

# **Rantakartanon pilaantuneet maat**

Puhdistus- ja suojausmenetelmät



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennustekniikka

Kevät, 2019

Ville Virtanen

Rakennustekniikka, Infra  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Ville Virtanen	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	Rantakartanon pilaantuneet maat	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Hannu Elväs, Mikko Ojansuu	

---

## TIIVISTELMÄ

Työn pohjimmaisena tarkoituksena oli perehtyä maaperän pilaantumiseen sekä sen kunnostamiseen tarkemmin Suomessa ja muualla maailmassa. Tarkastelua kohdennettiin Lahden Rantakartanossa olleeseen maaperän kunnostukseen sekä sen toimintamenetelmiin. Tavoitteena oli myös selvittää vaihtoehtoisia kunnostusratkaisuja Ranta-Kartanon maaperän kunnostukseen, mikä oli haastavaa johtuen kohteen laajuudesta.

Lahden Rantakartanon kohteen pilaantuneisuutta on aiheuttanut 1900-luvun alusta alkaen täyttömaiden läjitys sekä sen mukana tulleet haitta-aineet. Näihin paneuduttiin puhdistusprosessi osiossa, selvittämällä haitta-aineiden raja-arvoja sekä kunnostusmenetelmää sekä sen toiminnallista onnistumista käytännössä. Kunnostustarpeen pohjana on uuden asutusalueen tulevaisuus.

Rakennuttajan näkökulmasta työ ei itsessään ollut varsin vaativaa, ongelmia olivat kaivantojen syvyys sekä pohjaveden korkeus. Työ käsittelee myös näytteenottoa ja sen merkitystä alueella, jossa pohjaveden korkeus näyttelee suurta roolia.

Euroopan ympäristökeskuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että tietyissä teollisuus- ja jäteasioissa olemme vielä hurjasti kehittymisen tarpeessa. Ongelmat ovat ympäri Eurooppaa hyvin samankaltaisia. Täten siis tulisi kiinnittää huomiota maaperän pilaantumisen juurisyyihin enemmän kuin panostaa itse kunnostusmenetelmiin, vaikka sekin on erittäin tärkeässä roolissa.

**Avainsanat** maaperän pilaantuminen, Rantakartano, kunnostusmenetelmä

**Sivut** 29 sivua

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Ville Virtanen	<b>Year</b> 2019
<b>Subject</b>	Contaminated soil of Rantakartano	
<b>Supervisors</b>	Hannu Elväs, Mikko Ojansuu	

---

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine contaminated soil and its remediation methods in Finland and in Europe. The object of the examination was Rantakartano in Lahti and its soil remediation and the process. Another aim was to find out alternative remediation methods for the soil of Rantakartano, which was challenging because the site was large.

The contamination of Rantakartano has been caused by dumping of soil since the beginning of the 20<sup>th</sup> century and the harmful substances that have come with it. These subjects were discussed in the purification process section by finding out the limit values of the harmful substances and the remediation method and its functional success in practice. The basis for the remediation need is the future of the new settlement area.

From the developer's point of view the work itself wasn't hard, but the real problems were the depth of the excavations and height of the ground water. The thesis also deals with sample taking and its significance in an area where the height of ground water plays a big role.

Based on the research results of the European Environment Agency it can be stated that in certain industrial and waste management matters we are in a desperate need of development. Problems across Europe are very similar to each other. Therefore, we should pay more attention to the root reasons more than focus on the remediation methods even though that is also a matter of an important role.

**Keywords** soil contamination, Rantakartano, remediation method

**Pages** 29 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	PILAANTUNUT MAAPERÄ .....	2
2.1	Pohjaveden pilaantumisen määritelmä .....	2
2.2	Maaperän pilaantumisen kannalta yleisimmät aineet .....	2
2.2.1	Öljyhiilivedyt .....	2
2.2.2	Metallit ja puolimetallit .....	3
2.2.3	Öljyhiilivedyt, monipilaantunut .....	3
2.2.4	Öljyhiilivedyt ja raskasmetallit.....	3
2.2.5	Kloorifenolit .....	3
2.2.6	Torjunta-aineet.....	3
2.3	Maaperän tutkimusvaihe .....	4
2.3.1	Esiselvitys.....	4
2.3.2	Näytteenotto .....	4
2.3.3	Analyysit .....	5
2.3.4	Kemialliset kenttämittaukset .....	5
3	LAINSÄÄDÄNTÖ .....	6
3.1	Viranomaiselle ilmoittaminen maaperän pilaantumisesta .....	7
3.2	Ympäristönsuojelulaki .....	7
3.3	Jätelaki.....	8
3.4	PIMA-asetus .....	9
4	MAAPERÄN PILAANTUMISEN HISTORIAA JA TOIMINTAMENETELMIÄ.....	9
4.1	Maaperän pilaantuneisuus Euroopassa .....	10
4.2	Maaperän pilaantuneisuus Suomessa .....	12
5	PILAANTUNEIDEN MAIDEN KUNNOSTUSMENETELMÄT .....	15
5.1	Maaperän pilaantumista aiheuttava toiminta .....	15
5.2	Suomessa yleisimmät kunnostusmenetelmät .....	15
5.2.1	Stabilointi.....	16
5.2.2	Huokosilmatekniikka .....	17
5.2.3	Biologiset menetelmät .....	18
5.2.4	Eristäminen.....	19
5.2.5	Terminen käsittely .....	20
5.2.6	Märkäerotusmenetelmä.....	21
5.2.7	Poiskaivaminen, kuljetus ja välivarastointi.....	21
5.3	Kunnostusmenetelmän valinta .....	22
6	PILAANTUNEEN MAAPERÄN PUHDISTUSPROSESSI (RANTA-KARTANO).....	24
6.1	Rantakartanon PIMA-kohde.....	24
6.2	Jalkarannantie (Nykyinen Kartanonkatu).....	25
6.2.1	Näytteenotto .....	25
6.2.2	Läjitysalueen pilanneet haitta-aineet.....	26

6.2.3	Haitta-ainetutkimukset.....	26
6.2.4	Tavoitteet kunnostukselle .....	27
6.2.5	Valittu kunnostusmenetelmä .....	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISIDEAT .....	28
	LÄHTEET .....	30

## 1 JOHDANTO

Lahdessa Rantakartanon alueella, jossa pilaantuneita maita poistettiin, on historiallisestikin merkittävä kohde, sillä kaivuualueiden ympärillä oli Lahden kaupungin museolle merkittävää ja tutkittavaa maaperää.

Rantakartanon alueelle on läjitetty 1900-luvun alusta noin vuosisadan puoleenväliin saakka täyttömaita, jotka ovat pitäneet sisällään haitallisia aineita sekä jätteitä. Maaperä on pääasiassa pilaantunut raskasmetalleilla ja polyaromaattisilla hiilivedyillä, joita kutsutaan PAH-yhdisteiksi. Pilaantunutta maata on vanhan linja-autoaseman läheisyydessä n. 17 000 kuutiometriä. Ennen maiden poistotyötä alueella on lähinnä ollut parkkialue, mutta tulevaisuudessa alueelle on kaavoitettu asuin-, liike- ja toimistorakennuksia. Puhdistustyöt alkoivat keväällä 2017 ja kestivät noin kolme kuukautta. (Hämeen ELY-keskus, 2017)

Lahden Rantakartanon läheisyydessä on ollut myös muutamia huoltoasemia, mutta niiden osalta työmaalla ei vaadittu toimenpiteitä. Puhdistuksessa pilaantunutta maata pohjavesialueella on erityisen tärkeää noudattaa mahdollisimman tarkasti ohjeita, jotta työsuorite voitaisiin tehdä siten, että kaivetaan, lastataan ja kuljetetaan maa-aines pois niin, ettei työstä aiheudu haittaa ympäristölle.

Pilaantuneen maa-aineksen poisto on pitkä ja suunnitelmatarokka prosessi, ennen kaivuutöiden aloittamista on selvitettävä haitta-aineet, joita maaperässä on, jonka jälkeen voidaan alkaa kartoittamaan pilaantuneen maaperän laajuutta ja ryhtyä korjaustoimenpiteisiin.

Pilaantuneet maat ovat ajankohtainen aihe, sillä tämänhetkinen kaupunkirakentaminen on jatkuvassa kasvussa, ja maa-aineksen pilaantuneisuuteen ja sen puhdistamiseen tulee jatkossa entistä enemmän käyttää resursseja sekä muita voimavaroja. Opinnäytetyössä käsiteltävät asiat ovat minulle tärkeitä, koska niin luonto, kuin kaupunkialueiden puhtaus ovat erittäin tärkeää tuleville sukupolville.

## 2 PILAANTUNUT MAAPERÄ

Pilaantuneella maaperällä tarkoitetaan sitä, että jollain tavalla ihmisen teoista aiheutuneena maa-aines on pilaantunut ja näin ollen haitta-aineiden vaikutusten takia laadultaan huonontunut. Pilaantunut maaperä olemassaolollaan voi vaarantaa tai olla haitaksi terveydelle, ympäristölle tai aiheuttaa haittaa viihtyvyydelle, yksityisyydelle tai yleiselle edulle. (Ympäristöministeriö, 2017)

Suomessa on havaittu maaperän pilaantumista jo aikaisimmillaan 1800-luvulla. Näinkin aikaisessa vaiheessa huolenaiheena ei varsinaisesti ollut ympäristöasiat vaan eloperäiset jätteet sekä niistä aiheutuvat taudit, bakteerit sekä loiset. Täten haluttiin estää pilaantuneesta maaperästä johtuvia tauteja sekä niiden leviämistä. (Pyy, Haavisto, Niskala & Silvola, 2013, s. 5)

Vasta 1980-luvulla alettiin kiinnittämään huomioita pilaantuneeseen maaperään, josta seurasi pitkä lakipykälän muovaaminen sellaisiksi, että valtio sekä yritykset veloitettiin huolehtimaan alueista, joka heidän toiminnallaan tai heidän vastuullaan oli tarpeellista kunnostaa. Tämä esitetään tarkemmin kolmannessa luvussa. (Pyy, 2013, s. 5)

### 2.1 Pohjaveden pilaantumisen määritelmä

Pilaantuneella pohjavedellä tarkoitetaan sellaista muutosta pohjaveden laadussa, joka voi vaarantaa tai haitata terveyttä tai ympäristöä, tai muuten vahingoittaa yksityisyyttä tai yleistä etua. Pilaantumisella voidaan myös tarkoittaa sellaista laadun heikkenemistä sellaisella alueella, jossa pohjavesi on tarkoitettu vedenhankintakäyttöön. Veden pilaantuminen sellaiseksi, jossa sitä kyseiseen käyttöön ei voida enää hyödyntää, on silloin pilaantunutta. (Ympäristöministeriö, 2017)

### 2.2 Maaperän pilaantumisen kannalta yleisimmät aineet

#### 2.2.1 Öljyhiilivedyt

Öljyhiilivedyistä löytyy kirjallisuudesta tietoa huomattavan vähän sekä ohjearvoja öljyhiilivedyn pitoisuuksille on suoranaisesti vaikea määrittää. Terveydelle haitalliset karsinogeenit eivät välttämättä edusta eliöstön suhteen haitallisimpia yhdisteitä kuten bentseeni ja PAH-yhdisteet. MTBE, jota öljyhiilivety sisältää, on bensiinissä käytettävää lisäainetta, joka nostattaa

bensiinin oktaanilukua. Tämä on riskinä pohjavesialueilla suuren vesiliukoisuutensa vuoksi. (Reinikainen, 2007, s. 26-31)

#### 2.2.2 Metallit ja puolimetallit

Metallien ekologisia viitearvoja määritetään tilastoilla ja arviointikertomilla, pohjautuen maaperässä jo valmiiksi oleviin pitoisuuksiin ja niiden ylityksiin. Koska maaperästä ja sen metalleista on suuria määriä dataa, voidaan näitä ohjearvoja pitää suhteellisen luotettavina. Metallit voivat esiintyä maaperässä eri yhdisteinä, mikä tarkoittaa, että saman metallin eri yhdiste voi olla hyvinkin vesiliukoista ja toinen yhdiste liukenematonta. (Reinikainen, 2007, s. 26-31)

#### 2.2.3 Öljyhiilivedyt, monipilaantunut

Monipilaantuneisuudella tässä yhteydessä tarkoitetaan sitä, että maaperään on päässyt erilaisia haitta-aineita öljyhiilivedyn lisäksi. Tämä hankalottaa in-situ -menetelmien käyttöä puhdistusprosessina.

