareiden listalla on suositeltavaa. Arviot täytöissä käytettävien neitseellisten ja hyötykäytettyjen maa-ainesten määristä ja pohjaveden kunnostuskohteissa pumpatusta vesimäärästä olisi kuitenkin suhteellisen helppo lisätä loppuraportteihin. Raportoinnin avulla voitaisiin havainnoida mm. maa-alueiden puhdistamisen vaikutuksia maa-ainesluonnonvaran käyttöön, ja ylijäämämaa-ainesten hyötykäytön edistymistä sekä toisaalta pohjaveden käytön edistymistä.

Taulukko 5. Yhteenveto pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksen aluetason mittareista Helsingin kaupungin ja Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisten ympäristökeskusten alueilla vuosina 2004-2006 (Nerg 2008 ja liite 5).

Mittari	Helsinki			Pirkanmaa			Kainuu			
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	
1	Alueen kokonaispinta-ala	maapinta-ala, km ²								
2	Keskiväkiluku	as	559 000	560 000	563 000	470 000	470 000	84 000		
3	Väestötiheys	as/km ²	3006	3011	3025	42	42	4		
4	Kunnostettujen kohteiden lukumäärä		35	31	48	47	47	53	30	
5	Käytetyt puhdistusmenetelmät		Massanvaihto n. 86-96 %, lisäksi pohjaveden käsittelyä (6) ja huokosilmakäsittelyä (3) sekä joitakin eristämiskohteita ²			Massanvaihto 99 %, lisäksi pesuseulontaa (1) ja biologinen käsittely (1)			Massanvaihto, lisäksi huokosilmakäsittely (1) ja peitto (1)	
6	Kunnostus paikalla (ml. pohjaveden käsittely)		5	2	2	-	-	-	-	
7	Poiskuljetetun pilaantuneen maa-aineksen kokonaismäärä*	t/a	199 000	608 000	305 000	53 200	186 000	24 600	76 700	
		t/as	0,4	1,1	0,5	0,1	0,4	0,1	0,9	
8	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineet		Raskasmetalleilla pilaantuneita maa-aineksia eniten	Seka-pilaantuneita maa-aineksia eniten	Seka-pilaantuneita maa-aineksia eniten	Öljyhiilivedyt ja PAH-yhdisteet vallitsevina				
9	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineiden pitoisuudet	t	Lievästi pilaantuneita eniten (72 %)	Voimakkaasti pilaantuneita eniten (63 %)	Lievästi pilaantuneita eniten (64 %)	Lievästi pilaantuneita eniten (65 %)	Voimakkaasti pilaantuneita eniten (63 %)	Lievästi pilaantuneita eniten (63 %)	Lievästi pilaantuneita eniten (72 %)	Voimakkaasti pilaantuneita eniten (60 %)
10	Pilaantuneisuuden toimialat		Vanhat kaatopaikat, taustakuormitus, rantojen täyttöalueet, teollisuus			Öljytuotteiden varastointi, jakelu ja liikennetoiminta				
11	Neitseellisen puhtaan täyttömaa-aineksen tarve	t/a, t/as	Ei tiedossa			Ei tiedossa				
12	Keskimääräinen kuljetusmatka	lievästi pilaant., km	61	47	45	28	30	107	17	63
		voimakkaasti pilaant., km	160	23	97	99	35	170	8	64
		ongelmajätteet, km	118	51	109	107	47	122	8	-
		keskimäärin, km	85	32	64	53	29	42	14	65
13	Ilmastonmuutos	1 000 tkm	17 000	19 000	19 000	2 800	5 500	1 000	1 000	230
		t CO ₂ -ekv/a	1 190	1 670	1 430	290	620	110	150	20
14	Vedenkulutus	m ³	Ei tiedossa			Ei tiedossa				

* alle ohjearvon alittaneita maa-aineksia ei otettu huomioon.

4 Riskinhallinnan ekotehokkuuden nykytilanne

Yksittäisistä pilaantuneista maa-alueista aiheutuvia riskejä voidaan hallita monin eri tavoin kuten maankäytön muutosten ja rajoitusten kautta tai tekemällä aktiivisia kunnostustoimia. Maankäytön muutoksilla ja rajoituksilla pyritään altistusreittien katkaisuun haitta-aineiden jäädessä ympäristöön. Usein näihin toimiin liitetään myös alueen tilan seuranta. Aktiivisilla kunnostustoimilla sen sijaan voidaan altistuksen eliminoinnin tai vähentämisen lisäksi katkaista haitta-aineiden kulkeutumisreittejä tai poistaa kokonaan tai osittain riskien lähde eli pilaantunut maa-aines tai pohjavesi. Aktiiviset kunnostustoimet voivat olla tarpeen pilaantumisesta aiheutuvien eliöstöön, ekosysteemien toimivuuteen tai ihmisten terveyteen kohdistuvien selkeiden riskien vuoksi. Niiden käynnistäjinä voivat kuitenkin olla monet muutkin syyt kuten mm. alueen rakentaminen tai muutokset alueen omistussuhteissa (ks. Kuva 1).

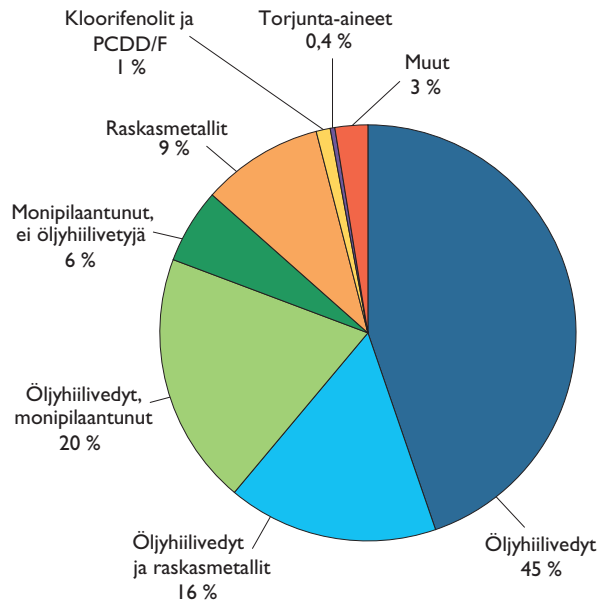
Eri riskinhallintamenetelmät eroavat toisistaan mm. energiatehokkuuden, materiaalitehokkuuden, päästöjen, saavutettavan riskinvähennyksen ja riskinhallinnan vaatiman ajan suhteen. Riskinhallintamenetelmä sanelee siis pitkälti sen, miten ekotehokkaasti riskejä voidaan hallita yksittäisessä kohteessa.

4.1

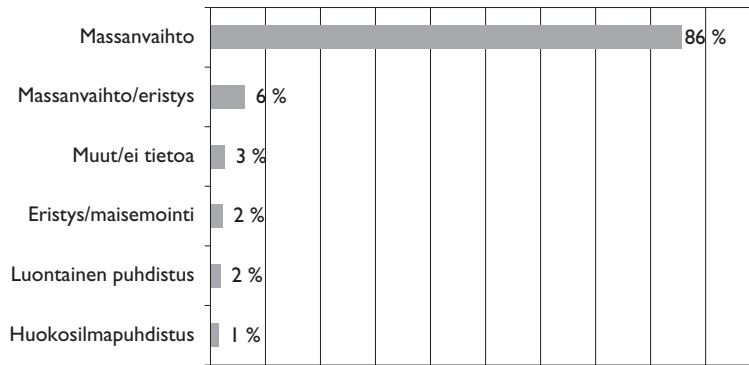
Nykyiset riskinhallintamenetelmät

Maankäytön muutos ja pilaantuneen alueen toimintojen rajoittaminen ovat riskinhallintatoimia, jotka soveltuvat vain tietyille PIMA-kohteille. Tällaisia ovat esimerkiksi alueet, joiden käyttöaste on alhainen eikä pilaantumisesta siten aiheudu merkittävää riskiä ihmisen terveydelle. Suomessa maankäytön muutosta ja toimintojen rajoittamista on käytetty esimerkiksi taajama-alueiden ulkopuolella sijaitsevien entisten ampumarata-alueiden riskinhallinnassa. Maankäytön suunnittelussa pilaantuneisuus voidaan ottaa huomioon jo ennen alueen kehittämistä suunniteltaessa toimintojen sijoittamista. Tällöin herkäät toiminnot kuten asutus voidaan sijoittaa pilaantuneimpien osa-alueiden ulkopuolelle. Mm. Helsingin kaupungin alueella tämä on otettu lähtökohdaksi useilla entisillä teollisuus- ja varastoalueilla, joita on kehitetty ja kehitetään asuin- ja virkistysalueiksi (esim. Jätkäsaari, Kalasatama). Monissa tapauksissa maankäytön muutos ei kuitenkaan ole riittävä riskinhallintatoimi, jolloin joudutaan aktiivisiin kunnostustoimiin.

Kunnostusmenetelmien valinnassa haitta-aineiden ominaisuudet ovat avainasemassa, sillä monet kunnostusmenetelmät soveltuvat vain tietyille haitta-aineille. Suomessa yleisimpiä pilaantuneilla maa-alueilla esiintyviä haitta-aineita ovat öljyhiihivedyt (Kuva 6), joille on olemassa kustannus- ja ekotehokkaita käsittelymenetelmiä. Riskinhallintamenetelmien soveltuvuuden kannalta olennaisia tekijöitä ovat myös maaperän, kallioperän ja pohjaveden ominaisuudet, haitta-aineiden määrä ja esiintymismuoto sekä pilaantumisen laajuus.



Kuva 6. PIMA-kohteiden maaperän haitta-aineet, tiedot koottu vuoden 2006 hallintopäätöksistä¹³.



Kuva 7. Vuonna 2006 käsitellyissä pilaantuneiden maiden kunnostusta koskevissa luvissa ja ilmoituksissa esitetyt kunnostusmenetelmät (Suomen ympäristökeskus 2007, julkaisematon).

Suomessa massanvaihto on edelleen yleisin pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusmenetelmä (Kuva 7). Sen lisäksi käytössä on eräitä *in situ* -kunnostusmenetelmiä. Liitteessä 4 on kuvattu lyhyesti nykyisin käytössä olevien maaperän ja pohjaveden kunnostusmenetelmien periaatteet. Näiden lisäksi erilaisissa tutkimusprojekteissa ja koekohteissa on testattu muitakin menetelmiä, kuten orgaanisen aineksen lisäystä kasvillisuuden peittämän metallipilaantuneen maan mikrobitoiminnan elvyttämiseksi (Helmisaari ym. 2007) ja ampumaratojen lyijyn sitomiseksi (Levonmäki ym. 2006). Reaktiivisia seinämiä on kokeiltu liuottimilla ja nitraateilla pilaantuneen pohjaveden puhdistuksessa muutamassa kohteessa (Tuominen 2009).

Etenkin *in situ* -menetelmien käyttö on kuitenkin edelleen varsin vähäistä ja pohjaveden aktiiviset kunnostustoimet ovat harvinaisia. *In situ* -menetelmien käyttöä Suomessa rajoittavat maaperämme heterogeenisuus, kallioperän rikkonaisuus ja ilmasto-olosuhteet. Käytännössä myös markkinat ovat pienet, jolloin kysyntä jää vähäiseksi ja kustannukset ovat verrattain korkeat. Monet *in situ* -menetelmät ovat myös suhteellisen pitkäkestoisia, ja vastuukysymykset saattavat muodostua ongelmallisiksi.

¹³saatavilla: <http://www.ymparisto.fi> > Ympäristön tila > Kallio- ja maaperä > Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa [Viitattu 13.4.2009].

Massanvaihdossa syntyvät maa-ainekset

Edellä esitetyissä esimerkeissä (luku 3.1.2) tarkasteltiin kohdekohtaista riskinhallintaa ja sen ekotehokkuutta kokonaisuutena ottaen huomioon kaikki riskinhallintaan liittyvät ympäristövaikutukset, kustannukset ja muut vaikutukset. Nämä sisälsivät myös kaivetun maa-aineksen käsittelyn, jossa käytetty menetelmä vaikuttaa olennaisesti puhdistamisen kokonaisekotehokkuuteen. Tapaustarkasteluissa todettiin, ettei massanvaihto ole kokonaisekotehokkuuden kannalta useinkaan paras vaihtoehto, paitsi silloin, kun maa-aines pystytään hyödyntämään paikan päällä. Koska massanvaihto yhdistettynä käsittelyyn PIMA-kohteen ulkopuolella on kuitenkin mm. nopeutensa ja luotettavuutensa vuoksi Suomessa ylivoimaisesti yleisin maaperän kunnostusmenetelmä (ks. Kuva 7), on syytä tarkastella lähemmin tämän menetelmän ja maa-ainesten sijoituksen nykytilannetta ja -käytäntöjä.

Massanvaihdossa syntyvien pilaantuneiden maa-ainesten käsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi sijoitus kaatopaikalle, kompostointi tai terminen käsittely (näitä ja muita yleisimpiä menetelmiä on kuvattu liitteessä 4). Kaivetun maa-aineksen määrä ja laatu ovat olennaisia käsittelytapaa määriteltäessä. Käsittelytavan valintaan vaikuttavat olennaisesti myös monet käytännön seikat, tärkeimpänä yleensä käsittelyn kustannukset. Lisäksi monet käsittelymenetelmät soveltuvat vain tietyille haitta-aineille ja/tai maaperätyypille.

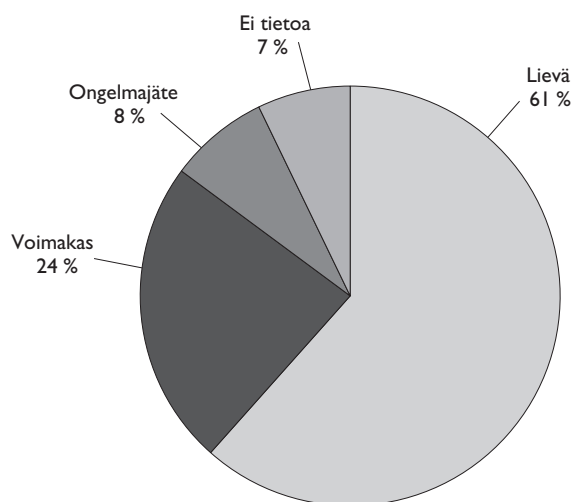
Alla on tarkasteltu v. 2005 ja 2006 käsittelyyn toimitettujen maa-ainesten määrää, laatua ja käsittelymenetelmiä. Katsaus perustuu Suomen ympäristökeskuksessa tehtyyn erilliseen selvitykseen (Jaakkonen 2008). Maa-ainesten luokittelussa on tässä käytetty vanhoja maaperän SAMASE-ohje- ja -raja-arvoja (liite 1), joita sovellettiin aiemmin yleisesti. SAMASE-arvoja käytettiin myös monien vastaanottajien ympäristöluvuissa ja vastaanottajien omissa kirjanpidoissa. Nämä ovat myöhemmin korvautuneet uusilla kynnys- ja ohjearvoilla, jotka on esitetty valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (2007), ja mm. kaatopaikkakelpoisuuskuoreilla (ympäristöhallinnon ohje 2/2006).

4.2.1

Maa-ainesten määrä ja laatu

Kunnostettavista PIMA-kohteista poiskaivettavia pilaantuneita maa-aineksia syntyy Suomessa vuosittain lähes 1,5 miljoonaa tonnia (Jaakkonen 2008). Tähän määrään kuuluvat vain ns. off site -kunnostukset, jolloin maa-ainekset kuljetetaan pilaantuneelta alueelta muualle käsiteltäviksi. Vuonna 2006 pilaantuneiden maa-ainesten käsittelijät vastaanottivat reilut 1,3 miljoonaa tonnia pilaantuneita maita. Tästä määrästä lähes kaksi kolmasosaa oli lievästi pilaantunutta (alle SAMASE-raja-arvon) ja alle neljännes voimakkaasti pilaantunutta (yli SAMASE-raja-arvon, mutta alle ongelmajätearvon) (Kuva 8). Ongelmajätteen osuus oli 8 %.

Vastaanotetuista maa-aineksista reilu neljännes on ollut öljyhiilivedyillä pilaantunutta (Taulukko 6). Vajaa neljännes maa-aineksista on luokiteltavissa sekapilaantuneiksi, eli usealla eri haitta-aineella pilaantuneeksi.



Kuva 8. Vuonna 2006 vastaanotettujen pilaantuneiden maamassojen pilaantuneisuusaste (Jaakkonen, 2008).

Taulukko 6. Vuonna 2006 vastaanotettujen pilaantuneiden maa-ainesten (tonneja) jakaantuminen haitta-aineiden ja pilaantumisen voimakkuuden mukaan (Jaakkonen 2008, mukaeltu).

Haitta-aineet	Lievä	Voimakas	Ongelmajäte	Ei tietoa	Yhteensä
Öljyhiilivedyt	211 000	142 000	13 000	230	366 000 (28 %)
Metallit	55 000	38 300	37 800	0	131 000 (10 %)
Muut	61 300	21 700	16 800	0	99 800 (8 %)
Sekapilaantuneet	180 000	108 000	33 700	0	322 000 (24 %)
Ei tietoa	304 000	0	0	94 100	398 000 (30 %)
Yhteensä	811 000	3 10 000	101 000	94 300	1 320 000

4.2.2

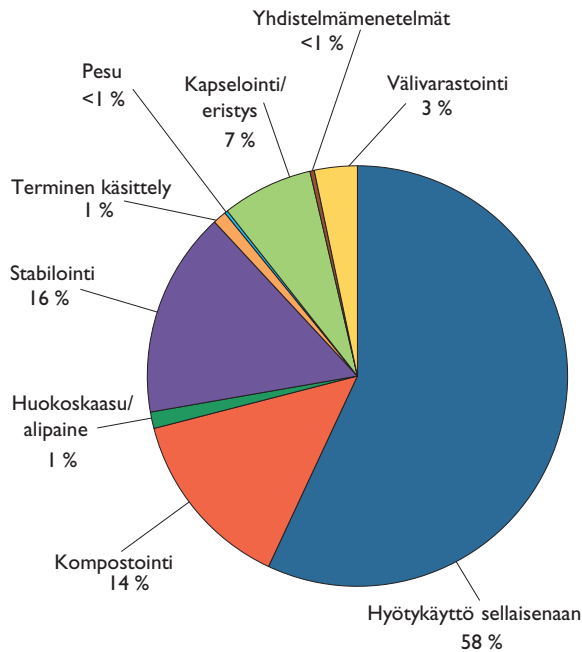
Maa-ainesten käsittelymenetelmät ja sijoituskohteet

Pilaantuneet maa-ainekset tulee toimittaa käsittelijälle, jonka ympäristölupa mahdollistaa kyseisten maa-ainesten vastaanoton. Käsittelymenetelmä valitaan haitta-aineen ja pilaantumisen voimakkuuden perusteella kullekin maa-ainekerälle sopivaksi (vrt. Mroueh ym. 2004; Ympäristöministeriö, 2007).

Pilaantuneita maa-aineksia vastaanottavat ja käsittelevät varsinaisten pilaantuneiden maa-ainesten käsittelylaitosten lisäksi monet kaatopaikat (Taulukko 7). Ylivoi- maisesti suurin osa maa-aineksista on toistaiseksi toimitettu kaatopaikoille. Kaatopaikoilla niitä käytetään peitemaina, rakenteissa ja täyttöalueiden sulkemisessa. Vuonna 2006 lähes 60 % maa-aineksista käytettiin sellaisenaan esimerkiksi kaatopaikkojen päivittäispeittoihin (Kuva 9). Kyseessä ovat haitta-ainepitoisuudeltaan alhaiset maa-ainekset, jotka eivät edellytä muuta käsittelyä, koska kaatopaikan pohjarakenteiden katsotaan estävän haitta-aineiden kulkeutumisen ympäristöön.

Taulukko 7. Pilaantuneiden maa-ainesten vastaanottajat (kpl) Suomessa v. 2006.

Vastaanottajat	v. 2006
Kaatopaikat	53
Teollisuuskaatopaikat	6
Pilaantuneiden maa-ainesten käsittelylaitokset	7
Välivarastointi- tai kompostointikentät	4
Eristys/loppusijoitusrakenteet	2
Yhteensä	72



Kuva 9. Pilaantuneiden maa-ainesten käsittelymenetelmät vuonna 2006. Hyötykäyttö sellaisenaan kategoria sisältää massojen hyödyntämisen kaatopaikoilla esimerkiksi peitemaina. Kapselointi/eristys-kategoria käsittää erillisten eristysrakenteiden lisäksi loppusijoituksen (jätteenä) kaatopaikoille. (Jaakkonen 2008).

Kaatopaikkojen lisäksi muut käsittelylaitokset käyttävät pilaantuneita maa-aineksia käsittely- ja varastokenttien rakentamisessa. Pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttö melusteissa tai tierakenteissa on vähäistä. Syynä on ilmeisesti vaadittavien suojausrakenteiden kalleus ja selkeiden hyötykäyttökriteerien puuttuminen.

Kaatopaikoille vastaanotettavan maa-ainesejätteen kaatopaikkakelpoisuus on osoitettava asianmukaisin selvityksin ja tutkimuksin. Kaatopaikat on luokiteltu ongelmajätteen, tavanomaisen jätteen tai pysyvän jätteen kaatopaikoiksi. Maa-ainesejäte hyväksytään sijoitettavaksi kaatopaikalle vain, jos se täyttää kyseiselle kaatopaikkaluokalle määritellyt kelpoisuusvaatimukset.

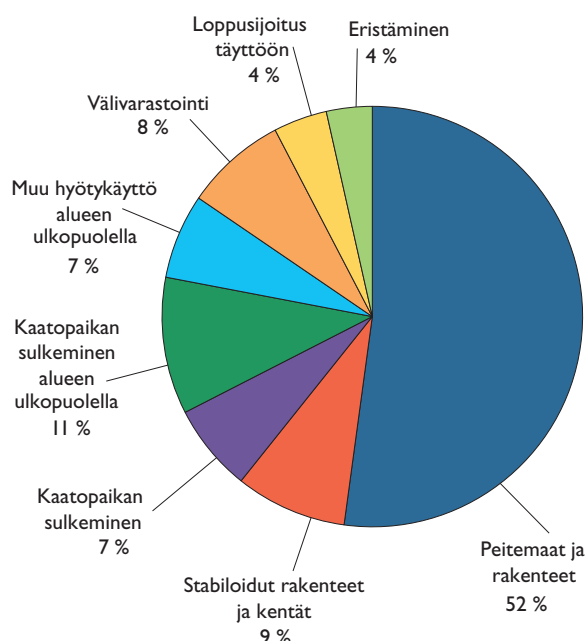
Kompostointi ja stabilointi ovat olleet kaatopaikkasijoituksen jälkeen seuraavaksi yleisimmät kaivettujen maa-ainesten käsittelymenetelmät. Kompostoimalla käsitellään orgaanisilla haitta-aineilla, lähinnä öljyhiilivedyillä, pilaantuneita maa-aineksia. Vuonna 2006 noin 7 % massoista eristettiin tai kapseloitiin, eli ne loppusijoitettiin jätteenä. Välivarastoiduista massoista osa odotti käsittelyä ja osa esimerkiksi tutkimustulosten valmistumista. Muiden käsittelymenetelmien, kuten termisen käsittelyn ja maa-ainesten pesun, osuus oli vähäinen.

Valtaosa käsiteltyyn vastaanotetuista pilaantuneista maa-aineksista hyödynnetään joko sellaisenaan tai käsittelyn jälkeen, loput sijoitetaan eri kohteisiin (Kuva 10 ja Taulukko 8). Vuonna 2006 hyötykäyttöön ohjautui 84 % vastaanotetuista pilaantuneista maa-aineksista. Tämän lisäksi osa välivarastoiduista maa-aineksista on hyötykäytetty myöhemmin eli vuoden 2006 jälkeen. Jätteenä käsiteltiin 8 % maa-aineksista sisältäen täyttööseen tai erilliseen rakenteeseen eristetyt tai loppusijoitetut maat.

Valtioneuvoston päätöksen kaatopaikoista (1997) siirtymäaika umpeutui 31.10.2007. Tämän päivämäärän jälkeen jatkavien kaatopaikkojen pohjarakenteiden tuli olla kyseisen päätöksen mukaiset. Vuonna 2007 suljettiinkin useita kaatopaikkoja. Tämä näkyy sekä pilaantuneiden maa-ainesten käsittelijöiden lukumäärän vähenemisenä että sulkemisessa käytettävien maa-ainesten tarpeen kasvuna. Vuosina 2005-2006 pilaantuneita maita vastaanottaneista kaatopaikoista 14 on suljettu kokonaan ja 19 kaatopaikalla on rakennettu uusi, määräystenmukainen täyttöalue entisen, suljetun alueen viereen. Vuoden 2007 lopussa jäljellä oli 56 pilaantuneiden maa-ainesten käsittelijää. Määrään eivät sisälly teollisuuskaatopaikat. Viime vuosina käsittelijöille on myönnetty lukuisia uusia ympäristölupia, joissa lupamääräyksiä on päivitetty vastaamaan nykytilannetta.

Taulukko 8. Pilaantuneiden maa-ainesten sijoitus ja hyötykäyttö.

Hyötykäyttö	
Peitemaat ja rakenteet	Sekä päivittäispeittoihin että kaatopaikan tie- ja pohjarakenteisiin vastaanottajan alueella
Stabiloidut rakenteet ja kentät	Vain vastaanottajan omalle alueelle stabiloidut rakenteet ja kentät
Kaatopaikan sulkeminen	Vain vastaanottavan kaatopaikan sulkemiseen käytetyt maa-ainekset
Kaatopaikan sulkeminen alueen ulkopuolella	Maa-ainekset, jotka käytetty kaatopaikan sulkemiseen muualla kuin vastaanottajan/käsittelijän alueella
Muu hyötykäyttö alueen ulkopuolella	Muu hyötykäyttö vastaanottavan kaatopaikan tai laitoksen alueen ulkopuolella
Sijoitus ja muu käsittely	
Välivarastointi	Vain ne maa-ainekset, joiden tuleva käyttö ei ollut vielä tiedossa
Loppusijoitus täyttöön	Maa-ainekset, jotka on sijoitettu täyttöön jätteenä
Eristäminen	Eristäminen esim. ongelmajätteen kaatopaikalle tai erilliseen rakenteeseen



Kuva 10. Käsittelijöiden vastaanottamien pilaantuneiden maa-ainesten sijoitus ja hyötykäyttö vuonna 2006 (Jaakkonen 2008).

4.3

Nykyisten riskinhallintamenettelyjen ekotehokkuus

Kuten kohdekohtaisissa tapaustarkasteluissa todettiin (luku 3.1.2), *in situ* -menetelmillä voidaan usein päästä muihin menetelmiin verrattuna ekotehokkaampiin kunnostuksiin. Massanvaihto sen sijaan aiheuttaa negatiivisia ympäristövaikutuksia kuten päästöjä ja energian ja luonnonvarojen kulutusta eli sen materiaali- ja energiatehokkuus on huono. Myös kustannukset voivat olla korkeat eli kustannustehokkuus on alhainen – tämä riippuu tosin huomattavasti käsittelypaikasta, sillä esim. kaatopaikkasijoitus on usein varsin edullista (tällöin kustannukset muodostuvat lähinnä kuljetuksista ja kaivusta). Vastaavasti *in situ* -menetelmillä on rajoitteita, jotka voivat vähentää niiden ekotehokkuutta (Taulukko 9).

Massanvaihdollakin on joitain etuja kuten tehokas ja nopea riskien vähenemä. Lisäksi kaivettujen maa-ainesten hyödyntäminen lisää huomattavasti materiaali-tehokkuutta. Massanvaihtoa voikin joissain tapauksissa pitää ekotehokkaimpana riskinhallintavaihtoehtona. Nykytilanteessa, jossa massanvaihto ja käsittely kaatopaikalla on yleisin kunnostusmenetelmä, mutta jossa maa-ainekset hyödynnetään lähes 90 %:sesti, ei riskinhallinnan voida siis sanoa olevan ekotehokkuuden toteutumisen kannalta huonoa. Tällöin mm. säästetään kaatopaikoilla tarvittavaa luonnon materiaalia ja ohjataan pilaantuneita maa-aineksia keskitetysti valvottuihin paikkoihin. Kaatopaikalle sijoitettuna maa-ainekset eivät myöskään aiheuta puhdistetun alueen arvostuksen ja arvon muutoksia eikä mahdollisten jälkitoimenpiteiden vastuunsiirtoihin liity tällöin ongelmia.

Taulukko 9. Suomessa yleisimmin käytössä olevien ja eräiden kokeiluasteella olevien kunnostusmenetelmien vertailu ekotehokkuuden toteutumisen kannalta.

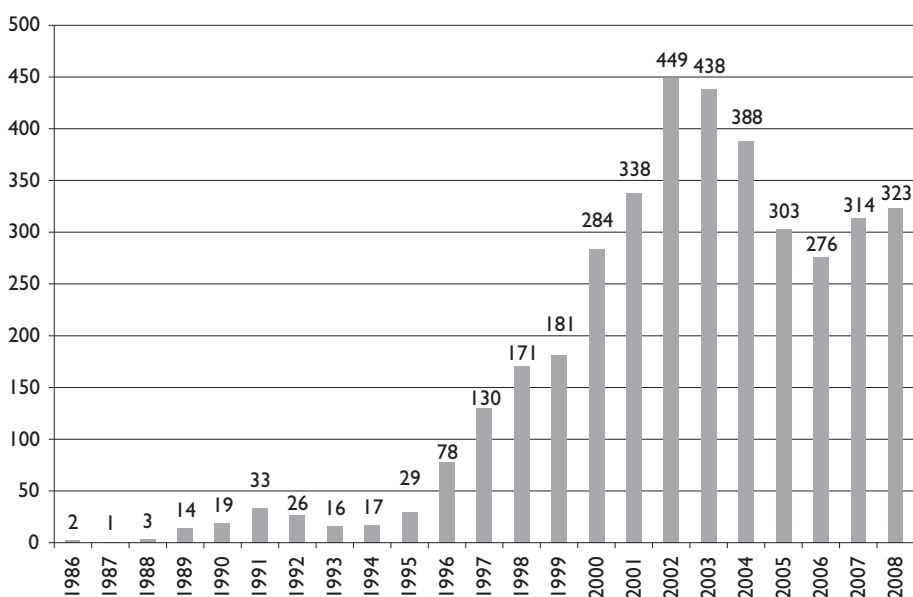
Kunnostusmenetelmä	Edut	Haitat
<i>In situ</i> -menetelmät (yleisesti)	Maan kaivua ei tarvita, joten kunnostuksessa ei synny päästöjä eikä maa-ainesvirtoja eli maa-ainesten osalta menetelmät ovat materiaali-tehokkaita.	Voi vaatia tueksi muita kunnostustoimia kuten esimerkiksi voimakkaimmin pilaantuneen maa-aineksen kaivun. Saavutettavan riskien vähenemän suuruus voi olla epävarma samoin kuin tieto jäännösriskien laajuudesta ja ajallisesta ulottuvuudesta. Näistä voi aiheutua tulevaisuudessa kunnostusvastuita. Pitkäaikaiset ekologiset vaikutukset ovat mahdollisia. Kaikkien menetelmien soveltuvuudesta Suomen olosuhteisiin ei ole tietoa. Kunnostus edellyttää yleensä maankäytön rajoittamista, joten se ei sovellu alueille, joilla maankäyttö on tehokasta tai joille on suunniteltu herkkiä toimintoja (esim. asuinalueet). Menetelmät edellyttävät perusteellisia kohdetutkimuksia, jotka voivat olla aikaa vieviä ja kalliita.
Luontainen puhdistuminen ja reaktiivinen seinämä (<i>in situ</i>)	Pohjaveden käsittelyn osalta menetelmät ovat materiaali- ja energiatehokkaita (ei tarvetta veden pumppaukselle).	ks. yllä
Luontainen puhdistuminen (MLP) (<i>in situ</i>)	Menetelmän investointikustannukset ovat alhaiset eli se on kustannustehokas.	MLP vaatii yleensä pitkäaikaista tarkkailua, josta aiheutuu lisäkustannuksia. MLP soveltuu vain tietyille haitta-aineille. Suomen olosuhteissa haitta-aineiden hajoaminen on usein melko hidasta.
Reaktiivinen seinämä (<i>in situ</i>)	Menetelmä on melko materiaali- ja energiatehokas, sillä yleensä seinämä voidaan jättää paikalleen eikä sen käyttö vaadi energiaa. Mikäli seinämä on suunniteltu oikein, kunnostuksessa saavutetaan yleensä tehokas riskinvähenemä.	Rikkonainen kallioperä vaikeuttaa seinämän suunnittelua.
Fytoremediaatio (kunnostaminen kasvien avulla) (<i>in situ</i>)	Menetelmän kokonaiskustannukset ovat alhaiset eli se on kustannustehokas.	Menetelmä on erittäin hidaskas. Suomen olosuhteissa ja voimakkaasti pilaantuneilla maa-alueilla fytoremediaatio ei yleensä yksinään riitä saavuttamaan vaadittuja tavoiteriskitasoja ja -pitoisuuksia. Haitta-aineiden poistumista maaperästä on kontrolloitava eli sato on ajoittain korjattava pois ja kasviaines käsiteltävä erikseen.
Maa-aineksen stabilointi, kiinteytys, eristäminen (<i>in situ</i> tai <i>on site</i>)	Maa-ainesten osalta menetelmät ovat erityisen materiaalitehokkaita, mikäli käsitelty maa-aines voidaan hyödyntää esim. rakenteissa tai maisemoinnissa. Tällöin kunnostus on usein myös kustannustehokas.	Menetelmällä saavutettavan riskinvähenemän ajallinen ulottuvuus on epävarma johtuen tiedonpuutteesta käsittelytuloksen pysyvyydestä ja rakenteiden kestävydestä pitkällä aikavälillä. Kunnostuksessa haitta-aineet eivät poistu ympäristöstä joten riskit ja vastuut tulevaisuudessa ovat mahdollisia. Stabilointi ja kiinteytys vaativat apuaineita, mikä vähentää menetelmien materiaalitehokkuutta. Lisäksi käsittelyyn vaaditaan usein energiaa ja se voi aiheuttaa päästöjä (esim. asfalttistabilointi).