#### 2.2.4 Öljyhiilivedyt ja raskasmetallit

Tämän kaltaisia kohteita voi olla esimerkiksi teollisuusalueet, joissa harjoitettava toiminta on sellaista, että riski erilaisten haitta-aineiden maaperään pääsyyn on laaja.

#### 2.2.5 Kloorifenolit

Kloorifenoleita käytetään pieneliöiden tappamiseen, mutta hyödynnetään myös liimassa, maaleissa, nahka- ja rakennustuotteissa. Tämän ohjearvoja mitataan maaperätestien tuloksista. (Reinikainen, 2007, s. 26-31)

#### 2.2.6 Torjunta-aineet

Maataloudessa käytettävien torjunta-aineiden käyttämisestä on pyritty rajaamaan ja täten on määrätty rajoituslausekkeita. Torjunta-aineiden hajoamisajalla määritellään parhaaksi tunnetut torjunta-aineet ja niiden sallittu käyttö, jotta vähennettäisiin maaperään pääsevien haitallisten yhdisteiden määrää. (Mattsoff, 2005, s. 5)



## 2.3 Maaperän tutkimusvaihe

- Esiselvitys
- Näytteenotto
- Analyysit
- Kemialliset kenttämittaukset

### 2.3.1 Esiselvitys

Ennen siirtymistä maastotutkimuksiin, on tutkittavasta kohteesta hankittava mahdollisimman laajat taustatiedot. Tarpeellisia tietoja ovat esimerkiksi alueen historia, maaperän laadulliset ominaisuudet sekä alueen sijainti. Pohjaveteen liittyvät tiedot on myös hyvä selvittää, sekä erityistä tarkkuutta noudattaa, jos kohde sijaitsee pohjavesialueella. Esiselvityksen pohjana voidaan käyttää kohteeseen liittyviä valvonta- ja lupa-asiakirjoja, karttoja sekä ilmakuvia, myös mahdollisten, jo aikaisemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia voidaan hyödyntää tässä vaiheessa. Myös haastatteleamalla alueen välittömässä läheisyydessä olleita henkilöitä, voidaan saada tietoa pilaantuneisuuden mahdollisesta aiheuttajasta. Esiselvityksen tarkoituksena ja lopputuloksena on, että saadaan suuntaa antava kuva maaperän pilaantuneisuuden haitta-aineiden määrästä ja laadusta. Tietoa saadaan myös pilaantuneisuuden pahimmista kohdista, sijainnista sekä reiteistä, joista haitta-aineet ovat mahdollisesti päässeet kulkeutumaan maaperään. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

Mikäli esiselvityksen perusteella voidaan havaita maaperän pilaantuneisuutta, on kohteesta saatava analyysi haitta-aineista maaperässä, huokoskaasussa sekä mahdollisesti pohjavedessä. Tutkimuksia suorittaa yleensä puolueeton konsulttitoimija, alueen omistajan, toiminnan harjoittajan tai viranomaisen toimeksiannosta. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

### 2.3.2 Näytteenotto

Näytteenotto alkaa näytepisteiden määrittelystä. Näytepisteiden sijainneille on olemassa valmiita malleja, mutta näitä ei kumminkaan aina pystytä hyödyntämään, vaan näytepisteiden sijaintia on mukautettava kohteen mukaan. Tässä auttaa esiselvitys, sillä sen perusteella voidaan jo kohtuullisen varmasti sanoa, missä mahdollisia haitta-aineita on eniten. On silti selvää, että näytepisteiden ottoa ja kohdennusta joudutaan tekemään tutkimusten edetessä. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

Näytteenoton tärkeys korostuu, sillä tämä on se vaihe, jossa suurimmat virhearviot yleensä tapahtuvat. Tähän vaikuttavat näytteenottopisteet, näyteastioiden likaantuminen tai kemiallinen hajoaminen, johon vaikutta-

vat lämpö, valo ja mikrobit. On erityisen tärkeää ottaa yhteyttä laboratorioon, johon näytteet viedään, jotta oikeanlaiset näyteasiat ja suojaus ovat valmiina saapuville näytteille. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

### 2.3.3 Analyysit

Maaperässä olevista aineista halutaan tietoa laadullisesti ja määrällisesti. Vaikka pitoisuudet eivät aina olekaan huomionarvoisimmat seikat, tehdään silti niiden perusteella hyvinkin mittavia päätöksiä taloudellisesti sekä pitkälle ajanjaksolle. Tästä syystä analyysien tulosten laatu on erittäin suuressa roolissa. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

Esiselvitykset auttavat tässäkin tilanteessa siten, että niiden perusteella voidaan jo olettaa minkä tyyppisiä aineita voidaan etsiä. Maanäytteistä erotellaan orgaaniset aineet liuottimilla, haihtuvat orgaaniset aineet haihduttamalla sekä metallit vahvan hapon avulla. Monesti näytteet sisältävät paljon ylimääräisiä aineksia, jotka saattavat haitata analyysin tekoa, täten ne tulee vielä puhdistaa. (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

### 2.3.4 Kemialliset kenttämittaukset

Kenttämittauksia suoritetaan laboratoriotutkimusten yhteydessä. Erilaisen kenttätestien ja -mittareiden avulla voidaan kohteessa tehdä mittauksia haitta-aineista. Näissä menetelmissä on etunsa, sillä ne ovat huomattavasti halvempia sekä tulokset saadaan paljon nopeammin. Eroavaisuuksia laboratoriotutkimuksiin nähden on se, että näiden kokeiden laatu ja luonne ovat eri kuin laboratoriossa tehdyillä kokeilla. Nämä kokeet eivät kuitenkaan ole sen vuoksi, että voitaisiin korvata laboratorionäytteet. Kenttätutkimuksen tyypillisimmät käyttökohteet ovat seuraavat:

- alustavat tutkimukset, pilaantuneiden kohtien etsintä ja alueen rajaaminen
- näytteenoton ohjaus
- kunnostustyön aikana tehtävät mittaukset
- puhdistuksen etenemisen seuranta, tavoitteellisuuden raja-arvojen määrittäminen
- työsuojelu: mitataan ilmasta happipitoisuutta ja vaarallisia aineita (Kukkamäki, 2003, s. 683-685)

Mittarityyppi	Mitattavat aineet tai aineryhmät	Näytetyyppi	Huomautuksia
Kolorimetrinen testi	Polttonesteet, öljyt, PCB	Maa, vesi	Vanhoista polttonestevuodoista ei saada tuloksia, jos aromaattiset yhdisteet ovat haihtuneet.
Immunologinen testi	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH), PCB, kloorifenolit	Maa, vesi	Monivaiheinen, tarkkuutta vaativa.
Röntgenfluoresenssi-analysointilaitte	Raskasmetallit	Maa	Mittaa aineiden kokonaispitoisuuksia, myös mineraaleihin luonnostaan sitoutuneen osuuden.
Fotoionisaatiotekijä (PID)	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, jotka ionisoituvat laitteen lampun energialla.	Ilma, maan huokoskaasut	Ei voida mitata yksittäisiä aineita, tulos on yhdistelmä aineista, joihin mittari reagoi.
Ilmaisinputket	Lukuisat orgaaniset ja epäorgaaniset kaasut	Ilma, maan huokoskaasu	Tulokset suuntaa antavia. Työsuojelumittauksiin.
Räjähdyksenmittarit	Palavat kaasut	Ilma	Varoittaa (äänimerkillä) alemmasta räjähdysrajasta (= pienin pitoisuus, joka muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen).

Kuva 1. Kenttämittarit sekä niiden soveltuvuus haitta-aineittain (Kukkamäki, 2003)

### 3 LAINSÄÄDÄNTÖ

Pilaantuneiden maaperien tai pohjavesien puhdistamishankkeissa vaaditaan ympäristöviranomaisten hyväksyntä, joka myönnetään joko ilmoitus- tai ympäristölupapäätöksessä. Päätöksestä selviää puhdistettavan kohteen puhdistusmenetelmä sekä sen hyväksyntä, myös puhdistamisen tavoitteet tulee selvittää päätöksessä.

Ympäristökeskukset toimivat pääsääntöisesti toimivaltaisina lupa- ja valvontaviranomaisina, mutta poikkeustilanteissa voi toimivaltaisena toimia kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset tai ympäristölupavirastot.

Ympäristön suojelulaissa (86/2000) säädetään puhdistamishankkeen luvat ja puhdistamisvastuut. Yleisesti maaperää puhdistettaessa sekä sen yhteydessä kertynyt pilaantunut maa-aines on ongelmajätettä ja siitä syystä sen käsittely myös luvanvaraista. Pilaantunutta maa-ainesta ei saa sekoittaa puhtaaseen maa-ainekseen. Syntyvät jätteet on toimitettava käsiteltäviksi asianmukaisesti. (Ympäristöministeriö, 2014)

Syntyvien jätteiden kanssa sovelletaan jätelainsäädäntöä, ja sen valvonta kuuluu kunnille sekä alueellisille ympäristökeskuksille. Myös pilaantuneiden maa-aineisten kuljetuksessa on joissakin tapauksissa otettava huomioon, että kyseessä on vaarallisten aineiden kuljetus ja siitä syystä huomioidava sitä koskeva lainsäädäntö. (Ympäristöministeriö, 2014)

Huomioitavaa on myös kaavoittaessa tai haettaessa rakennuslupaa, sillä pilaantumisen aiheuttavat terveys- ja muut haitat ovat mahdollinen riski estää rakennusluvan myöntäminen.

### 3.1 Viranomaiselle ilmoittaminen maaperän pilaantumisesta

Maaperän tai pohjaveden pilaantumisen havainnosta on ilmoitettava kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle tai terveysviranomaiselle, alueella toimivalle ympäristökeskukselle tai mikäli pilaantuminen on sen mukainen, että vaaditaan akuuttia konsultaatiota niin palo- ja pelastusviranomaiselle. (Ympäristöministeriö, 2014)

### 3.2 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain 527/2014 tarkoituksena on soveltaa kaikkiin ympäristöön liittyviin maaperän pilaantumisia koskeviin tapauksiin. Kun tarkastellaan maaperän pilaantuneisuutta, on seuraavat pykälät huomioitava erityisellä huolellisuudella:

- YSL 5§ Määritelmät
- YSL 14§ Pilaantumisen torjuntavelvollisuus
- YSL 16§ Maaperän pilaamiskielto
- YSL 17§ Pohjaveden pilaamiskielto
- YSL 115 a§ Ilmoitusvelvollisuus ja toimivaltainen viranomainen
- YSL 133§ Maaperän ja pohjaveden puhdistamisvelvollisuus
- YSL 139§ Selontekovelvollisuus maa-alueen luovutuksen yhteydessä

Tämänhetkisen lainsäädännön mukaan maaperän pilaaminen on kielletty ympäristönsuojelulaissa 16§:ssä seuraavasti:

”Maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta taikka eliöitä tai pieneliöitä siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus (maaperän pilaamiskielto)”. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014)

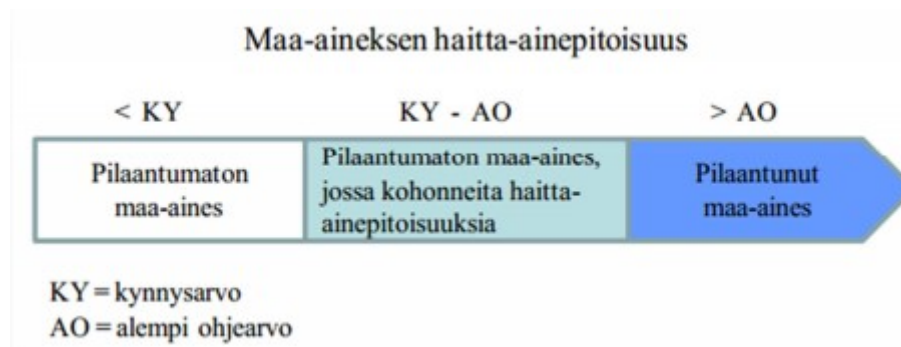
Puhdistamisvelvollisuus kuvaillaan ympäristönsuojelulaissa siten, että pääasiallisessa vastuussa maaperän tai pohjaveden pilaantumisesta on se osapuoli, joka toiminnallaan on pilaantumisen aiheuttanut. Mikäli alueen pilaantumisen aiheuttajaa ei saada selville, tai kyseessä on sellainen tapaus, jossa haltija on suostumuksellaan aiheuttanut pilaantumisen tai hänen olisi pitänyt kohtuullisissa puitteissa osata tulkita alueen tila sitä hankkiesaan, on puhdistamisvelvollisuus haltijalla. (Ympäristöministeriö, 2014)

Kaikkien pilaantuneiden alueiden käsittely ja kunnostus on Suomessa luvanvaraista toimintaa, joka selviää ympäristönsuojelulain luvusta 4. Tässä luvussa käsitellään mahdollisia tarvittavia lupia liittyen pilaantuneisiin alueisiin tai sellaiseen toimintaan, jossa alueen pilaantumisen riski on noteerattavan suuri. (Ympäristöministeriö, 2014)

### 3.3 Jätelaki

Kunnostaessa pilaantuneita maita on selvää, että maa-ainekset kaivetaan maaperästä sen takia, että ne ovat jollakin hetkellä pilaantuneet ja täten aiheuttavat suurta haittaa ympäristölle. Täten jätelaissa voidaan nojata 5§:n mukaan siihen, että poiskaivettavat pilaantuneet maat kuuluvat lohkoon, jossa kyseinen aine poistetaan käytöstä.

Maaperän puhdistustarve ja sen arviointi pohjautuu arvioon maaperän haitallisten aineiden aiheuttamaan vaaraan tai haittaan terveydelle ja ympäristölle. Haitallisten aineiden pitoisuuksilla määritetään maaperän kunnostustarvetta, jossa sovelletaan taustapitoisuuksia. Taustapitoisuuksilla tarkoitetaan mahdollisesti pilaantuneen maaperän tutkimista siten, että pintamaasta otettuja arvoja tutkitaan, onko arvoja laajalla alueella. Haitta-aineiden ohjearvojen tulkinta tapahtuu siten, että kynnsarvon ylittävät ja sitä alemman ohjearvon alittavat maa-ainekset ovat pilaantumattomia, mutta sisältää silti kohonneita haitta-ainepitoisuuksia. Tämän alemman ohjearvon ylittävät maa-ainekset ovat puolestaan pilaantuneet. (Ympäristöministeriö, 2014)



Kuva 2. Maa-aineksen haitta-ainepitoisuus (Ympäristöministeriö, 2014)

### 3.4 PIMA-asetus

Valtioneuvoston asetusta 214/2007 (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) on noudatettu 1.6.2007 alkaen. Kyseistä asetusta sovelletaan arvioitaessa maan perän pilaantuneisuutta, puhdistustarvetta, sekä haitta-aineiden aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä.

Asetuksen liitteessä nro. 214 kuvataan 53:n haitta-aineen kynnysarvo, ohjearvo sekä ylempi ohjearvo. Näiden arvojen perusteella määritellään maan pilaantuneisuuden astetta. Maaperästä otettujen mittauksien tuloksia verrataan näihin ohjearvoihin. Kynnysarvon tarkoituksena on olla raja arvioinnin tarpeellisuudelle. Mikäli maaperästä saadun mittauksen tulos on kynnysarvoa suurempi, on ryhdyttävä arviointitoimenpiteisiin. Alempaa ohjearvoa voidaan pitää rajana toimenpiteiden tarpeellisuudelle. Mikäli mittausten tuloksena alempi ohjearvo ylittyy edes yhden aineen osalta, tulkitaan maaperä pilaantuneeksi ja tarpeelliseksi puhdistaa. Mikäli tutkitavana maaperänä on teollisuus-, liikenne- tai varastoalue, sovelletaan yleensä ylempää ohjearvoa. (Ympäristöministeriö, 2014)

## 4 MAAPERÄN PILAANTUMISEN HISTORIAA JA TOIMINTAMENETELMIÄ

Suomessa on vasta 1800-luvun jälkeen havahduttu maaperän pilaantumiseen sekä siitä johtuneisiin haittavaikutuksiin. Vasta 1900-luvulla on Suomessa alettu tarkastelemaan asutus-, teollisuus- ja virkistysalueita maaperän pilaantumisen aiheuttamien haittavaikutuksien osalta. Lainsäädäntö on alkanut muodostua ympäristönsuojelun pohjalle siten, että pilaantumista aiheuttavia osapuolia veloitetaan tarkastus, selonotto ja kunnostustoimenpiteisiin.

Maaperän kunnostusmenetelmät ovat kehittyneet vuosien myötä uusien tutkimustulosten sekä teknologian kautta. Täten kunnostusmenetelmiä voidaan soveltaa paremmin eri tavalla, luonteeltaan erilaisiin kohteisiin.

On myös positiivista, että laaja skaala kunnostusmenetelmiä takaa jokaiselle kohteelle yksilöllisen mahdollisuuden parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen.

Ongelmana Suomessa on pitkin valtiota esiintyneet läjityspaikat, joihin oli tavallista läjittää jätettä ilman sen erittelyä ja kierrätystä. Täten läjityspaikoista vuosikymmenten saatossa maaperään liukeni haitallisia aineita, jotka johtivat maaperän pilaantumiseen ja ovat tänä päivänä nykysukupolven ja tulevaisuuden ongelmana. (Pyy, 2013, s.8-12)

Nykyaikaisempänä ongelmana on 1900-luvun loppupuolella rakennettujen haitallisten aineiden käsittely- ja varastointikohteet. Tällaisia kohteita on esimerkiksi vanhat huoltoasemat, kemikaaliteollisuusalueet ja pesulat.

#### 4.1 Maaperän pilaantuneisuus Euroopassa

Euroopan ympäristökeskus pitää kirjaa 33 maan ympäristöön liittyvästä datasta ja pyrkii jatkuvasti päivittämään tietoa nykyhetkeen. Pilaantuneiden maiden hallinnalla pyritään pitämään kirjaa maaperän pilaantuneisuudesta tämän järjestön maiden sisällä. Euroopan ympäristökeskuksen mukaan vuonna 2011 arvioitiin maaperän pilaantumisen kohteita olevan n. 2,5 miljoonaa, joista n. 45 % on todettu varmoiksi. Noin kolmas todetuista alueista eli noin 342 000 kohdetta on määritelty pilaantuneiksi ja tästä noin 15 % on jo puhdistettu. Tämä kumminkin ei anna täysin oikeaa kuvaa datasta, juuri siksi, että valtioilla on omat käytäntönsä tulkita pilaantuneisuutta ja ohjeavot saattavat vaihdella hyvinkin huomattavasti. (European Environment Agency, 2014)

Euroopan ympäristökeskuksen käyttämä neljän pykälän ohje, maaperän pilaantumisen arvioinnille pyrkii saamaan valtiosta riippumatta yhtä pätevän tutkimustuloksen, jotta vertailuarvoja voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Nämä neljä pykälää ovat:

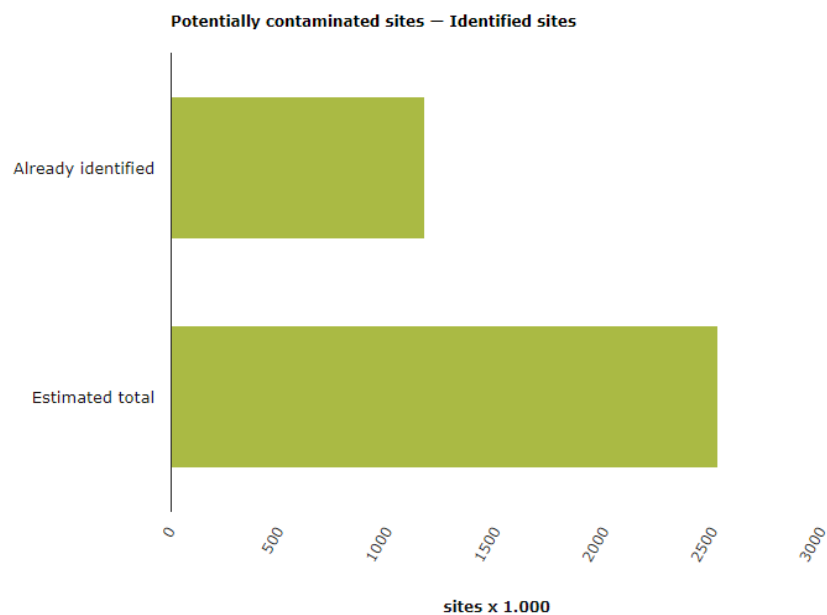
- kohteen tunnistaminen (ennakkotarkastelu alueesta),
- ennakkotutkimukset,
- päätutkimukset alueesta sekä
- riskienhallinnan toteutus. (European Environment Agency, 2014)

Pilaantuneiden maiden kunnostus tapahtuu vieläkin pääsääntöisesti perinteisellä poiskaivamisella ja jätemaan poiskuljetuksella ja hävityksellä. Tämä puhdistustyylillä kattaa noin kolmanneksen kaikista toiminnasta. in-situ ja ex-situ ovat kunnostustyyleinä käytetty melko tasavertaisesti. (European Environment Agency, 2014)

Joidenkin maiden antamien tietojen pohjalta kaivostoiminta on johtanut suurimpaan kohdemäärään maaperän pilaantumiselle, kun taas jotkin maat ovat ilmoittaneet, että metalli-, nahka-, puu- ja paperiteollisuus on

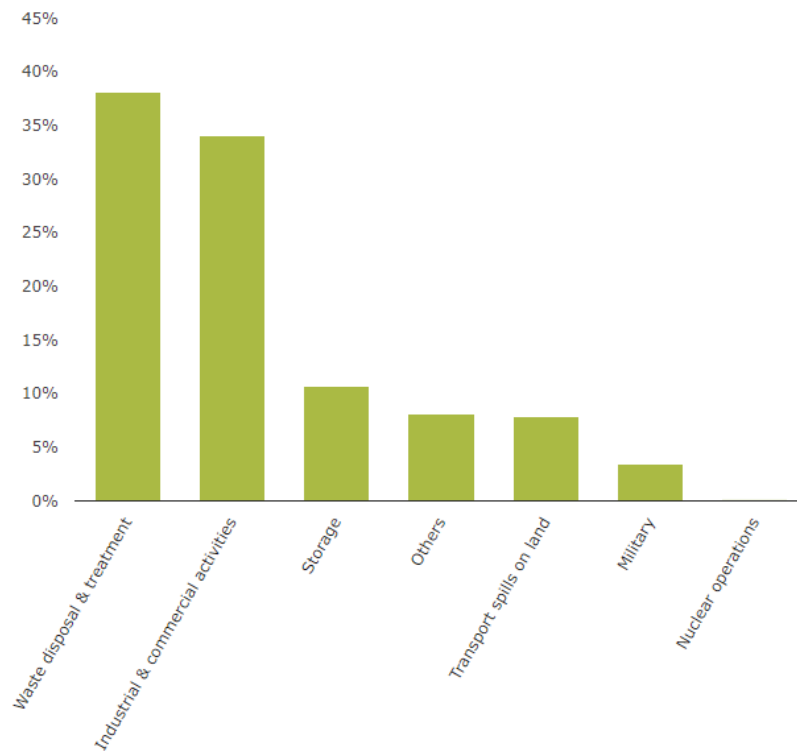
vaikuttanut eniten maaperän pilaantumiseen. Esille nousee myöskin Suomessa tunnettu polttoainejakelun kohteet. (European Environment Agency, 2014)