Kunnostusmenetelmä	Edut	Haitat
Huokosilmäkäsittely (in situ)	Maan kaivua ei tarvita (materiaalitehokas). Menetelmä on yleensä kustannustehokas, mikä perustuu menetelmän nopeuteen. Menetelmä perustuu hyvin tunnettuun tekniikkaan, sen käyttökelpoisuus tunnetaan ja sillä saavutettavan riskinvähennämisen taso tiedetään.	Menetelmä sopii vain haihtuville yhdisteille ja tietyille maaperätyypeille. Poistokaasu pitää käsitellä esim. aktiivihiilellä, joka täytyy hävittää jätteenä.
On site -menetelmät kuten kompostointi, maa-aineksen pesu, ja pohjaveden käsittely	Käsitelty maa-aines ja pohjavesi voidaan palauttaa alueelle, mikäli menetelmällä saavutetaan vaadittu jäänne- ja pohjaveden puhtausaste. Tällöin kunnostus on materiaalitehokasta. Kuljetuksia alueen ulkopuolelle ei tarvita, joten energiatehokkuus on tältä osin hyvä.	Tarvitaan maan kaivu ja/tai pohjaveden pumppaus, mitä kuluttaa energiaa (huono energiatehokkuus) ja aiheuttaa ympäristövaikutuksia kuten päästöjä.
Poltto (siirrettävä käsittelylaitos) (on site)	Tehokas keino poistaa haitta-aineet.	Energia- ja materiaalitehokkuudeltaan huono menetelmä, mikäli energiaa ei oteta talteen eikä jäännöstä voida hyödyntää. Tarvitaan savukaasujen puhdistus ja yleensä myös polton apuaineita. Laitteiston kuljetus kunnostettavalle alueelle kuluttaa energiaa ja aiheuttaa päästöjä.
Kaivu ja off site -käsittely	Menetelmällä saavutetaan tehokas riskinvähennäminen, eikä kohteelle jää tulevia kunnostusvastuita, mikäli kaikki haitta-aineet poistetaan. Teknisesti yksinkertainen ja usein nopein kunnostustapa. Kunnostus voi johtaa tehokkaaseen voimakkaasti pilaantuneiden alueiden kehittämiseen, jotka muutoin jäisivät joutomaiksi.	Tarvitaan kuljetuksia, joista aiheutuu energiankulutusta ja päästöjä eli energiatehokkuus on huono. Myös materiaalitehokkuus on yleensä huono, sillä kaivetun maa-aineksen tilalle joudutaan tuomaan puhtaampaa maata. Laajamittainen kunnostus muuttaa maisemaa ja alueen ekosysteemejä. Kunnostuksen ympäristövaikutukset vaihtelevat riippuen kunnostusmenetelmästä (ks. yllä erilliset on site menetelmät).
Kaatopaikkakäsittely	Kaatopaikalla on kontrolloidut olosuhteet, joten riskit ovat hyvin hallinnassa. Kaivettu maa-aines voidaan usein hyödyntää rakenteissa ja päivitäispeitossa.	Kaatopaikkakäsittely ei tue jätteen vähentämisen tavoitteita, eikä myöskään hyödyntämisen tavoitteita, mikäli maa-aines joudutaan käsittelemään jätteenä.

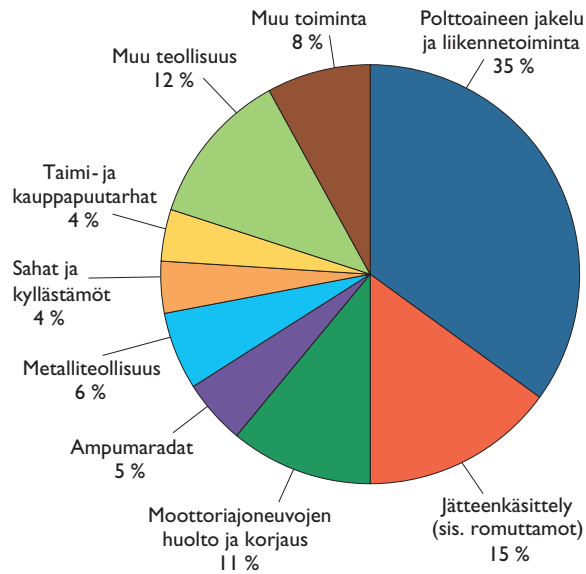
5 Riskinhallintatoimien ekotehokkuuden tulevaisuudennäkymät

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustoiminta käynnistyi Suomessa 1980-luvun puolivälissä ja vuoden 2008 loppuun mennessä oli kunnostettu lähes 4 000 kohdetta (Suomen ympäristökeskus 2008, julkaisematon). Kunnostettavien pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä kasvoi tasaisesti aina vuoteen 2002 asti (Kuva 11). Viime vuosina määrä on vakiintunut noin 300 vuosittaiseen kunnostukseen eikä siihen ole odotettavissa lähivuosina suuria muutoksia. Lama tosin voi hiljentää rakennustoimintaa ja siten vaikuttaa jossain määrin välillisesti kunnostusten määrää alentavasti. Pidemmällä tähtäimellä etenkin muutokset lainsäädännössä voivat vaikuttaa merkittävästi vuosittain kunnostettavien kohteiden lukumäärään. Lisäksi voidaan tunnistaa useita muitakin, pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöihin vaikuttavia tekijöitä. Näiden vaikutusta ekotehokkuuden toteutumiseen on arvioitu luvussa 5.3.

Pilaantuneiden maa-alueiden tyyppi eli pilaantumisen laatu vaikuttaa oleellisesti siihen, mitä menetelmiä PIMA-kohteiden riskinhallinnassa tulevaisuudessa käytetään ja sitä kautta myös riskinhallintatoimien ekotehokkuuteen. Polttonesteiden jakelussa ja tähän liittyvässä muussa toiminnassa muodostuvat pilaantuneet maa-alueet muodostavat yli kolmanneksen kaikista PIMA-kohteista (Kuva 12). Muita merkittäviä pilaantumista aiheuttavia toimialoja ovat mm. kaatopaikat ja erilaiset teollisuusalueet.



Kuva 11. Hallintopäätösten mukainen kunnostettavien PIMA-kohteiden lukumäärä vuosina 1986–2008 (Suomen ympäristökeskus 2009, julkaisematon).



Kuva 12. MATTI-rekisterissä olevien PIMA-kohteiden toimialajakauma (MATTI-rekisteri 2009¹⁴).

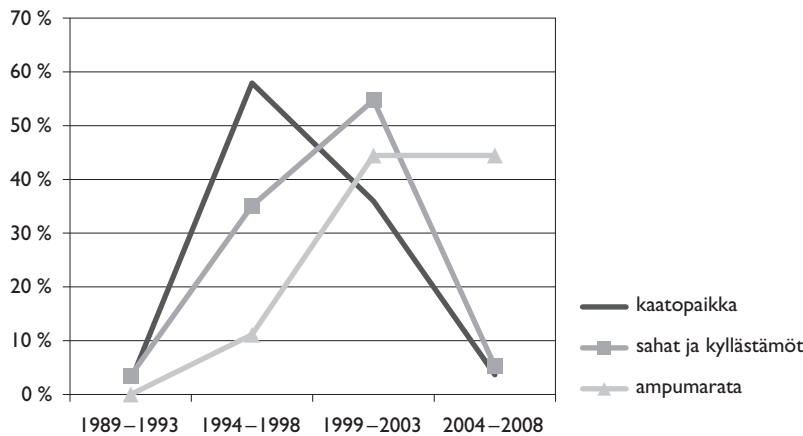
Pilaavien haitta-aineiden ominaisuuksien lisäksi maa-ainesten pilaantuneisuusaste vaikuttaa merkittävästi siihen, mitä menetelmiä riskinhallinnassa voidaan käyttää. Voimakkaimmin pilaantuneet maa-ainekset ovat yleensä vaikeimmin käsiteltävissä ja niiden käsittelyssä joudutaan usein käyttämään materiaali- ja energiatehokkuudeltaan heikompia menetelmiä. Lisäksi voimakkaasti pilaantuneet maa-ainekset eivät yleisesti ole hyödynnettävissä ilman käsittelyä. Kolmella esimerkkialueella (ks. luku 3.2.3) tehdyn tarkastelun perusteella maa-ainesten pilaantuneisuusasteessa ei ole nähtävissä selvää suuntausta ekotehokkuuden kehityksen kannalta. Tämä onkin ymmärrettävää, sillä jokaisessa kohteessa haitta-ainepitoisuudet yleensä vaihtelevat alhaisista pitoisuuksista jopa ongelmajäterajan ylittäviin pitoisuuksiin.

5.1

Kunnostettavat kohteet

Maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI) on koottu tiedot kohteiden kokonaismäärästä. Nämä kattavat sekä kunnostetut että tulevaisuudessa selvitettävät ja mahdollisesti kunnostettavat kohteet. Toimivia kohteita rekisterissä olevista n. 20 000 mahdollisesti pilaantuneesta kohteesta on 39 % ja selvitettäviä tai arvioitavia/puhdistettavia arviolta 49 %. Puhdistustarvetta ei ole 12 % kohteista. Vuosittain kunnostetaan erityyppisiä kohteita. Aiempina vuosina on kunnostettu lukumääräisesti eniten käytöstä poistettuja huoltamokiinteistöjä, mikä selittyy niiden suurella suhteellisella osuudella kaikista PIMA-kohteista (vrt. Kuva 12). Alueellisesti kunnostukset saattavat kohdentua toisin kuin valtakunnallinen tarkastelu osoittaa (vrt. liite 5). Tietoja kaikkien vuosittain kunnostettavien kohteiden toimialoista ei ole koottu systemaattisesti, mikä vaikeuttaa kunnostustrendien tunnistamista. Ainoastaan valtion jätehuoltotöinä toteutettavista kunnostuksista on olemassa tarkat tiedot koko tämän rahoitusjärjestelmän olemassaolon ajalta eli vuodesta 1989 lähtien (Kuva 13 ja Kuva 14). Näitä tietoja voidaan hyödyntää ennustettaessa tulevien kunnostusten kohdentumista. On kuitenkin huomattava, että muissa kuin valtion jätehuoltotöissä toteutettavissa kunnostushankkeissa toimialajakauma saattaa olla hyvin erilainen. Esimerkiksi valtion jätehuoltotöinä kunnostettavien huoltamokiinteistöjen osuus on vähäinen, koska näitä on kunnostettu etupäässä SOILI-ohjelman puitteissa.

¹⁴ Maaperän tilan tietojärjestelmä, tilanne 30.4. www.ymparisto.fi > Palvelut ja tuotteet > Tietojärjestelmät ja... > Maaperän tilan tietojärjestelmä [Viitattu 15.7.2009].

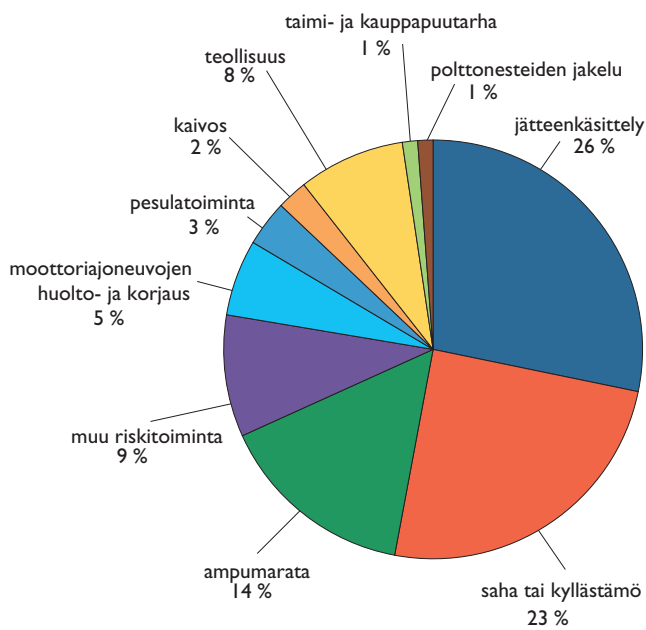
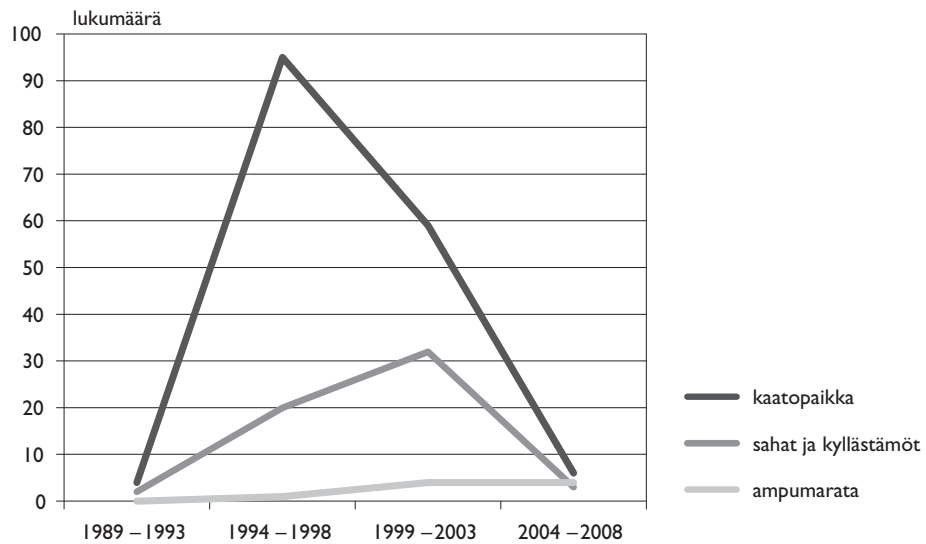


Kuva 13. Toimialakohtaisten kunnostusten osuus kyseisen toimialan vuoteen 2008 loppuun mennessä toteutuneista valtion jätehuoltotöistä, vuodet 1989-2008 (koottu Suomen ympäristökeskuksen julkaisemattomista tiedoista).

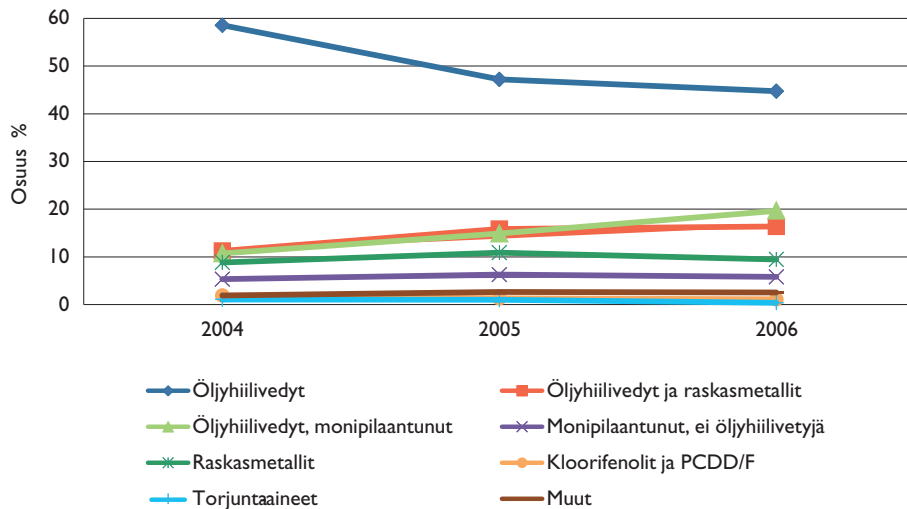
Valtion jätehuoltotöissä kaatopaikkojen osuus kunnostettavista kohteista on ollut huomattava jo 1990-luvun puolivälistä lähtien. Kaatopaikkakunnostusten suurta osuutta selittää kaatopaikkojen määrän vähentämistarve (ks. luku 5.3) ja kunnostusvastuun kohdentuminen kunnille. Valtion jätehuoltotöinä on toteutettu lähinnä juuri kuntien PIMA-kohteita ja aiemmin rahoitusjärjestelmä olikin luotu juuri näitä varten. Kaatopaikkojen kunnostustoimet tulevat jatkumaan jatkossakin, joskin sulkemistoimet on saatettu päätökseen jo suuressa osassa vanhoista kaatopaikoista.

Valtion jätehuoltotöiden osalta merkittävimmät toimialat (kaatopaikat, sahat, kylästäämöt) pysyvät lähivuosina samoina, mutta niiden suhteellinen osuus kaikista kunnostettavista kohteista pienenee (Kuva 14). Esimerkiksi kaatopaikkojen suhteellinen osuus kaikista valtion jätehuoltotöinä tehdyistä hankkeista on vuoteen 2007 asti ollut noin 54 %, kun se vuosille 2009-2013 suunnitelluissa hankkeissa on enää 26 %. Kaatopaikkojen jälkeen eniten on kunnostettu saha- ja kylästäämökiinteistöjä. Ampumaratoja on toistaiseksi kunnostettu vuosittain vain muutamia ja kaivoksia kaiken kaikkiaan valtion jätehuoltotyöjärjestelmän koko olemassaolon aikana vain kolme kappaletta.

Muutokset kunnostettavien pilaantuneiden maa-alueiden tyypissä vaikuttavat syntyvien maa-ainesten laatuun ja käytettäviin kunnostusmenetelmiin sekä niiden kautta lopulta myös kunnostustoimien ekotehokkuuteen. Etenkin monipilaantuneet maa-alueet ovat riskinhallinnan kannalta haasteellisimpia ja niiden kunnostukseen on usein myös vaikea löytää energia-, materiaali- ja kustannustehokkaita menetelmiä. Vuoden 2004-2006 hallintopäätöksien perusteella öljyhiilivedyillä pilaantuneiden kunnostettavien kohteiden määrä ja osuus kaikista PIMA-kohteista on selvästi vähentynyt ja monipilaantuneiden kohteiden määrä vastaavasti noussut (Kuva 15). Muiden haitta-ainetyyppien osalta kunnostettujen kohteiden osuus on pysynyt tarkasteluvoosina likimain samansuuruisena. Kehityssuunnan tunnistaminen on kuitenkin vaikeaa, koska käytettävissä oli tiedot ainoastaan kolmen vuoden ajalta. Yksittäiselle vuodelle voi esimerkiksi osua suuria kunnostushankkeita, joissa syntyvät maa-ainekset poikkeavat tavanomaisesta. Tulevaisuudessa mahdollinen uusien haitta-aineiden ilmaantuminen voi myös suunnata kunnostuksia erityyppisiin PIMA-kohteisiin.



Kuva 14. Valtionjätehuoltotöinä vuoden 2008 loppuun mennessä vuosittain kunnostettujen kohteiden lukumäärät ja eri toimialojen osuus vuosille 2009-2013 esitettyjen hankkeiden määrästä (Suomen ympäristökeskus 2008, julkaisematon).



Kuva 15. Vuosina 2004, 2005 ja 2006 tehdyissä hallintopäätöksissä kunnostettaviksi esitetettyjen pilaantuneiden maa-alueiden sisältämät haitta-aineet: eri haitta-aineita sisältävien PIMA-kohteiden osuus tarkasteluvouden kaikista PIMA-kohteista (koottu Suomen ympäristökeskuksen julkaisematomista tiedoista).

Poltonesteiden jakeluasemat ja öljysäiliöt

Poltonesteiden jakeluasemia eli huoltamokiinteistöjä on kunnostettu erityisesti öljy- ja polttoaineen jakeluyhtiöiden ja öljynsuojarahaston rahoittaman SOILI-ohjelman puitteissa. Kunnostus on viime vuosien aikana keskittynyt lähinnä pieniin huoltamokiinteistöihin kuten kyläkauppojen yhteydessä sijainneisiin jakeluasemiin. Vaikka SOILI-ohjelman haku päättyi jo v. 2005 lopussa, sen puitteissa kunnostettavaksi tulee vielä arviolta 100–150 kohdetta (Routio 2009). Tavoitteena on, että kaikki SOILI-ohjelmaan hyväksytyt kohteet on kunnostettu vuoteen 2014 mennessä. SOILI-ohjelman päättymisestä johtuen huoltamokiinteistöjen kunnostuskustannukset tulevat kohdentumaan tulevaisuudessa eri tavalla. Myös yksityisten huoltamoiden korvautuminen suurten huoltamoketjujen omistamilla jakeluasemilla aiheuttaa muutoksia kustannusten kohdentumisessa.

Koska huoltamoiden lukumäärä on pysynyt samana eli noin 2 000:ssa viimeiset 30 vuotta (Öljy- ja kaasualan keskusliitto, 2009), vanhojen asemien sulkeminen (ja uusien perustaminen) ja siten myös kunnostustoimet jatkunevat edelleen. Huoltamokiinteistöjen kunnostusten määrän voidaan kuitenkin SOILI-ohjelman tietojen – samoin kuin valtion jätehuoltotöitä koskevien tietojen – perusteella olettaa vähenevän. Pienialaisten öljyhiilivedyillä pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärän odotetaan sen sijaan lisääntyvän johtuen vanhojen öljysäiliöiden vuodoista.

Öljyisten maa-alueiden käsittelyyn on jo tällä hetkellä olemassa ekotehokkaita riskinhallintamenetelmiä kuten huokosilmapuhdistus, kompostointi ja luontainen puhdistuminen. Hallintolupapäätöksiä perusteella etenkin luontaisen puhdistumisen käyttö olisi lisääntynyt viime vuosina. On kuitenkin todennäköistä, ettei menetelmän käyttö sinällään ole yleistynyt vaan ilmoituksissa ja lupahakemuksissa sekä niihin liittyvissä päätöksissä kunnostamatta jättäminen ja monitorointi on entistä useammin kirjattu luontaiseksi puhdistumiseksi. On oletettavaa, että perinteisiä *ex situ* -menetelmiä korvaavien *in situ*- ja *on site* -kunnostusten määrä tulee lisääntymään johtuen niiden lisääntyvästä hyväksyttävyydestä. Tätä kehitystä tukee riskiperustaisen kunnostuksen yleistymisen ja ympäristöpolitiikan tavoitteiden (etenkin VALTSUn, ks. luku 2.1.1) lisääntynyt huomioon ottaminen hallintopäätöksissä. Eräiden *in situ* -menetelmien käyttöä rajoittavat ilmasto-olosuhteet, maaperän heterogeenisuus ja

kallioperän rikkonaisuus (vrt. Taulukko 9). Myös markkinoiden pienuus voi rajoittaa joidenkin kunnostusmenetelmien käyttöönottoa tulevaisuudessa.

Ampumaradat

Vuoden 2004-2006 hallintopäätöksistä koottujen tietojen mukaan Suomessa on kunnostettu vuosittain alle 10 ampumarataa (Suomen ympäristökeskus, julkaisematon). Lopetettujen ja toimivien ratojen kokonaismääräksi on toisaalta arvioitu 2 000-2 500 kpl (Naumanen ym. 2002) eli n. 10 % kaikista PIMA-kohteista. Ampumaratojen selvitysten ja kunnostuksen voidaankin ennustaa lisääntyvän jossain määrin johtuen osin v. 2005 loppuun mennessä haettaviksi määrättyjä lupia koskevissa viranomaispäätöksissä annetuista velvoitteista selvittää kunkin toiminnassa olevan radan osalta riskien suuruus sekä tarvittaessa toteuttaa vaadittavat riskinhallintatoimet. Tätä oletusta tukee ampumaratojen osuuden lisääntyminen valtion jätehuoltotöinä kunnostettavissa hankkeissa parin viimeisimmän vuoden aikana (Kuva 13 ja Kuva 14). Myös ampumaratoja koskevien tarjouspyyntöjen määrä on lisääntynyt (Järvinen 2009). Suuri osa ampumaradoista sijaitsee kuitenkin syrjäisillä paikoilla (Naumanen ym. 2002) ja ne ovat seurojen ylläpitämiä. Näin ollen niihin ei tyypillisesti kohdistu rakentamispaineita ja sen kautta kunnostuspaineita. Myös rahoittajan puuttuminen rajoittaa kunnostustoimia. Rahoituksen puuttuessa suurin osa hankkeista ei siten mitä todennäköisimmin tulevaisuudessakaan etene selvitysvaihetta ja mahdollisesta seurantaan pidemmälle.

Ampumaratojen ja etenkin haulikkoratojen kunnostukseen ei ole tällä hetkellä olemassa ekotehokkaita kunnostusmenetelmiä. Maa-aineksen kunnostus vaatii ammusten erottelun, mikä on aikaa vievää ja etenkin haulikkoradoilla pintamaan ominaisuuksien ja kasvillisuuden vuoksi hankalaa. Mikäli ammusten talteenotolle löydetään tulevaisuudessa toimiva menetelmä, niiden kierrätys lisäisi merkittävästi kunnostusten materiaali- ja kustannustehokkuutta. Toistaiseksi käytössä olevat menetelmät soveltuvat kuitenkin lähinnä vain hiekkamaille. Tämä ei tuota ongelmia kivääriratojen kunnostuksessa, joissa pilaantuminen rajautuu varsin pienelle alueelle. Sen sijaan varsinaisen ongelman muodostavat haulikkoradat, joiden vaikutusalue on huomattavasti laajempi (useita hehtaareja) ja kattaa usein kangasmetsiä ja suoalueita, joilla orgaanisen aineksen pitoisuus on korkea. Ampumaratojen lisääntyvä kunnostaminen Suomessa käytössä olevilla menetelmillä (lähinnä massanvaihto ja loppusijoitus) tulee siten lisäämään kunnostuskustannuksia ja ympäristövaikutuksia eli materiaalivirtoja, energiankulutusta ja ilmapäästöjä. (Sorvari ym. 2006).

Kaatopaikat

Vuonna 1997 annetussa Valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista (1997) asetettiin määräykset kaatopaikkarakenteille. Suuri osa vanhoista kaatopaikoista ei täytä näitä rakennevaatimuksia, joten niitä on jouduttu sulkemaan. Takarajaksi sulkemistoimille asetettiin vuoden 2007 loppu. Kaatopaikkojen vähentämistavoite liittyy myös yleiseen jätestrategiaan, jonka mukaisesti kaatopaikoille toimitettavien jätteiden määrää ja sen myötä myös kaatopaikkojen määrää pyritään vähentämään voimakkaasti (vrt. luku 2.1.1). Sulkemistoimille asetetun määräajan umpeuduttua vuosittaisten kaatopaikkakunnostusten määrä tulee jatkossa vähitellen laskemaan huomattavasti. Tätä oletusta tukevat tiedot valtion jätehuoltotöinä aiempina vuosina tehdyistä ja vuodelle 2009-2013 esitetyistä kaatopaikkakunnostushankkeista (Kuva 14).

Kaivokset

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin kaivannaisteollisuuden jätehuollosta (2006/21/EY) eli ns. 'kaivannaisjätedirektiivin' mukaan kaikki EU:n alueella olevat kaivannaisalueet tulee kartoittaa. Tämän johdosta tieto kaivannaisalueista ja niiden riskeistä lisääntyy, mikä voi tulevaisuudessa lisätä kunnostamistoimia entisillä kaivosalueilla. Kaivannaisjätedirektiivi on toimeenpantu Suomessa keväällä 2008 (UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen Suomessa 2008). Direktiivin aineelliset säännökset on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetuksella (379/2008). Direktiivin vaatimusten täytäntöönpano ei varsinaisesti merkitse uusia merkittäviä velvollisuuksia kaivosalueiden jätehuollolle, sillä jäte- ja ympäristönsuojelusääntely kattaa tämän. Kaivosten jätealueet ovat ympäristöluvanvaraisia ja niihin sovelletaan kaatopaikkasääntelyä. Suljettuja kaivoksia on siten jo ennen kaivannaisjätedirektiivinkin voimaantuloa koskenut velvoite maisemoinnista ja päästöjen hallinnasta toiminnan päätyttyä. Suomessa on toistaiseksi tehty hyvin vähän varsinaisia aktiivisia kunnostustoimia entisillä kaivosalueilla. Muutamien kaivosalueiden kunnostustarvetta on kuitenkin selvitetty yksityiskohtaisesti mm. arseenista aiheutuvien riskien hallintaan keskittyneessä RAMAS-projektissa (Lehtinen ym. 2007).

Sahat ja kyllästämöt

Sahojen ja kyllästämöjen lukumäärää, sijoittumista ja pilaantuneisuutta on selvitetty jo 1980-luvulta lähtien ja näiden selvitysten myötä myös kunnostustoimet aktivoituivat (vrt. Kuva 13). Sahoilla ja kyllästämöalueilla tärkeimpiä haitallisia aineita ovat dioksiinit ja furaanit, kloorifenolit, kreosootti ja erilaiset metalleja ja metalloideja kuten arseenia, kuparia ja kromia sisältävät yhdisteet. Metsäteollisuuden vaikutusalue ulottuu usein myös vesistöön, jolloin sedimenteistä voi löytyä huomattavan korkeita dioksiinipitoisuuksia. Entisten saha- ja kyllästämöalueiden kunnostustoimia on edistänyt niiden sijainti keskeisillä paikoilla, vesistöjen äärellä, mikä on tehnyt niistä haluttuja asuinalueita. Valtion jätehuoltotoissa todetaan selkeä kunnostettavien saha- ja kyllästämöalueiden määrän lasku sillä vuosina 2003–2008 kunnostettiin kaikkiaan vain viisi saha- tai kyllästämökohdetta, kun vastaavasti enimmillään yksistään vuonna 1999 kunnostettiin 13 kohdetta. Sijainniltaan parhaimmat saha- ja kyllästämökiinteistöt onkin oletettavasti enimmäkseen jo kunnostettu, joten kunnostusten lukumäärän voidaan kaiken kaikkiaan olettaa vähenevän tulevaisuudessa. Myös metsäteollisuuden keskittyminen ja toimintojen hiipuminen sekä siirtyminen muihin maihin tullee vähentämään syntyvien kunnostettavien saha- ja kyllästämökohteiden määrää. Dioksiineille ei edelleenkään ole olemassa energia-, materiaali- ja kustannustehokkuudeltaan hyviä kunnostusvaihtoehtoja ja poltto jääkin usein ainoaksi maa-ainesten käsittelyvaihtoehdoksi. Olemassa oleva pysyviä orgaanisia yhdisteitä (POP) koskeva direktiivi ohjaa jo tälläkin hetkellä voimakkaasti dioksiineilla pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyyn polttamalla, eikä tähän ole odotettavissa muutoksia. Käytännössä tällaiset voimakkaasti pilaantuneet, ongelmajätteen rajan ylittävät maa-ainekset muodostavat vain pienen osan kaikista maa-aineksista.