Erilaisten pilaantumista aiheuttavien saasteiden vakavuus on samanveroinen riippumatta, onko se nestemäistä vai kiinteää ainetta. Yleisimpinä saastuttajina esille nousevat mineraaliöljyt ja raskasmetallit. Yleisesti ottaen fenolit ja syaaniyhdisteet eivät merkityksellisesti ota osaa kokonaispilaantuneisuudelle. (European Environment Agency, 2014)



Kuva 3. Palkkikaavio todetuista ja arvioiduista kohteista (European Environment Agency, 2014)





Kuva 4. Palkkikaavio pilaantumisen aiheuttajista prosentuaalisesti (European Environment Agency, 2014)

#### 4.2 Maaperän pilaantuneisuus Suomessa

Suomessa maaperän pilaantuneisuutta eri alueilla tarkkaillaan MATTI-järjestelmän avulla, jonka rekisteriin havainnot pilaantuneista alueista. Tämän rekisterin avulla helpotetaan maankäytön suunnittelua, rakennusta ja toimii apuna pohjaselvityksissä.

Maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI) on kerätty tieto alueista, joihin on päässyt haitallisia aineita tai maaperän tila on selvitetty tai puhdistettu. Näillä alueilla on suoritettu sellaista toimintaa, joka on mahdollisesti aiheuttanut maaperän pilaantumisen. Alueiden tila selvitetään jo olemassa olevan datan perusteella sekä kenttäkokeilla. Maaperän tilan tietojärjestelmä kattaa koko Suomen, poisluettuna Ahvenanmaa. (Suomen ympäristökeskus, 2014)

Tietojärjestelmä sisältää tiedot seuraavista kohdista:

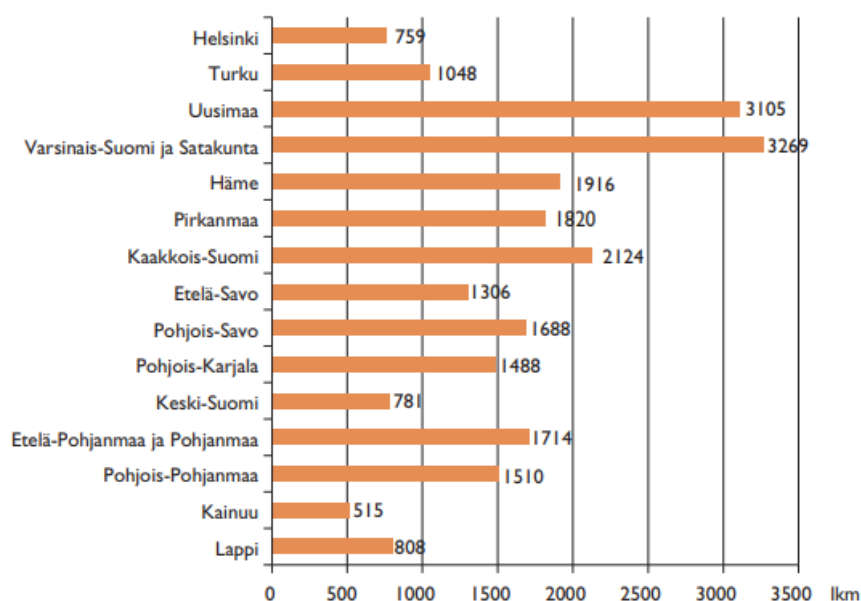
- maa-alueen sijainnista,
- alueen toiminnasta nykyhetkenä tai ennen,
- alueen kiinteistöistä,
- ympäristöolosuhteista,
- lähialueista, joille voi maaperän pilaantumisen johdosta aiheutua jonkinlaista haittaa esim. vesistöt, pohjavedet ja asutusalueet sekä

- tehdyt tutkimukset, viranomaistoimet ja kunnostukset. (Pyy, 2013, s. 5, s. 8)

Suomessa kartoitusta on tehty hyvinkin vaihtelevasti riippuen alueista ja toimialoista. Vaihtelun syynä on monesti resurssit sekä kartoitukseen liittyvä painotus, mitä juuri alueelta halutaan tarkastaa. Hyvänä esimerkkinä ELY-keskus keskittyy pääsääntöisesti pohjavesialueisiin, kun osa toimijoista tiettyihin toimialoihin kuten sahat, kyllästämöt ja kaato-/läjityspaikat. SOILI-ohjelma on erillinen kartoitusohjelma, jossa on hyvinkin tarkemmin tutkittu kaupallisen polttoaineen jakelun kohteita. (Pyy, 2013, s.8-12)

Suomessa on kerätty tietoja pilaantuneista maista 1900-luvulla noin 10 400 kohteesta, joita on epäilty pilaantuneiksi tai on todettu pilaantuneiksi. Jo tuolloin kokonaismäärän oletettiin kasvavan huomattavan suureksi, jopa 25 000 kpl:n suuruiseksi. Vuonna 2010 kohteita olikin jo 23 500 kpl. (Pyy, 2013, s.8-12)

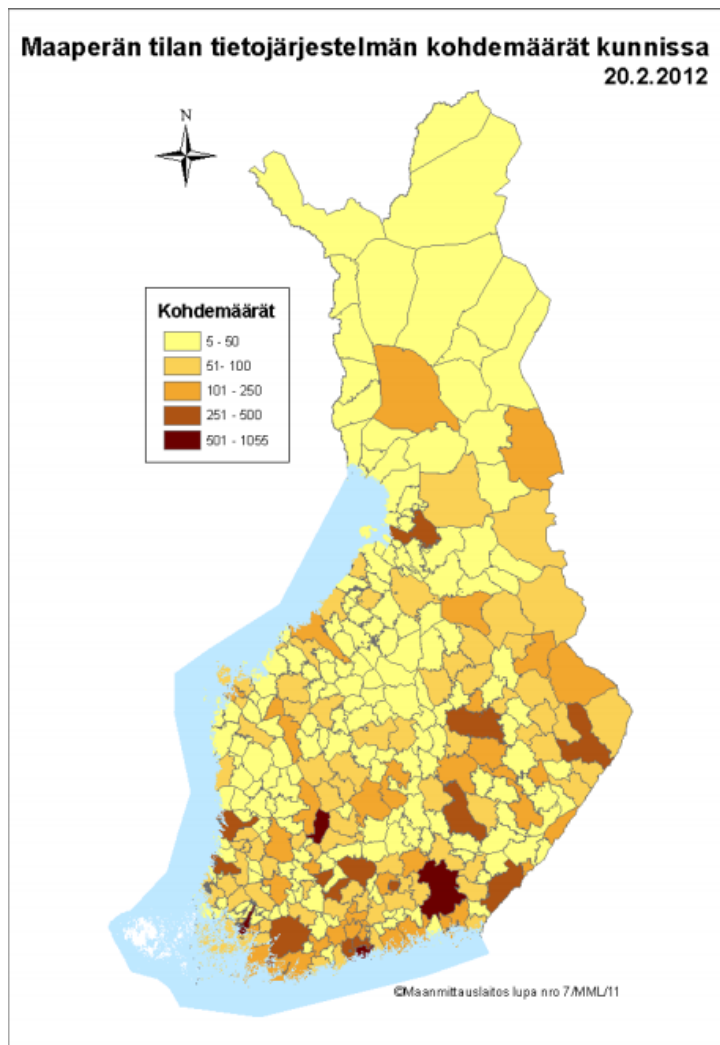
Suomessa kunnittain maaperän tilan tietojärjestelmän kohteet sijoittuvat vahvasti Varsinais-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskuksen alueille. Vähiten kohteita on Kainuun ELY-keskuksen alueella. Tätä jakaumaa voidaan tulkitella väestön ja toiminnan sijoittumisella eteläiseen Suomeen sekä rannikkoalueille. (Pyy, 2013, s.8-12)



Kuva 5. Kohteiden määrä ELY-keskuksittain (Suomen ympäristökeskus 2014)

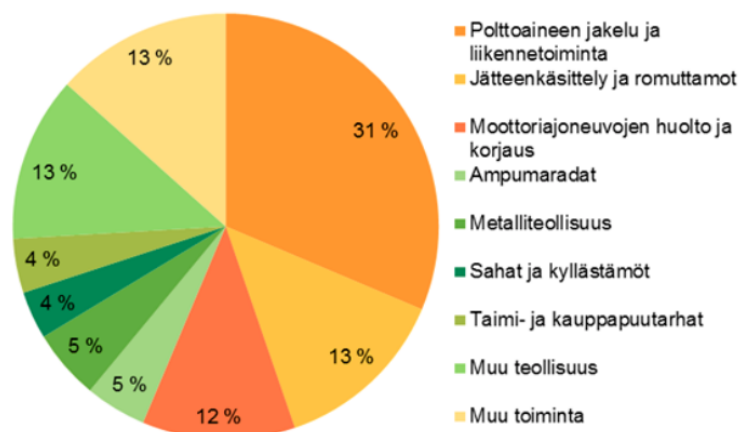
Keskimäärin MATTI kohteita on Suomessa tuhatta ihmistä kohden n. 4 kpl. Keskitason yläpuolella sijaitsevia kohdemääriä on Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan ELY-keskusten alueilla, jossa kohteita on jopa 9 kpl tuhatta ihmistä

kohden. Pienimmät määrät kohteita per asukas on Helsingin ja Uudenmaan seuduilla, joissa on n. 1–3 kpl tuhatta asukasta kohden. (Pyy, 2013, s.8-12)



Kuva 6. Kohdemäärät kuntaa kohden (Suomen ympäristökeskus 2014)

Suomessa voidaan jakaa riskialttiit toimialat karkeasti yhdeksään osakohtaan, joissa harjoitetaan sellaista toimintaa, jonka seurauksena on maaperän pilaantuminen tai sille on erittäin korkea riski. Riskialttiimpia toimialoja ovat mm. polttoaineen jakelu, moottoriajoneuvojen kunnostus ja korjaus sekä kaatopaikat. Toimialojen jakauma kertoo hyvin paljon kohteiden määrää sekä painotusta tutkimus- ja kunnostustarpeella, mutta ei ongelman laajuutta ja sen laatua. (Suomen ympäristökeskus, 2014)



Kuva 7. Toimialajakauma MATTI-kohteista (Suomen ympäristökeskus 2014)