Muut kohdetyypit

Muilla haitta-aineilla kuten torjunta-aineilla ja metalleilla (ampumaradat pois lukien) pilaantuneiden maa-alueiden osalta ei ole nähtävissä selkeitä muutostrendejä kunnostusten määrässä. Esimerkiksi vuosina 2004, 2005 ja 2006 kunnostettiin vuosittain enimmillään 11 taimi- tai kauppapuutarhaa, mikä vastaa alle 5 % kaikista kyseisenä vuonna kunnostetuista PIMA-kohteista (Suomen ympäristökeskus 2007, julkaisema-

ton). PIMA-VNA:ssa esitetyt aiempaa korkeammat DDT:n ja sen hajoamistuotteiden ohjearvot voivat periaatteessa vähentää taimi- ja kauppapuutarha-alueiden kunnostuksen yhteydessä poiskaivettavien maa-ainesten määrää. Tarhat sijaitsevat kuitenkin usein taajama-alueilla, joissa kunnostustoimiin ryhdytään uusien asuinalueiden perustamisen vuoksi. Tässä yhteydessä maa-aineksia joudutaan joka tapauksessa poistamaan, joten kunnostusta ohjaavien pitoisuusrajojen muuttumisella ei ole suurta merkitystä. Voidaan siis olettaa, ettei torjunta-aineilla pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusmäärissä ja maa-ainesten laadussa tule tulevaisuudessa tapahtumaan merkittäviä muutoksia.

Lisääntyneiden konsulttitarjouspyyntöjen määrän perusteella laajojen satama-alueiden kunnostukset tulevat lähivuosina lisääntymään (Järvinen 2009). Näihin liittyy usein myös pilaantuneiden sedimenttien riskinhallintaa. Satama-alueet ovat yleensä monipilaantuneita ja keskeisiä haitta-aineita ovat mm. orgaaniset tinayhdisteet, joita on käytetty laivojen ja veneiden pohjissa. Toistaiseksi näille haitta-aineille on olemassa vain vähän käyttökelpoisia kunnostusmenetelmiä.

5.2

Pilaantuneiden maa-ainesten alueellinen jakautuminen

Aluetasolla pilaantuneita maa-aineksia syntyy eniten pääkaupunkiseudulla. Yksinomaan Helsingin kaupungin alueella¹⁵ muodostuu vuosittain n. 70 % koko maan pilaantuneista maa-aineksista (SCC Viatek Oy 2003). Pilaantuneet maa-ainekset ovat olleet pääosin peräisin ranta-alueilla sijainneilta teollisuus- ja varastokäytössä olleilta kiinteistöiltä, jotka on otettu asutus- ja virkistyskäyttöön. Näissä syntyvät maa-ainekset ovat useimmiten monipilaantuneita. Kunnostuskohteiden lukumäärä on laskenut huippuvuodesta 2003, mutta pilaantuneiden maa-ainesten määrässä ei vielä ole todettavissa laskevaa trendiä. Suuret kunnostushankkeet ovat pitkäaikaisia ja ne todennäköisesti jatkuvat taloustilanteesta riippumatta. Kansantalouden nousu ja laskut ja erityisen suurien kunnostushankkeiden toteutuminen voivat kuitenkin aiheuttaa vaihtelua yksittäisten vuosien välillä. Pitkällä aikavälillä rakentamistoiminta tulee Helsingin alueella jatkumaan aiemmassa mittakaavassa. Myös Tampereen alueella Pirkanmaalla rakentamistoiminta on tulevaisuudessa vilkasta, sillä aluetta kehitetään yhä enenevässä määrin asuinkäyttöön väestöliikkeen suuntautuessa kohti Tamperetta ja sitä ympäröiviä lähikuntia (Lehtinen ym. 2007).

Helsingin kaupungilla on useita omia pilaantuneiden maa-ainesten käsittely- ja varastointialueita, mikä mahdollistaa materiaali- ja energiatehokkuuden toteutumisen kunnostuksissa. Suuri osa loppusijoituskohteista sijaitsee kuitenkin toiminta-alueen ulkopuolella, mikä päinvastoin vähentää materiaali- ja energiatehokkuutta. Alueellisissa tarkasteluissa (luku 3.2.3 ja liite 5) ei Helsingin alueella eikä kahdella muulla esimerkkialueella (Pirkanmaa ja Kainuollut todettavissa selkeää trendiä ekotehokkuuden tärkeimmissä osatekijöissä.

¹⁵ Helsingin kaupungin pilaantuneita maa-alueita ja niiden riskinhallintaa on kuvattu tarkemmin liitteessä 5, luvussa 1.1.

Riskinhallintakäytäntöjä ohjaavat tekijät

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan käytäntöjä ohjaavat useat tekijät. Näihin kuuluvat mm. poliittiset, hallinnolliset ja taloudelliset ohjauskeinot, joiden nykytilannetta on käsitelty edellä luvussa 2. Etenkin EU:n myötä Suomen ympäristölainsäädäntö on muuttunut ja tulee edelleen muuttumaan, mikä tulee väistämättä vaikuttamaan tuleviin riskinhallintakäytäntöihin. Jotta voitaisiin arvioida näitä mahdollisia muutoksia ja sen myötä kunnostusten ja muiden riskinhallintatoimien ekotehokkuuden toteutumista tulevaisuudessa, on ensin tunnistettava olennaiset muutoksia aikaansaavat tekijät. Tämän jälkeen voidaan luoda ennusteita eli skenaarioita siitä, mihin suuntaan nämä tekijät tulisivat ohjaamaan riskinhallintatoimia ja arvioida ekotehokkuuden toteutumista tulevaisuudessa. Alustava lista vaikuttavista tekijöistä koottiin projektiryhmän asiantuntija-arvioiden ja lähdekirjallisuuden perusteella, ja sitä täydennettiin ja tarkistettiin projektin ohjausryhmältä ja muutamilta ympäristöhallinnon ja konsulttiyrityksen edustajilta erillisissä haastatteluissa saadun palautteen perusteella. Olennaisimmiksi riskinhallintakäytäntöjä ohjaaviksi tekijöiksi tunnistettiin siten seuraavat:

- ympäristöpolitiikka ja oikeudellishallinnolliset ohjauskeinot eli lainsäädäntö ja ohjeet
 - kansainväliset sopimukset sekä kansalliset strategiat, säädökset, ohjelmat, hallinnolliset ohjeet ja lupakäytännöt
- taloudelliset ohjauskeinot
 - rahoitus ja sen saatavuus rahoitusjärjestelmät, tuet tms. kannustimet
 - maksut ja verot
- markkinatilanne
 - energian ja raaka-aineiden hinta
 - kunnostustoimien kysyntä johtuen mm. uudisrakentamisesta
 - käsittelylaitosten lukumäärä ja sijainti
- ympäristötekijät
 - ilmastonmuutos
 - taustapitoisuuksien muuttuminen
- olemassa oleva tieto
 - taustapitoisuuksista (voi vaikuttaa kunnostustarpeeseen ja -tavoitteiden määrittelyyn)
 - kunnostusmenetelmien soveltuvuudesta
 - aineiden haitallisuudesta maaperässä perustuen havaintoihin riskien todentumisesta PIMA-kohteissa
- väestön liikkuminen
 - vaikuttaa alueiden kehittymiseen ja siten rakennustoimintaan
- kunnostusmenetelmät ja kunnostettavat alueet
 - kunnostettavien alueiden tyyppi ja maa-ainesten laatu (ks. luku 6.1)
- arviointimenetelmät ja suunnittelulähtökohdat
 - BAT-periaatteen ja ekotehokkuuden toteutumisen arviointimenetelmät
 - riskinarviointi
 - raportointikäytännöt
 - rekisterien käyttö
 - kunnostustoimien toteutumisen seuranta
 - maankäytön suunnittelu: pilaantumisen huomioon ottaminen jo kaavoitus- ja suunnitteluvaiheessa
- sosiaaliset tekijät
 - sosio-ekonomiset tekijät kuten työllisyys, alueen vetovoima ja yleinen taloudellinen tilanne

- sosiokulttuuriset tekijät kuten kulttuuriympäristön säilyminen
- sosiopsykologiset tekijät kuten ihmisten käsitykset riskeistä
- imagokysymykset
 - saattavat nousta tärkeäksi tekijäksi kiristyvän kilpailun ja kansainvälistymisen myötä

Yllä listattuja tekijöitä on tarkasteltava edelleen yksityiskohtaisemmalla tasolla johtuen niiden erilaisesta vaikutuksesta. Esimerkiksi lainsäädännön osalta on syytä erottaa eri säädökset, sillä näiden pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöihin kohdistuva ohjausvaikutus voi olla ekotehokkuuden toteutumisen kannalta erilainen ja ilmetä eri laajuudessa. On myös huomattava, että eri tekijöiden muutoksista aiheutuvat riskinhallintakäytäntöjen aikaskaalat eroavat toisistaan. Esimerkiksi ympäristötekijöiden muutoksesta aiheutuvat vaikutukset todentuvat yleisesti vasta pitkällä aikavälillä kun puolestaan esimerkiksi markkinatilanne saattaa muuttua hyvinkin lyhyellä aikajänteellä. PIRTU-laskentaohjelmassa ja useissa kansainvälisissä tarkasteluissa (mm. Beinat ja van Drunen 1997; Diamond ym. 1999; EURODEMO 2007) tarkasteluajanjaksona on käytetty 20-30 vuotta, minkä on katsottu vastaavan pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustoimien elinkaarta.

Ympäristöpolitiikka, - lainsäädäntö ja ohjeet

Lainsäädännön ja politiikan kategoriassa merkittävimpiä tulevaisuuden pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöjä ohjaavia tekijöitä ovat vuonna 2007 voimaan astunut maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointia koskeva valtioneuvoston asetus (PIMA-VNA) (Ympäristöministeriö 2007) sekä EU:ssa valmisteilla oleva maaperädirektiivi (Commission of the European Communities 2006). PIMA-VNA ja sen yhteydessä julkaistu arviointiopas suuntaavat PIMA-käytäntöjä entistä enemmän riskiperusteiseen suuntaan sekä todennäköisesti myös *in situ* - ja *on site* -menetelmien käyttöön. Tämän voidaan olettaa vähentävän maa-ainesten kaivua ja sitä kautta **lisäävän materiaali- ja energiatehokkuutta**.

Maaperädirektiivin voimaantulo tulee lisäämään ainakin PIMA-kohteiden pilaantuneisuustutkimuksia. Ympäristöperustaisesti kunnostettavien kohteiden määrä tulee tämän johdosta nousemaan nykyisestä suhteessa muihin kunnostusta ajaviin tekijöihin (Pajukallio 2009a). Kunnostusten kokonaismäärä suhteessa pilaantuneiden maa-alueiden määrään sen sijaan saattaa laskea johtuen siirtymisestä riskiperustaiseen pilaantuneisuuden hallintaan. Tällöin pilaantuneita maa-aineksia voidaan joissain tapauksissa perustellusti jättää kohteeseen. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että mikäli kunnostustahti maaperädirektiivin myötä vilkastuu, tällä on **positiivinen vaikutus ekotehokkuuteen**. Tämä arvio perustuu siihen, että resurssien optimoinnin vuoksi on yhä tärkeämpää löytää toteuttamiskelpoisia ja tehokkaita riskinhallintamenetelmiä.

Merkittävä PIMA-käytäntöihin vaikuttava ohjaustekijä on valmisteilla oleva *kai-vettujen pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttökriteeristö*. Tämän odotetaan selkeyttävän hyötykäyttökelpoisuuden määrittelyä ja siten ohjaavan käsittelemättömiä ja käsiteltyjä maa-aineksia useampiin hyötykäyttökohteisiin nykyisen kaatopaikalla hyödyntämisen sijaan. Hyödyntäminen kaatopaikalla tulee ilmeisesti vähenemään, sillä viime vuosina etenkin lievästi pilaantuneet maa-ainekset on suurelta osin hyödynnetty kaatopaikkojen sulkemisessa. Nämä sulkemistoimet on saatettu suurelta osin päätökseen, joten tarve maa-aineksille tulee vähenemään. Maa-aineksia tullaan kuitenkin jatkossakin käyttämään jäljelle jäävillä kaatopaikoilla päivittäispeitossa ja erilaisissa rakenteissa. Niiden sijoittamista tulevaisuudessa vähentävät jonkin verran kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset, jotka rajoittavat orgaanisen aineksen määrää, ja jätteiden käsittelyvaatimukset. Näiden vaatimusten voidaan olettaa nostavan kaatopaikkojen vastaanottomaksujen kustannuksia, mikä tulee osaltaan vähentämään

pilaantuneiden maa-ainesten sijoittamista kaatopaikoille. Samansuuntainen vaikutus olisi mahdollisella pilaantuneille maa-aineksille asetettavalla jäteverolla.

Teollista ja muuta ammattimaista ympäristön tilaan vaikuttavaa toimintaa kuten jätteiden käsittelyä ja maa-alueiden kunnostamista ohjallaan *IPPC-direktiivin* pohjalta. IPPC-direktiiviä ollaan uudistamassa (Pajukallio 2009b). Uudistuksessa direktiiviin yhdistettäisiin muita direktiivejä kuten mm. jätteenpolttodirektiivi, samalla direktiivin nimi muuttuisi IED:ksi (Directive on industrial emissions). IED-luonnoksessa maaperän- ja pohjavedensuojelun merkitys on suurempi kuin aiemmassa IPPC-direktiivissä, ja se sisältää määräyksiä maaperän ja pohjaveden tarkkailuista, tarkkailun ja kunnostamisen sisällyttämisestä BAT-asiakirjoihin sekä laitosalueiden kunnostamisesta toiminnan päätyttyä. Ehdotuksessa esitetään mm. maaperän- ja pohjaveden perustilaraportin laatimista tarvittaessa ja kohteen kunnostamista määriteltyn tilaan. Tämä tulisi todennäköisesti lisäämään kunnostettavien kohteiden määrää ja vaikuttamaan **kunnostusmenetelmiin ekotehokkuutta lisäävästi** (BAT-asiakirjojen kautta). Kunnostamista koskeva artikla ja tarkkailua koskevat vaatimukset ovat herättäneet paljon keskustelua, joten direktiivin lopullisesta sisällöstä ei ole varmuutta.

EU:n uusi jätedirektiivi astui voimaan joulukuussa 2008 ja se on saatettava voimaan jäsenmaissa 12.12.2010 mennessä (Euroopan unioni 2008). Direktiivissä jätteen määritelmä säilyy ennallaan, mutta se sisältää ns. End of waste (EOW) kriteerit. EOW-kriteerien avulla voidaan määritellä, milloin jäte lakkaa olemasta jätettä. Näiden pohjalta laadittavat kansalliset EOW-kriteerit tulevat selkeyttämään myös pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä Suomessa ja sitä kautta todennäköisesti lisäämään sitä ja **parantamaan riskinhallinnan ekotehokkuutta**.

Uuden jätedirektiivin mukaisesti jätehierarkia on viisiportainen¹⁶. Hierarkian noudattaminen merkitsee, että kaatopaikoille tulevien jätteiden määrä tulee Suomessa vähentymään. Tämä on nähtävissä mm. pääkaupunkiseudulla, jossa ennustetaan jätteiden määrän vähenemistä huolimatta siitä, että väestömäärä ja kulutus kasvavat. Suuntaus johtuu kierrätyksen sekä jätteiden kompostoinnin ja energiakäytön lisääntymisestä. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla Ämmäsuolle valmistuva jätevoimala tulee vähentämään merkittävästi kaatopaikalle toimitettavan jätteen määrää. Voimalan suunniteltu käyttöönottoajankohta on v. 2013 ja sen käsittelykapasiteetti tulee olemaan 320 000 tonnia vuodessa, kun koko YTV:n seudulla syntyy nykyään vuodessa yli miljoona tonnia jätettä. (YTV 2009). Kaatopaikoille toimitettavan jätteen määrän vähentyessä kaatopaikkojen määrä ja tilantarve vähenee, jolloin myös peittomaiksi tai rakenteisiin soveltuvien pilaantuneiden maa-ainesten tarve vähenee.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että pilaantuneiden maa-ainesten hyödyntämisen kaatopaikoilla tulee vähentymään, mikä **vähentää kunnostusten materiaalihokkuutta**. Mikäli halutaan säilyttää nykyinen maa-ainesten hyödyntämistapa tai kasvattaa sitä, pitäisi tulevaisuudessa löytää kaatopaikkojen ohelle muita hyötykäyttökohteita.

Kaikkia EU-maita sitovan *vesipuidedirektiivin* (2000/60/EY) tavoitteena on ehkäistä pinta- ja pohjavesien tilan heikkeneminen. Vesipuidedirektiiviä toteutetaan Suomessa alueellisten vesienhoitosuunnitelmien avulla, jotka valtioneuvosto hyväksyy vuoden 2009 aikana¹⁷. Ohjelmien toimenpiteiden pitää olla käynnissä vuoteen 2012 mennessä. Vesien suojeleminen on pilaavien aineiden eli ns. prioriteettiaineiden aiheuttaman pilaantumisen vähentäminen. Vesipuidedirektiivin johdosta Suomessa annettiin toukokuussa 2009 Valtioneuvoston asetus (341/2009), joka sisältää pohjaveden hyvän laadun kriteerit. Näiden määrittelemä veden laatu tulee saavuttaa kaikilla

¹⁶ Jätehierarkian mukaan jätteiden hallinnassaosalta tulee noudattaa seuraavaa hierarkiaa: 1) Jätteen synnyn ehkäisy; 2) Valmistelu uudelleenkäyttöön; 3) Kierrätys; 4) Muu hyödyntäminen; 5) Loppukäsittely.

¹⁷ www.ymparisto.fi/vesienhoito [Viitattu 21.7.2009].

pohjavesialueilla vuoteen 2015 mennessä (Pajukallio 2009a). Pohjavesitutkimusten voidaankin odottaa lisääntyvän näiden laatuksiteerien johdosta ja todennäköisesti myös kunnostustoimet yleistyvät nykyisestä. Toistaiseksi pohjaveden tutkimukset ovatkin olleet varsin vähäisiä (Järvinen 2009) ja pohjavettä on harvoin aktiivisesti kunnostettu, Käytettävissä olevista kunnostusmenetelmistä riippuu se, miten ekotehokkaasti tulevat kunnostukset voidaan hoitaa. Toistaiseksi kunnostukset ovat olleet aikaa vieviä ja kustannusarviot ovat usein ylittyneet eli niiden ekotehokkuus on ollut huono (Antikainen ym. 2004). Pääasiallisesti syyksi tähän on tunnistettu puutteelliset kohdetutkimukset. Toimivien vedenottamoiden yhteydessä pohjavettä on kuitenkin puhdistettu, silloin kun tähän on ollut selkeä tarve esimerkiksi kun kuormituslähde ei ole pystytty poistamaan tai paikallistamaan.

Maa-ainesten ottoa koskevat luvat ja ohjeet voisivat periaatteessa ohjata pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä. Näiden vaikutus jää kuitenkin käytännössä merkityksettömäksi johtuen maa-ainesten oton suuresta volyymistä (n. 100 miljoonaa tonnia/vuosi) suhteessa syntyvien pilaantuneiden maa-ainesten määrään. Myös pilaantumattomien ylijäämämaiden syntyminen vähentää pilaantuneiden maa-ainesten kysyntää. Sekä ylijäämämaat että pilaantuneet maa-ainekset ovat usein myös teknisiltä ominaisuuksiltaan heikkolaatuisia soveltuakseen käytettäväksi maanrakennuksessa.

Kunnostusmenetelmät ja kunnostettavat alueet

Käytettäviin riskinhallintamenetelmiin vaikuttavat olennaisesti pilaantuneiden maa-alueiden ominaisuudet kuten niiden pilaantuneisuus. Riskinhallintamenetelmiin vaikuttaa toisaalta merkittävästi myös se, mitä menetelmiä ylipäätään on käytettävissä ja miten varmoja voidaan olla näiden toimivuudesta. Myös yleinen menetelmien hyväksyttävyyden merkittävä tekijä.

Kunnostusmenetelmistä etenkin paikalla eristäminen näyttäisi lisääntyvän tulevaisuudessa parantuneiden tekniikoiden seurauksena (Järvinen 2009). Eristämistä voidaan materiaalitehokkuuden kannalta pitää ekotehokkaana riskinhallintamenetelmänä muutoin kuin energiaa kuluttavien kuumastabiloinnin ym. vastaavien menetelmien osalta.

Kunnostuksissa käytetään jo nykyisellään *in situ* menetelmiä yhdistettynä kaivuun ja muihin ”perinteisempiin” kunnostusmenetelmiin esimerkiksi huoltamokiinteistöillä. *In situ* -tekniikoiden käyttö tulee lisääntymään, kun käyttökokemukset lisääntyvät. Tämä tulee **lisäämään tiettyjen kohdetyyppien kunnostuksen ekotehokkuutta**. *In situ* -menetelmien käyttöönottoa vähentää jonkin verran niiden huono soveltuvuus ja rajoitettu hyväksyttävyyden. Viime mainittuun vaikuttavat usein koejärjestelyissä ilmenneistä ongelmista ja puutteellisesta suunnittelusta johtuvat huonot kokemukset koekohteista (Antikainen ym. 2004).

Arviointimenetelmät ja suunnittelunäkökohdat

Riskinarvioinnin ja ekotehokkuuden arvioinnin menetelmien kehittyessä ja tietotaidon kasvaessa myös luottamus näiden pohjalta tehtyihin riskinhallintasuunnitelmiin tulee varmasti lisääntymään. Riskinarviointiperustainen kunnostus **lisää ekotehokkuutta**, sillä tällöin toimenpiteet keskitetään todellisten riskien vähentämiseen välttämällä mahdolliset ylilyönnit ja turhat kunnostukset. Tulevaisuudessa PIMA-kohteisiin liittyvä toiminta saattaa painottua enemmän tutkimuksiin, arviointeihin ja suunnitteluun kuin aktiivisiin kunnostustoimiin. Ekotehokkuuden ja kunnostusmenetelmien BAT:n arviointityökalujen käyttöönotto suunnittelussa ja arviointitulosten huomioon ottaminen ilmoituksia ja lupia koskevissa viranomaispäätöksissä lisää riskinhallintatoimien ekotehokkuutta. Alueellisella tasolla mm. kunnostuskustan-

nusten ja eri kunnostusmenetelmien käytön seurannan kehittämällä on tärkeä rooli ekotehokkuuden edistämässä.

Ekotehokkuuden toteutumista tukevien arviointimenetelmien käyttöä voidaan edistää myös demonstraatioprojektien kautta. Hämeen alueellinen ympäristökeskus käynnisti syksyllä 2008 hankkeen ”Pilaantuneiden teollisuusalueiden uudelleenkäyttö” (PIUHA¹⁸), jossa pyritään esimerkkikohteiden kautta luomaan menetelmiä ja käytäntöjä pilaantuneisuuden huomioon ottamiseksi jo alueiden suunnitteluvaiheessa. Kustannus- ja ekotehokkuus on asetettu yhdeksi tavoitteeksi riskinhallinnan toteuttamiseksi esimerkkialueilla. Hankkeessa tullaan myös hyödyntämään PIRTU-työkälyä. PIUHA-hankkeen tulokset mahdollistavat jatkossa entistä systemaattisemman riskinhallinnan, jossa pilaantuneisuus otetaan huomioon jo rakennettavien alueiden suunnitteluvaiheessa.

Taloudelliset ohjaukset

Rahoituksen saatavuus on usein avainasemassa pilaantuneen maa-alueen riskinhallinnan toteutuksessa. Toistaiseksi valtion rahoituksella on vuosittain katettu vain pieni osa (alle 10 %) riskinhallintatoimiin käytetyistä varoista (esim. Pajukallio 2006). Jotta toimenpiteet saataisiin ohjattua riskien kannalta merkittävimpiin kohteisiin, tarvittaisiin kunnostuksen tukemiseen yhteiskunnan lisärahoitusta. Lisäksi julkisin varoin tehdyissä kunnostuksissa ekotehokkuusvaatimusten asettaminen päätöksenteon perusteluksi voisi johtaa muidenkin kuin halvimpien, mutta muilta osin ekotehokkuudeltaan huonojen riskinhallintaratkaisujen valintaan.

Huoltamokiinteistöjen kunnostusta rahoittanut SOILI-ohjelma on todettu varsin toimivaksi rahoitusjärjestelmäksi. SOILI-ohjelmassa rahoituksen saannille on asetettu kriteerit, jotka osaltaan edesauttavat kunnostuksen ekotehokkuuden toteutumista. Vastaavanlaiset toiminnanharjoittajilta kerättävin maksuin rahoitetut järjestelmät voisivatkin edistää tehokkaasti ekotehokkuuden toteutumista myös muilla toimialoilla syntyvien PIMA-kohteiden riskinhallinnassa.

VALTSUssa on esitetty tavoitteeksi valtion jätehuoltotoihin ohjattavan määrärahan nostaminen (ks. luku 2.1.1). Rahoituksen pitäisi kuitenkin kasvaa huomattavasti nykyisestä, jotta sillä olisi merkittävää vaikutusta ekotehokkuuden toteutumiseen valtakunnan tai alueellisella tasolla.

Jätevero voisi osaltaan vähentää pilaantuneiden maa-ainesten sijoitusta usein pitkienkin kuljetusmatkojen päässä oleville kaatopaikoille. PIRRE1-projektin puitteissa tehdyn selvityksen mukaan useat asiantuntijat pitävätkin verottomuutta yhtenä esteenä ekotehokkuuden toteutumiselle maaperän kunnostuksessa (Sorvari ym. 2009). Myös neitseellisten maa-ainesten oton verottaminen voisi periaatteessa edistää pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä ja siten lisätä ekotehokkuutta.

Muut tekijät

Markkinatilanne, väestön muuttoliike ja suhdanteet vaikuttavat selkeästi rakentamistoimintaan ja sitä kautta välillisesti pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustoimintaan. Myös imago- ja arvostustekijöillä on merkittävä vaikutus siihen, missä määrin ja millä tavalla PIMA-kohteiden riskejä jatkossa hallitaan. Kansainvälistymisen myötä imagokysymykset nousevat jatkossa entistä merkityksellisimmiksi. Viime vuosilta on olemassa käytännön esimerkkejä siitä, että etenkin kansainvälisille yrityksille positiivisen yrityskuvan ylläpitäminen on ensiarvoisen tärkeää (Järvinen 2009). Tämän vuoksi uusien toimitilojen käyttöönoton yhteydessä pilaantuneen maa-aineksen

¹⁸ <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=24427&lan=fi> [Viitattu 9.7.2009].

riskeistä on haluttu päästä eroon kerralla, jolloin on suosittu kustannus- ja energiatehokkuudeltaan sekä usein myös materiaalitehokkuudeltaan huonoa massanvaihtoa. Myös kiinteistökauppojen yhteydessä on suosittu massanvaihtoa, koska tällä eliminoidaan tehokkaimmin mahdolliset tulevat kunnostusvastuut ja taloudelliset riskit.

Pitkän aikavälin riskinhallintapäätöksiin liittyy aina epävarmuutta, joka voi vähentää pilaantuneiden maa-alueiden puhdistustoimien ekotehokkuutta. Nämä epävarmuudet liittyvät tapahtumien ennalta arvaamattomuuteen tai vaikeuteen ennustaa niitä. Tällaisia riskinhallintamenetelmien ekotehokkuutta vähentäviä tekijöitä ovat mm. ongelmat suunniteltujen tarkkailutoimien toteuttamisessa (esim. pitkäkestoiset *in situ* -menetelmät kuten luontainen puhdistuminen), odottamattomat riskit (esim. ilkivalta) ja ennalta suunnittelelmattomat maankäytön muutokset.

Ekotehokkuutta lisäävä tekijä olisi välivarastointi ja käsittelypaikkojen lisääntyminen sekä maaainespankkien luominen, sillä tällöin maa-aineksia voitaisiin systemaattisemmin ohjata hyötykäyttöön ja käsittelyyn. Tällöin myös kuljetusmatkat lyhenisivät.

6 Yhteenveto

Ekotehokkuus on moniulotteinen käsite, johon liittyy useita tekijöitä. Ekotehokkuuden yleisen määritelmän pohjalta pääasiallisiksi keinoiksi parantaa pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaa eli muuttaa sitä ekotehokkaampaan suuntaan, voidaan tunnistaa:

- energiatehokkuuden lisääminen,
- haitallisten aineiden aiheuttamien riskien vähentäminen,
- materiaalien kierrätettävyyden lisääminen ja luonnonvarojen kestävä käytön maksimointi ja
- riskinhallintatoimien taloudellinen tehostaminen.

On huomattava, että ekotehokkuuskäsitteen moniulotteisuudesta johtuen mainitut keinot voivat olla ekotehokkuuden toteutumisen kannalta osin ristiriidassa keskenään. Esimerkiksi yksinomaan energiatehokkuuden kannalta tulisi pyrkiä lyhyisiin maa-ainesten kuljetusmatkoihin. Tämä ei kuitenkaan johda ekotehokkaimpaan ratkaisuun, mikäli lyhyen kuljetusmatkan päässä olevassa käsittelylaitoksessa maa-aineksia ei voida käsitellä siten, että niiden kierrätettävyys lisääntyy tai että niistä aiheutuvat riskit pienenevät.

Tällä hetkellä massanvaihto ja pilaantuneiden maa-ainesten käsittely kaatopaikalla on yleisin kunnostusmenetelmä Suomessa. Äskettäin valmistuneen selvityksen mukaan (Jaakkonen 2008) maa-ainekset hyödynnetään kaatopaikoilla lähes 90 %:sesti, joten riskinhallinnan voidaan sanoa olevan nykyisellään materiaalitehokasta. Usein pitkät kuljetusmatkat kuitenkin vähentävät energiatehokkuutta ja sitä kautta kaatopaikkahyödyntämisenkin ekotehokkuutta.

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimien suunnittelu alueellisella tasolla ekotehokkaaksi on haasteellista. Tehtävän moniulotteisuuden lisäksi ongelmana on usein kvantitatiivisen tiedon huono saatavuus. Esimerkiksi kustannusten ja eri menetelmien päästöjen ja energiatehokkuuden osalta tietolähteenä ovat konsultit, urakoitsijat ja muut palveluntarjoajat, joilta saatava tieto ei ole objektiivista, kattavaa eikä aina julkisesti saatavilla tai käytettävissä. Siksi olisikin tärkeää täydentää olemassa olevia yleisiä tietokantoja etenkin eri menetelmien elinkaaren aikaisista energian- ja vedenkulutuksesta sekä päästöistä. Ekotehokkuuden toteutumisen arviointi ja seuranta edellyttää systemaattista riskinhallinnan kustannusten ja käytettyjen kunnostustekniikoiden seuranta. Riskien määrittäminen on merkittävä ongelma alueellisen tason ekotehokkuuden arvioinnissa, sillä tämä tulisi käytännössä tehdä aina kohdekohtaisesti. Riskikomponentin lisääminen alueelliseen ekotehokkuustarkasteluun onkin tärkeä jatkokehityshanke. Sosio-kulttuuristen vaikutusten arvioinnin osalta ongelmana on puolestaan ylipäättään käyttökelpoisten arviointimenetelmien puute.

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostus painottuu todennäköisesti tulevaisuudessa erityyppisiin kohteisiin, mikä merkitsee muutosta ekotehokkuuden toteutumisessa. Esimerkiksi kunnostettavien kaatopaikka- ja huoltamokohteiden määrän voidaan

olettaa vähenevän ja kunnostettavien ampumaratojen määrän toisaalta kasvavan. Huoltamokiinteistöjen kunnostukseen on olemassa energia- ja materiaalitehokkaita menetelmiä toisin kuin ampumaratojen kunnostukseen. Kaatopaikkoja on toisaalta kunnostettu suurelta osin valtion jätehuoltotoina, jolloin kunnostukselle on asetettu ekotehokkuuden toteutumista tukevia vaatimuksia. Maaperädirektiivin voimaantumisen on oletettu kaiken kaikkiaan lisäävän selvitys- ja mahdollisesti myös kunnostustoimia. Pohjavesien osalta pohjavesidirektiivillä otaksutaan olevan samansuuntainen vaikutus. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan käytäntöjen ja vuosittain kunnostettavien kohteiden lukumäärän sekä maa-ainesten määrän tunnistettiin viime kädessä muotoutuvan useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Muutokset näissä tekijöissä voivat ohjata käytäntöjä ekotehokkaampaan suuntaan tai siitä pois päin (Taulukko 10). Eri tekijöiden vaikutus voi myös olla vastakkainen, mikä vaikeuttaa arviointia siitä, miten ekotehokasta pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinta on tulevaisuudessa.

Taulukko 10. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöihin tulevaisuudessa mahdollisesti vaikuttavat keskeisimmät tekijät: ennuste eli skenaario näissä tapahtuvista muutoksista ja muutosten vaikutus riskinhallinnan ekotehokkuuteen.

Muutoksen laukaisija	Skenaario	Vaikutus ekotehokkuuteen
YMPÄRISTÖPOLITIikka		
Alueelliset jätesuunnitelmat ekotehokkuuden toteuttamiseksi (ELSU ¹)	Ekotehokkaiden riskinhallintamenetelmien käyttö lisääntyy.	Ekotehokkuus lisääntyy alueilla, joilla pilaantuneet maat on määritelty suunnitelmissa painopistealueeksi.
Jätepolitiikka, ml. valtakunnallinen jätesuunnitelma (VALTSU)	Pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttö joko sellaisenaan tai käsiteltynä lisääntyy valtakunnallisesti.	Materiaalitehokkuus kasvaa, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
Luonnonvarastrategia ja tavoitteet materiaalitehokkuuden parantamiselle	Strategiat ja niiden pohjalta asetetut tavoitteet toteutuvat, joten neitseellisten luonnonvarojen käyttö vähenee ja pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttö joko sellaisenaan tai käsiteltynä lisääntyy valtakunnallisesti.	Materiaalitehokkuus kasvaa, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
Kansalliset päästöjen vähennystavoitteet	Kunnostus- ja kuljetuskalusto muuttuu vähäpäästöisemmäksi valtakunnallisesti.	Kunnostustoimien energiatehokkuus kasvaa ja päästöt vähenevät, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
YMPÄRISTÖLAINSÄÄDÄNTÖ JA OHJEET		
Maaperädirektiivi	1) Riskinarvioinnit lisääntyvät valtakunnallisesti, joten riskiperustaiset kunnostukset lisääntyvät. 2) Kunnostaminen keskitetään kohteisiin, joissa ympäristö- ja terveyshaittojen todennäköisyys on suurin ja siten kunnostustoimien hyödyt suurimmat.	Ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
Vesipuitedirektiivi	1) Pohjavesialueilla sijaitsevien kohteiden riskinarvioinnit ja pohjaveden kunnostukset lisääntyvät valtakunnallisesti. 2) Kunnostaminen keskitetään kohteisiin, joissa terveyshaittojen ja ekologisten vaikutusten todennäköisyys on suurin ja siten kunnostustoimien hyödyt suurimmat. 3) Kunnostusten lisääntyessä myös kunnostusmenetelmät kehittyvät.	1) & 2) Ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti. 3) Kunnostusten lisääntyessä on löydettävä tehokkaampia kunnostusmenetelmiä, mikä osaltaan parantaa ekotehokkuutta myös kohdetasolla.
Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (ns. PIMA VNA)	Kunnostustaso kohteissa muuttuu uuden ohjarvojen mukaisesti ja riskinarviointiperusteiset kunnostukset lisääntyvät valtakunnallisesti.	Materiaali- ja energiatehokkuus lisääntyy maa-ainesten kaivun ja turhien kunnostusten vähentyessä, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
Pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttökriteerit	Hyötykäytön hyväksymisperusteet selkeytyvät, joten hyötykäyttö helpottuu ja lisääntyy valtakunnallisesti.	Materiaalitehokkuus lisääntyy, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.

Muutoksen laukaisija	Skenaario	Vaikutus ekotehokkuuteen
BAT ja BEP velvoitteet	1) BAT- ja BEP-periaatteille laaditaan selkeät kriteerit, jotka mahdollistavat eri riskinhallintamenetelmien vertailun kohdekohtaisesti. 2) BAT- ja BEP-periaatteet otetaan huomioon ilmoitus- ja lupapäätöksissä.	BAT- ja BEP-periaatteet otetaan kohdetsolla selkeästi huomioon riskinhallintamenetelmää valittaessa ja viranomaispäätöksissä, joten ekotehokkuus kasvaa.
Jätelain kokonaisuudistus	Laaditaan EU-kriteerien pohjalta valtakunnalliset End Of Waste -kriteerit, joissa määritellään milloin jäte lakkaa olemasta jäte. Tämä selkeyttää pilaantuneiden maa-ainesten hyödyntämistä valtakunnallisesti.	Pilaantuneet maa-ainekset ohjautuvat enemmän hyötykäyttöön, joten ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti.
EU:n kaatopaikkadirektiivi (luokitus ja vaatimukset)	1) Kaatopaikkojen määrä ja kaatopaikoille toimitettavan jätteen (ml. pilaantunut maa-aines) määrä vähenee valtakunnallisesti. 2) Uusien kaatopaikkojen perustamiskustannukset nousevat tiukentuneiden rakennevaatimusten myötä, mikä nostaa kaatopaikkamaksuja. Tämän seurauksena kaatopaikoille toimitettavien pilaantuneiden maa-ainesten määrä vähenee. 3) Pilaantuneiden maa-ainesten käyttö kaatopaikoilla vähenee johtuen rajoituksista sijoittaa biohajoavaa (tietyn orgaanisen aineksen määrän ylittävä) jätettä käsittelemättömänä tavanomaisen jätteen kaatopaikoille.	1) Pilaantuneiden maa-ainesten tarve ja hyödyntäminen kaatopaikoilla vähenee valtakunnallisesti, kun kaikki vanhojen kaatopaikkojen sulkemistoimet on saatettu loppuun ja kun otetaan käyttöön muita jätteiden käsittelymenetelmiä. Tästä johtuen materiaalitehokkuus ja sen myötä myös ekotehokkuus laskee. 2) Pilaantuneiden maa-ainesten kaatopaikkakäsittelyn kustannukset kasvavat, joten ekotehokkuus laskee tältä osin valtakunnallisesti. 3) Hyödyntäminen kaatopaikoilla vähenee, joten ekotehokkuus laskee valtakunnallisesti. → Ekotehokkuus laskee valtakunnallisesti, ellei hyötykäyttö muualla kuin kaatopaikoilla vastaavasti lisäänty.
TALOUDELLISET OHJAUSKEINOT		
Julkinen rahoitus pilaantuneiden maa-alueiden kunnostukseen	Rahoitus kasvaa valtakunnallisesti VALTSUn ja maaperädirektiivin tavoitteiden toteutumisen myötä. Ekotehokkuus asetetaan kriteeriksi rahoituksen saannille. Tällöin keskitytään todellisiin riskikohteisiin ja panostetaan ekotehokkaampien menetelmien käyttöön.	Lisää ekotehokkuutta mainittavasti vain, mikäli rahoitus kasvaa merkittävästi.
Jätevero	Pilaantuneille maa-aineksille asetetaan jätevero.	Pilaantuneita maa-aineksia käsitellään yhä enenevässä määrin muualla kuin kaatopaikoilla. Tällöin kuljetusmatkat lyhenevät mikä lisää kunnostusten ekotehokkuutta kaikilla tasoilla (kohde, alue, valtakunta).
Toiminnanharjoittajilta perittävät maksut	Kunnostuksia varten kerätään kemia- ja öljymaksuja niiden tuottajilta ja maahantuojilta.	Veroin tai maksuin kerätyt varat voidaan ohjata priorisoitujen kohteiden kunnostamiseen, mikä parantaa ekotehokkuutta.
Maa-ainesvero	Neitseelliselle maa-ainekselle asetetaan vero, jolloin ylijäämämaiden ja pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttö lisääntyy.	Vaikutus ekotehokkuuteen on vähäinen johtuen tarvittavien maa-ainesten suuresta volyyymistä suhteessa syntyvien pilaantuneiden maa-ainesten määrään.
MARKKINATILANNE		
Kunnostusmarkkinoiden kehittyminen ja -menetelmien saatavuus	Käsittelypaikkojen eri kunnostusmenetelmät otetaan tehokkaampaan käyttöön tietyillä alueilla (eli alueilla, joissa on olemassa käsittelyvaihtoehtoja). Ekotehokkaampien kunnostusmenetelmien saatavuus paranee tietyillä alueilla niiden kysynnän kasvaessa.	Kuljetusmatkat lyhenevät ja käsittelymenetelmät monipuolistuvat, joten ekotehokkuus kasvaa alueilla, joilla on riittävästi kysyntää ja tarjontaa tai joilla voidaan soveltaa esim. ekotehokkaampia <i>in situ</i> menetelmiä (ilmas- ton, maaperän ja maankäytön asettamat rajoitteet).

Muutoksen laukaisija	Skenaario	Vaikutus ekotehokkuuteen
Raaka-aine ja energia-markkinat	Energian ja raaka-aineiden saatavuus vähenee valtakunnallisesti, joten niiden hinta nousee ja sen myötä käsittely- ja kuljetuskustannukset kasvavat. Tämä johtaa lyhyiden kuljetusmatkojen ja energiatehokkaampien kunnostusmenetelmien suosimiseen.	Kustannusten nousulla on oletettavasti vain vähäinen ekotehokkuutta vähentävä vaikutus, sillä raaka-aineiden ja energian kustannusten osuus kokonaiskunnostuskustannuksista on vähäinen. Toisaalta kuljetusmatkojen lyheneminen ja siirtyminen energiatehokkaampiin kunnostusmenetelmiin parantaa ekotehokkuutta.
Maa-ainesten otto	Valtakunnallisesti neitseellisen maa-aineksen käyttö (hiekkä ja sora) vähenee, mutta kalliomurskeen toisaalta lisääntyä (tähän myönnetään enemmän lupia). (Ympäristöministeriö 2009). Huom! Pilaantuneet maa-ainekset korvaavat useimmiten hienojakoisia ja raekooltaan vaihtelevia maa-aineksia.	Vaikutus ekotehokkuuteen on vähäinen johtuen tarvittavien maa-ainesten suuresta volyymista ja toisaalta saatavilla olevan neitseellisen maa-aineksen ja pilaantumattomien ylijäämämaiden suuresta määrästä suhteessa syntyvien pilaantuneiden maa-ainesten määrään.
YMPÄRISTÖTEKIJÄT		
Ilmastonmuutos	1) Eroosio kasvaa ranta-alueilla, joten tarvitaan yhä enemmän tulvasuojarakenteita. Näissä voidaan käyttää lievästi pilaantuneita maa-aineksia, joiden hyötykäyttö siis lisääntyy tietyillä alueilla. 2) Vesistöjen ja meren pinnat nousevat, mistä syystä ranta-alueilla sijaitsevia kohteita joudutaan kunnostamaan nykyistä useammin 3) Haitta-aineiden kemialliseen tai biologiseen hajoamiseen perustuvien <i>in situ</i> -menetelmien käyttökelpoisuus paranee ympäristön lämpötilan noustessa.	1) Materiaali- ja energiatehokkuus kasvaa alueellisesti (ranta-alueet), kun maa-ainesten hyötykäyttö lisääntyy, joten ekotehokkuus kasvaa. 2) Ekotehokkuus laskee, kun vedenpinnan noustessa syntyy uusia kunnostusta vaativia kohteita, joissa riskit voivat olla teknisesti vaikeasti hallittavissa. 3) Näiden kunnostusmenetelmien ekotehokkuus kasvaa, mutta ympäristöolosuhteiden muutoksen hitaudesta johtuen vaikutus todentuu vasta erittäin pitkän ajan kuluessa.
OLEMASSA OLEVA TIETO		
Tieto ekotehokkaista riskinhallintamenettelyistä	Uusien ekotehokkaampien riskinhallintamenetelmien käyttö lisääntyy valtakunnallisesti, kun tieto niiden käyttökelpoisuudesta kasvaa. Myös <i>in situ</i> -menetelmien käyttö osana kunnostusta lisääntyy, joten kuljetukset vähenevät.	Ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti. Huom! Kaikki riskinhallintamenetelmät eivät sovellu hyvin Suomeen johtuen ilmasto- ja maaperäolosuhteista. Myös eräiden <i>in situ</i> -menetelmien hitaus vaikuttaa ekotehokkuutta vähentävästi. Lisäksi <i>in situ</i> -menetelmät ovat harvoin yksinään riittäviä saavuttamaan asetettu kunnostustavoite.
Tieto taustapitoisuuksista	Taustapitoisuuksien määrittäminen kohteissa lisääntyy, mistä johtuen niiden huomioon ottaminen riskinhallintamenettelyistä päätettäessä lisääntyy kohdekohtaisesti.	Riskinhallintatoimien ekotehokkuus kasvaa tietyillä alueilla, kun kunnostuksissa ei pyritä alueellisia taustapitoisuuksia alemmalle haitta-aineiden pitoisuustasolle.
Tieto pilaantumisen aiheuttamista vaikutuksista	Tieto pilaantumisen aiheuttamista todellisista vaikutuksista kasvaa valtakunnallisesti.	Riskinhallintatoimien ekotehokkuus kasvaa valtakunnallisesti, kun vältetään yli- ja alilyönnit riskinhallinnassa ja keskitytään vain todellisiin riskikohteisiin.
VÄESTÖN LIIKKUMINEN		
Muuttoliike	Väestö keskittyy yhä enemmän kaupunkeihin, joten rakentaminen lisääntyy tietyillä kasvualueilla. Tämä johtaa lisääntyneeseen maa-ainesten kysyntään ja maankäyttömuutoksiin pilaantuneilla maa-alueilla (esim. entisten teollisuus-alueiden kehittämiseen asutus- ym. käyttöön).	Riskinhallintatoimien on tehostuttava otettaessa pilaantuneita alueita uudelleenkäyttöön, mikä johtaa ekotehokkuuden lisääntymiseen tietyillä alueilla. Taantuvilla alueilla riskinhallintatoimet voivat puolestaan jäädä toteuttamatta, mikä voi johtaa lisääntyneisiin ekologisiin vaikutuksiin ja niiden johdosta ekotehokkuuden vähenemiseen. Ekotehokkuus voi toisaalta kasvaa, mikäli pilaantuneilla maa-aineksilla korvataan jatkossa yhä enenevässä määrin rakentamisessa ja täytoissä tarvittavia luonnon materiaaleja.

Muutoksen laukaisija	Skenaario	Vaikutus ekotehokkuuteen
KUNNOSTUSMENETELMÄT JA KUNNOSTETTAVAT ALUEET		
Kunnostettavien pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä ja tyyppi	Pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä pysyy valtakunnallisesti likimain nykyisellä tasolla, mutta kunnostukset painottuvat hiukan eri tavalla (erityyppiin kohteisiin). Kiireellisimmät kohteet on kunnostettu lähivuosina, eikä uusia synny yhtä paljon kuin aiemmin.	Lyhyellä tähtämellä muutoksilla ei ole juurikaan vaikutusta ekotehokkuuteen, pitkällä tähtämellä ekotehokkuus voi laskea valtakunnallisesti, kun pahiten pilaantuneet ovat kohteet ja toisaalta myös kohteet, joille on olemassa toteuttamiskelpoisia riskinhallintatoimia, on kunnostettu (kunnostuksella saavutettavat hyödyt suhteessa resurssihin vähenevät). Myös uusien, käsittelyä vaativien haitta-aineiden (joille ei kuitenkaan ole vielä olemassa toteuttamiskelpoisia kunnostustekniikoita) ilmaantuminen vähentää ekotehokkuutta.
ARVIOINTIMENETELMÄT JA SUUNNITTELUKÄYTÄNNÖT		
Ekotehokkuuden osatekijöiden arviointimenetelmät	1) Hyödynnetään kohdekohtaista PIRTU-laskentatyökalua, jolla voidaan arvioida eri riskinhallintamenetelmien ekotehokkuutta. 2) Otetaan käyttöön PIRRE2-projektissa kehitetyt alueellisen ekotehokkuuden mittarit ja kehitetään mittaamiseen tarvittavien tietojen hankintaa aluetasolla. Seurauksena on, että ekotehokkuus otetaan paremmin huomioon päätöksenteossa sekä kohdekohtaisesti että alueellisesti.	1) Ekotehokkuus kasvaa kohteen tasolla. 2) Ekotehokkuuden seuranta paranee ja sen myötä ekotehokkuus kasvaa aluetasolla.
Kohteiden priorisointimenetelmät	Priorisointimenetelmien käyttö aluetasolla lisääntyy, joten kunnostukset kohdentuvat paremmin ongelmallisimpiin alueisiin eli todellisiin riskikohteisiin.	Ekotehokkuus kasvaa, sillä hyötyjen (riskinvähennä) määrä suhteessa panoksiin (resurssit) kasvaa alueellisella tasolla.
Maankäytön suunnittelu	Pilaantuneisuus otetaan alueellisella tasolla yhä enenevässä määrin huomioon maankäytön suunnittelussa ja kohdetasolla toimintojen sijoittamisessa pilaantuneen alueen sisällä. Tässä hyödynnetään mm. PIUHA-hankkeen ² tuloksia.	Kunnostukset optimoidaan, kun toiminnot sijoitetaan järkevämmiin. Tämän seurauksena ekotehokkuus kasvaa alueellisella ja kohteen tasolla.
SOSIAALISET JA IMAGOTEKIJÄT		
Alueen arvostus ja toiminnanharjoittajan imago	Sosiaaliin tekijöihin kuten väestön tulotasoon, koulutukseen, työttömyysasteeseen, ihmisten pelkoihin riskeistä ym. kiinnitetään alueellisesti ja yksittäisissä isoissa kohteissa yhä enemmän huomiota ja kehitystä seurataan. Toiminnanharjoittajien imagokysymykset, joihin myös omaksutut pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytännöt vaikuttavat, nousevat merkittäväksi kilpailun lisääntyessä ja markkinoiden kansainvälistyessä.	Vaikutus ekotehokkuuteen alueen ja kohteen tasolla vaihtelee. Sosiaalisten tekijöiden ja imagotekijöiden huomioon ottaminen voi lisätä kustannustehokkuudeltaan huonojen, riskien täydelliseen eliminointiin pyrkivien kunnostusmenetelmien käyttöä (esim. kaivu). Tällöin ekotehokkuus laskee. Sosiaaliset vaikutukset ja imagotekijät ovat toisaalta tärkeä osa ekotehokkuuden toteutumisessa, joten ottamalla ne huomioon aikaisessa vaiheessa voidaan välttää mahdolliset ongelmatilanteet (esim. ristiriitatilanteet alueen käyttäjien ja kehittäjien välillä) ja alueen ei-toivottu kehitys tulevaisuudessa (kuten alueen arvostuksen lasku). Tällöin ekotehokkuus kasvaa.
¹ Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma, ks. luku 2.1.1		
² Pilaantuneiden teollisuusalueiden uudelleenkäyttö -hanke, ks. luku 5.3		

LÄHTEET

- Antikainen, R., Gustafsson, J. & Kivimäki, A.-L. 2004. Kunnostusmenetelmät ja niiden ympäristövaikutusten tarkastelu. Julk.: Sorvari, J & Antikainen, R. (toim.). Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen moniste 316. S. 41-49. ISBN 952-11-1909-8. www.ymparisto.fi/syke/pirre > Julkaisut. [Viitattu 10.6.2009.]
- Antikainen, R., Nerg, N. & Vänskä, M. 2008. Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostus Helsingin kaupungissa ja Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisissa ympäristökeskuksissa v. 2004-2005. Helsinki, PIRRE2, väliraportti 10.3.2008. 24 s. [Julkaisematon.]
- Bardos, P. & Bakker, L., 2008. Decision Support Tools and Sustainability Appraisal. Esitys tilaisuudessa SAGTA/NICOLE Workshop, Environmental Decision Support Systems 9.-10.10.2008, Madrid, Espanja. <http://www.nicole.org/>. [Viitattu 11.5.2009.]
- Beinat, E. & van Drunen, M.A. (eds.). 1997. The REC decision support system for comparing soil remediation options. A methodology based on Risk reduction, Environmental merit and Costs, REC report version 2.0. CUR/NOBIS, Deventer, the Netherlands. http://www.ivm.falw.vu.nl/Research_projects/. [Viitattu 10.4.2009.]
- Blanc, A., Métivier-Pignon H., Gourdon R. & Rousseau P. 2004. Life cycle assessment as a tool for controlling the development of technical activities: application to the remediation of a site contaminated by sulphur. *Advances in Environmental Research* 8(3-4): 613-627.
- Commission of the European Communities, Proposal for Directive of the European parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. European Commission, Brussels. COM(2006) 232 final. 2006/0086 (COD) http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_en.pdf. [Viitattu 29.6.2009.]
- Diamond, M.L., Page, C.A., Campbell, M., McKenna, S. & Lall, R. 1999. Life-cycle framework for assessment of site remediation options: method and generic survey. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18(4): 788-800.
- Ekotehokkuus ja factor-ajattelu. 1998. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 1/1998. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Helsinki.
- EuroDemo. 2007. Interim results for the 'Framework for Sustainable Land Remediation and Management'. Deliverable reference number: D 5-3. European Platform for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation (EuroDemo). <http://www.eurodemo.info/results/>. [Viitattu 22.4.2009.]
- EuroDemo. 2005. Interim results for the 'Framework for Sustainable Land Remediation and Management'. Deliverable reference number: D 5-1. European Platform for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation (EuroDemo). <<http://www.eurodemo.info/results/>> [Viitattu 22.4.2009.]
- European Commission. 2006. Soil protection - The story behind the Strategy. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 25 s. ISBN 92-79-02066-8. <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/soillight.pdf>. [Viitattu 20.4.2009.]
- Euroopan unioni. 2008. Direktiivit. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti L 312/3. <http://eur-lex.europa.eu> > Virallinen lehti. [Viitattu 20.7.2009.]
- Euroopan yhteisöjen komissio 2005. Komission tiedonanto Neuvostolle, Euroopan Parlamentille, Euroopan Talous- ja Sosiaalikomitealle ja Alueiden Komitealle - Resurssien kestävä käytön edistäminen - Jätteiden syntymisen ehkäisemistä ja kierrätystä koskeva teemakohtainen strategia. KOM(2005) 666 lopullinen. SEK(2005) 1681. SEK(2005) 1682. <http://ec.europa.eu/environment/waste/strategy.htm>. [Viitattu 20.7.2009.]
- Helmisaari, H.-S., Salemaa, M., Derome, J., Kiikkilä, O., Uhlig, C. & Nieminen, T. 2007. Remediation of heavy metal-contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants. *Journal of Environmental Quality* 36: 1145-1153.
- Jaakkonen, S. 2008. Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten käsittely Suomessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 36/2008. 45 s. ISBN 978-952-11-3334-3 (PDF) <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=97280&lan=fi>. [Viitattu 20.1.2009.]
- Järvinen, K. 2009. Ramboll Finland Oy, Espoo. Suullinen tiedonanto 27.4.2009. [Kimmo Järvisen antama tieto käytettävistä kunnostusmenetelmistä]
- Kievari, T., Warsta, M. & Ekroos, A. 2009. Jätehuollon vakuusvaatimukset ympäristönsuojelulaisissa: ohjelmat ja kehittämistarpeet. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöministeriön raportteja 1/2009. 76 s. ISBN 978-952-11-3345-9 (PDF). www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön... > Ympäristöministeriön... > YMrä 1/2009 Jätehuollon... [Viitattu 20.7.2009.]
- Kilpinen, P. & Kosola, M.-L. 2000. Toiminnanharjoittajan vakavaraisuus ja riittävä vakuus. Ympäristö-opas 81. Ympäristöpolitiikka. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 83 s. ISBN 952-11-0809-6. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=12785&lan=fi>. [Viitattu 21.7.2009.]
- Kosola, M.-L. & Leivonen, J. 2003. Katsaus ympäristönsuojeluinvestointien taloudellisen kohtuullisuuden arviointiin. *Ympäristö ja Terveys* 5: 58-65.
- Lehtinen, H., Sorvari, J. & Pyy, O. 2007. Arsenic risk management suitable for Finnish conditions - Case Pirkanmaa region. Geological survey of Finland, Espoo. Miscellaneous publications. 66 s. + liitteet.

- Levonmäki, M, Hartikainen, H. & Kairesalo, T. 2006. Effect of Organic Amendment and Plant Roots on the Solubility and Mobilization of Lead in Soils at a Shooting Range. *Journal of Environmental Quality* 35: 1026-1031.
- Lesage, P., Ekvall, T., Deschênes, L. & Samson, R. 2007. Environmental Assessment of Brownfield Rehabilitation Using Two Different Life Cycle Inventory Models. *International Journal of Life Cycle Analysis*, 12(7): 497-513.
- Lundén, P. 2008. Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus. Teollisuusalueetontti Tapaninkylässä, huoltoasema Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 66 s. ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF). www.ymparisto.fi/syke/pirre > Julkaisut. [Viitattu 23.4.2009.]
- Maring, L., van Duijne, H. & Sinke, A. 2003. ABC-Tool: Assessment of benefit and costs for industrial contaminated sites. *ConSoil 2003*, 12.-16.5.2003, ICC Gent, Belgia, 8th International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil, Leipzig, Saksa, s. 2994-3004.
- Mela, H. & Kautto, P. 2007. Ohjauskeinoehdotusten vaikutusten arviointi. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2007. 56 s. ISBN 978-952-11-2658-1 (PDF). www.ymparisto.fi > Suomen ympäristökeskus > Julkaisut > Raportteja-sarja > Raportteja 2007 > SYKEra 9/2007 Ohjauskeinoehdotusten... [Viitattu 29.7.2009.]
- Melanen, M., Seppälä, J., Myllymaa, T., Mickwitz, P., Rosenström, U., Koskela, S., Tenhunen, J., Mäenpää, I., Hering, F., Estlander, A., Hiltunen, M.-R., Toikka, M., Mänty, E., Liljeqvist, L. & Pesari, J. 2004. Alueellisen ekotehokkuuden mittaaminen – mallina Kymenlaakson maakunta. ECOREG-hankkeen päätulokset. Suomen ympäristö 735. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. 108 s. ISBN 952-11-1884-9.
- Mroueh, U.-M., Vahanne, P., Eskola, P., Pasanen, A., Wahlström, M., Mäkelä, E. & Laaksonen, R. 2004. Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta. VTT, Espoo. VTT tiedotteita 2245. 317 s. + 44 s. ISBN 951-38-6484-5. <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2245.pdf>. [Viitattu 12.5.2009.]
- Naumanen, P., Sorvari, J., Pyy, O., Rajala, P., Penttinen, R., Tiainen, J. & Lindroos, S. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä - Tutkimukset ja riskienhallinta. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu. Suomen ympäristö 543. 282 s. ISBN 952-11-1092-9.
- Nerg, N. 2008. Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisen ekotehokkuuden mittaaminen aluetasolla. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2008. 79 s. ISBN 978-952-11-3256-8 (PDF). www.ymparisto.fi/syke/pirre > Julkaisut [Viitattu 21.4.2009.]
- Page, C. A., Diamond, M. L., Campbell, M. & McKenna, S. 1999. Life-cycle framework for assessment of site remediation options: Case study. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(4): 801-810.
- Pajukallio, A.-M. 2006. Status and policy of contaminated sites in Finland. *Proceedings, 1st Joint Nordic Meeting on Remediation of Contaminated Sites, NORDROCS*, 20.-21.9.2006, Malmö, Sweden, 6 s.
- Pajukallio, A.-M. 2009a. Ylitarkastaja, ympäristöministeriö, Helsinki. Suullinen tiedonanto 27.4.2009. [Anna-Maija Pajukallion antama tieto tekeillä olevasta lainsäädännöstä].
- Pajukallio, A.-M. 2009b. Ylitarkastaja, ympäristöministeriö, Helsinki. Sähköposti 26.5.2009. [Anna-Maija Pajukalliolta saatu tieto IPPC-direktiivin uudistamisesta].
- Peura, T. 2001. Ympäristöindikaattorit ympäristösuorituskyvyn arvioinnissa suomalaisissa sertifioituissa yrityksissä. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, Kuopio. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulun julkaisusarja A 6/2001.
- Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristönsuojeluosasto, muistio 5/1994. 218 s. ISBN 951-47-4823-9.
- Pyrylä, R. & Kylä-Setälä, A. 2001. Pilaantuneet maa-alueet kaavoitusprosessissa: esiselvitys. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 235. 94 s. ISBN 952-11-1011-2 (PDF). <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=15025&lan=fi>. [Viitattu 28.7.2009.]
- Pyy, O. 2007. Pilaantuneiden maiden ja vanhojen kaatopaikkojen kunnostaminen ympäristötyömäärärahoilla (35.10.77). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Muistio 19.10.2007. Julkaisematon. Pyötsiä, K. 2009. Ympäristöinsinööri, Pirkanmaan ympäristökeskus, Tampere. Sähköposti 27.4.2009. [Kari Pyötsiältä saatu tieto ekotehokkuuden huomioon ottamisesta viranomaispäätöksissä].
- Shakweer, F.A. & Nathanail, C.P., 2003. LCA Methodology for the Selection of the Remediation Strategies. *Proceedings of the 8th International FZK/TNO Conference on Contaminated Soil, ConSoil 2003* 12.-16.5.2003, ICC Gent, Belgium. S. 3560-3569.
- Rosen, L. 2008. Cost-Benefit Analysis for Comparing Remedial Actions at Contaminated Sites. *SAGTA/NICOLE Workshop: Environmental Decision Support Systems*, 9.-10.10.2008, Madrid, Spain. www.nicole.org > NICOLE Workshops > List of all previous workshops. [Viitattu 10.6.2009.]
- Rosenström, U., ja Palosaari, M. (toim.). 2000. Kestävyyden mitta: Suomen kestävän kehityksen indikaattorit 2000. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 404. 122 s. ISBN 952-11-0714-6.
- Silvola, M. 2009. Kehitysinsinööri, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suullinen tiedonanto 25.5.2009. [Matti Silvolalta saatu suullinen tieto BAT-arviointityökalusta].
- Sarkkila, J., Mroueh, U.-M. & Leino-Forsman, H. 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 110. 131 s. ISBN 951-53-0743-0.
- SCC Viatek Oy. 2003. Helsingin pilaantuneiden maiden määrä, laatu ja kunnostustarve. Helsingin kaupunki, Likaantuneet maat työryhmä. 14.11.2003.
- SITRA (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto). 2009. Kansallinen luonnonvarastrategia: Älykkäästi luonnon voimin. ISBN 978-951-563-667-6. <http://www.sitra.fi/fi/> Julkaisut. [Viitattu 22.4.2009.]
- Skea, J. & Smith, A. 1997. The IPPC BAT definition and UK regulatory philosophy. *Clean Air and Environmental Protection* 27(6): 156-159.