## 5 PILAANTUNEIDEN MAIDEN KUNNOSTUSMENETELMÄT

### 5.1 Maaperän pilaantumista aiheuttava toiminta

Paikallista pilaantumista voi tapahtua esimerkiksi onnettomuuksien takia, joista hyviä esimerkkejä ovat kemikaalia kuljettavien junien onnettomuudet. Tällaisista onnettomuuksista yleensä syntyy hyvin laajaa haitta-aineiden vapautumista maaperään/luontoon. Myös normaalilla toiminnalla voidaan pilaantumista tuottaa, jos jollain toiminnalla pitkäkestoisesti tuotetaan päästöjä samassa paikassa. Pilaantumista voidaan myös tulkita tapahtuvan kaikissa sellaisissa paikoissa, joissa on käsitelty haitta-aineita, mikäli ei varmuudella voida sanoa, että aineita on käsitelty sisätiloissa ja niiden leviäminen ympäristöön on estetty. Pilaantumista voi myös tapahtua teollisuustoiminnan alueella, taikka jos alueella on ollut maa-, ilma- tai vesiliikennettä tai sitä palvelevia toimintoja, jätteiden käsittelylaitoksia, öljyjen ja kemikaalien varastointia, kaivostoimintaa tai mahdollisesti ampumaraodoilla. (Suomen ympäristökeskus, 2011)

Maaperän tilan tietojärjestelmään merkityistä kohteista kolmannes kuuluu sellaisiin alueisiin, joissa on ollut polttoaineen jakelua. Tämä on siis hyvinkin kattava toiminnan alue, jossa haitta-aineiden poiston tehostamista tulisi kehittää. Seuraavia suuria sektoreita ovat sellaiset alueet, joissa on jätteiden käsittelyä tai moottoriajoneuvojen huoltoa ja korjausta. (Suomen ympäristökeskus, 2011)

### 5.2 Suomessa yleisimmät kunnostusmenetelmät

Kunnostusmenetelmät voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, jossa toisessa haitta-aineet poistetaan ja menetelmään, jossa haitta-aine eristetään ja

estetään leviämiseltä. Riippuen siitä missä maa-aineksen kunnostus tapahtuu, voidaan puhua *in-situ* tai *on-* ja *off-site* menetelmistä. *in-situ* -menetelmällä kunnostus tapahtuu kohteessa poistamatta maa-ainesta. *On-* ja *off-site* menetelmillä tarkoitetaan kaivetun maa-aineksen kunnostusta joko paikan päällä (*on-site*) tai sen kuljettamista johonkin kunnostuslaitokseen (*off-site*). (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

### 5.2.1 Stabilointi

Stabiloinnilla käsitetään sellaista toimintaa, jolla maa-ainekseen kiinnitetään haitta-aineet, ja näin ollen estetään aineiden liikkuminen ja leviäminen ympäristöön. Stabiloinnin tarkoituksena ei ole poistaa haitta-aineita eikä muuttaa aineita myrkyttömiksi, vaan muuttaa niiden fysikaalista ja teknistä ominaisuutta siten, että jätteen tai maa-aineksen vedenläpäisyvyys heikkenee, eivätkä haitta-aineet pääse liukenemaan sade- ja valumavesiin. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Stabilointia voidaan parhaiten hyödyntää, kun maa-aineksen pilaantumisesta on aiheuttanut raskametallit, epäorgaaniset syanidit sekä asbesti, ja se sopii kaikille maatyypeille. Ongelmaksi voi muodostua stabiloitaessa maa-ainesta, johon käytetään kiinteytysprosessissa sementti- tai silikaattipohjaisia aineita. Tämä menetelmä on herkkä pilaantuneen aineen massan ja koostumuksen seossuhteelle. Tämän vuoksi tapauskohtaisesti on aina määriteltävä seosaineet sekä seossuhteet. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Kiinteytys on prosessi, jossa maaperää pilaavat haitta-aineet kiinnitetään fysikaalisin keinoin maaperän rakenteeseen estäen liukenemisen ja kulkeutumisen ympäristöön. Kiinteytyksen yleisin vaikutus on kiinteyttää maaperää fysikaalisesti niin, että voidaan vaikuttaa lujuteen ja vedenläpäisyvyyteen. Useimmat kiinteytysmenetelmät muokkaavat myös haitta-aineita kemiallisesti. Kiinteytyskäsitteilyn pohjana ovat erilaiset sidosaineet, jotka voidaan luokitella epäorgaanisiin ja orgaanisiin sidosaineisiin. Epäorgaanisia aineita ovat esimerkiksi sementti, kalkki ja bentoniitti, kun taas bitumi puolestaan kuuluu orgaanisiin sidosaineisiin. Nykypäiväisempiä sidosaineita, joita on alettu hyödyntämään teollisuuden jätetuotteista, on esimerkiksi lentotuhka ja masuunikuona. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Yleisimpänä stabilointimenetelmänä on betonointi, johtuen sementin korkeasta pH-arvosta. PH-arvon nousu edesauttaa nostattamaan kiinteytettävän jätteen sekä maaperän pH-arvoa sekä puskurointikykyä. Betonoinnin lopputuloksena ja muihin kiinteytysmenetelmiin verrattuna ero on huomattava, sillä lopputuloksena on kiinteä haitta-aineita sisältävä betoni, eikä kiinteytetty maamassa. Tätä kiinteää betonimassaa voidaan käyttää, jossain tapauksissa harkinnan varaisena myös hyödyksi kaatopaikoilla. Kun käytetään kapselointiin bitumistabilointia, voi lopputuotetta käyttää hyödyksi asfalttirakenteissa. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

### 5.2.2 Huokosilmatekniikka

Tämän in-situ -menetelmän tarkoituksena on poistaa vedellä kyllästämättömästä huokostilasta VOC-yhdisteitä. Menetelmän periaatteena on rakentaa kaivoja, joiden avulla huokosilmaa imetään maaperästä. Kaivoihin imetään haihtuvia yhdisteitä, josta ne ohjataan vedenerottimelle sekä kaasunkäsittelyyn. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Huokosilmatekniikkaa voidaan parhaiten soveltaa sellaisissa kohteissa, joissa on todettu haihtuvia yhdisteitä sekä maaperänä esimerkiksi tasalaatuisia hiekka- ja sormaita. Tämän menetelmän ongelmana ovat maaperän humus ja turve, sillä näihin aineisiin yhdisteet sitoutuvat. Suuri maaperän kosteus hankaloittaa puhdistamista. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Huokosilmatekniikkaa on kolme eri päätyyppiä, joita ovat alipaine-, yli-paine- ja höyrykäsittely. Alipainekäsittelyssä toimintaa ohjaa imu, jolla vedellä kyllästämättömästä kerroksesta aineet poistetaan. Maa-alue voidaan suojata oikovirtauksen varalta muovikalvolla, ennen kuin kaivoihin ja putkistoon syntyy imu. Alipaineella mahdollistetaan maaperässä olevan huokosilman virtaus putkistoon ja puhtaan korvausilman tunkeutuminen haitta-aineilla saastuneen maaperän läpi. Kun puhdas ilma kiertää maaperässä, se saa aikaan häiritsevän vaikutuksen neste- ja kaasufaasin tasapainolle sekä huonommin haihtuvat yhdisteet kaasuuntuvat. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Ylipainekäsittelyssä alkutilanne on päinvastainen alipainekäsittelyyn verrattaessa, sillä haitta-aineiden saastuttamaan maaperään syötetään ilmaa asennettujen putkistojen kautta. Ilmaa poistetaan imemällä se siiviläputkien kautta. Kuten alipainekäsittelyssä, voidaan oikovirtauksia estää muovikalvon avulla. Imu- ja syöttöputket asennetaan siten, että imuputket muodostavat piirin syöttöputkien ympärille, näin estetään haitallisten aineiden leviäminen ympäristöön. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Höyrykäsittelyn periaatteena on poistaa VOC-yhdisteet maaperästä kuumen höyryn avulla. Höyryn lämpötila on 130–180°C välillä. Höyry johdetaan syöttöputkien avulla maahan ja imetään imuputkistoihin samalla tavalla kuin yli-painekäsittelyssä. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Tärkeä asia ennen maaperästä imetyn huokosilman päästämistä ilmaan, on sen käsittely, siitä on poistettava mahdolliset haitta-aineet. Tässä yleisimpänä keinona on aktiivihilisuodatin. Käytettäessä huokosilmatekniikoita, niiden tuottama happi ja lämpö voivat nopeuttaa mikrobiologista puhdistusprosessia. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

### 5.2.3 Biologiset menetelmät

Useissa tapauksissa maaperä sisältää haitta-aineita, joiden hajoaminen tapahtuu mikrobiologisesti. Kuitenkin näiden haitta-aineiden hajoaminen saattaa olla hidasta, vaikka maaperän omia mikro-organismeja hajottavia aineita esiintyisikin maaperässä. Jotta maaperän omaa puhdistusta voitaisiin nopeuttaa, voidaan maaperään lisätä mikro-organismeja. Maaperää voidaan myös säädellä siten, että sen fysikaaliset ja kemialliset olosuhteet ovat suotuisia mikro-organismeille. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Jotta mikrobiologinen hajoaminen olisi täydellistä, tulee orgaanisten aineiden mineralisoitua epäorgaanisiksi yhdisteiksi. Kuitenkin, joissain tapauksissa hajotusprosessin lopputuotteena on alkuperäistä pienempiä yhdisteitä, tämä tarkoittaa, että mikrobiologinen hajotusprosessi on vain osittainen. Polymeroinnissa raaka-aineen pienemmät molekyylit yhdistyvät isommiksi polymeerimolekyyleiksi. Metylaatiolla tarkoitetaan metyyliyhymien liittymistä yhdisteeseen. Näiden vaikutuksesta mikrobien toiminnalla voidaan saada lopputulos, jossa saatu aine on molekyylirakenteeltaan suurempi yhdiste, kuin alkuperäinen. Mahdollisuutena myös mikrobiologisen käsittelyn epäonnistumisen seurauksena on, että synnytetään haitallisempia aineita, kuin alkuperäinen. Riskien arviointi ja varovaisuus ovat erittäin tärkeitä käytettäessä mikrobiologisia puhdistusmenetelmiä. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Käsittelymenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään, *in-situ* ja *on-site* -menetelmiin. Kun käsittelyn menetelmänä toimii *in-situ* on koko alue käytännössä bioreaktori. Maaperässä olevien olosuhteiden tulee olla suotuisia mikrobiologiselle hajoamiselle, joten niitä säädetään sen mukaan. Mikäli pilaantuminen on tapahtunut pintapuolisesti, levitetään tarvittavat aineet maakerroksen pinnalle ja sekoitetaan pintakerrokseen. Tätä käsitteilyä voidaan myös hyödyntää sellaisiin kohteisiin, jossa pilaantuneita haitta-aineita sijaitsee syvemmillä maaperässä. Näin ollen voidaan siis käyttää yhteistyössä muidenkin menetelmien kanssa. Tällöin on kyseessä hajotusmenetelmä, joka pohjautuu veden ja ilman hyväksikäyttöön. Haitta-aineiden poisto tapahtuu tällöin kierrättämällä vettä, jonka mukana poistuu maaperässä olleet haitta-aineet. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

*On-site* on käsittely, jossa pilaantunutta maa-ainesta hajotetaan kompostoinnalla aumoissa, rummuissa tai bioreaktoreissa. Kompostointi on hyvin yleinen menetelmä, kun kyseessä on orgaanisia haitta-aineita. Prosessissa maaperästä kaivetaan pilaantunutta maa-ainesta ja kasataan aumoihin tai altaisiin. Tärkeää tässä prosessissa on hapen pääsy maa-aineksen sekaan, tätä voidaan helposti tehostaa lisäämällä ilmastusputkia maamassan sekaan sekä sekoittamalla sinne kuoriketta ja turvetta lisäämään kuohkeutta ja hiilen määrää. Kun komposti on rakennusvaiheessa, voidaan sekaan sekoittaa sopivat mikrobit ja hivenaineet. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Rumpukompostoinnissa hyvänä puolena on rumpun pyörimisliike, joka edesauttaa hapensaantia maa-ainekselle. Rumpuun on myös helppo lisätä tarvittavia lisäaineita. Rumpun olosuhteita on myös helppo säätää. Olosuhteet, jotka vaikuttavat hajoamisprosessiin ovat kosteus, happi, lämpötila ja ravinnepitoisuus. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Bioreaktorin toimintaperiaatteet ovat vastaavanlaiset kuin rumpukompostorissa. Bioreaktorin olosuhteita on myös helppo säädellä. Syntyviä haitallisia yhdisteitä sekä pahanhajuisia kaasuja ei päästetä suoraan ilmaan, vaan ne kulkevat aktiivihilisuodattimien läpi, joka puhdistaa kaasut. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