- Sorrell, S. 2002. The meaning of BATNEEC: interpreting excessive costs in UK industrial pollution regulation. *Journal of Environmental Policy and Planning* 4(1), 23-40.
- Sorvari, J & Antikainen, R. (toim.). 2004. Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen moniste 316. 82 s. ISBN 952-11-1909-8 (PDF)
- Sorvari, J., Antikainen, R., Kosola, M.-L., Hokkanen, P. & Haavisto, T. 2009. Eco-efficiency in contaminated land management in Finland – Barriers and development needs. *Journal of Environmental Management* 90: 1715-1727.
- Sorvari, J., Antikainen, R. & Pyy, O. 2006. Environmental Contamination at Finnish Shooting Ranges – the Scope of the Problem and Management Options. *Science of the Total Environment* 366(1): 21-31.
- Sorvari, J., Antikainen, R. & Utriainen, E. 2005. Estimating eco-efficiency in soil remediation - studies on four model sites. *Proceedings of the 9th International FZK/TNO Conference on Soil-Water Systems, ConSoil 2005, Bordeaux, France 3-7 Oct. 2005. FZK, Karlsruhe, Germany. S. 2480-2486. ISBN 3-923704-50-X*
- Sorvari, J. & Seppälä, J. 2009. A decision support tool to prioritize remediation technologies for contaminated sites. [Käsikirjoitus].
- Suomen ympäristökeskus. 2008. Kunnostamisen syy. www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Kallio- ja maaperä > Pilaantuneilla alueilla tehdyt kunnostukset. [Viitattu 20.7.2009.].
- Tuomainen, J. 2006. Vastuu pilaantuneen ympäristön puhdistamisesta. *Suomalaisen lakimiesyhdistyksen julkaisu E-sarja, n:o 15.*
- Tuomainen, J. (toim.). 2009. Toissijainen maaperän puhdistamisen vastuu- ja rahoitusjärjestelmä. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Painossa.
- Tuominen, S. 2009. Reaktiiviset seinämät ja vyöhykkeet maaperän ja pohjaveden kunnostamisessa. Suullinen esitys. Pohjavesipäivä 5.5.2009, Kokkola. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=305732&lan=fi&clan=fi>. [Viitattu 13.4.2009.].
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Environmental Decision Support Software. Environmental Technology Verification Report. EPA/600/R-00/047. Office of Research and Development, Washington, D.C.
- Utriainen, E. 2006. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostaminen kustannusnäkökulmasta. *Hel-singin yliopisto, Helsinki. Pro gradu -tutkielma. 86 s. + liitteet 31 s. www.ymparisto.fi/syke/pirre > Julkaisut. [Viitattu 23.4.2009.]*
- UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen Suomessa. 2008. Luonnos 2.12.2008. http://thule.oulu.fi/uuma/UUMAkatsaus_osa1.pdf. [Viitattu 3.6.2009.].
- Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Suomen säädös-kokoelma 214/2007.
- Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista. Suomen säädöskokoelma 861/1997.
- VALTSU. 2008. Valtioneuvoston päätös valtakunnallisesta jätesuunnitelmasta vuoteen 2016. Kohti kier-rätysyhteiskuntaa. Valtioneuvoston 10.4.2008 hyväksymä valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=273599&lan=fi&clan=fi>. [Viitattu 20.4.2009.].
- Volkwein, S., Hurtig, H.-W. & Klöpffer, W. 1999. Life Cycle Assessment of Contaminated Sites Remediation. *International Journal of Life Cycle Analysis* 4(5): 263-274.
- Vranes, S., Gonzales-Valencia, E., Lodolo, A. ja Miertus, S. 2001. Decision support tools: application in remediation technology evaluation and selection. In: North Atlantic Treaty Organization. NATO/CCMS Pilot Study. Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment of Contaminated Land and Groundwater (Phase III). EPA 542-R-01-002. Environmental Management Support, Inc., Silver Spring, Maryland, USA. s. 42-57. <https://www.nato.int/ccms>. [Viitattu 15.3.2009.].
- Vänskä, M. 2007. Pirkanmaan pilaantuneiden maa-ainesten ja purkujätteiden materiaalivirrat vuosina 2004-2006. Hämeenlinna, Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu. Projektityö, Pilaantuneiden maiden ammatilliset erikoisopinnot. 12 s.
- Weth, D. 2001. Case Study: Cost Benefit Analysis / Multi-Criteria Analyses for a Remediation Project. In: NATO/CCME Pilot Study. Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean Up of Contaminated Land and Groundwater (Phase III). Special session on Decision Support Tools. Wiedbaden, Saksa, 26.-30.6.2000. EPA 542-R-01-002. Environmental Management Support, Inc., Silver Spring, USA. s. 69-82.
- Ympäristöministeriö. 2009. Maa-ainesten kestävä käyttö. Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009. 136 s. ISBN 978-952-11-3436-4.
- Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristömi-nisteriö, Helsinki. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. 210 s. ISBN 978-952-11-2725-0.
- YTV. 2009. www.ytv.fi > Seutu tulevaisuudessa ja www.ytv.fi > Seutu- ja ympäristötietoja > Jätteet. [Viitattu 10.6.2009.].
- Öljy- ja kaasualan keskusliitto. 2009. Huoltoasemien määrä pysynyt Suomessa ennallaan. Tiedote 3.4.2009. <http://www.oil-gas.fi> > Tiedotteet. [Viitattu 20.4.2009.].

Liite I. Maaperän pilaantuneisuuden ja maa-ainesten käsittelyvaihtoehtojen arvioinnissa käytetyt viitearvot

Taulukko A1. Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytetyt viitearvot. Kynnysarvot, alemmat ja ylempät ohjearvot on esitetty valtioneuvoston asetuksessa maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arvioinnista (214/2007) ja ongelmajäteraja-arvot Dahlbon (2001) julkaisussa.

Aine (symboli)	SAMASE OA/RA ¹ mg/kg	Kynnys-arvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg	Ongelmajäteraja-arvo mg/kg
<i>Metallit ja puolimetallit²</i>					
Antimoni (Sb) (p)	5 / 40	2	10 (t)	50 (e)	2 500
Arseeni (As) (p)	10 / 50	5	50 (e)	100 (e)	1 000
Elohopea (Hg)	0,2 / 5	0,5	2 (e)	5 (e)	2 500
Kadmium (Cd)	0,5 / 10	1	10 (e)	20 (e)	1 000
Koboltti (Co) (p)	50 / 200	20	100 (e)	250 (e)	2 500
Kromi ³ (Cr)	100 / 400	100	200 (e)	300 (e)	1 000
Kupari (Cu)	100 / 400	100	150 (e)	200 (e)	2 500
Lyijy (Pb)	60 / 300	60	200 (t)	750 (e)	2 500
Nikkeli (Ni)	60 / 200	50	100 (e)	150 (e)	2 500
Sinkki (Zn)	150 / 700	200	250 (e)	400 (e)	2 500
Vanadiini (V)	50 / 500	100	150 (e)	250 (e)	2 500
<i>Muut epäorgaaniset</i>					
Syanidi (CN)	1 / 20 (vapaat)	1	10	50	1 000
<i>Aromaattiset hiilivedyt</i>					
Bentseeni (p)	0,5 / 25	0,02	0,2 (t)	1 (t)	1 000
Tolueeni (p)	2 / 120		5 (t)	25 (t)	125 000
Etyylibentseeni (p)	5 / 50		10 (t)	50 (t)	1 000
Ksyleeni ³ (p)	0,5 / 25		10 (t)	50 (t)	125 000
TEX ⁴	-	1			
<i>Polyaromaattiset hiilivedyt</i>					
Antraseeni	5 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
Bentso(a)antraseeni	2 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
Bentso(a)pyreeni	2 / 40	0,2	2 (t)	15 (e)	1 000
Bentso(k)fluoranteeni	2 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
Fenantreeni	5 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
Fluoranteeni	1 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
Naftaleeni	1 / 40	1	5 (e)	15 (e)	1 000
PAH ⁵	20 / 200	15	30 (e)	100 (e)	1 000
<i>Polyklooratut bifenyylit (PCB) ja polyklooratut dibentso-p-dioksiinit ja -furaanit (PCDD/F)</i>					
PCB ⁶	0,05 / 0,5	0,1	0,5 (t)	5 (e)	50
PCDD-PCDF-PCB ⁷	0,00002 / 0,0005	0,00001	0,0001 (t)	0,0015 (e)	50
<i>Klooratut alifaattiset hiilivedyt</i>					
Dikloorimetaani (p)	2 / 20	0,01	1 (t)	5 (t,e)	1 000
Vinyylkloridi (p)		0,01	0,01 (t)	0,01 (t)	1 000
Dikloorieteeni ³ (p)	-	0,01	0,05 (t)	0,2 (t)	10 000
Triklloorieteeni (p)	2 / 60	0,01	1 (e,t)	5 (e)	10 000
Tetrakloorieteeni (p)	0,5 / 4	0,01	0,5 (t)	2 (t)	10 000

<i>Klooribentseenit</i>					
Triklooribentseenit ³	-	0,01	0,5 (t)	2 (t)	1 000
Tetraklooribentseenit ³	-	0,1	1 (t)	5 (e)	1 000
Pentaklooribentseeni	2 / 25	0,1	1 (t)	5 (e)	1 000
Heksaklooribentseeni	2 / 25	0,1 0,1 0,1	5 (t) 1 (t) 1 (t)	20 (e) 5 (e) 5 (e)	1 000
<i>Kloorifenolit</i>					
Monokloorifenolit ³ (p)	-	0,01	0,05 (t)	2 (e)	1 000
Dikloorifenolit ³ (p)	-	0,5	5 (t)	40 (e)	1 000
Trikloorifenolit ³ (p)	-	0,5	10 (e,t)	40 (e)	1 000
Tetrakloorifenolit ⁴ (p)	-	0,5	5 (e,t)	10 (e)	1 000
Pentakloorifenoli (p)	0,4 / 4	0,5 0,5 0,5	5 (t) 10 (e,t) 10 (e,t)	40 (e) 40 (e) 40 (e)	1 000
<i>Torjunta-aineet ja biosidit</i>					
Atratsiini (p)	0,05 / 5	0,5	10 (e,t)	20 (e)	10 000
DDT-DDD-DDE ⁸	-	0,1	1 (e)	2 (e)	2 500
Dieldriini	0,05 / 4	0,05	1 (e)	2 (e)	1 000
Endosulfaani ⁹ (p)	0,01 / 1	0,05	1 (e)	2 (e)	1 000
Heptakloori	0,004 / 0,4	0,1	1 (e)	2 (e)	1 000
Lindaani (p)	0,005 / 2	0,05	1 (e)	2 (e)	1 000
TBT-TPT ¹⁰	-	0,1	1 (e)	2 (e)	1 000
<i>Öljyhiilivetyjakeet ja oksygenaatit</i>					
MTBE-TAME ¹¹	-	0,1	5 (t, e)	50 (t, e)	
Bensiinijakeet (C5-C10 ¹²)	100 / 500		100	500	1 000
Keskisizeet (>C10-C21 ¹²)	300 / 1000		300	1 000	1 000
Raskaat öljyjakeet (>C21-C40 ¹²)	600 / 2000		600	2 000	1 000
Öljyjakeet (>C10-C40 ¹²)		300			1 000

¹ SAMASE-raportissa esitetty pitoisuusraja (Puolanne ym. 1994), jota käytettiin aiemmin maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arvioinnissa; OA = ohjearvo, RA = raja-arvo

² Ekologisin perustein määritellyt metallien ja puolimetallien ohjearvot on johdettu lisäämällä aineen hyväksyttävää ekologista riskiä kuvaavaan laskennalliseen pitoisuuteen mineraalimaan keskimääräinen luontainen pitoisuus. Vastaavasti voidaan kohdekohtaisissa tarkasteluissa ottaa huomioon alueen maaperän luontainen pitoisuus, jos tämä on luotettavasti selvitetty.

³ Summapitoisuus sisältäen aineen rakenneisomeerit.

⁴ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni.

⁵ PAH- yhdisteiden summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: antraseeni, asenafteneeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.

⁶ Summapitoisuus sisältäen PCB-kongeneerit 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

⁷ Summapitoisuus WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitettuna sisältäen PCDD/F-yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB-yhdisteet.

⁸ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: diklooridifenyylitrikloorietaani (DDT), diklooridifenyylidikloorietaani (DDD) ja diklooridifenyylidikloorietyleeni (DDE).

⁹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: alfa-endosulfaani ja beta-endosulfaani.

¹⁰ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tributyylitina (TBT) ja trifenyylitina (TPT).

¹¹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: metyyli-tert-butyylieetteri (MTBE) ja tert-amyylimetyylieetteri (TAME).

¹² n-parafiinisarja kaasukromatografisessa analyysissä.

Lähteet

Dahlbo, H. 2001. Jätteen luokittelu ongelmajätteeksi – Arvioinnin perusteet ja menetelmät. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 98. 160 s. ISBN 952-11-1207-7.

Puolanne, J., Pyy, O. & Jeltsch, U. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristönsuojeluosasto, muistio 5/1994. Ympäristöministeriö, Helsinki. 218 s. ISBN 951-47-4823-9.

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Suomen säädöskokoelma 214/2007.

Liite 2. Olemassa olevat rahoitusjärjestelmät

Valtion jätehuoltotyöt

Valtion osallistumisesta jätehuoltotyöhön on säädetty Jätelain 35 §:ssä (2000/91). Tämän mukaan valtion budjetista voidaan rahoittaa kunnan jätehuollolle kohtuuttomia kustannuksia aiheuttavia kunnostustöitä. Vuoden 2008 loppuun mennessä valtion jätehuoltotöinä oli toteutettu 250 pilaantuneiden maa-alueiden ja vanhojen kaatopaikkojen kunnostushanketta. Valtion osuus hankkeissa on ollut 30–50 % ja vain harvoissa kohteissa tätä suurempi (60–70 %), keskimääräisen rahoitusosuuden ollessa n. 50 % (Taulukko A1). (Suomen ympäristökeskus 2009, julkaisematon).

Taulukko A1. Vuoden 2006 loppuun mennessä toteutuneiden ja valtion osittain rahoittamien pilaantuneiden maa-alueiden kunnostushankkeiden rahoitusosuudet (Pyy 2007)

Rahoittaja	Lukumäärä	Kok. rahoitus 1000 €	Keskimääräinen %-osuus
Valtio	294	18 182	48
Kunnat	284	16 417	44
EU	11	1 199	1
Yksityinen	32	5 062	6

Alueelliset ympäristökeskukset ovat esittäneet vuosina 2009–2013 toteutettaviksi valtion jätehuoltotöin toteutettaviksi hankkeiksi kaikkiaan 92 kohteen kunnostamista, näiden toteutukseen arvioidaan tarvittavan valtion rahoitustukea noin 20 M€. Hankkeista 18 on suunniteltu alkavan v. 2009, mikäli rahoitus saadaan järjestymään. Vuoden 2009 määrärahan tarpeeksi arvioitiin noin 5,5 M€. Arvio sisältää hankekustannusten lisäksi myös töiden valmisteluun tarvittavan määrärahan.

SOILI-ohjelma

SOILI-ohjelma on maaperän ja pohjaveden kunnostusohjelma, jossa puhdistetaan käytöstä poistettuja öljyn pilaamia huoltoasemakiinteistöjä (www.oil-gas.fi > SOILI). Ohjelma perustuu Öljyalan Keskusliiton, ympäristöministeriön, Suomen Kuntaliiton sekä eräiden öljy-yhtiöiden 11/ 1996 allekirjoittamaan sopimukseen. Ohjelman toteutuksesta vastaa Öljyalan Palvelukeskus Oy. Ohjelman puitteissa oli vuoteen 2009 mennessä tutkittu lähes 900 kohdetta, joista noin 450:ssä oli käynnistetty tai saatettu kunnostus loppuun (Routio 2009). Ohjelman hakuaika päättyi v. 2005 lopussa ja määräpäivään mennessä saapui lähes 1400 hakemusta.

Ympäristövahinkovakuutus

Vuoden 1999 alusta lähtien Suomessa on voimassa laki ja asetus pakollisesta ympäristövahinkovakuutuksesta (81/1998 ja 717/1998). Vakuuttamisvelvoite koskee yrityksiä, joiden toiminta perustuu vesi-, kemikaali- tai ympäristönsuojelulain mukaiseen lupaan tai siihen verrattavaan ilmoitukseen, ja sitä aiotaan laajentaa koskemaan myös ympäristölupaviraston tai kunnan lupaa edellyttäviä laitoksia. Vakuutuksesta korvataan tuntemattoman tai maksukyvyttömän vastuullisen aiheuttamat vahingot kun korvausta ei voida periä vahingon aiheuttajalta. Enimmäiskorvaus on 5 milj. €

yhdestä vahingosta ja 8,5 milj. € kalenterivuoden aikana ilmoitetuista vahingoista (15 §). Korvauskatto on suurempi kuin toiminnanharjoittajan vapaaehtoisessa vastuuvakuutuksessa, jossa yleisin enimmäiskorvauksen raja on 500 000 euroa. Pakollinen vakuutus on osoittautunut kustannustehottomaksi järjestelmäksi ja siitä on tähän mennessä maksettu vain yksi pienehkö korvaus vuonna 2003. (Tuomainen 2009)

Lähteet

- Pyy, O. 2007. Pilaantuneiden maiden ja vanhojen kaatopaikkojen kunnostaminen ympäristötyömäärärahalla (35.10.77). Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Muistio 19.10.2007. [Julkaisematon]
- Routio, J. 2009. Sähköpostitse saatu tieto 12.5.2009
- Tuomainen, J. (ed.) 2009. Toissijainen maaperän puhdistamisen vastuu- ja rahoitusjärjestelmä. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja. Painossa.

Liite 3. PIRTU-laskentaohjelman sisältämät ekotehokkuus-tekijät ja näiden laskentaperiaatteet

Riskit -työkirjan alikriteerit, niiden kuvaus ja laskentatapa.

Päätöskriteeri	Muuttuja	Kuvaus	Laskentatapa
Terveysriskit			
	Riskiluku (RI, laaduton)	Luku kuvaa haitta-ainekohtaista yksilötason terveysriskin suuruutta	Lasketaan erillisellä laskentaohjelmalla tai määritellään pitoisuuden ja viitearvon (esim. maaperän alempi ohjearvo) suhteen tai asiantuntija-arvion perusteella.
	Riski yhteisötasolla (r_{tot} , laaduton)	Luku kuvaa keskimääräistä, kaikista tarkasteltavista haitta-aineista aiheutuvaa yhteisötason terveysriskin suuruutta 30 vuoden aikana	$r = \text{Altistuvat henkilöt (lkm/m}^2) * \text{pinta-ala (m}^2) * \text{kesto (a)} * \text{riskiluku (RI, laaduton)}$ $r_{tot} = \sum r / 30 \text{ (a)}$
	Riskin vähenemä (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa terveysriskin vähenemää	Riskin vähenemä = $100 * (r_{tot, \text{ILÄHTÖTILANNE}} - r_{tot, \text{KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{tot, \text{NYKYTILANNE}}$
Ekologiset riskit, maaperä			
	Riskiluku (RI, laaduton)	Luku kuvaa maaperässä olevan haitta-aineen aiheuttamaa riskiä maaperäeliöstöön ja maalla eläviin eliöihin	Maaperän pitoisuus (mg/kg) / haitta-aineen haitallisuutta maaperässä kuvaava viitearvo (HC5, mg/kg)
	Riski yhteisötasolla (r_{tot} , laaduton)	Luku kuvaa keskimääräistä maaperän eliöstöön kohdistuvan, kaikista tarkasteltavista haitta-aineista aiheutuvan kokonaisriskin suuruutta 30 vuoden aikana	$r = \text{Pinta-ala (m}^2) * \text{altistuvat kohteet (lkm/m}^2) * \text{kesto (a)} * \text{riskiluku (RI, laaduton)}$ $r_{tot} = \sum r / 30 \text{ (a)}$
	Riskin vähenemä (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa maaperän ekologisten riskien vähenemää	Riskin vähenemä = $100 * (r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}} - r_{tot, \text{KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}}$
Ekologiset riskit, vesistö			
	Riskiluku (RI, laaduton)	Luku kuvaa vesistössä olevan haitta-aineen aiheuttamaa riskiä vesieliöstöön ja -ympäristöön	Vesistön pitoisuus (µg/l) / -+haitta-aineen haitallisuutta vesiympäristössä kuvaava viitearvo * kesto (a) (Kanadalaiset viitearvot vuodelta 2005)
	Kokonaisriskiluku (RI_{tot} , laaduton)	Luku kuvaa vesistössä olevien, kaikkien tarkasteltavien haitta-aineiden aiheuttamaa kokonaisriskiä vesieliöstöön ja -ympäristöön	$RI_{tot} = \sum RI / 30 \text{ (a)}$
	Riskin vähenemä (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa vesistön ekologisten riskien vähenemää	Riskin vähenemä = $100 * (r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}} - r_{tot, \text{KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}}$
Pohjavesiriski			
	Riskiluku (RI, laaduton)	Luku kuvaa pohjavedessä olevan haitta-aineen aiheuttamaa riskiä pohjaveden laadulle	Pohjaveden pitoisuus (µg/l) / haitta-aineen haitallisuutta pohjavedessä kuvaava viitearvo * kesto (a) (Viitearvo peräisin STM:n talousveden laatuvaatimuksista)
	Kokonaisriskiluku (RI_{tot} , laaduton)	Luku kuvaa pohjavedessä olevien, kaikkien tarkasteltavien haitta-aineiden aiheuttamaa kokonaisriskiä pohjaveden laadulle	$RI_{tot} = \sum RI / 30 \text{ (a)}$
	Riskin vähenemä (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa pohjaveden laadulle aiheutuvien riskien vähenemää	Riskin vähenemä = $100 * (r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}} - r_{tot, \text{KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{tot, \text{LÄHTÖTILANNE}}$

Ympäristövaikutukset- työkirjan alikriteerit, niiden kuvaus ja laskentatapa

Päätökriteeri	Muuttuja	Kuvaus	Laskentatapa
Maa-aineksen hävikki	Maa-aineksen kulutus (m ³)	Kunnostuksessa menetetyt maa-aineksen määrä	Maa-aineksen kulutus = Kohteessa kaivettu maa-aines (m ³) – kohteessa/muulla uudelleen käytetty kohteesta poistettu maa (m ³)
Pohjaveden hävikki	Pohjaveden kulutus (m ³)	Kunnostuksessa maaperästä pumpattu, menetetyt pohjaveden määrä	Pohjaveden kulutus = Pumpatun pohjaveden määrä (m ³) – maaperään takaisin imeytetyn pohjaveden määrä (m ³)
Energian kulutus	Energian kulutus polttoaine ja sähkö (EK, asukas-ekv)	Kunnostuksen eri työvaiheissa kulutetun energian määrä suhteutettuna keskimääräiseen energiankulutukseen asukasta kohden Suomessa	<i>Maa-aineksen ja pohjaveden käsittely:</i> EK = Käsitelty maa (t) * käsittelyn energiankulutus (MJ/t) EK = Käsitelty pohjavesi (m ³) * käsittelyn energiankulutus (MJ/m ³) <i>Kaivu:</i> EK = Kaivettavan maan määrä (t) / käsittelyteho (t/h) * nimellisteho (kW) * energia (MJ/kWh) <i>Kuljetukset:</i> EK = Kuljetettavan maan määrä (t) * kuljetusmatka (km) * polttoaineen ominaiskulutus (MJ / tkm)
Ilmapäästöt	Päästöt ilmaan (CH ₄ , CO ₂ , SO ₂ , PM, VOC, N ₂ O, NO _x) (PI, asukas-ekv)	Kunnostuksen eri työvaiheissa aiheutuvat päästöt ilmaan suhteutettuna keskimääräisiin päästöihin asukasta kohden Suomessa	<i>Maa-aineksen ja pohjaveden käsittely:</i> PI = Käsitelty maa (t) * energian kulutus (MJ/t) * ominaispäästö (kg/MJ) <i>Kaivu:</i> PI = Kaivettavan maan määrä (t) / käsittelyteho (t/h) * nimellisteho kW * ominaispäästö (g/kW) * 0,001 <i>Kuljetukset:</i> PI = Kuljetettavan maan määrä (t) * kuljetusmatka (km) * ominaispäästö (g/tkm) / 1000
Jätteiden muodostuminen			
	Inertin jätteen määrä (m ³)	Kunnostuksessa syntyvien inertiksi jätteeksi luokiteltavien jätteiden määrä	Arvio, riippuu kunnostusmenetelmästä
	Tavanomaisen kiinteän jätteen määrä (m ³)	Kunnostuksessa syntyvien kiinteiksi tavanomaisiksi jätteiksi luokiteltavien jätteiden määrä	Arvio, riippuu kunnostusmenetelmästä
	Voimakkaasti pilaantuneiden maiden määrä (m ³)	Kunnostuksessa syntyvien voimakkaasti pilaantuneiden (ongelmajäterajan alittavien) pilaantuneiden maa-ainesten määrä	Arvio, riippuu kunnostusmenetelmästä
	Ongelmajätteen määrä (m ³)	Kunnostuksessa syntyvien ongelmajätteiden määrä	Arvio, riippuu kunnostusmenetelmästä
	Jäteveden ja lietteen määrä (m ³)	Kunnostuksessa syntyvien, ei ongelmajätteeksi luokiteltavien jätevesien ja -lietteiden määrä	Arvio, riippuu kunnostusmenetelmästä
Maankäyttö	Pinta-ala (A, m ²)	Kunnostuksen kunkin työvaiheen vaatiman maa-alueen koko (m ²) eli pinta-ala, joka ei ole käytettävissä suunniteltuun käyttötarkoitukseen 30 vuoden aikana	A = Pinta-ala (m ²) * vaiheen kesto (a) / 30 (a)

Kustannukset -työkirjan kustannusluokat, niiden kuvaus ja laskentatapa.

Päätöskriteeri	Muuttuja	Kuvaus	Laskentatapa
Lähtökustannukset	Kustannusyksikkö (1000 €)	Kunnostusvaihtoehdosta koituvat lähtökustannukset. Esim. alustavat kohteen pilaantuneisuuden selvityksen kustannukset	Kustannusyksikkö = [Alin kustannusarvio (€) + todennäköisin kust. arvio (€) + ylin kust. arvio (€)] / 3 * diskonttoarvo ^ kustannusten muodostumisen vuosi (a) Jokaisen vaiheen osalta lähtökustannukset lasketaan edellä mainitulla kaavalla
Puhdistamisen kustannukset	Kustannusyksikkö (1000 €)	Kunnostustoimista aiheutuvat kustannukset kuten kuljetusten, maankaivun, paikan päällä tapahtuvan käsittelyn kustannukset	Kustannusyksikkö = [Alin kustannusarvio (€/a) + todennäköisin kust. arvio (€/a) + ylin kust. arvio (€/a)] * [diskonttoarvo ^ - todennäköisin aika-arvio (a) - diskonttotekijä ^ - lähtökustannusten muodostumisvuosi (a)] / (3 * 1 - diskonttoarvo) Jokaisen vaiheen osalta puhdistamisen kustannukset lasketaan edellä mainitulla kaavalla
Seuranta-kustannukset	Kustannusyksikkö (1000 €)	Kunnostuksen aikaisesta ja sen jälkeisestä seurannasta aiheutuvat kustannukset	
Loppusijoituksen kustannukset	Kustannusyksikkö (1000 €)	Maa-ainesten, jätteiden yms. sijoituksesta aiheutuvat kustannukset	Kustannusyksikkö = [Alin kustannusarvio (€) + todennäköisin kust. arvio (€) + ylin kust. arvio (€)] / [3 * diskonttoarvo ^ kustannusten muodostumisen vuosi (a)]
Muut kustannukset	Kustannusyksikkö (1000 €)	Kolmansille osapuolille maksettavat korvaukset, alueen arvonnousu ja muut mahdolliset kustannukset	Kustannusyksikkö = [Alin kustannusarvio (€) + todennäköisin kust. arvio (€) + ylin kust. arvio (€)] / [3 * diskonttoarvo ^ kustannusten muodostumisen vuosi (a)]

Muut tekijät -työkirjan alikriteerit, niiden kuvaus ja laskentatapa.

Päätöskriteeri	Muuttuja	Kuvaus	Laskentatapa
Psykososiaaliset vaikutukset	Vaikutusindeksi (VI, laaduton)	Alueen pilaantumisesta aiheutuvat psykososiaaliset vaikutukset (esim. pelot riskeistä) alueen vaikutuspiirin kuuluvissa ihmisissä	VI = Vaikutuksen suuruus (laaduton) * vaikutustekijä (lkm/m ²) * alueen pinta-ala (m ²) * kesto (a) Arvo vaikutuksen suuruudelle (lähtötilanteessa ja kussakin kunnostusvaihtoehdossa) määritellään laadullisella asteikolla (esim. asianosaisten arvioon perustuen). Lkm/m ² on tässä alueen vaikutuspiirissä olevien ihmisten lukumäärä pinta-alaa kohti (riippuu maankäytöstä).
	Vaikutusten muutos (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa psykososiaalisten vaikutusten muutosta	Vaikutusten muutos = $100 * (r_{tot, LÄHTÖTILANNE} - r_{tot, KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}) / r_{tot, LÄHTÖTILANNE}$
Ekologiset vaikutukset	Vaikutusindeksi (VI, laaduton)	Pilaantuneen alueen kunnostustoimista aiheutuvat negatiiviset ekologiset vaikutukset (mm. eliöstön elinpiirin häviäminen, laji- ja yksilömäärien vähentyminen)	VI = Vaikutuksen suuruus (laaduton) * vaikutustekijä (lkm/m ²) * alueen pinta-ala (m ²) * kesto (a) Arvo vaikutuksen suuruudelle (lähtötilanteessa ja kussakin kunnostusvaihtoehdossa) määritellään laadullisella asteikolla (asiantuntija-arvioon perustuen). Lkm/m ² on tässä alueen vaikutuspiirissä olevien ekologisten reseptoreiden lukumäärä pinta-alaa kohti (riippuu maankäytöstä).
	Vaikutusten muutos (%)	Kuvaa kunnostuksesta aiheutuvaa muutosta ekologisissa vaikutuksissa	Vaikutusten muutos = $100 * (r_{tot, LÄHTÖTILANNE} - r_{tot, KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}) / r_{tot, LÄHTÖTILANNE}$

Päätöskriteeri	Muuttuja	Kuvaus	Laskentatapa
Vaikutukset imagoon	Vaikutusindeksi (laaduton)	Pilaantumisen aiheuttamat negatiiviset ja kunnostustoimien aiheuttamat positiiviset vaikutukset maanomistajan imagoon	Vaikutuksen suuruus (laaduton) Arvioidaan laadullisella skaalalla kuten muut <i>Muut tekijät</i> -työkirjan pääkriteerit (esim. asianosaisten arvioon perustuen). Suhteutus alueen pinta-alaan ja vaikutuspiirissä olevien ihmisten lukumäärään ei ole tarpeen.
	Vaikutusten muutos (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdon mukaista muutosta imagovaiikutuksissa	Vaikutusten muutos = $100 * (r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}} - r_{\text{tot, KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}}$
Vaikutukset alueen arvostukseen	Vaikutusindeksi (laaduton)	Pilaantumisen aiheuttamat negatiiviset ja kunnostustoimien aiheuttamat positiiviset vaikutukset alueen arvostukseen (esim. alueen houkuttelevuus asuinympäristönä)	Vaikutuksen suuruus (laaduton) * vaikutustekijä (lkm/m ²) * pinta-ala (m ²) * kesto (a) Arvo vaikutuksen suuruudelle (lähtötilanteessa ja kussakin kunnostusvaihtoehdossa) määritellään laadullisella asteikolla (esim. asianosaisten arvioon perustuen). Lkm/ m ² on tässä alueen vaikutuspiirissä olevien ihmisten lukumäärä pinta-alaa kohti (riippuu maankäytöstä).
	Vaikutusten muutos (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdon mukaista muutosta alueen arvostuksessa	Vaikutusten muutos = $100 * (r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}} - r_{\text{tot, KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}}$
Vaikutukset maaperän laatuun	Maaperäkuormitus (kg)	Haitta-aineesta aiheutuva keskimääräinen kuormitus maaperässä 30 vuoden aikana	Arvo lasketaan työkirjan sisältämällä erillisellä kuormituslaskurilla (ks. alla kuvaus "Kuormituslaskin").
	Vaikutusindeksi (laaduton)	Eri kunnostusvaihtoehdoissa tapahtuva kaikkien tarkasteltavien haitta-aineiden pitoisuuksien muutoksesta aiheutuva maaperän laadun muuttuminen.	Σ Maaperäkuormitus _{LÄHTÖTILANNE} (kg) * kesto (a)
	Vaikutusten muutos (%)	Kuvaa kunnostusvaihtoehdossa saavutettavaa muutosta maaperän laadussa	Vaikutusten muutos = $100 * (r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}} - r_{\text{tot, KUNNOSTUSVAIHTOEHTO}}) / r_{\text{tot, LÄHTÖTILANNE}}$
Kuormituslaskin	Haitta-ainekuormitus (kg)	Haitta-aineesta aiheutuva keskimääräinen kuormitus maaperässä (eli haitta-aineen määrä maaperässä) 30 vuoden aikana	<i>Kuormitus tarkastellulla aikavälillä t (0,5-30 a)</i> K_t : $K_t = \text{Pitoisuus (mg/kg)} * \text{maa-aineksen tilavuus (m}^3\text{)} * \text{maaperän tiheys (kg/m}^3\text{)} / 1000000$ <i>Keskimääräinen haitta-ainekuormitus:</i> Haitta-ainekuormitus = ΣK_t (kg/m ³) * t (a) / 30 (a)

Liite 4. Suomessa käytetyt yleisimmät maa-ainesten ja pohjavesien käsittelymenetelmät

Monitoroitu luontainen puhdistuminen (MLP) on in situ- kunnostusmenetelmä, jossa maaperän tai pohjaveden puhdistuminen perustuu maassa luontaisesti tapahtuvien biologisten, kemiallisten ja fysikaalisten prosessien vaikutuksesta. Puhdistuminen voi perustua haitta-aineiden pitoisuuksien laskuun ja/tai liikkuvuuden vähenemiseen siten, että haitta-aineiden kokonaismäärä pysyy samana. Tällaisia mekanismeja ovat mm. epäorgaanisten haitta-aineiden sitoutuminen esim. orgaaniseen ainekseen tai mineraaleihin ja dispersio (ns. ei-tuhoavat¹⁹ menetelmät). Ongelmana voi tällöin olla vaikutuksen pysyvyys. Biologisissa hajoamisprosesseissa samoin kuin monissa kemiallisissa reaktioissa myös haitallisen aineen tai yhdisteen määrä maaperässä/pohjavedessä vähenee. Biologisissa prosesseissa hajoaminen perustuu maassa luontaisesti olevien mikrobien toimintaan, jota voidaan edistää esim. ravinnelisäyksellä (ns. tehostettu luontainen puhdistuminen, enhanced natural attenuation). MLP-menetelmää on käytetty etenkin biohajoavilla orgaanisilla yhdisteillä kuten öljyhiilivedyillä ja klooratuilla liuottimilla pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksessa. MLP tulee käytännössä kyseeseen alueilla, joilla ei ole maankäyttöpaineita, ja sitä joudutaan usein täydentämään muilla käsittelymenetelmillä esim. poistamalla pilaantunein maa-aines ja käsittelemällä tämä erikseen.

Suuri osa kaivetuista pilaantuneista maa-aineksista toimitetaan **sijoitettavaksi kaatopaikoille**. Kaatopaikoilla ne hyötykäytetään suurelta osin sellaisenaan kaatopaikan peitemaina tai rakenteissa. Kyse on tällöin haitta-ainepitoisuudeltaan alhaisista massoista, jotka eivät edellytä muuta käsittelyä, koska kaatopaikan pohjarakenteiden katsotaan estävän haitta-aineiden kulkeutumisen ympäristöön.

Eristämisellä tarkoitetaan haitallisten aineiden pysyvää eristämistä ympäristöstään. Eristäminen voidaan tehdä myös kaivetulle pilaantuneelle maa-ainekselle pilaantuneen alueen sisällä (*on site*) tai sen ulkopuolella (*ex situ*). Tiivistysrakenteiden, tiiviiden seinämien ja eristyskerrosten tarkoitus on estää pilaantuneiden maa-ainesten sisältämien haitta-aineiden leviäminen ympäristöön. Pintaeristyksessä pyritään estämään sadeveden pääsy kosketuksiin haitta-aineiden kanssa, pystyeristyksellä voidaan mm. estää kontakti pohjaveden kanssa. Pohjaeristeitä käytetään etenkin kaivetun pilaantuneen maa-aineksen loppusijoituspaikoilla. Eristämisessä käytetään erilaisia heikosti vettä läpäiseviä materiaaleja, kuten bentoniittia, muovivaipetta tai savea. Tiivistysrakenteita voidaan käyttää myös muiden kunnostusmenetelmien yhteydessä. Eristämistä on käytetty lähinnä epäorgaanisilla aineilla, kuten metalleilla, syanidilla tai asbestilla pilaantuneiden sekä sekapilaantuneiden maa-ainesten käsittelyssä.

Stabiloinnissa ja kiinteytyksessä käytetään epäorgaanisia ja orgaanisia sideaineita tai niiden seoksia, joilla sidotaan pilaantuneen maa-aineksen haitta-aineet. Tällöin haitta-aineiden liikkuvuus ja/tai haitallisuus vähenee. Bitumi ja sementti ovat yleisiä sideaineita. Kiinteytyksessä ja stabiloinnissa tarkoittavat hieman eri asioita, vaikka niitä usein käytetään synonyymeina. Kiinteytyksessä käytetään sideaineita kapseloimaan haitta-aineet ja estämään niiden kulkeutuminen. Stabiloinnissa muunnetaan haitta-aineet vähemmän liukoiseen, kulkeutuvaan tai toksiseen muotoon ja näin pienennetään haitta-aineiden aiheuttamaa riskiä. Käsiteltävän aineksen fysikaalista olomuotoa ei välttämättä muuteta. Stabilointi ja kiinteytyksessä voidaan tehdä joko *in situ* tai kaivetuille maa-aineksille (*on site* tai *ex situ*). Stabilointia/kiinteytystä on käytetty etenkin öljyhiilivedyillä ja metalleilla pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyssä. *On site* tai *ex situ* stabiloidut/kiinteytetyt maa-ainekset voidaan sijoittaa hyötykäyttörakenteisiin (mm. tiealueet ja kompostointikentät) tai sijoitukseen soveltuvalla kaatopaikalle.

Kompostoinnissa orgaanisia haitta-aineita hajotetaan aerobisesti mikrobitoiminnan avulla. Menetelmä soveltuu siten biologisesti hajoavien haitta-aineiden poistamiseen ja sitä on käytetty etenkin öljyhiilivedyillä ja kloorifenoleilla pilaantuneen maa-aineksen käsittelyyn. Mikäli kompostoitava maa-aines sisältää haihtuvia haitta-aineita, on käsittelyyn yhdistettävä kaasujen

¹⁹ non-destructive

keräys ja näiden käsittely. Kompostointi tehdään käytännössä paikan päällä eli *on site* tai alueen ulkopuolisella käsittelyalueella (*ex situ*) ja se voidaan toteuttaa eri tavoin. Aumakompostoinnissa massat sijoitetaan läpäisemättömällä kentällä oleviin kompostiaumoihin. Aumoja seurataan ja niitä käännetään ja kastellaan. Allaskompostoinnissa esimerkiksi öljyllä pilaantuneet massat valutetaan ensin altaassa ja ne voidaan myöhemmin siirtää aumakompostiin. Usein on kyse onnettomuuksista peräisin olevista, ongelmajätteiksi luettavista massoista. Bioreaktori on suljettu systeemi, jossa hajoaminen on helposti hallittavaa ja nopeampaa kuin aumakompostoinnissa. Suomessa on ollut tarjolla myös siirrettäviä bioreaktoreita. Kompostointia tehdään myös rumpu- ja lietekompostoreissa.

Maa-aineksessa olevia haihtuvia ja osittain haihtuvia yhdisteitä voidaan poistaa *in situ* -**huokosilmakäsittelyllä**. Huokosilmakäsittelyssä maan kyllästymättömässä vyöhykkeessä olevat haitta-aineet imetään maaperästä alipaineen avulla. Haitta-aineet sisältävä poistokaasu johdetaan käsiteltäväksi esim. aktiivihilisuodatuksella tai katalyyttisellä poltolla. *In situ* -huokosilmakäsittely soveltuu erityisesti rakennetulle alueelle, jossa maan kaivu alueen käytön vuoksi ei ole mahdollista. Huokosilmakäsittelyä on käytetty yleisesti yhtenä menetelmänä öljyhiilivedyillä pilaantuneiden alueiden kunnostamisessa. Huokosilmakäsittelyä on käytetty myös kaivettujen maa-ainesten käsittelyssä (*ex situ*). Tällöin käsittely toteutetaan yleensä hallissa tai peitettyssä aumassa ja kaasunimuputket asennetaan läjitettyyn maa-ainekseen.

Maa-aineksen **pesussa** maahiukkasiin sitoutuneet haitta-aineet erotetaan veden avulla eli liuotetaan tai lietetään pesuveteen, josta ne erotetaan jatkokäsiteltäviksi tai loppusijoitettaviksi. Pesu voidaan toteuttaa joko *ex situ* erillisessä käsittelylaitoksessa tai on site paikan päälle siirrettävällä pesulaitteistolla. Pilaantuneen maa-aineksen tilavuus pienenee pesussa hienoainekseen erottuessa raskaammista jakeista ja käsitelty maa-aines voidaan usein palauttaa takaisin kohteeseen tai hyödyntää muualla. Menetelmä soveltuu vain mineraalimaille ja parhaiten hiekkaisille maille, jotka sisältävät yli 50 % hiekkaa tai sitä karkeampia maa-aineksia. Menetelmä sopii monille sekä orgaanisille että epäorgaanisille haitta-aineille, Suomessa sitä on käytetty metalleilla pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyssä. Pesussa käytetään tarvittaessa erilaisia apuaineita kuten pinta-aktiivisia aineita, pH-säätäjiä ja kompleksinmuodostajia.

Termisessä käsittelyssä erotetaan termodesorptio ja poltto. **Termodesorptio** on fysikaalinen erotusmenetelmä, jossa haitta-aineet haihdutetaan maa-aineksesta lämmön avulla. Käsittelylämpötila ja -aika valitaan siten, että orgaaniset yhdisteet haihtuvat, mutta eivät hapetu. Tavoitteena ei siis ole haitta-aineiden tuhoaminen tai muuttaminen haitattomaan muotoon. Haihtuneet epäpuhtaudet jatkokäsitellään polttamalla jälkipolttimessa (lämpötila 850–1150 °C) tai muulla soveltuvalla kaasunpuhdistusmenetelmällä (esim. katalyyttinen hapetus). Hiukkaspäästöt käsitellään perinteisillä hiukkassuodattimilla tai pesureilla. Termistä desorptiota voidaan siten pitää esikäsitelymenetelmänä. Termodesorptiolla voidaan käsitellä maa-aineksia siirrettävässä (*on site*-käsittely) tai kiinteässä käsittelylaitoksessa (*ex situ*). Termodesorptiomenetelmä voidaan jakaa laitetekniikaltaan vaativampaan korkealämpötiladesorptioon ja helposti haihtuville yhdisteille soveltuvaan matalalämpötiladesorptioon. Korkealämpödesorptiossa käsiteltävät maa-ainekset kuumennetaan 320–800 °C lämpötilaan. Matalalämpödesorptiossa käytettävä lämpötila on 90–320 °C. **Poltossa** pyritään tuhoamaan pilaantuneessa maa-aineksessa olevat haitta-aineet. Poltto soveltuu myös huonosti haihtuville yhdisteille ja sitä on tyypillisesti käytetty sellaisten haitta-aineiden käsittelyyn, joille ei ole juurikaan olemassa muita käsittelyvaihtoehtoja. Polttoa korkeassa lämpötilassa (ns. tehopoltto) on käytetty etenkin dioksiineja, PCB:tä tai torjunta-aineita sisältävien pilaantuneiden maa-ainesten puhdistamiseen. Tehopoltoissa syntyvä kuona voidaan yleensä hyödyntää esim. kaatopaikkarakenteissa.

Pohjaveden käsittelyssä Suomessa yleisin menetelmä on ollut ns. *in situ* **pump & treat** eli pohjaveden pumppaus ja käsittely. Pump & treat -menetelmiä käytetään myös estämään haitta-aineiden leviäminen pohjaveden mukana laajemmalle alueelle (suojapumppaus). Menetelmä soveltuu helppoliukoisille ja pohjaveden mukana liikkuville haitta-aineille. Maasta poistetun pohjaveden käsittelymenetelmä riippuu käsiteltävistä haitta-aineista, mutta yleisimmin on käytetty aktiivihilisuodatusta. Orgaanisilla haitta-aineilla pilaantunut pohjavesi voidaan puhdistaa esim. bioreaktorissa. Pumpattu vesi voidaan toimittaa myös sellaisenaan käsiteltäväksi ongelmajätelaitokselle.

Liite 5. Esimerkkejä alueellisen tason ekotehokkuuden arvioinnista

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostus Helsingin kaupungissa ja Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisten ympäristökeskusten toimialueilla v. 2004-2006

Johdanto

Tähän liitteeseen on koottu tietoa ja esimerkkejä pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan alueellisten ekotehokkuustarkastelujen tueksi. Selvitys tehtiin vuosina 2007-2008 ja sen tuloksia hyödynnettiin PIRRE2-hankkeen jatkotyöstämisessä. Osa tuloksista on esitetty myös erillisissä raporteissa (Nerg 2008; Vänskä 2007, julkaisematon).

Esimerkkeinä alueellisen ekotehokkuuden määrittelystä tarkastellaan kolmea erityyppistä aluetta: kunta (Helsingin kaupunki) ja kahden alueellisen ympäristökeskuksen toimialue (Pirkanmaa ja Kainuu). Näillä alueilla testattiin alustavien ekotehokkuusmittarien käyttökelpoisuutta. Tätä työtä varten koottiin tiedot pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksiin liittyvistä materiaalivirroista, kunnostetuista kohdetyypeistä, maa-ainesten laadusta, käsittelytavoista ja kuljetusmatkoista vuosilta 2004-2006. Helsingin kaupungin osalta tarkasteltiin pilaantuneen maa-ainesten määrän ja haitta-ainelajien kehitystä myös vuosina 1994-2003. Selvitys kattaa vain kunnostuskohteista luvanvaraiseen loppusijoituskohteeseen kuljetettujen maa-ainesten määrät. Kunnostamatta maaperään jätettyjä ja kunnostuskohteista mahdollisesti poistettuja puhtaita maa-aineksia ei otettu tarkastelussa huomioon.

Pilaantuneiden maa-ainesten luokittelun lähtökohtana olivat tarkasteluajanjaksoina yleisesti käytetyt maaperän SAMASE-ohje- ja raja-arvot (ks. Termit -osio ja liite 1). Pilaantuneet maa-ainekset jaoteltiin siten lievästi tai voimakkaasti pilaantuneisiin. Lievästi pilaantuneita maa-aineksia ovat maamassat, joissa haitta-ainepitoisuudet ovat ohje- ja raja-arvopitoisuuksien välillä. Voimakkaasti pilaantuneissa maa-aineksissa haitta-ainepitoisuudet ovat yli raja-arvopitoisuuden. Ongelmajätteiden osalta käytettiin ongelmajäteluokittelua (Dahlbo 2001, ks. myös liite 1). Pilaantuneiden maa-ainesten määrä oli yleensä ilmoitettu tonneina. Tilavuusyksikössä (m^3) ilmoitetut määrät muunnettiin tonneiksi kertomalla ne tiheydellä (oletusarvona $1,6 t/m^3$).

Kuljetusmatkojen osalta tarkasteltiin yhdensuuntaisten matkojen kokonaispituutta (km), maa-ainesten määrään perustuvia tonnakilometrejä ja näiden perusteella laskettuja keskimääräisiä haitta-ainepitoisuuskohtaisia kuljetusmatkoja.

I. Materiaalivirtatarkastelut

I.1 Helsingin kaupunki

Helsingin alueella pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksista on kerätty tietoa vuodesta 1994 lähtien. Ennen vuotta 1994 kunnostusten määrät olivat vähäisiä (Leminen & Pyrylä 2001). 1990-luvun alussa rakennuskelpoisia puhtaita maa-alueita oli vielä hyödyntämättä, joten pilaantuneiksi epäillyille alueille ei ollut tarvetta rakentaa. Tuolloin ei myöskään ollut määritelty maaperän pilaantuneisuuden osoittavia haitta-ainepitoisuuksia.

Vuosien 1994-2002 pääaineistona käytettiin raporttia "Helsingin pilaantuneiden maiden määrä, laatu ja kunnostustarve" (SCC Viatek Oy 2003). Tietoja täsmennet-

tiin vuosien 1998, 1999 ja 2001 kokonaismassamäärien osalta (Ranta 2007a). Vuosien 2003-2006 tiedot perustuvat Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa kerättyyn aineistoon (Ranta 2007b, c, d). Koko Helsingin alueen kattava aineisto perustuu kunnostettujen pilaantuneiden maa-alueiden toiminnanharjoittajien loppuraporteissa ilmoittamiin tietoihin.

Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten yhdensuuntaiset kuljetusmatkat määriteltiin selvittämällä loppusijoituskohteen osoitetiedot toiminnanharjoittajilta tai heidän internet-sivuiltaan. Varsinaiset välimatkat määritettiin internetissä saatavilla olevien välimatkalaskimien avulla.

1.1.1 Hankkeiden määrä ja massamäärät

Vuosina 1994-1996 Helsingin alueella kunnostetut pilaantuneet maa-alueet sisälsivät vain öljyhiilivedyillä pilaantuneita maa-aineksia (Taulukko E1). Vuosien 1997 ja 2001 välillä yleistyivät raskasmetalleilla pilaantuneet maa-ainesarät. Vuodesta 2002 lähtien alkoivat yleistyä myös muut kuten torjunta-aineilla, PCB-yhdisteillä sekä öljyhiilivedyillä ja raskasmetalleilla sekapilaantuneet maa-ainekset (SCC Viatek Oy 2003). Vuodesta 2001 alkaen muista kuin öljyhiilivedyillä pilaantuneista maa-aineksista suurin osa oli sekapilaantuneita, ja torjunta-aineilla, PCB-yhdisteillä tai syanidilla pilaantuneiden maa-ainesten määrä oli vähäinen. (SCC Viatek 2003; Ranta 2007a, b, c, d). Raskasmetalleilla pilaantuneiden maa-ainesten määrät vaihtelivat vuosina 1997-2006 huomattavasti eli välillä 30 000-220 000 tonnia. Öljyhiilivetytöisiä maa-aineksia on viime aikoina syntynyt noin 50 000 tonnia vuodessa ja niiden suhteellinen osuus kunnostettavista maa-aineksista on pienentynyt.

Kunnostuskohteiden määrä kasvoi Helsingin alueella 5 kohteesta 61 kohteeseen vuosien 1994-2003 välillä (Taulukko E1). Vilkkaimpia kunnostusvuosia olivat 1996, 2003, 2005 ja 2006. Näille vuosille osui muutamia suuria kunnostushankkeita kuten mm. Herttoniemen öljysatama (1996), Malmin ampumarata (2003) ja Myllypuron kaatopaikka-alue (2005) (Ranta 2007a, b, c, d). Vuosina 2004-2006 kunnostuskohteiden määrät lähes puoliintuivat verrattuna huippuvuoteen 2003 eli laskivat 1990-luvun loppupuolen tasolle. Keskimääräinen kunnostuskohteen koko oli noin 4 200 tonnia pilaantuneita maa-aineksia. Vuodet 1996 ja 2003 olivat poikkeuksellisia, sillä näinä vuosina suurien kohteiden kunnostuksesta johtuen keskimääräiset maa-ainesten massamäärät kasvoivat noin 18 000-20 000 tonniin.

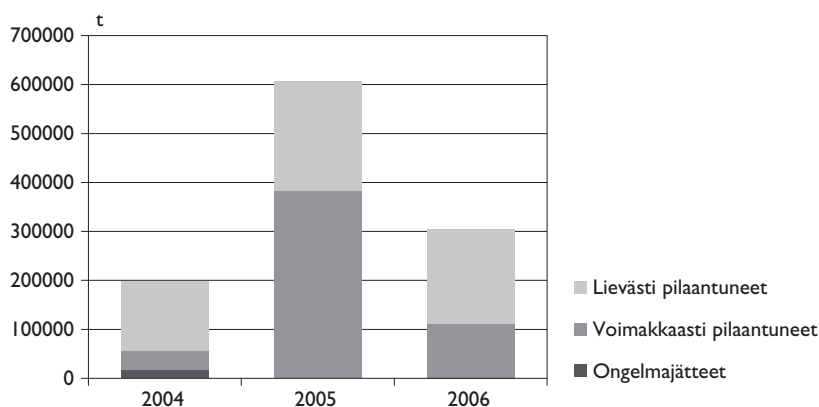
Taulukko E1. Helsingin alueella tehtyjen pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksissa syntyneiden pilaantuneiden maa-ainesten massamäärät (t) ja niiden pääasiallisimmat haitta-aineet vuosina 1994-2006. Orgaanisilla yhdisteillä tarkoitetaan tässä öljyhiilivetyjä ja PAH -yhdisteitä ja epäorgaanisilla yhdisteillä raskasmetalleja. Pyörityksistä johtuen yhteensä -sarakkeiden summat eivät välttämättä täsmää. Lähteet: SCC Viatek Oy 2003; Ranta 2007 a, b, c, d.

Vuosi	Orgaaniset yhdisteet, t	Epäorgaaniset yhdisteet, t	Muut haitta-aineet, t	Yhteensä, t	Kohteiden määrä, kpl	Huom.
1994	8 000	-	-	8 000	5	
1995	103 000	-	-	103 000	12	
1996	363 000	-	-	363 000	23	a)
1997	39 100	44 600	-	83 700	28	
1998	72 900	67 900	20	141 000	37	
1999	64 800	28 300	-	93 100	38	
2000	40 100	53 000	9 500	103 000	48	b)
2001	48 200	85 600	-	134 000	41	
2002	68 600	62 800	67 800	199 000	53	c)
2003	108 000	221 000	18 600	348 000	61	d)
2004	42 700	110 000	46 900	199 000	35	e)
2005	35 100	143 000	430 000	608 000	31	f)
2006	51 500	51 200	202 000	305 000	48	g)
YHT.	1 040 000	867 000	775 000	2 690 000	460	

Huomautukset:

- a) Suuri massaerä Herttoniemen öljysataman kunnostuksesta
 b) Muissa haitta-aineissa torjunta-aineet
 c) Muissa haitta-aineissa metalleilla ja orgaanisilla yhdisteillä sekapilaantuneita massoja
 d) Muista haitta-aineista noin 2 000 tonnia torjunta-aineita
 e) Muista haitta-aineista sekapilaantuneita noin 44 700 tonnia, sekä DDT- tai PCB-yhdisteitä noin 2 200 tonnia.
 f) Muista haitta-aineista sekapilaantuneita noin 429 000 tonnia, ja PCB-yhdisteillä pilaantuneita 1 500 tonnia.
 g) Muista haitta-aineista sekapilaantuneita noin 201 600 tonnia ja syanidimaita noin 180 tonnia.

Suurin osa Helsingin alueen käsitellyistä maa-aineksista on ollut lievästi tai voimakkaasti pilaantuneita (Kuva E1). Vuonna 2004 9 % kunnostetuista maa-aineksista oli ongelmajätteiksi luokiteltavia, kun muina tarkasteluvuosina näitä oli alle 1 %.



Kuva E1. Helsingin alueella vuosina 2004-2006 kunnostettujen maa-alueiden maa-ainesten pilaantuneisuus.

I.1.2 Kunnostusmenetelmät ja pilaantuneiden maa-ainesten vastaanottajat

Vuosina 2004-2006 yleisin kunnostusmenetelmä Helsingin alueella oli massanvaihto. Massanvaihdolla kunnostettiin v. 2004 86 %, v. 2005 94 % ja v. 2006 96 % kohteista. Muita kunnostusmenetelmiä olivat pohjaveden puhdistus sekä huokosilmapuhdistus. Lisäksi raskasmetalleilla lievästi pilaantuneita maita eristettiin *in situ* (Ympäristölautakunnan kokouksen pöytäkirja 2005; 2006; 2007.) Valtaosa Helsingin alueen pilaantuneista maa-aineksista on viety Helsingin ulkopuolisiin käsittelypaikkoihin.

Helsingin kaupungilla oli vuoden 2007 lopulla neljä aluetta, joille otettiin vastaan pilaantuneita maa-aineksia (Kyläsaari, Vuosaari ja kaksi kenttää Viikissä). Vuoteen 2006 saakka raskasmetalleilla pilaantuneita maita otettiin vastaan myös rakennusviraston Malmin (Kivikon) loppusijoitusalueelle. Pilaantuneiden maa-ainesten loppusijoituspaikat ovat lisääntyneet merkittävästi vuosien 1994 ja 2006 välillä kahdesta toimijasta liki 20 toimijaan (Ranta 2007a, b, c, d). Vastaanottoaikojen määrä on tasaantunut 2000-luvulla noin 20 luvanvaraiseen loppusijoituskohteeseen. Tämä on selkeä osoitus lisääntyneestä kilpailusta.

Kyläsaaren ja Viikin välivarastointi- ja kompostointikentillä kompostoidaan hajoavia orgaanisia haitta-aineita sisältäviä maita, joissa pitoisuudet voivat ylittää ongelmajäterajankin. Kenttien toiminnasta vastaa Helsingin kaupunki, eikä alueella ole muita toiminnanharjoittajia. Kyläsaarella voidaan välivarastoida myös muilla haitta-aineilla pilaantuneita maita, mutta niiden pitoisuus ei saa ylittää SAMASE-rajaa. Välivarastointiin tuodaan maa-aineksia esimerkiksi laboratoriotutkimusten valmistumisen ajaksi. Välivarastoidut ja/tai kompostoidut maa-ainekset toimitetaan edelleen luvanvaraiseen vastaanottoaikaan.

Eräänlaisena pilaantuneiden maa-ainesten välivarastona voidaan pitää myös Kyläsaaren kuivatusaltaita, joihin otetaan lumensulatusaltaista peräisin olevia, mm. öljyä, PCB:tä ja metalleja sisältäviä maita. Kuivatuksen jälkeen maa-ainekset toimitetaan luvanvaraiseen vastaanottoaikaan.

Helsingin kaupungilla oli vuosina 2004-2006 myös suuria kunnostuskohteita, joihin loppusijoitettiin pilaantuneita maa-aineksia. Malmin vanhalle ampumarata-alueelle on läjitetty sekä ampumaradalta että muualta Helsingistä peräisin olevia raskasmetalleilla lievästi pilaantuneita maa-aineksia (YS 2007a). Myllypuron vanha kaatopaikka-alue kunnostettiin vuonna 2005 pystyeristämällä pilaantuneet maa-ainekset paikan päällä (on site) (YS 2000). Lisäksi Vuosaaren Sataman alueelle on rakennettu vuosina 2005-2007 meluvalli, jonne on loppusijoitettu Vuosaaren Sataman alueen ja muilta alueilta metalleilla sekä orgaanisilla haitta-aineilla lievästi ja voimakkaasti pilaantuneita maita (YS 2004). Vuosaarella satama-alueelta peräisin olevia pilaantuneita maa-aineksia on sijoitettu myös välivarastointikentälle ja vuodesta 2000 lähtien lisäksi loppusijoituskentälle. Loppusijoituskentälle voidaan sijoittaa yhteensä noin 160 000 tonnia voimakkaasti metalleilla pilaantuneita, kiinteytettyjä maa-aineksia. Alueen ympäristölupa on voimassa toistaiseksi, mutta kapasiteetin arvioidaan riittävän vain noin vuodelle 2009 asti. Tämän jälkeen kenttä maisemoidaan ja muutetaan virkistysalueeksi. (YS 2007b).

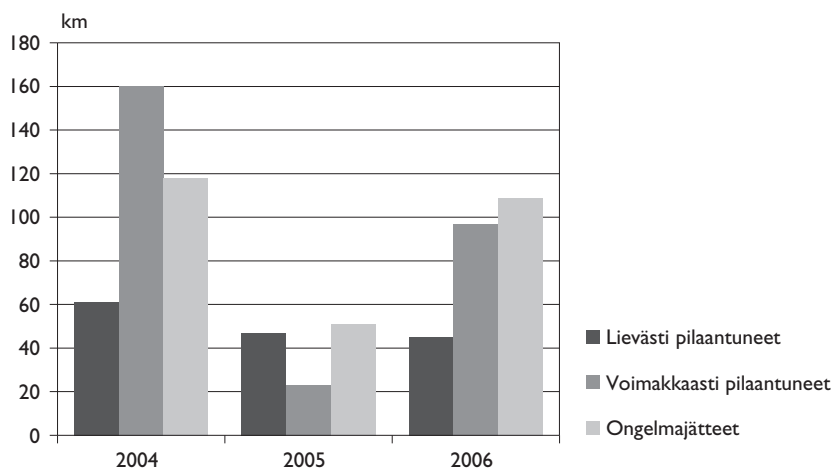
I.1.3 Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten kuljetusmatkat

Vuosina 2004-2006 lyhin pilaantuneiden maa-ainesten kuljetusmatka Helsingin alueella oli vain 500 metriä, kun maa-ainesta siirrettiin Myllypurossa vanhan kaatopaikan alueelta pystyeristysseinämän sisälle. Pisin kuljetusmatka oli 324 km Riikinnevan vastaanottoaikaan Leppävirralle.

Vuodesta 2004 vuoteen 2006 lievästi pilaantuneiden maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat lyhentyivät 61 km:sta 45 km:iin (Kuva E2). Kyseisenä ajanjaksona

pilaantuneita maa-aineksia sijoitettiin Helsingin alueen suuriin kunnostuskohteisiin (vrt. luku 1.1.3) kuten Malmin vanhalle ampumaradalle (yhteensä 126 700 tonnia) ja Vuosaaren satama-alueen meluvalliin (43 500 tonnia). Näille alueille vuosina 2004-2006 sijoitettujen pilaantuneiden maa-ainesten määrä vastaa 30 % (170 200 tonnia) koko Helsingin alueella vastaavana aikana syntyneistä lievästi pilaantuneista maa-aineksista.

Tarkasteluvuosina voimakkaasti pilaantuneiksi ja ongelmajätteiksi luokiteltujen maa-ainesten kuljetusmatkat olivat lähes kaksinkertaisia verrattuna lievästi pilaantuneiden maa-ainesten kuljetusmatkoihin. Kuitenkin vuonna 2005 sekä voimakkaasti pilaantuneiksi että ongelmajätteiksi luokiteltujen maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat olivat erityisen lyhyet eli 23 km (Kuva E2). Molemmissa haitta-aineluokissa kuljetusmatkat olivat selkeästi pisimmät vuonna 2004. Vuoden 2005 voimakkaasti pilaantuneiden maa-ainesten lyhyt kuljetusmatka johtui Myllypuron kaatopaikka-alueen kunnostuksesta, jonka yhteydessä syntyneet noin 200 000 tonnia voimakkaasti pilaantunutta maata vietiin noin 0,5 km päähän loppusijoitukseen. Ongelmajätteiksi luokiteltavien maa-ainesten kohdalla vuoden 2005 poikkeava kuljetusmatka selittyi sillä, että kyseisenä vuonna ongelmajätteiksi luokiteltavia maita (1 500 tonnia) muodostui yksinomaan Kumpulanpuron työmaalla, josta ne kuljetettiin 51 km päähän Virkkalaan loppusijoitettavaksi.