#### 5.2.4 Eristäminen

Eristämällä haitta-aineet maaperään, pyritään sellaiseen lopputulokseen, jossa haitta-aineiden leviäminen estetään. Eristämällä haitta-aineet ei kumminkaan poista ympäristöriskiä, joka haitta-aineiden jättämisestä seuraa, tästä esimerkkinä voi olla eristeen hajoaminen. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Tämä menetelmä toimii siten, että pilaantunut maa-aines eristetään paikassaan määritellyllä aineella, tai viedään pois paikastaan ja eristetään muualla. Tarkoituksena on estää sade-, pinta- ja pohjavesien pääsy maa-aineksen kanssa kosketuksiin. Tarkoituksena on myös minimoida ilman kosketus pilaantuneeseen ainekseen. Täten vähennetään reaktiota hapen kanssa. Osasyynä myös eristämiseksi on, että ihmisten suora kontakti maa-ainekseen estyisi. On tärkeää myös eristämisen jälkeen huomioida pohja- ja pintavesiratkaisut, jotta voidaan ennakoida ja ohjata vesiä muualle pilaantuneesta maa-aineksestä. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Tämä menetelmä sopii teoriassa kaikille pilaantuneille maa-aineksille. Erityisesti menetelmää käytetään läjitettäessä maa-aineksia, jotka ovat pilaantuneet epäorgaanisilla aineilla kuten metallit ja syanidit. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Soveltuvia materiaaleja eristämiseksi ovat luonnosta saatavat materiaalit tai vastaavaan käyttötarkoitukseen soveltuvat synteettiset materiaalit. Luonnosta löytyviä sopivia materiaaleja ovat savi, bentoniitti ja bentoniitin ja maa-aineksen sekoitus. Tavallisimpia synteettisiä materiaaleja ovat geomembraanit, jotka tehdään muovista tai kumista. Nykyaikaisempia materiaaleja ovat teollisuudessa syntyvät jätteet, kuten lentotuhka, kuitu- ja siistauslietteet. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Eristäminen voidaan jakaa karkeasti kahteen osa-alueeseen, pinta- ja pystyeristykseen. Pintaeristyksellä pyritään estämään sadevesien pääsy ja imeytyminen maa-ainekseen. Pintaeristystä käytetään erityisesti sellaisilla alueilla, joissa sadevedellä on mahdollisuus huuhtoa mukaansa haitta-aineita. Pystyeristyksen tarkoituksena on estää pohjaveden kosketuksiin



pääsy pilaantuneen maa-aineksen kanssa sekä estää suotoveden pääsy ympäristöön. Pystyeristyksellä on myös vaikutukset kaasupäästöihin, pohjaveden virtaukseen ja maan vakavuuteen. Pilaantuneen maaperän alla tulisi olla tiivis pohjakerros, jotta haitta-aineiden kulkeutuminen voitaisiin estää. Tiiviin pohjakerroksen toteuttamiseksi on syytä huomioida maaperässä olevat haitta-aineet ja erillisen pohjakerroksen tarpeellisuus. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Kun eristäminen tehdään muualla, eli pilaantunut maa-aines läjitetään toisaalle, on läjityspaikan pohja eristettävä, jotta haitta-aineet eivät pääse ympäristöön. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

### 5.2.5 Terminen käsittely

Terminen käsittely jaetaan kahteen ryhmään, jossa toisena jäsenenä on korkeassa lämpötilassa tapahtuva poltto sekä matalassa lämpötilassa tapahtuva desorptio. Desorptiolla tarkoitetaan absorption vastakohtaa, jossa matalalla lämmöllä haitta-aineet nostatetaan pintaan. Terminen käsittely on yleisimmin kaksivaiheinen, jossa ensimmäisessä vaiheessa käytetään matalaa lämpöä poistamaan haitta-aineet. Toinen vaihe käsittää poistokaasuista niiden polton kovalla lämmöllä. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Termisen käsittelyn pohjana on lämpötilan vaikutus prosessiin. Tämän vuoksi prosessi voidaan jakaa kolmeen eri osioon, riippuen siitä, mikä on lämpötila, jolla prosessia toteutetaan sekä haitta-aineet, joita on määrä poistaa. Alle 300°C lämpötiloilla ei ole merkittävää vaikutusta orgaanisiin aineisiin, mutta herkemmat aineet pyrolysoituvat, josta seuraa pyrolyysituotteiden siirtyminen kaasufaasiin. Pyrolyysi tarkoittaa toisinsanottuna kuivatistausta, jossa orgaaniset aineet hajotetaan hapen pääsemättä vaikuttamaan kyseiseen prosessiin. Helposti haihtuvat orgaaniset aineet eli VOC-yhdisteet (Volatile organic compounds) siirtyvät myös vaivatta kaasufaasiin, jolloin ne voidaan helposti tuhota jälkipolton avulla. Myös jotkin orgaaniset yhdisteet hajoavat osittain, tästä esimerkkinä metalliyhdiste arseeni. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Kun lämpötila nousee 400—700°C välille, orgaaniset aineet irtoavat sekä haihtuvat ilman hajoamista, jonka jälkeen ne pyrolysoituvat. Maa-aineksessä oleva humus hajoaa pienemmiksi orgaanisiksi molekyyleiksi. Pyrolyysi termiä käytetään eritoten silloin kun yhdisteissä tapahtuu osittainen hajoaminen, eritoten silloin, kun kyseessä on anaerobinen (hapeton) prosessi. Tämä lämpötila-alue on yleisin pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisessa. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Huonosti haihtuvat orgaaniset aineet eivät haihdu enää pienissä lämpötiloissa, vaan on siirryttävä yli 700°C lämpötiloihin. Tässä lämpötilassa myös

maan sisältämä humus palaa tai hiiltyy. Mikäli lämpötila on 700–900°C välillä, on kyseessä poltto. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Lämpötilassa 1000–1200°C toteutetaan jälkipoltto, mikäli tämä on tarpeellista. Tämä tehdään, jos kaasuja käsitellään vielä edellisten lämpötilojen jälkeen. Näin suuressa lämpötilassa orgaaniset aineet hapettuvat täydellisesti. Kun jälkipolttoa suoritetaan, tulee siitä vapautuvat kaasut puhdistaa haitallisista yhdisteistä sekä kiinteistä hiukkasista. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Pilaantuneen maa-aineksen puhdistusmenetelmään on perehdyttävä erittäin hyvin sillä termisen käsittelyn riskinä voi olla polttamisesta syntyvien lopputuotteiden myrkyllisyys, esimerkkinä dioksiinit. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

#### 5.2.6 Märkäerotusmenetelmä

Tässä menetelmässä haitta-aineet siirretetään maa-aineksen läpi johdettavaan pesunesteeseen. Tällä menetelmällä saadaan maa-aines eroteltua kahteen osaan, joista toinen on puhdas jae sekä toinen osa, joka sisältää puhdistusjäännökset eli puhdistusrejeki. Puhdistusrejeki tulee hävittää erikseen, sellaisella tavalla, josta ei aiheudu ympäristölle haittaa. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Tässä menetelmässä pohjaudutaan haitta-aineen siirtämiseen nestefaasiin. Faasilla tarkoitetaan aineen olomuotoaluetta. Nestefaasiin siirtyminen voi tapahtua kahdella tavalla. Hiukkaset tai hiukkasiin imeytyneet haitta-aineet voidaan siirtää suspensiona, jossa nesteeseen on sekoittunut kiinteää ainetta hyvin hienojakoisesti, tai kolloidina, jossa nesteessä on erittäin hienojakoista ainetta. Esimerkkinä kolloidista on emulsio. Tässä menetelmässä aineiden erottamisen pohjana on partikkeleiden raekoot, laskeutumisenopeus sekä pintaominaisuudet. Tämä menetelmä yleisimmin toteutetaan erillisillä laitteilla. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

#### 5.2.7 Poiskaivaminen, kuljetus ja välivarastointi

Poiskaivamisella tarkoitetaan pilaantuneiden maa-aineksien poistamista ja tai siirtämistä. Pilaantunut aines voidaan joko välivarastoida työmaalle odottamaan poiskuljetusta, suoraan viedä loppusijoitukseen, käsittelyyn tai hyötykäyttöön. Massanvaihdossa tuodaan suoraan kaivettujen massojen tilalle puhdasta maa-ainesta.

Kaivaminen ei itsessään ole maaperän kunnostusmenetelmä, sillä siinä tapahtuu vain maamassojen siirtelyä paikasta toiseen. Maa-aineksen puhdistaminen saattaa kumminkin tapahtua osittain paikan päällä (seulonta).

Tässä menetelmässä kaivamista jatketaan, kunnes näytteiden ja mittaus-  
tulokset kaivannon sivurajoilla alittavat ohjearvot tai puhdistustavoit-  
teet.

Kaivuumaita voidaan välivarastoida työmaalla odottamaan varsinaista  
loppusijoitusta. On tärkeää suorittaa varastointi siten, että pilaantunut  
maa-aines eristetään ympäristöltä sekä välittömältä kosketukselta ihmis-  
ten kanssa.

Kunnostuksen päävaiheet ovat:

- maamassojen kaivuu
- mahdollinen esikäsitteily (esimerkiksi seulonta)
- välivarastointi
- kuljetus
- välivarastointi käsittelykohteessa
- haitta-ainesten poisto (käsittely)
- loppusijoitus.

Poiskaivaminen ja kuljetus eivät välttämättä ole kustannustehokkain tapa  
poistaa haitta-aineita maaperästä, mikäli kaivettava alue on huomattavan  
suuri, kuljetusmatkat käsittelylaitoksiin ovat pitkät, pohjavesi on lähellä  
kaivussyvyyttä tai kaivussyvyys on suuri.

### 5.3 Kunnostusmenetelmän valinta

Pääasiallisesti pilaantuneita maa-aineksia käsitellään jätteenä. Siksi ensisi-  
jaisena pyrkimyksenä on, että haitalliset aineet on pyrittävä erottelemaan  
maa-aineksesta. Mikäli ei pystytä toteuttamaan täydellistä haitta-aineiden  
erottelua ja poistoa, on pyrittävä hallitsemaan terveys- ja ympäristöriskit  
estämällä haitallisten aineiden pääsy ympäristöön tai rajoittamalla niille al-  
tistumista. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Vaikka eri kohteissa olisivat samat pilaantumista aiheuttavat haitta-aineet,  
on maaperän vaihtelujen vuoksi kunnostusmenetelmää valittaessa otet-  
tava huomioon kaikki mahdolliset tekijät. Tästä syystä useimpiin kohteisiin  
sopivat erilaiset menetelmät. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Kunnostusmenetelmän valinta on monivaiheinen prosessi, jossa ensim-  
mäisessä vaiheessa käydään läpi mahdollisia kunnostusmenetelmiä sekä  
niistä valitaan teknisesti sopivimmat kohteeseen. Seuraavassa vaiheessa  
pohditaan tarkemmin asetettuja vaatimuksia sekä tehtyjä selvityksiä, joi-  
den pohjalta valitaan lopullinen kunnostusmenetelmä tai joissain tapauk-  
sissa kahden tai useamman menetelmän hybridiversio. Lopputulokseen  
vaikuttavat muun muassa tekninen soveltuvuus, talous, prosessin aikaiset  
terveys- ja ympäristövaikutukset, aikataulu ja lailliset edellytykset.  
(Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Monesti tarvitaan ns. käsittelyjunia, joissa hyödynnetään monia eri kunnostusmenetelmiä. Tätä menetelmää hyödynnetään siksi, että joskus on tarpeellista käyttää toisiaan täydentäviä osakohtia. Näitä monia eri menetelmiä voidaan joutua hyödyntämään, mikäli maaperä on pilaantunut monilla eri haitta-aineilla, pitoisuuserot suuria tai jos maata on hankala käsitellä suuren savimäärän tai korkean pitoisuuden vuoksi. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

Kaikkien käsittelyssä syntyvien lopputuotteiden sijoitus on normaalisti ongelmajätteen tavoin kaatopaikalle. Käsittelymenetelmät kuten märkäerotelu tai poltto kuuluvat tähän kategoriaan. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

	Orgaaniset haitta-aineet		Epäorgaaniset haitta-aineet	
	Haihtuvat	Ei-haihtuvat	Raskasmetallit	Muut epäorgaaniset
Eistäminen	–	X	X	X
Kiinteytys/stabilointi				
Orgaaniset sideaineet: – esim. bitumi	–	X	X	X
Epäorgaaniset sideaineet: – esim. sementti tai tuhka	–	o	X	X
Termiset menetelmät				
Terminen desorptio	X	–	–	–
Poltto	X	X	–	–
Tehopoltto	X	X	o	o
Märkäerotusmenetelmät	X	X	X	X
Huokosilmatekniikat	X	–	–	–
Biologiset menetelmät	X	X	–	v

X = Pääasiallisesti soveltuva kunnostusmenetelmä

o = Kohtalaisesti/tietyin edellytyksin (esim. pienille erille) soveltuva menetelmä

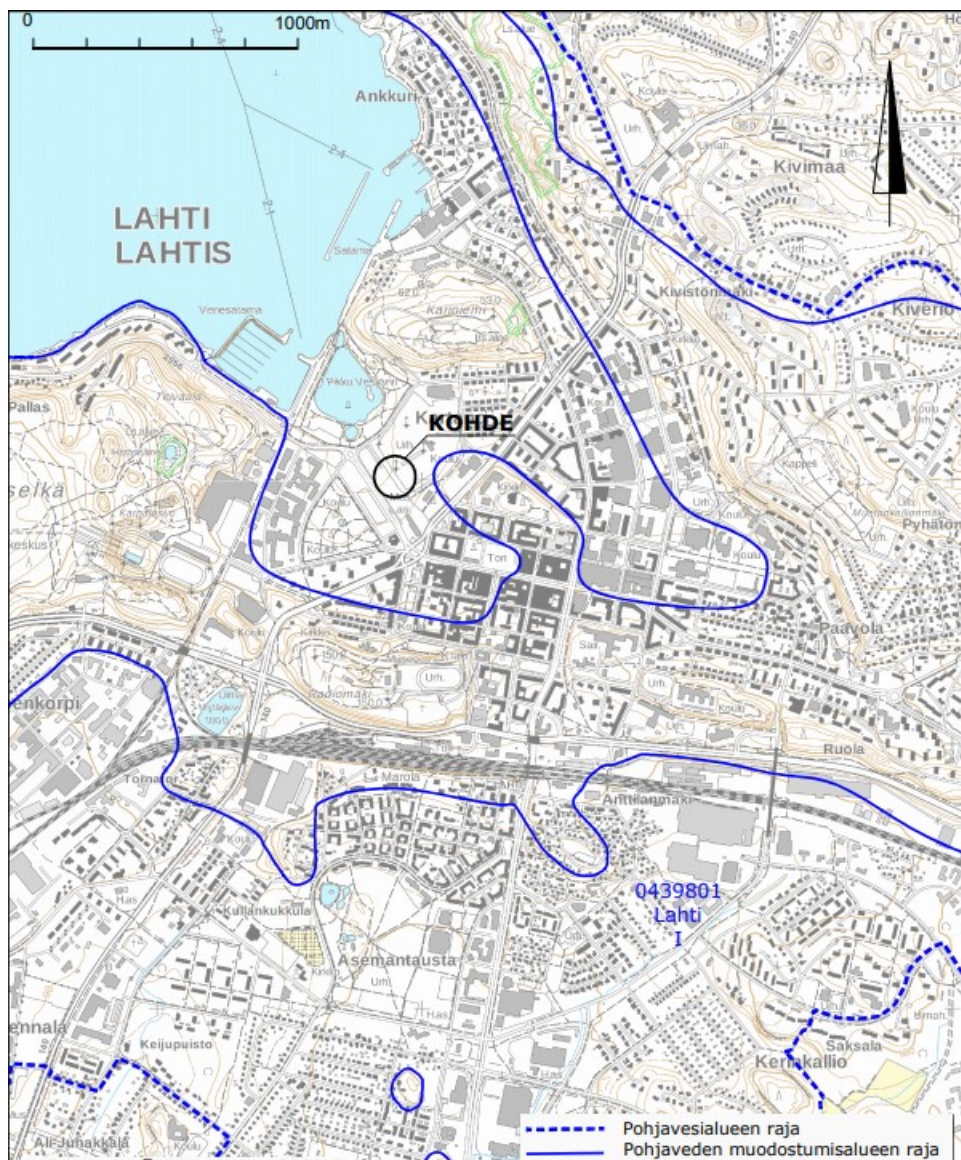
– = Menetelmä ei sovellu

Kuva 8. Suomen yleisimmät käsittelymenetelmät sekä niiden soveltuvuus eri haitta-aineille suuntaa antavasti. (Kukkamäki, 2003, s.686-689)

## 6 PILAANTUNEEN MAAPERÄN PUHDISTUSPROSESSI (RANTAKARTANO)

### 6.1 Rantakartanon PIMA-kohde

Lahden Rantakartanon PIMA-kohde sijaitsee vanhan linja-autoaseman läheisyydessä, jossa 1900-luvun alusta noin viisi vuosikymmentä on läjitetty erilaisia täyttömaita, jotka ovat pitäneet sisällään monia ympäristölle haitallisia jätteitä ja haitta-aineita. Täyttömaan seassa on paikoin tiiltä, lasia, kumia, puuta sekä muuta rakennusjätettä. (ELY-keskus, 2017)



Kuva 9. Yleiskartta alueesta sekä pohjavesialueen raja sekä pohjaveden muodostumisalueen raja (Ramboll, 1.12.2016)

## 6.2 Jalkarannantie (Nykyinen Kartanonkatu)

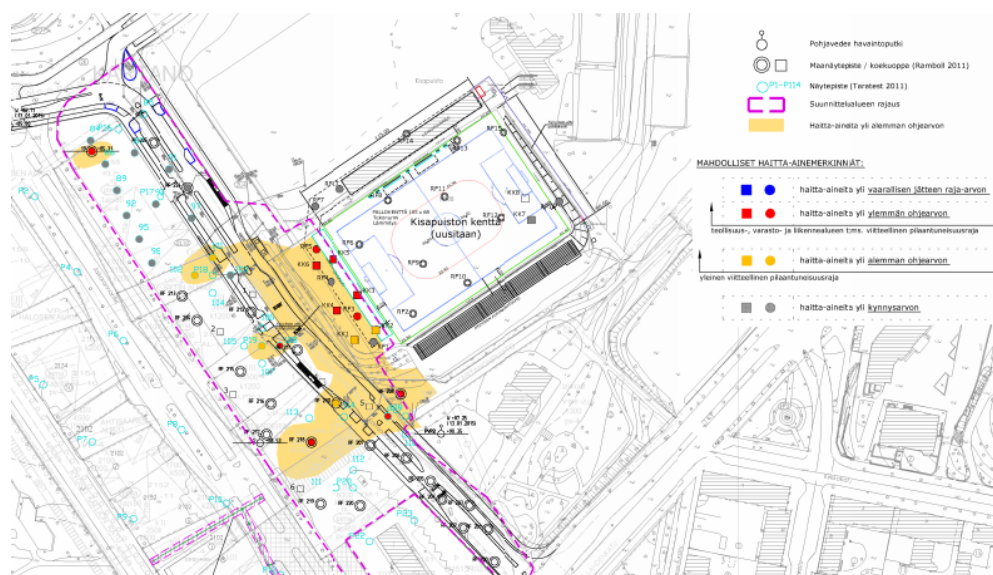
Puhdistettu alue sijaitsee Lahden Rantakartanon alueella, entisen linja-autosaston läheisyydessä. Pilaantunutta maaperää on kartoitettu sijaitsevan entisellä pysäköintialueella, Kisapuiston kentän ja pysäköintialueen välisellä puistokaistalla. Kaavamuutoksien varjolla kohteeseen tulee muutoksia, lisäten sinne asuin-, liike- ja toimitilarakennuksia, julkisia rakennuksia, pysäköintilaitoksia sekä puistoja ja katuja. (ELY-keskus, 2017) Kohde on Lahden 1-luokan pohjavesialueella, joka tulee ottaa huomioon kunnostusta tehtäessä.

Kohteen sijaitessa hyvinkin vilkkaalla asutus-/keskusta-alueella, on toteutuksen kannalta erityisen tärkeää tehdä kattavaa riskinarviointia ennaltaehkäisemään ympäristöön mahdollisesti pääseviä haitta-aineita varten. Väliaikainen suojaus poiskaivetuille läjityskasoille oli ensisijaisen tärkeässä roolissa. Myös sateen sattuessa on tärkeää varmistaa, että veden mukana ei pääse kulkeutumaan haitta-aineita ympäristöön. Tätä ennaltaehkäistiin säännöllisellä keräävällä harjauksella.

Työturvallisuuden tärkeys korostuu tämänkaltaisessa kohteessa. On erittäin tärkeää informoida työntekijöitä noudattamaan erityistä huolellisuutta työskennellessä ihmiselle haitallisten aineiden välittömässä läheisyydessä.

### 6.2.1 Näytteenotto

Näytteenotolla havainnollistettiin pilaantuneen maa-aineksen levinneisyyttä ja ennaltaehkäistiin mahdollisia yllätyksiä kaivuun yhteydessä. Koekuoppia kaivettiin PIMA-kunnostuksen yhteydessä jatkuvasti, ja tilanteen mukaan siten, että mikäli havaittiin mahdollista pilaantuneisuuden leviämistä, suoritettiin koekuopan kaivuu ja näytteenotto.



Kuva 10. Koekuoppien sijainti (Ramboll, 1.12.2016)

### 6.2.2 Läjitysalueen pilanneet haitta-aineet

Maaperän pilaantuminen on johtunut pääasiallisesti polyaromaattisilla hiilivedyillä, jotka myös tunnetaan PAH-yhdisteinä, sekä raskasmetalleilla. PAH-yhdisteitä muodostuu orgaanisen aineen epätäydellisenä palamisreaktiona. Raskasmetallit käsitetään erittäin haitallisina ympäristölle, sillä niiden säilymisaika on erittäin pitkä.