Kuva E2. Haitta-ainepitoisuuksien mukaan luokitellut pilaantuneiden maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat Helsingissä vuosina 2004-2006.

1.2 Pirkanmaan alueellinen ympäristökeskus

Pirkanmaalla materiaalivirtatarkastelu tehtiin vuosien 2004-2006 ympäristönsuojelulain mukaisten ilmoitusten perusteella tehtyjen kunnostustöiden loppuraporttien pohjalta. Lisäksi mukaan otettiin myös öljyvahinkojen kunnostusten loppuraportit. Öljyvahinkojen yhteydessä tehdyistä kunnostuksista ei yleensä tehdä ympäristönsuojelulain mukaista ilmoitusta, vaan viranomaiskäsitely hoidetaan maa-alueilla tapahtuvien öljyvahinkojen torjumisesta annetun lain perusteella. Pilaantuneiden maa-ainesten ohella kerättiin tietoja myös pilaantuneiden purkujätteiden määrästä ja laadusta.

Maa-ainesten jaottelussa jouduttiin öljyisten maa-ainesten osalta määrittelemään erikseen niiden luokittelurajat. Öljyisistä maa-aineksista mitataan kunnostustöiden yhteydessä yleensä vain kokonaishiilivetyypitoisuus, joten sitä käytettiin luokitteluperusteena öljyisille maille. Lievästi pilaantuneiksi luokiteltiin maa-ainekset, joissa kokonaishiilivetyypitoisuus oli välillä 200 ja 2 000 mg/kg ja voimakkaasti pilaantuneiksi vastaavasti maa-ainekset, joissa pitoisuus oli 2 000-10 000 mg/kg. Tampereen seudulla

jätteenkäsittelykeskukset vastaanottavat lievästi pilaantuneina maa-aineksia, joiden öljyhiilivetyypitoisuus on välillä 300-5 000 mg/kg, kun puolestaan yli 5 000 mg/kg öljyhiilivetyjä sisältäviä massoja pidetään voimakkaasti pilaantuneina. Jotkut konsultit olivat raportoineet maa-ainekset käyttäen tätä luokittelua. Näissä tapauksissa 300-5 000 mg/kg öljyhiilivetyjä sisältävät maa-ainekset rinnastettiin lievästi pilaantuneisiin ja yli 5 000 mg/kg öljyhiilivetyjä sisältävät voimakkaasti pilaantuneisiin. Yli 10 000 mg/kg öljyhiilivetyjä sisältävät maa-ainekset luokiteltiin ongelmajätteeksi. Pilaantuneille purkujätteille käytettiin samaa pitoisuusluokittelua.

1.2.1 Pilaantuneiden maa-ainesten vastaanottajat

Pirkanmaalla pilaantuneita maita vastaanottavat Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskus Tampereella ja Koukkujärven jätteenkäsittelykeskus Nokiolla.

Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskus saa ympäristöluvan mukaan ottaa vastaan kaatopaikkakelpoisia öljyillä ja epäorgaanisilla haitta-aineilla pilaantuneita maa-aineksia korkeintaan 50 000 t/v. Orgaanisten haitta-aineiden kuten PCB:n, dioksiinien ja furaanien ja elohopean pitoisuudet eivät saa ylittää SAMASE-raja-arvoa. Öljyillä pilaantuneet maat kompostoidaan ja kun niiden öljypitoisuus on laskenut alle 5 000 mg/kg, ne voidaan käyttää kaatopaikan peittomana. Muilla haitta-aineilla pilaantuneet maa-ainekset stabiloidaan.

Koukkujärven jätteenkäsittelykeskus ottaa vastaan sellaisenaan käytettäväksi peittomiksi maa-aineksia, joiden öljypitoisuus on korkeintaan 5 000 mg/kg. Sallittu vastaanottomäärä on 50 000 t/vuosi. Kenttärakenteisiin stabiloitaviksi voidaan ottaa massoja, joissa jokaisen epäorgaanisen haitta-aineen keskiarvopitoisuus on $\leq 100 \times$ SAMASE-raja-arvo (tämä on käytännössä korkeampi kuin ongelmajäteraja-arvo) ja kunkin haitallisten orgaanisen yhdisteen pitoisuus alle SAMASE-raja-arvon. Stabiloitavien maa-ainesten sisältämille haitta-aineille on lisäksi rajoituksia.

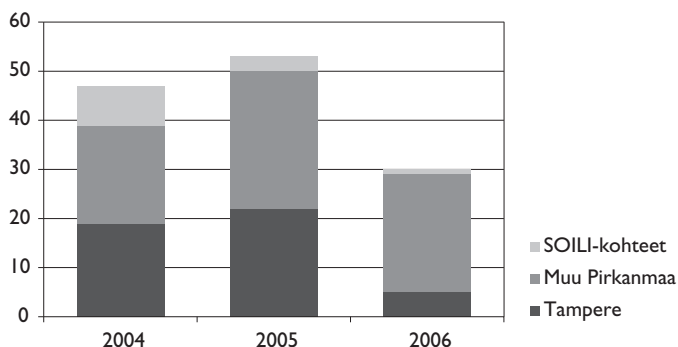
Aiemmin käytössä ollut Sarvinevan jätteenkäsittelyalue Virroilla suljettiin 1.12.2006. Toiminta-aikana alueella käytettiin peittomana lievästi öljyllä pilaantuneita maa-aineksia.

Valkeakoskella toimii Kuitu Finland Oy:n (entisen Säteri Oy:n) Mahlianmaan teollisuuskaatopaikka, jonne saa viedä laitoksen omilta alueilta peräisin olevia lievästi pilaantuneita maa-aineksia peittomaksi. UPM-Kymmene Oyj:n Valkeakoskella sijaitsevan Suikin teollisuuskaatopaikan toiminta alkoi 1.11.2007 ja se ottaa loppusijoitettavaksi yhtiön vastuulla olevilta alueilta peräisin olevia pilaantuneita maa-aineksia. Näiden haitta-ainepitoisuutta ei ole rajoitettu. UPM-Kymmene Oyj:n aiempi, Kalatomanlahden teollisuuskaatopaikka suljettiin 31.10.2007.

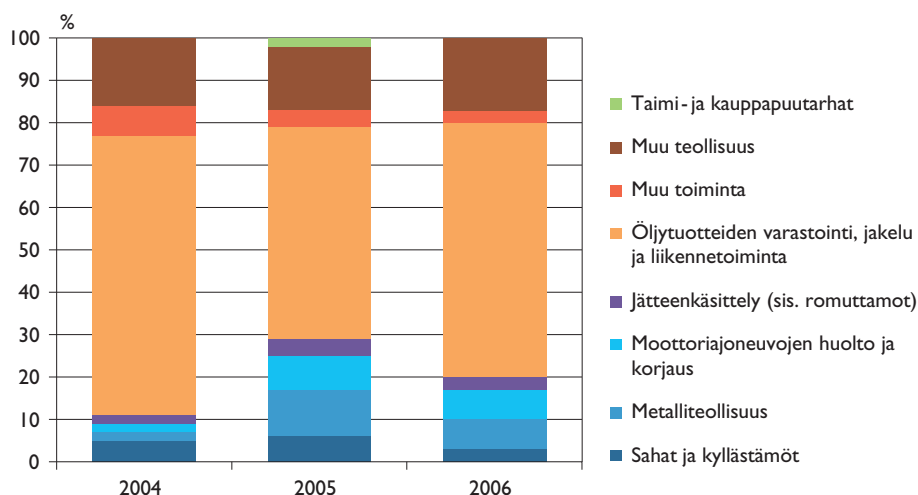
1.2.2 Hankkeiden määrä ja pilaantumista aiheuttaneet toimialat

Vuonna 2004 Pirkanmaalla toteutettiin 47 kunnostushanketta, vuonna 2005 53 hanketta ja vuonna 2006 30 hanketta (Kuva E3). Muutamissa hankkeissa samaa kohdetta kunnostettiin useampana vuonna. Huomattava osa vuoden 2004 ja 2005 toteutettiin Tampereen kaupungin alueella, mikä johtui vilkkaan rakennustoiminnan käynnistymisestä ja mm. entisten teollisuusalueiden kunnostamisesta. Vuonna 2006 hankkeiden kokonaismäärä Pirkanmaalla pieneni huomattavasti, mikä johtui ennen kaikkea Tampereen alueella toteutettujen hankkeiden vähenemisestä.

Pirkanmaalla öljytuotteiden varastointi, jakelu ja liikennetoiminta ovat olleet merkittävimpiä pilaantumista aiheuttaneita toimialoja (Kuva E4). Toiseksi suurin toimialaryhmä on ollut "muu teollisuus", joka sisältää mm. tekstiili-, nahka-, maali-, kemian- ja vaneriteollisuuden. Merkittäviä maa-alueiden kunnostustarvetta aiheuttaneita toimintoja ovat olleet myös metalliteollisuus ja moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus, joka käsittää autokorjaamoita ja -varikoita. Ryhmään "muu toiminta" luokiteltiin mm. ampumaradat, pesulat ja asevarikot.



Kuva E3. Kunnostushankkeiden määrä Pirkanmaalla vuosina 2004-2006.



Kuva E4. Kunnostettujen PIMA-kohteiden toimialajakauma Pirkanmaalla vuosina 2004-2006.

1.2.3 Kunnostusmenetelmät ja pilaantuneen maa-aineksen määrät

Pirkanmaalla pääasiallinen kunnostusmenetelmä oli kahta pilaantunutta maa-aluetta lukuun ottamatta massanvaihto. Yhdessä öljyhiilivedyillä pilaantuneessa kohteessa massanvaihtoon yhdistettiin biologinen menetelmä ja yhdessä öljyhiilivedyillä ja raskasmetalleilla (Pb, Zn, Cr, Cu, Hg) pilaantuneessa kohteessa maa-aineksiä käsiteltiin pesuseulonnalla. Kaikki massat eivät kuitenkaan soveltuneet pesuseulontaan, joten osa jouduttiin toimittamaan muualle käsittelemättöminä. Myös pesuseulonnassa syntyneet lietteet kuljetettiin käsittelyyn (loppusijoitus) alueen ulkopuolelle.

Vuonna 2004 pilaantuneita maa-aineksiä vietiin eri käsittelypaikkoihin yhteensä 64 500 tonnia (Taulukko E2). Näistä suurin osa oli lievästi pilaantuneita. Eniten pilaantuneita maa-aineksiä vietiin eri käsittelypaikkoihin vuonna 2005 (200 300 tonnia), suurin osa eli yli puolet näistä maa-aineksista oli voimakkaasti pilaantuneita. Vuonna 2006 käsiteltyjen maa-ainesten määrä oli vertailuvuosista pienin.

Vuoden 2005 poikkeukselliseen suureen maa-ainesmäärään vaikuttivat useat kyseiselle vuodelle osuneet suuret kunnostushankkeet. Kolhon kyllästämöllä kunnostustyön yhteydessä poistettiin pilaantuneita maa-aineksiä lähes 67 000 tonnia ja Valkeakoskella Tervasaaren tehtaan tiejärjestelyjen yhteydessä lähes 19 000 tonnia. Lisäksi Tampereella Tampellan kiinteistöllä, Ratapihankadulla ja Kuusakoski Oy:n alueella sekä Nokialla Viholassa poistettiin kussakin pilaantuneita maa-aineksiä yli 10 000 tonnia.

Taulukko E2. Pirkanmaalla vuosina 2004, 2005 ja 2006 syntyneiden pilaantuneiden maa-ainesten määrät jaoteltuna pilaantuneisuusasteen mukaan ja eri pilaantuneisuusasteisten maa-ainesten prosenttiosuudet vuosittaisista kokonaismääristä. (Yhteenlasketut kokonaismäärät ja prosenttiosuudet poikkeavat pyöristysten vuoksi).

Pilaantuneisuusaste	2004		2005		2006	
	t	%	t	%	t	%
Alle ohjearvon	11 300	18	14 400	7	10 400	30
Lievästi pilaantunut	34 600	54	71 900	36	15 600	45
Voimakkaasti pilaantunut	12 900	20	109 200	55	8 300	24
Ongelmajäte	5 700	9	4 800	2	800	2
Yhteensä	64 500	100	200 300	100	35 000	100

1.2.4 Pilaavat aineet

Vuosina 2004-2006 Pirkanmaalla toteutetuista kunnostushankkeista yli puolessa esiintyi öljyhiilivedyillä ja PAH:illä pilaantuneita maa-aineksia (Taulukko E3). Massamäärältään öljyhiilivedykohteet muodostivat vuosina 2004 ja 2006 reilun kolmanneksen, mutta vuonna 2005 vain noin 14 % kaikista Pirkanmaan käsitellyistä pilaantuneista maa-aineksista.

Raskasmetalleilla pilaantuneita maa-alueita oli vuosina 2004-2005 noin 13 % ja vuonna 2006 noin 7 % kaikista kunnostetuista PIMA-kohteista. Raskasmetalleilla pilaantuneet maa-ainekset muodostivat noin 10-20 % Pirkanmaan käsiteltyjen pilaantuneiden maa-ainesten massamäärästä.

Merkittävä osa kunnostetuista pilaantuneista maa-alueista oli sekapilaantuneita, joissa oli öljyhiilivedyitä, PAH:ejä ja raskasmetalleja sekä PCCD/F- tai PCB-yhdisteitä.

Taulukko E3. Pirkanmaalla vuosina 2004-2006 kunnostettujen pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä ja käsiteltäväksi kaivettujen maa-ainesten määrä haitta-ainetyypeittäin.

	2004				2005				2006			
	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%
Öljyhiilivedyt	25 300	39	29	62	27 900	14	28	53	11 100	32	20	67
Öljyhiilivedyt ja PAH	-	-	-	-	2 500	1	3	6	-	-	-	-
Raskasmetallit	8 800	14	6	13	23 500	12	7	13	6 200	18	2	7
Öljyhiilivedyt ja/tai PAH ja raskasmetallit	7 200	11	5	11	128 400	64	12	23	12 600	36	5	17
Öljyhiilivedyt ja tetrakloorieteeni	-	-	-	-	-	-	-	-	110	0	1	3
Öljyhiilivedyt ja/tai PAH, raskasmetallit ja PCCD/F tai PCB	20 400	32	5	11	17 600	9	2	4	4 900	14	1	3
PCCD/F ja PAH	2 600	4	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Torjunta-aineet	-	-	-	-	720	0	1	2	-	-	-	-
Ksyleenit	200	0	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Hartsi	-	-	-	-	-	-	-	-	30	0	1	3
Yhteensä	64 500	100	47	100	200 300	100	53	100	35 000	100	30	100

1.2.5 Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten kuljetukset

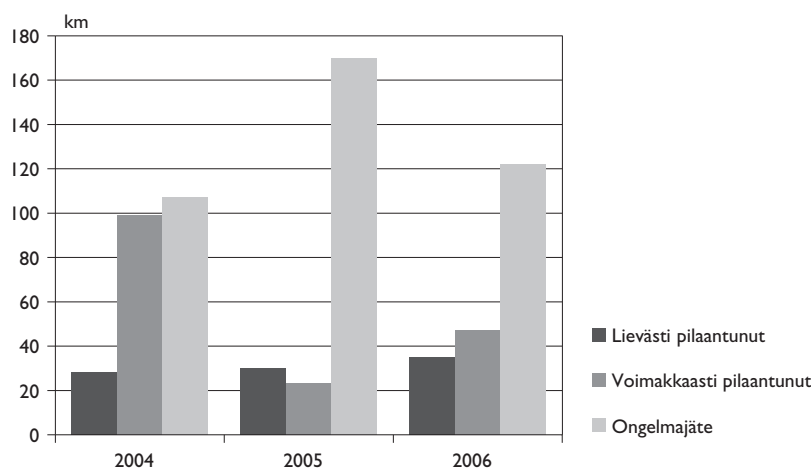
Vuosina 2004-2006 Pirkanmaalla kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten kuljetussuoritteet vaihtelivat välillä 1 649 000-6 292 000 tkm (Taulukko E4). Vuosina 2004 ja 2005 valtaosa kuljetussuoritteesta aiheutui lievästi ja voimakkaasti pilaantuneen maa-aineksen kuljetuksista. Vuonna 2006 suurin osa kuljetussuoritteesta aiheutui vastaavasti SAMASE-ohjearvopitoisuuden alittavan maa-aineksen kuljetuksista.

Maa-ainesten kuljetusmatkat vaihtelivat Pirkanmaalla vuosina 2004-2006 välillä 2 ja 212 km. Vuonna 2004 pisin kuljetusmatka (163 km) oli Pirkkalasta Turkuun ja vuosina 2005 ja 2006 Vilppulasta Riihimäelle (212 km). Keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelivat 23 km:stä 170 km:iin (Kuva E5). Ongelmajätteen keskimääräiset kuljetusmatkat olivat pisimmät, koska ongelmajätteitä vastaanottavia käsittelykeskuksia on varsin harvassa. Toisaalta SAMASE-ohjearvopitoisuuden alittavien maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat olivat pidempiä kuin lievästi pilaantuneiden maa-ainesten. Tämä johtunee siitä, että näillä maa-aineksilla on ollut kysyntää kaatopaikan peittorakenteisiin ja käsittely kaatopaikoilla on siten ollut edullista. Voimakkaasti pilaantuneiden maa-ainesten keskimääräinen kuljetusmatka v. 2005 oli muita tarkasteluvuosia lyhyempi, koska eräessä isossa kunnostushankkeessa käsittelypaikka sijaitsi vain viiden kilometrin päässä kunnostettavasta kohteesta.

Pirkanmaan alueella tarkasteltiin myös pilaantuneen purkujätteen määrää ja kuljetuksia. Vuosina 2004-2006 Pirkanmaalla oli yhteensä 14 sellaista hanketta, joiden yhteydessä jouduttiin purkamaan erilaisia rakenteita. Purkamisesta syntyi lähinnä lievästi pilaantunutta tiili-, betoni-, puu- yms. jätettä. Tavallisimmin oli kyse teollisuusrakennuksista, joissa oli öljyntyneitä betonirakenteita. Purkujätteen määrät olivat varsin pieniä pilaantuneiden maa-ainesten määrään verrattuna (1-4 %). Vuosittaiset kokonaismäärät vaihtelivat 1 400 tonnista 2 300 tonniin. Pilaantuneiden purkujätteiden kuljetusmatkat vaihtelivat välillä 12 ja 113 km.

Taulukko E4. Pilaantuneiden maa-ainesten kuljetussuoritteet Pirkanmaalla vuosina 2004-2006 pilaantuneisuusasteittain.

Pilaantuneisuusaste	2004		2005		2006	
	1000 tkm	%	1000 tkm	%	1000 tkm	%
Alle ohjearvon	550	16	810	13	620	38
Lievästi pilaantunut	950	28	2 170	34	550	33
Voimakkaasti pilaantunut	1 280	38	2 500	40	390	23
Ongelmajäte	600	18	810	13	95	6
Yhteensä	3 380	100	6 290	100	1 650	100



Kuva E5. Keskimääräiset pilaantuneen maa-aineksen kuljetusmatkat Pirkanmaalla vuosina 2004-2006.

I.3 Kainuun alueellinen ympäristökeskus

Kainuun alueellisesta ympäristökeskuksesta pyydettiin massavirtatarkasteluun kopioit vuosina 2004-2006 kunnostettujen pilaantuneiden maa-alueiden loppuraporteista. Maaperän tilan tietojärjestelmän eli MATTI-tietojärjestelmän (ks. Termit -osio) mukaan kohteita oli yhteensä 24. Yhdestä vuoden 2005 kohteesta (Kankaan vedenottamo) ei ollut toimitettu loppuraporttia ympäristökeskukseen, joten kyseisen kohteen tiedot puuttuvat tästä selvityksestä.

I.3.1 Pilaantuneiden maa-ainesten vastaanottajat

Kainuussa pilaantuneita maa-aineksia otetaan nykyisin vastaan vain Majasaarenkankaan jätekeskuksessa Kajaanissa, jonka vuosittainen vastaanottokapasiteetti on 20 000 tonnia. Majasaaren jätekeskuksella on lupa käsitellä öljyllä pilaantuneita maita kompostoimalla ja loppusijoittaa turvetuhkakapseleihin metalleilla lievästi pilaantuneita maa-aineksia. Kompostoitavien maa-ainesten öljypitoisuus saa olla myös yli ongelmajätteen raja-arvon. Kun öljypitoisuus on laskenut alle 2000 mg/kg, massat voidaan käyttää peitemaina kaatopaikalla. Muut pilaantuneet maa-ainekset pitää kuljettaa Kainuusta alueen ulkopuolelle vastaanottajille, joilla on asianmukaiset käsittelyluvut.

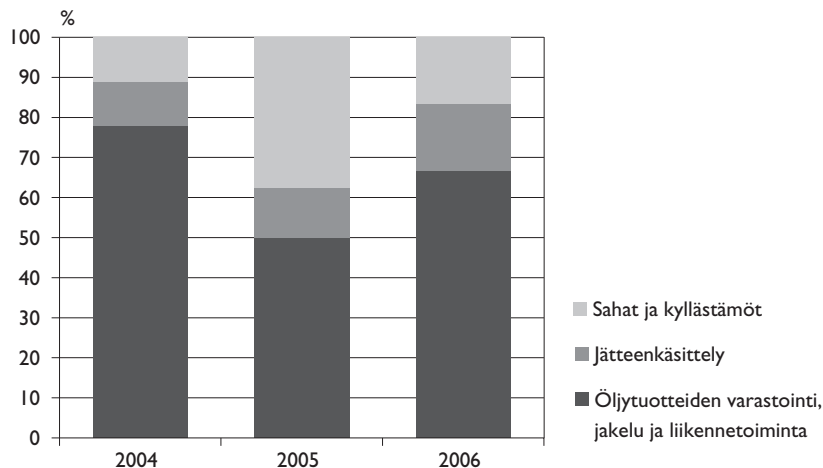
Aiemmin käytössä ollut Sarvelanselkosen jätteenkäsittelykeskus Kuhmossa suljettiin 31.10.2007. Lopulliset sulkemistyöt on ajoitettu vuosille 2007-2010 ja niissä käytetään puhtaita ylijäämämaita. Toiminta-aikanaan keskus otti vastaan vähäisiä määriä öljyllä lievästi pilaantuneita maa-aineksia.

I.3.2 Pilaantuneiden maa-alueiden ja kunnostusten lukumäärä

Kainuussa tehtiin sekä vuonna 2004 että vuonna 2005 kunnostustöitä yhdeksässä kohteessa ja vuonna 2006 kuudessa kohteessa. Muutamissa hankkeissa samaa kohdetta kunnostettiin useampana vuonna. Noin kolmasosa kunnostushankkeista oli Kajaanissa.

Kainuussa suurin osa maaperän pilaantumisesta on aiheutunut öljytuotteiden varastoinnista, jakelusta ja liikennetoiminnasta (Kuva E6). Muita pilaantumista aiheuttaneita toimintoja ovat olleet sahat ja kyllästämöt ja jätteenkäsittely (entiset kaatopaikat).

Vuosina 2004-2006 kunnostettiin eniten öljyhiilivedyillä pilaantuneita maa-alueita (Taulukko E5). Öljyhiilivedyt olivat vuosina 2005 ja 2006 myös kunnostettujen maa-ainesten massamäärän perusteella merkittävimmät haitta-aineet. Vuonna 2004 tehtyjen sahan ja kyllästämön sekä kaatopaikan kunnostusten vuoksi suurimmat mas-



Kuva E6. Maaperän pilaantumista aiheuttaneet toiminnot Kainuussa vuosina 2004-2006.

samäärät sijoittuvat luokkiin ”öljyhiilivedyt ja/tai PAH, raskasmetallit ja PCCD/F tai PCB” ja ”öljyhiilivedyt ja/tai PAH ja raskasmetallit”.

Kainuussa toteutetuissa kunnostushankkeissa massanvaihto oli pääasiallinen kunnostusmenetelmä. Yhdessä öljyhiilivedyillä pilaantuneessa kohteessa tehtiin huokosilmäkäsittely ja yksi öljyhiilivedyillä ja raskasmetalleilla pilaantunut PIMA-kohde peitettiin.

Vuonna 2004 pilaantuneita maa-aineksia vietiin eri käsittelypaikkoihin yhteensä 76 700 tonnia (Taulukko E6). Näistä suurin osa oli lievästi pilaantuneita. Vuonna 2006 käsiteltävien maa-ainesten määrä oli tarkasteluvuosista selkeästi pienin (3 500 tonnia). Myös maa-ainesten pilaantuneisuusaste erosi muista tarkasteluvuosista, sillä suurin osa maista oli voimakkaasti pilaantuneita.

Vuosina 2004-2006 Kainuussa kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten kuljetussuoritteet vaihtelivat välillä 226 000-1 782 000 tkm (Taulukko E7). Suurin osa kuljetussuoritteesta aiheutui lievästi pilaantuneen maa-aineksen kuljetuksista.

Kuljetusmatkat vaihtelivat vastaavasti välillä 7 ja 211 km. Pisin kuljetusmatka oli Kajaanista Outokumpuun. Keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelivat 8 km:stä 64 km:iin (Kuva E7).

Taulukko E5. Kainuussa vuosina 2004-2006 kunnostettujen pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä ja käsiteltäväksi kaivettujen maa-ainesten määrä haitta-ainetyypeittäin.

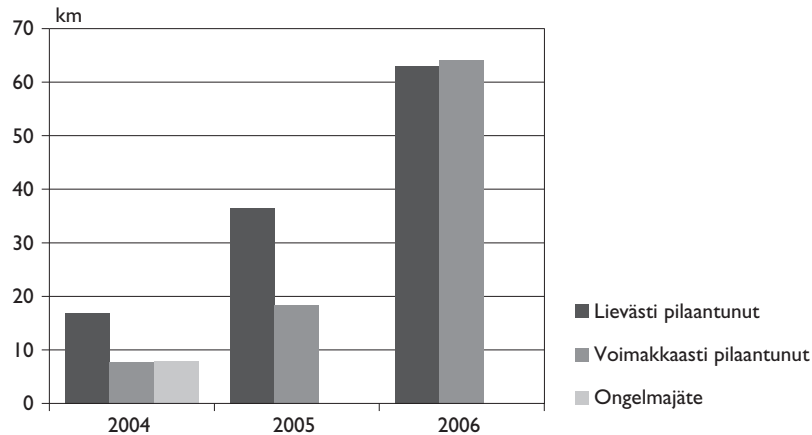
	2004				2005				2006			
	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%	Massamäärä, t	%	Kohteet, kpl	%
Öljyhiilivedyt	2 400	3	7	78	27 500	49	6	67	3 000	85	5	83
Öljyhiilivedyt ja PAH	-	-	-	-	26 300	47	1	11	-	-	-	-
Raskasmetallit	-	-	-	-	-	-	-	-	500	15	1	17
Öljyhiilivedyt ja/tai PAH ja raskasmetallit	35 500	46	1	11	2 500	4	1	11	-	-	-	-
Öljyhiilivedyt ja/tai PAH, raskasmetallit ja PCCD/F tai PCB	38 800	51	1	11	240	0	1	11	-	-	-	-
Yhteensä	76 700	100	9	100	56 500	100	9	100	3 500	100	6	100

Taulukko E6. Kainuussa vuosittain kunnostetut maa-ainemäärät tonneina jaoteltuna pilaantuneisuusasteen mukaan ja eri pilaantuneisuusasteiden prosenttiosuudet vuosittaisista kokonaismääristä.

Pilaantuneisuusaste	2004		2005		2006	
	t	%	t	%	t	%
Lievästi pilaantunut	49 300	64	40 900	72	1 400	40
Voimakkaasti pilaantunut	27 400	36	15 600	28	2 100	60
Ongelmajäte	14	0	-	-	-	-
Yhteensä	76 700	100	56 500	100	3 500	100

Taulukko E7. Pilaantuneiden maa-ainesten kuljetussuoritteet Kainuussa vuosina 2004-2006 pilaantuneisuusasteittain.

Pilaantuneisuusaste	2004		2005		2006	
	1 000 tkm	%	1 000 tkm	%	1 000 tkm	%
Lievästi pilaantunut	836	80	1 496	84	88	39
Voimakkaasti pilaantunut	221	20	287	16	138	61
Ongelmajäte	0,1	0	0	0	0	0
Yhteensä	1 048	100	1 783	100	226	100



Kuva E7. Keskimääräiset pilaantuneen maa-aineksen kuljetusmatkat Kainuussa vuosina 2004-2006.

2 Arvio tulevista käsittelytarpeista

2.1 Helsingin kaupunki

Vuonna 2003 tehdyssä selvityksessä (SCC Viatek Oy 2003) Helsingin alueella arvioitiin pilaantuneita maa-aineksia olevan kaikkiaan noin 17 milj. m³ eli noin 28 milj. tonnia. Suurin osa eli noin 9,3 miljoonaa m³ (55 %), sijaitsi arvion mukaan kaatopaikoilla. Muita kohteita olivat rantojen täyttöalueet (6 %), teollisuusalueet (4 %), ampumaradat (1 %) ja muut kohteet (4 %). Taustakuormituksesta aiheutuneen pilaantuneen maan määräksi arvioitiin 5 miljoonaa m³ eli n. 30 % koko alueen kokonaismäärästä.

Vuoden 2003 jälkeen useita suuria PIMA-kohteita kuten Eiranranta, Ruskeasuon varikko, Kumpulapuron ylä- ja alajuoksu, Arabianranta, Malmin ja Viikinmäen ampumaradat sekä Myllypuron vanha kaatopaikka on kunnostettu osittain tai kokonaan. Jos pilaantuneiden maa-ainesten kokonaismäärän oletetaan vuonna 2003 olleen 28 milj. tonnia (17 milj. m³), Helsingissä olisi vuosina 2004-2006 tehtyjen kunnostusten jälkeenkin pilaantuneita maa-aineksia jäljellä lähes 27 milj. tonnia. Vuoden 2003 raportissa esitetty pilaantuneiden maa-ainesten määrrien jakauma on pysynyt kuitenkin jokseenkin samana eli suurimmat massamäärät ovat edelleen kaatopaikoilla ja taustakuormitusalueilla. Todennäköisesti suurin muutos pilaantuneisuuden jakauman suhdelukuihin tapahtuu ampumaratojen kohdalla.

Suurin osa Helsingin alueen pilaantuneista maa-alueista kunnostetaan tulevaisuudessa todennäköisesti paikalla eli *in situ*. Paikalleen jäisivät lähes kaikki entisten kaatopaikkojen maat sekä suurin osa taustakuormituksen pilaamasta pintamaasta sekä täyttöalueiden pilaantuneista maa-aineksista. Vuonna 2003 kaivettavaksi tulevien massojen kokonaismääräksi arvioitiin yli 2 milj. m³ (yli 3,2 milj. tonnia). Vuosina 2004-2006 tehtyjen kunnostusten jälkeen tästä on jäljellä n. 2 miljoonaa tonnia. Kaivettavien massamäärien arviointi on kuitenkin tiedonpuutteista johtuen epävarmaa.

2.2 Pirkanmaan alueellinen ympäristökeskus

Pirkanmaan ja Kainuun osalta tulevia käsittelytarpeita tarkasteltiin MATTI-tietojärjestelmään koottujen tietojen perusteella (MATTI-tietojärjestelmä 2007).

MATTI-tietojärjestelmään on rekisteröity 1633 Pirkanmaalla sijaitsevaa PIMA-kohdetta. Näistä noin 4 % (72 kohdetta) on sellaisia, joissa pilaantumisen aiheuttama riski on arvioitava tai kohde on puhdistettava (Taulukko E8). Tärkeimmät arviointi- tai puhdistustarvetta aiheuttaneet toimialat ovat polttoaineen jakelu ja liikennetoiminta, jätteenkäsittely (sis. romuttamot), sahat ja kylästämot.

Taulukko E8. Pirkanmaan pilaantuneiden tai mahdollisesti pilaantuneiden maa-alueiden toimialat ja pilaantumisarvioiden tila (kohteiden määrä, % Pirkanmaan kohteista).