Arviolta pilaantunutta maata on 8000m<sup>2</sup> alueella noin 17000m<sup>3</sup>. (ELY-keskus, 2017)

### 6.2.3 Haitta-ainetutkimukset

Tutkimuksien mukaan täyttömaakerroksesta on löytynyt pilaantuneisuutta noin 1,5-3,5m syvyydestä. Pilaantuneen kerroksen paksuus on ollut suurimmillaan 2,5m. Erityisinä viitearvojen ylittävinä yhdisteinä todettiin PAH-yhdisteet sekä raskasmetallit. (ELY-keskus, 2017)

Valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) asetetaan maaperälle haitallisten 53:n aineen ohje- ja kynnsarvot. Kohteessa ylittyneet ylemmät ohjearvot ovat olleet enimmillään seuraavat:

- PAH-yhdisteet	280mg/kg
- bentso(a)pyreeni	19mg/kg
- fluoranteeni	49mg/kg
- fenantreeni	43mg/kg
- naftaleeni	15mg/kg
- sinkki	560mg/kg
- kupari	750mg/kg

Täyttöalueen maassa aineet, jotka ylittävät valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) ylittyneet alemmat ohjearvot:

- lyijy	640mg/kg
- antimoni	17mg/kg
- elohopea	4mg/kg

Arseenipitoisuus on ollut enimmillään 10mg/kg, joka ylittää valtioneuvoston asetuksen (214/2007) kynnsarvon alueen luontaisesta taustapitoisuudesta. Alueella on myös tutkittu öljy- ja bensiinihiilivetyjen sekä kloorattujen alifaattisten hiilivetyjen pitoisuus, mutta nämä eivät ylittäneet kynnsarvoja tai määrittäysrajoja. (ELY-keskus, 2017)

Pohjaveden pinta sijaitsee noin 3-5m syvyydellä maanpinnasta. Tutkimusalueelle on asennettu pohjaveden havaintoputki, josta näytteenottoa on suoritettu. Tetrakloorieteenin pitoisuus on ollut koholla, ja suurimmillaan 230µg/l. PAH-yhdisteiden ja metallipitoisuuksien arvot olivat suhteellisen



pieniä. Havaitun tetrakloorieteenin alkuperää ei tiedetty. (ELY-keskus, 2017)

#### 6.2.4 Tavoitteet kunnostukselle

Kunnostuksen tavoitteina toimi periaatteellisesti jatkuva työnaikainen mitaus kaivetusta maa-aineksesta sekä pohjavedestä. Tärkeää oli kaivun yhteydessä seurata kaivantojen reunojen haitta-ainepitoisuuksia. Jäännöspitoisuuksia tutkittiin niiltä osin, kun alueen haitta-ainepitoisuuksia oli kunnostustavoitteessa todettu. Kunnostus katsottiin valmiiksi/päättyneeksi, kun haitta-ainepitoisuudet alittivat tavoitearvon tai kaivuu ylettyi pohjaveden pintaan asti. Kaivutyöt katsottiin päättyneeksi, kun maa-ainekset oli hyötykäytetty tai poistettu alueelta todettujen haitta-ainepitoisuuksien mukaisesti. (ELY-keskus, 2017)

	<i>Asuin-, liike-, toimisto- ja museorakennusten alueet</i>	<i>Puisto-, pysäköinti- ja katualueet</i>
<i>Haitta-aine</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>
Antimoni	10	50
Arseeni	50	100
Elohopea	2	5
Kupari	150	200
Lyijy	200	750
Sinkki	250	400
Antraseeni	5	15
Fenantreeni	5	15
Fluoranteeni	5	15
Naftaleeni	5	15
Bentso(a)antraseeni	5	15
Bentso(k)fluoranteeni	5	15
Bentso(a)pyreeni	2	2
PAH-yhdisteiden summa	30	100
Trikloorieteeni	1	5
Tetrakloorieteeni	0,5	2
Öljyhiilivetyjen bensiinjakeet (>C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> )	100	500
Öljyhiilivetyjen keskitysleet (>C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub> )	300	1000
Raskaat öljyjakeet (>C <sub>21</sub> -C <sub>40</sub> )	600	2000

Kuva 11. Taulukko tavoitteellisista haitta-ainepitoisuuksien raja-arvoista (ELY-keskus, 2017)

Tärkeää on eritellä kaivun aikana maita siten, että voimakkaammin ja lievemmin pilaantuneet maat ovat erossa toisistaan. Työn etenemistä ohjataan näytteiden perusteella, aistihavainnoin sekä analyysitulosten pohjalta. Kenttämittauksessa käytettävä analysaattori XRF (metalleille), Petroflag-analysaattori (öljyhiilivedyille) ja fotonisaattori (haihtuville hiilivedyille). (ELY-keskus, 2017)



Loppuraportti, joka laaditaan kunnostustöiden loputtua, palautetaan Hämeen ELY-keskukselle, ja joka sisältää:

- kaivutyön toteutuksen
- kunnostetut alueet ja näytteenottopisteet kartalla
- tehdyt kenttä- ja laboratorioanalyysien tulokset
- kirjanpito poistetuista maamassoista
- riskinarvio
- arvio pilaantuneiden maa-ainesten sijainnista ja määrästä (mikäli jää alueelle) (ELY-keskus, 2017)

#### 6.2.5 Valittu kunnostusmenetelmä

Kunnostusmenetelmäksi asettui massanvaihto, tätä voidaan pitää luvun 5.3.7 kunnostusmenetelmänä. Massanvaihdolla tässä tapauksessa tarkoitetaan haitta-aineita sisältävän täyttömaakerroksen poisto rajapintaan asti, missä haitta-ainepitoisuuden arvot alittavat puhdistustavoitteen. Kaivetut jätemaات lajiteltiin pitoisuuksien mukaan porrastaen, jotta eri tasoisesti pilaantuneet maa-ainekset eivät sekoitu keskenään. Mikäli kaivun aikana huomattiin erottuneita jätejakeita, oli käytössä seulontakone, jolla jätejakeet voitiin erotella. Nämä jakeet toimitettiin erikseen käsittelylaitokselle.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISIDEAT

Opinnäytetyön keskeisimpänä tarkoituksena oli pyrkiä hankkimaan tietoa maaperän tämänhetkisestä tilanteesta Suomessa sekä muualla Euroopassa. Tarkoituksena oli myös perehtyä maaperää pilaaviin haitta-aineisiin sekä niiden alkuperään sekä toimintojen ympäristövaikutuksiin nyky-yhteiskunnassa sekä tulevaisuudessa.

Lopputyössä tarkasteltiin Euroopan pilaantuneiden maiden tilannetta sekä siihen johtaneita syitä. Oli erityisen mielenkiintoista huomata, miten globaali asia on maaperän pilaantuminen, sekä missä skaalassa tätä voidaan tutkia. Monia lopputöitä tarkastelleena, oli sykähdyttävää huomata kunnostusmenetelmien suppeus toteutuksissa. Pääosin kunnostusmenetelminä oli pilaantuneiden maiden kaivuu ja poiskuljetus. Tämä ei henkilökohtaisena mielipiteenä anna oikeutta moninaiselle kunnostusmenetelmien kirjolle.

Syy- ja seuraussuhteet ovat nykypäivänä maaperän kunnostuksessa nousseet huomattavasti esille. Esimerkkinä polttoaineen jakelupisteillä maahan upotettavan säiliön ympäristö eristetään kohtuullisen paksulla muovikalvolla, jotta ympäristöön ei pääse valumaan haitta-aineita. Näin ei kuitenkaan ollut ennen, vaan haitta-aineita sisältäviä aineksia on 1900-luvun

alulla jo varhain levitelty ympäristöön, mikä on johtanut pidemmällä aikavälillä ympäristölle haitallisten aineiden kehitykseen, tai jo niitä sisältävien aineiden vahvistumiseen.

Maa-ainesten läjityspaikoilla, kuten Rantakartanossa suurimpana ongelmana oli puhdistettavan alueen laajuus. Tämä luo perspektiivin *in-situ* menetelmien mahdottomuuteen sekä toimivuuteen. Tässä kohteessa massanvaihto toimi hyvänä ja luotettavana ratkaisuna, mutta tulevaisuudessa olisi mahdollista ruveta soveltamaan paikan päällä tehtäviä kunnostusmenetelmiä suuremmalla volyymillä. Nykyään PAH-yhdisteitä kapseloidaan asuinrakennuksissa, täten poistamalla haitta-aineiden välitön yhteys ihmiseen. PAH-yhdisteet olivat suuressa roolissa Rantakartanon työmaan PIMA-vaiheessa. Kapseloinnin synonyymiksi voidaan maanrakennuksessa käsittää eristäminen. Eristämisellä voidaan nimensä mukaisesti haitta-aine eristää ympäristöstään, mutta tätä ei voida hyödyntää mahdottoman laajoissa kohteissa. Entäpä jos vastaavanlaista tekniikkaa voitaisiin soveltaa suurempiin kohteisiin? Tässä toki herää kysymys kaavoitusalueen tarkoituksesta ja varsinaisen ongelman peitosta, eikä kunnostuksesta.

Tutkittuani Euroopan ympäristökeskuksen toimialojen syitä maaperän pilaantumiseen, esille nousi jätteen käsittelystä ja jätetoiminnasta johtuvat maaperän pilaantumiseen vaikuttavat syyt. Voidaan siis todeta, että jätteen käsittelyyn on erityisesti kiinnitettävä huomiota nyky-yhteiskunnassa mieltien tulevaisuuden seurauksia väärin käsitellystä jätteestä. Tätä tulisi jätteen vastaanottolaitosten huomioida erityisesti.

Työn yhtenä tarkoituksena oli myös perehtyä, millainen oli Lahdessa toteutettava Rantakartanon pilaantuneiden maiden poistoprosessi. Varsinaisesti maaperän kunnostaminen tässä yhteydessä ei juuri eronnut massanvaihdosta normaalina työsuorituksena. Eroavaisuuksia oli suuri määrä poistettavaa maata sekä haitta-ainepitoisuuksien tarkka seuranta.

## LÄHTEET

- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 18.1.2017. Päätös pilaantuneen maaperän puhdistamisesta. Haettu 15.8.2018 osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Luvat\\_ilmoitukset\\_ja\\_rekisterointi/YSLn\\_kertaluonteisen\\_toiminnan\\_ilmoitusmenettely/Ilmoituspaatokset/Pilaantuneet\\_maaalueet/Pilaantuneiden\\_maaalueiden\\_kunnostuspaat\(25638\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/YSLn_kertaluonteisen_toiminnan_ilmoitusmenettely/Ilmoituspaatokset/Pilaantuneet_maaalueet/Pilaantuneiden_maaalueiden_kunnostuspaat(25638))
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (2017), Lahden Rantakartanon alueella puhdistetaan pilaantunutta maaperää (Päijät-Häme), haettu 9.8.2019 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/ely/-/lahden-rantakartanon-alueella-puhdistetaan-pilaantunutta-maaperaa-paijat-hame->
- Jätelaki 646/2011  
Haettu 20.3.2019 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>
- Kautto, P. 27.1.2017. Rantakartanon alue, *Pilaantuneen maaperän kunnostuksen kaivusuunnitelma*. Lahti, Ramboll.
- Kukkamäki, M. 2003. *Pilaantuneen maaperän puhdistaminen*. Helsinki, Suomen ympäristökeskus.
- Lainsäädäntö 30.7.2014, Ympäristöministeriö (Haettu 15.3.2019) [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Maaperansuojelulainsaadanto](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maaperansuojelulainsaadanto)
- Progress in management of contaminated sites 2.5.2014, European Environment Agency (Haettu 16.3.2019) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites-3/assessment>
- Pyy, O., Haavisto, T., Niskala, K. & Silvola, M. (2013). *Pilaantuneet maa-alueet suomessa – Katsaus 2013*. Helsinki, Suomen ympäristökeskus.
- Reinikainen, J. 2007. *Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäminen*. Helsinki, Suomen Ympäristökeskus.
- Suomen ympäristökeskus SYKE, 20.11.2014. Pilaantuneet alueet suomessa <https://www.ymparisto.fi/pilaantuneetalueetsuomessa>
- Ympäristöministeriö, Pilaantuneet alueet 30.6.2017 (Haettu 9.8.2018) [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Pilaantuneet\\_alueet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Pilaantuneet_alueet)

Ympäristönsuojelulaki 527/2014

Haettu 20.3.2019 osoitteesta

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>