Toimialat lajeittain	Toimiva kohde	Selvitystarve	Arvioitava tai kunnostettava	Ei puhdistustarvetta
Polttoaineen jakelu ja liikennetoiminta	195 (12 %)	302 (18 %)	12 (0,7 %)	97 (6 %)
Jätteenkäsittely (sis. romuttamot)	37 (2 %)	149 (9 %)	20 (1,2 %)	27 (2 %)
Moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus	51 (3 %)	32 (2 %)	2 (0,1 %)	20 (1 %)
Ampumaradat	58 (4 %)	48 (3 %)	2 (0,1 %)	2 (0 %)
Metalliteollisuus	49 (3 %)	43 (3 %)	8 (0,5 %)	5 (0 %)
Sahat ja kyllästämöt	18 (1 %)	32 (2 %)	14 (0,9 %)	4 (0 %)
Taimi- ja kauppapuutarhat	34 (2 %)	20 (1 %)	0 (0,0 %)	3 (0 %)
Muu teollisuus	89 (5 %)	114 (7 %)	8 (0,5 %)	33 (2 %)
Muu toiminta	68 (4 %)	28 (2 %)	6 (0,4 %)	3 (0 %)
Yhteensä	599 (37 %)	768 (47 %)	72 (4 %)	194 (12 %)

Suurin osa kohteista (47 %) on selvitystarpeessa olevia. Pääosassa selvitystarpeessa olevista kohteista on harjoitettu polttoaineen jakelu- tai liikennetoimintaa. Nämä ovat tyypillisesti pieniä kohteita ja kunnostaminen on suhteellisen yksinkertaista, mikäli pilaantuminen ei ulotu pohjaveteen asti. Muodostuvat maa-ainemäärät ovat myös pieniä; Häikiö (2000) arvioi, että keskimäärin huoltoasemakohteesta kaivetaan noin 500 (50-2000) t öljyllä pilaantunutta maa-ainesta. Polttoaineen jakelun ja vastaavan toiminnan ohella jätteenkäsittely (sis. romuttamot) ja muu teollisuustoiminta ovat Pirkanmaalla merkittäviä maaperän pilaantumista mahdollisesti aiheuttaneita toimialoja. Selvitystarpeessa olevat kohteet sisältävät myös useita ampumaratoja, sahoja ja kyllästämöjä.

Pirkanmaan PIMA-kohteista edelleen toiminnassa olevia on noin 40 %. Näissä käsitellään tai varastoidaan ympäristölle haitallisia aineita, joten toiminnan loppuessa tai muuttuessa maaperän tila on tarvittaessa selvitettävä. Lopuissa 12 % Pirkanmaan PIMA-kohteista ei ole kunnostustarvetta, koska ne on joko todettu pilaantumattomiksi tai jo puhdistettu. Tällaisilla alueilla voi kuitenkin olla maankäyttörajoituksia.

Pirkanmaan PIMA-kohteista 182 kpl (11 %) sijaitsee 1. luokan pohjavesialueella ja 48 kpl (3 %) 2. ja 3. luokan pohjavesialueilla. Pääosassa pohjavesialueella sijaitsevista PIMA-kohteista harjoitetaan tai on harjoitettu polttoaineen jakelu- ja liikennetoimintaa (38 %), jätteenkäsittelyä (14 %, sis. romuttamot), ampumaratatoimintaa (10 %), moottoriajoneuvojen huoltoa tai korjausta (8 %) ja metallinjalostusta (8 %) tai muuta teollista (9 %) tai muuta toimintaa (8 %). Noin 40 % pohjavesialueella sijaitsevista PIMA-kohteista on selvitystarpeessa olevia, kun arviolta 10 %:ssa ei ole kunnostustarvetta tai kunnostus on jo toteutettu. Arvioitavia tai puhdistettavia kohteita on 7 %. Noin 40 % pohjavesialueilla sijaitsevista kohteista on edelleen toimivia.

Laaja-alaista kunnostamistarvetta Pirkanmaalla voivat aiheuttaa erityisesti entiset ampumaradat, sahat ja kyllästämöt sekä kaatopaikat. Häikiön (2000) arvion mukaan ampumaradoilta poistetaan keskimäärin 4 000 (500-15 000) tonnia lähinnä lyijyllä pilaantunutta maata ja entisiltä kaatopaikoilta noin 10 000 tonnia yhdyskuntajätteen kaatopaikalle vietävää jätemaata, jota ei tarvitse käsitellä, sekä noin 2 000 (100-5 000) tonnia öljyllä pilaantunutta maa-ainesta. Sahoilta muodostuvat massamäärät ovat keskimäärin noin 2 500 (1 000-10 000) tonnia, suolakyllästämöiltä noin 5 000 (1 500-15 000) tonnia ja kreosoottikyllästämöiltä noin 3 000 (1 000-10 000) tonnia. Pilaantuneista metalliteollisuus-, romuttamo- ja korjaamo- ja maalaamo-kohteista poistettujen maa-ainesten massamäärät vaihtelevat muutamista sadoista tuhansiin tonneihin, ja nämä ovat usein sekapilaantuneita öljyllä ja metalleilla sekä mahdollisesti muilla haitta-aineilla kuten dioksiineilla ja liuottimilla.

Jos oletetaan, että noin puolet Pirkanmaan alueen selvitystarpeessa ja arvioitavista ja kunnostustarpeessa olevista PIMA-kohteista kunnostetaan massanvaihdolla, kunnostuksissa muodostuisi yllä olevien keskimääräisten massamääräarvioiden perusteella noin 500 000–600 000 tonnin suuruinen maa-ainesvirta. Arvio on kuitenkin hyvin karkea, ja todellinen massamäärä voi hyvinkin poiketa tästä huomattavasti. Lisäksi on mahdollista, että osassa vielä toimivista PIMA-kohteista maaperä on myös pilaantunutta, jolloin myös näitä alueita jouduttaisiin tulevaisuudessa kunnostamaan.

2.3 Kainuun alueellinen ympäristökeskus

Kainuun alueelta MATTI-tietojärjestelmään on rekisteröity 465 PIMA-kohdetta. Näistä noin 26 % on sellaisia, joissa pilaantumisen aiheuttama riski on arvioitava tai kohde on puhdistettava (Taulukko E9). Tärkeimmät arviointi- tai puhdistustarvetta aiheuttaneet toimialat ovat jätteenkäsittely (sis. romuttamot) (54 kohdetta) ja ampumaradat (44 kohdetta). Selvitystarpeessa olevia on noin 27 % PIMA-kohteista. Näistä valtaosa on sellaisia, joissa on harjoitettu polttoaineen jakelu- ja liikennetoimintaa.

Kainuussa toiminta jatkuu edelleen noin 35 %:ssa MATTI-tietojärjestelmään rekisteröidyistä PIMA-kohteista. Myös näistä suurimmassa osassa harjoitetaan polttoaineen jakelu- ja liikennetoimintaa tai moottoriajoneuvojen huoltoa ja korjausta. On arvioitu, että lopuissa 12 %:ssa PIMA-kohteista kunnostustarvetta ei ole tai ne on jo kunnostettu.

Kainuun PIMA-kohteista 71 kpl (15 %) sijaitsee 1. luokan pohjavesialueella ja 11 kpl (2 %) 2. ja 3. luokan pohjavesialueilla. Pääosassa pohjavesialueella sijaitsevista kohteista harjoitetaan tai on harjoitettu polttoaineen jakelu- ja liikennetoimintaa (27 %), ampumaratatoimintaa (20 %), moottoriajoneuvojen huoltoa tai korjausta (18 %), jätteenkäsittelyä (17 %, sis. romuttamot) tai muuta toimintaa (12 %). Noin 20 % pohjavesialueella sijaitsevista PIMA-kohteista on selvitystarpeessa olevia ja arviolta noin 9 %:ssa ei ole kunnostustarvetta tai kunnostus on jo toteutettu. Arvioitavia tai puhdistettavia pohjavesialueilla sijaitsevia PIMA-kohteita on vastaavasti 29 %. Noin 24 % kohteesta on edelleen toimivia.

Jos arvioidaan Pirkanmaan alueen esimerkin mukaisesti, että noin puolet selvitystarpeessa olevista ja arvioitavista kohteista kunnostetaan tulevaisuudessa massanvaihdon avulla, syntyisi Häikiön (2000) esittämiä keskimääräisiä lukuja käyttäen kaivettavia maa-aineksia noin 180 000 tonnia. Arvio on kuitenkin tiedonpuutteiden vuoksi hyvin karkea. Esimerkiksi ampumaradoilla ampumalaji vaikuttaa huomattavasti pilaantuneen alueen laajuuteen. Haulikkoradat ovat tyypillisesti kivääriratoja huomattavasti laajempia ja hankalammin kunnostettavia.

Taulukko E9. Kainuun pilaantuneiden tai mahdollisesti pilaantuneiden maa-alueiden toimialat ja pilaantumisarvioiden tila (% kohteista).

Toimialat lajeittain	Toimiva kohde	Selvitystarve	Arvioitava tai kunnostettava	Ei puhdistustarvetta
Polttoaineen jakelu ja liikennetoiminta	71 (15 %)	85 (18 %)	9 (2 %)	29 (6 %)
Jätteenkäsittely (sis. romuttamot)	8 (2 %)	10 (2 %)	54 (12 %)	10 (2 %)
Moottoriajoneuvojen huolto ja korjaus	40 (9 %)	17 (4 %)	6 (1 %)	3 (1 %)
Ampumaradat	0 (0 %)	0 (0 %)	44 (9 %)	0 (0 %)
Metalliteollisuus	1 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Sahat ja kyllästämöt	4 (1 %)	5 (1 %)	3 (1 %)	7 (2 %)
Taimi- ja kauppuutarhat	2 (0 %)	1 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Muu teollisuus	18 (4 %)	3 (1 %)	2 (0 %)	0 (0 %)
Muu toiminta	17 (4 %)	4 (1 %)	5 (1 %)	7 (2 %)
Yhteensä	161 (35 %)	125 (27 %)	123 (26 %)	56 (12 %)

3 Yhteenveto

Tähän selvitykseen kerättiin tietoja pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksista kolmelta alueelta vuosina 2004-2006. Alueet olivat Helsingin kaupunki ja Pirkanmaan sekä Kainuun alueellisten ympäristökeskusten toimialueet. Alueet valittiin selvityskohteiksi niiden erilaisuuden vuoksi, minkä toivottiin tuovan selvitykseen erilaisia ulottuvuuksia. Helsinki edustaa voimakkaan kasvu- ja rakennuspaineen alla olevaa, edelleen kehittyvää aluetta. Pirkanmaan alueella on toisaalta sekä voimakkaan kasvun tiivistymiä että harvaan asuttua maaseutua. Kainuu puolestaan on pinta-alaltaan laaja, mutta asukasmäärältään pieni ja pääsääntöisesti haja-asutusalue. Alueiden erilaisuudesta johtuen etenkin pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä ja koko sekä syntyvien pilaantuneiden maa-ainesten ja käsittelypaikkojen määrä poikkesivat toisistaan. Ekotehokkuusmittarien arvojen perusteella ei kuitenkaan voitu erottaa millään alueella selkeää suuntausta ekotehokkuuden kehittämisessä parempaan tai huonompaan suuntaan.

Helsingin kaupunki on kohdealueista pinta-alaltaan pienin, mutta sen alueelta kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten määrät olivat suurimmat. Pinta-alaan suhteutettuna Helsingin alueelta kaivetut pilaantuneiden maa-ainesten massamäärät (1000-3300 t/km²/a) olivat Pirkanmaan ja Kainuun alueisiin (0,2-18 t/km²/a) verrattuna jopa noin 1000-kertaa suurempia. Sen sijaan asukasmäärään suhteutettuna kaikki tarkastellut alueet olivat melko samankaltaisia. Pilaantuneen maa-aineksen määrä asukasta kohden oli noin 0,5 t/a, vaikkakin eri alueiden ja vuosien välillä oli huomattavaa vaihtelua. Pirkanmaalla asukasta kohden suhteutettut kunnostusmäärät olivat pienimmät. Pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttöä on esitetty yhtenä keinona vähentää neitseellisten raaka-ainesten eli maa- ja kiviainesten kulutusta. Koska neitseellisiä raaka-aineita käytetään kuitenkin huomattavia määriä (noin 90 milj. t/a) suhteessa syntyviin pilaantuneisiin maa-aineksiin, hyötykäytön merkitys jää kulutuksen kannalta varsin vähäiseksi. Tämän selvityksen mukaan suurin massavirta eli 608 000 tonnia muodostui Helsingissä vuonna 2005, mikä vastaa 0,7 % saman vuoden maa-ainesten otosta.

Helsingin alueella pääosa pilaantumisesta on aiheutunut erilaisista teollisista toiminnosta, maantäytöstä, kaatopaikoista ja taustakuormituksesta. Pirkanmaalla ja Kainuussa puolestaan öljytuotteiden varastointi, jakelu ja liikennetoiminta olivat tärkeimmät pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustarpeen aiheuttaneet toiminnot. Helsingissä pilaantuminen johtui pääosin samanaikaisista erilaisista haitta-aineista (ns. sekapilaantuminen), kun taas Pirkanmaalla ja Kainuussa öljyhiilivedyt olivat tärkein pilaantumisen aiheuttaja (vaikkakin näillä alueilla oli myös sekapilaantumista).

Massanvaihto oli tärkein kunnostusmenetelmä kaikilla kolmella alueella. Lisäksi oli käytetty pohjaveden käsittelyä, huokosilmäkäsittelyä, biologista käsittelyä, pesua, peittoa ja eristämistä.

Kaivettujen maa-ainesten massamäärät vaihtelivat jokaisella alueella tarkastelujakson aikana, eikä selvää trendiä ollut havaittavissa. Helsingissä ja Pirkanmaalla vuosi 2005 oli aktiivisimman kunnostuksen aikaa, kun taas Kainuussa maa-aineksiä kaivettiin eniten vuonna 2004.

Myös kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelivat kaikilla alueilla. Pisimmät yksittäiset kuljetusmatkat olivat 200-300 km, kun keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelivat välillä 8 ja 170 km. Pisimmät kuljetusmatkat olivat Helsingissä ja Pirkanmaalla. Näillä alueilla loppusijoituspaikat on sijoitettu suhteellisen kauas asutus- ja rakennustoiminnoista, joten kuljetusmatka ovat suhteellisen pitkiä. Kainuussa puolestaan loppusijoituspaikkoja (kaatopaikat) on varsin lähellä kaupunkien ja asutuskeskusten keskustoja, jolloin keskimääräiset kuljetusmatkat ovat lyhyitä.

Maa-ainesten kaivun ja kuljetusten aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä arvioitiin karkealla tasolla LIPASTO-päästötietokannan keskimääräisten päästöarvioiden ja PIRTU-laskentaohjelman avulla. Helsingin alueella syntyneiden pilaantuneiden maa-ainesten kuljetusten päästöjen arvioitiin vaihdelleen v. 2004-2006 välillä 1200 ja 1700 t CO₂/a, Pirkanmaalla välillä 110 ja 620 t CO₂/a ja Kainuussa välillä 20 ja 150 t CO₂/a. Yhteenlaskettuna nämä ovat noin promillen luokkaa Suomen kaikista liikenteen CO₂-päästöistä.

Tulevia kunnostustarpeita tarkastelluilla alueilla voidaan arvioida lähinnä tehtyjen selvitysten ja maaperän tilan tietojärjestelmän (MATTI) avulla. Helsingissä vuonna 2003 kaivettavaksi tulevien maa-ainesten kokonaismääräksi arvioitiin yli 3,2 milj. tonnia. Vuosina 2004-2006 tehtyjen kunnostusten jälkeen tästä jäljellä on n. 2 miljoonaa tonnia. MATTI-tietojärjestelmään koottujen tietojen perusteella voidaan Pirkanmaan alueen tulevien kaivettavien maa-ainesten määrän arvioida olevan noin 500 000-600 000 tonnia. Kainuussa vastaavaksi massamääräksi arvioitiin noin 180 000 tonnia. Esitetyt arviot ovat hyvin karkeita, ja todelliset massamäärät voivat poiketa niistä huomattavastikin johtuen mm. vielä toiminnassa olevien MATTI-järjestelmässä olevien PIMA-kohteiden mahdollisista tulevista kunnostustarpeista. Tulevan kunnostustarpeen sekä kohde- ja maa-ainesmäärien arviointi on epävarmaa, sillä kattavia kartoituksia maaperän tilasta, haitta-aineiden pitoisuuksista ja pilaantumisen levinneisyydestä ei ole tehty.

Kirjallisuus

- Dahlbo, H. 2001. Jätteen luokittelu ongelmajätteeksi –arvioinnin perusteet ja menetelmät. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas 98. 160 s. ISBN 952-11-1207-7.
- Häikiö, M. (Toim.) 2000. Pilaantuneiden maa-ainesten käsittelylaitosten tarveselvitys. Etelä-Savo, Keski-Suomi, Pohjois-Karjala ja Pohjois-Savo. Pohjois-Savon ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 176. Kuopio, 63 s. ISBN 952-11-0757-X.
- Leminen, K. ja Pyrylä, R. 2001. Teollisuuden muisto - Helsingin maaperän saastuminen ja kunnostus. Teoksessa: Laakkonen, S., Laurila, S., Kansanen, P. & Schulman H. (toim.), Näkökulmia Helsingin ympäristöhistoriaan, Kaupunki ja sen ympäristö 1800- ja 1900-luvulla. Edita, Helsingin kaupungin tietokeskus, s. 76-89. ISBN 951-37-3457-9. Saatavilla http://www.muodossa: http://blogit.helsinki.fi/envirohist/helsinki/nakokulmia_kirja.htm [Viitattu 3.12.2007].
- MATTI, maaperän tilan tietojärjestelmä. Versio 26.11.2007.
- Nerg, N. 2008. Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisen ekotehokkuuden mittaaminen aluetasolla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 79 s. ISBN 978-952-11-3256-8 (pdf).
- Puolanne, J., Pyy, O., Jeltsch, U. (toim.) 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristönsuojeluosasto, muistio 5 1994. 218 s. ISBN 951-47-4823-9.
- Ranta, E.-L. Ympäristötarkastaja. 2007a Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Sähköposti 04.12.2007.
- Ranta, E.-L. 2007b. Ympäristötarkastaja. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Sähköposti 23.11.2007.
- Ranta, E.-L. 2007c. Ympäristötarkastaja. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Sähköposti 13.02.2007.
- Ranta, E.-L. 2007d. Ympäristötarkastaja. Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Sähköposti 07.03.2007.
- SCC Viatek Oy. 2003. Helsingin pilaantuneiden maiden määrä, laatu ja kunnostustarve. Helsingin kaupunki, Likaantuneet maat työryhmä. 14.11.2003.
- Vänskä, M. 2007. Pirkanmaan pilaantuneiden maa-ainesten ja purkujätteiden materiaalivirrat vuosina 2004-2006. Hämeenlinna, Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu. Projektityö, Pilaantuneiden maiden ammatilliset erikoisopinnot. 12 s.
- YS. 2000. Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupa nro YS 209. Myönnetty 23.3.2000.
- YS. 2004. Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupa nro YS 711. Myönnetty 22.6.2004.
- YS. 2007a. Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupa nro YS 27. Myönnetty 9.1.2007.
- YS. 2007b. Uudenmaan ympäristökeskuksen ympäristölupa nro YS 285. Myönnetty 28.2.2007.

KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE)			<i>Julkaisu-aika</i> Syyskuu 2009
<i>Tekijä(t)</i>	Jaana Sorvari, Riina Antikainen, Marja-Leena Kosola, Satu Jaakkonen, Nea Nerg, Matti Vänskä ja Outi Pyy			
<i>Julkaisun nimi</i>	Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Suomen ympäristö 33/2009			
<i>Julkaisun teema</i>	Ympäristönsuojelu			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetissä: www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tässä raportissa esitetään "Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus" projektin toisen vaiheen (PIRRE2) tulokset. Projekti oli jatkoa työlle (PIRRE1), jossa kehitettiin internet-pohjainen tukijärjestelmä (www.ymparisto.fi/syke/pirre/). Tukijärjestelmä sisältää tietoa, ohjeita ja suosituksia koskien riskien, kustannusten ja ympäristövaikutusten arviointia, riskiviestintää ja kommunikointia sekä laskentatyökalun, jonka avulla voidaan kohdekohtaisesti vertailla eri riskinhallintavaihtoehtojen ekotehokkuutta. PIRRE2-projektissa ekotehokkuustarkastelu laajennettiin alueelliselle tasolle. Tätä varten tehtiin kirjallisuusselvitys, jonka pohjalta kehitettiin alueellisen ekotehokkuuden määrittämiseen soveltuvat mittarit. Työn tuloksena päädyttiin seuraaviin mittareihin: alueen kokonaispinta-ala, keskiväkiluku, väestötiheys, kunnostettujen kohteiden lukumäärä, käytetyt puhdistusmenetelmät, kunnostus paikalla, poiskuljetetun pilaantuneen maa-aineksen kokonaismäärä, poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineet ja niiden pitoisuudet, pilaantuneisuuden toimialat, neitseellisen puhtaan täyttömaa-aineksen tarve, kuljetusmatka, ilmastonmuutos, vedenkulutus ja "ekotehokkuusmittari". Mittareita testattiin kolmella esimerkkialueella eli Helsingin kaupungin sekä Pirkanmaan ja Kainuun ympäristökeskusten toimialueilla. Testaus tehtiin kokoamalla mittarien arvojen määrittelyyn tarvittavat tiedot vuosilta 2004, 2005 ja 2006. Alueiden erilaisuus näkyi eroina etenkin pilaantuneiden maa-alueiden ja käsittelypaikkojen lukumäärässä sekä kunnostettavien kohteiden pinta-alassa ja muodostuvissa pilaantuneiden maa-ainesten määrissä. Tulosten perusteella ekotehokkuuden toteutumisessa ei millään alueella kuitenkaan ollut havaittavissa selkeitä eroja tarkasteluvuosien välillä. Myös kustannuksia ja riskejä kuvaavien mittarien lisääminen todettiin tärkeäksi jatkokehitystarpeeksi. Tiedonpuute esti näiden tekijöiden huomioon ottamisen tässä työssä. Etenkin kustannusten osalta ekotehokkuuden mittaaminen edellyttää systemaattista tietojen kokoamista ja seuranta-alueellisella tasolla. Ekotehokkuuden toteutumiseen pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnassa tulevaisuudessa vaikuttavat useat tekijät. Näistä tärkeimpiä ovat lainsäädäntö ja ohjeet, markkinatilanne, väestön liikkuminen sekä kunnostus-, arviointi- ja suunnittelumenetelmien ja -käytäntöjen kehittyminen. Nämä tekijät vaikuttavat osaltaan myös siihen, minkälaisia alueita (sijainti, koko, haitta-aineet) tulevaisuudessa tullaan kunnostamaan ja minkälaisilla menetelmillä ja mihin kaivetut tai käsitellyt pilaantuneet maa-ainekset ohjautuvat. Tehdyn arvion perusteella tekeillä olevat muutokset ohjauskeinoissa, ympäristöpolitiikkaan kirjatut tavoitteet ja menetelmien kehitystyö ja käyttöönotto tulisivat toteutuessaan kukin osaltaan ohjaamaan pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaa ekotehokkaampaan suuntaan.</p>			
<i>Asiasanat</i>	maaperä, pilaantuminen, maaperän saastuminen, saastuneet alueet, kunnostus, riskinarviointi, riskienhallinta, ekotehokkuus, mittarit, ympäristöpolitiikka, ohjauskeinot, kustannukset, taloudelliset vaikutukset			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>				
	ISBN 978-952-11-3551-4 (nid.)	ISBN 978-952-11-3552-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoi.)
	<i>Sivuja</i> 93	<i>Kieli</i> Suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> julkinen	<i>Hinta (sis.alv 8 %)</i> 12,50 €
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	Edita Publishing Oy, PL 780, 00043 EDITA Asiakaspalvelu: puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi www.edita.fi/publishing			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE) PL 140, 00251 HELSINKI Puh. 020 610 123 Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.ymparisto.fi/syke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2009			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)			Datum September 2009
Författare	Jaana Sorvari, Riina Antikainen, Marja-Leena Kosola, Satu Jaakkonen, Nea Nerg, Matti Vänskä och Outi Pyy			
Publikationens titel	Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus (Ekoeffektivitet i samband med riskkontroll av förorenad mark)			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 33/2009			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig också på Internet www.ymparisto.fi/julkaisut (på finska).			
Sammandrag	<p>Resultaten av PIRRE 2-projektet presenteras i denna rapport. Utredningen är en fortsättning på PIRRE 1- projektet i vilket man utvecklade ett internetbaserat stödsystem (tillgänglig på adressen www.ymparisto.fi/syke/pirre). Stödsystemet innehåller information, instruktioner och rekommendationer rörande riskbedömning, kostnadsuträkning, bedömning av miljöpåverkan och riskkommunikation. Inkluderat är också PIRTU- kalkylatorn med vars hjälp man kan jämföra ekoeffektivitet hos olika riskkontrollstilltag. I PIRRE 2-projektet utvidgades ekoeffektivitetsbedömningarna till lokal nivå. För ändamålet gjordes en litteraturgranskning med vars hjälp man kunde identifiera och utveckla användbara mätare för att bedöma ekoeffektivitet på lokalnivå. Arbetet resulterade i att man valde ut 14 olika mätare som beskrev de granskade områdenas allmänna egenskaper, hur många förorenade markområden som årligen efterbehandlades och deras egenskaper samt utsläpp, material- och energikonsumtion. Mätarna testades på material från tre områden i Helsingfors, Birkaland och Kajana åren 2004, 2005 och 2006. Skillnader kom tydligen fram när det gällde antalet förorenade områden och efterbehandlingsställen samt efterbehandlade objekts areal och den mängd förorenad mark som bildades. På basen av resultaten kunde man inte under iakttagelseperioden se några tydliga förändringar i ekoeffektiviteten på något av de betraktade områdena. När det gäller ekoeffektivitetsmätarna kom man till den slutsatsen att de mätare som beskrev kostnader och risker bör utvecklas vidare. På grund av att informationsbrist kunde man inte beakta dessa multiplikatorer i detta projekt. Speciellt när det gäller bedömning av ekoeffektivitet av kostnader förutsätts en systematisk insamling av data och uppföljning på lokal nivå.</p> <p>Ekoeffektivitetens förverkligande, i samband med riskkontroll av förorenad mark, är avhängig av flere faktorer. Av dessa är de viktigaste hur lagstiftningen och instruktionerna, marknadssituationen, befolkningsrörelsen samt efterbehandlings-, bedömnings- och planeringsmetoderna och -rutinerna utvecklas. Dessa faktorer kommer även att inverka på det hurdana områden (placering, storlek, föroreningar) man i framtiden kommer att efterbehandla, hur man behärskar riskerna (metoder) och vart de grävda eller behandlade förorenade jordmassorna kommer att placeras. Enligt den gjorda bedömningen kommer planerade förändringar i styrmedel, mål i miljöstrategier och metodutveckling, i fall de tas i bruk, att styra riskkontroll av förorenade markområden i en mer ekoeffektiv riktning.</p>			
Nyckelord	jord, förorening, markförorening, förorenade områden, efterbehandling, riskbedömning, riskhantering, mätare, miljöpolitik, styrmedel, kostnader, ekonomiska konsekvenser			
Finansiär/ uppdragsgivare				
	ISBN 978-952-11-3551-4 (hft.)	ISBN 978-952-11-3552-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 93	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %) 12,50 €
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 780, 00043 EDITA Kundtjänst: tfn. +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Epost: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi www.edita.fi/publishing			
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE) PB 140, 00251 Helsingfors Tfn. +358 20 610 123 Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.miljo.fi/syke			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2009			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Finnish Environment Institute (SYKE)			<i>Date</i> September 2009
<i>Author(s)</i>	Jaana Sorvari, Riina Antikainen, Marja-Leena Kosola, Satu Jaakkonen, Nea Nerg, Matti Vänskä and Outi Pyy			
<i>Title of publication</i>	Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus (Eco-efficiency in the risk management of contaminated land)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 33/2009			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available on the internet: www.ymparisto.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>This report presents the results of the second phase of the project "Eco-efficient risk management of contaminated soil and groundwater" (PIRRE2). The project is a follow-up of the PIRRE1-project where an internet based decision support system (DSS) was developed (available at www.ymparisto.fi/syke/pirre). The DSS includes data, guidance and recommendations on risk assessment, cost evaluation, the assessment of environmental impacts and risk communication. It also includes a calculation tool known as PIRTU which can be used site-specifically to compare the eco-efficiency of different risk management options. In the PIRRE2-project the eco-efficiency concept was broadened to cover a regional scale. Therefore, a literature review was conducted in order to identify and further develop indicators that are suitable for measuring regional eco-efficiency. As a result of this review, 14 indicators are proposed which depict the characteristics of the region, the number and properties of contaminated sites remediated annually including their emissions, energy consumption and the consumption of raw materials associated with remediation activities. The use of the indicators was demonstrated in three separate regions, i.e. The City of Helsinki and the areas corresponding to the territorial jurisdiction of the Pirkanmaa regional environment centre and the Kainuu regional environment centre, using data collated from the years 2004, 2005 and 2006. The different characteristics of these regions were particularly evident as differences in the number of contaminated sites and treatment facilities for excavated contaminated soil as well as the differing characteristics of contamination (area of the sites, volume of contaminated soil). The results did not show clear changes or tendency in the regional eco-efficiency over time. Concerning the indicators of eco-efficiency, developing indicators that evince costs and risks was identified as an important development need. Such indicators could not be adopted in this project owing to a lack of regional data. Particularly in the case of costs, the measurement of eco-efficiency requires systematic data collection and monitoring of costs on a regional scale.</p> <p>There are several factors that contribute to the realization of regional eco-efficiency in the risk management of contaminated sites in the future. The most important of these include legislation and guidance; the economic situation; population migration; and the development of methods and practices to assess and manage the risks, costs and other factors involved in decision-making. These factors also partly determine what kind of sites (location, size and contaminants) will be remediated in the future, how the risks are managed (methods) and where and how the excavated soils are reused, treated or disposed of. It was estimated that the pending changes in policy instruments, the goals set in environmental strategies and the development and implementation of remediation and assessment methods would enhance the realization of more eco-efficient risk management in the future.</p>			
<i>Keywords</i>	soil, contamination, soil contamination, contaminated areas, restoration, risk assessment, risk management, indicators, environmental policy, policy measures, costs, economic impacts			
<i>Financier/ commissioner</i>				
	ISBN 978-952-11-3551-4 (pbk.)	ISBN 978-952-11-3552-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 93	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 12,50 €
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, P.O.Box 780, FI-00043 Edita, Finland Customer service: tel. +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Mail orders: asiakaspalvelu.publishing@edita.fi www.edita.fi/publishing			
<i>Financier of publication</i>	Finnish Environment Institute (SYKE) P.O.Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Tel. +358 20 610 123, fax +358 20 490 2190 Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi , www.environment.fi/syke			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Ltd, Helsinki 2009			

Ekotehokkuutta voidaan pitää eräänlaisena ajatusmallina tai toimintastrategiana, jonka avulla tavoitellaan luonnonvarojen tuottavuuden lisäämistä ja hyvinvoinnin sekä elämän laadun kohottamista. Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamisessa ja riskinhallinnassa tätä toimintastrategiaa on vasta vähän hyödynnetty. Julkaisu kuvaa kattavasti ekotehokkuuden käsitettä, menetelmiä ja mittareita sekä tulevaisuusnäkyymiä pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan yhteydessä.



S Y K E

Myynti: Edita Publishing Oy
Asiakaspalvelu: PL 780, 00043 EDITA
puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380
asiakaspalvelu.publishing@edita.fi
www.edita.fi/netmarket

ISBN 978-952-11-3551-4 (nid.)

ISBN 978-952-11-3552-1 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkoj.)