



Helsingin kaupungin

Ympäristökeskuksen julkaisuja

7/94



Saastuneiden maa-alueiden kunnostusmenetelmät Helsingissä



Kannen kuva (öljyisen maan kompostoinnista): Virpi Salo
Tämä julkaisu on painettu sataprosenttiselle uusiopaperille

Katarina Leminen ja Pertti Fors

Saastuneiden maa-alueiden
kunnostusmenetelmät
Helsingissä

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	1
SAMMANDRAG	3
JOHDANTO	5
SAASTUNEET MAA-ALUEET	5
MAAPERÄN KÄSITTELYTARPEEN ARVIOINTI	6
KÄSITTELYMENETELMÄN VALINTA	7
KÄSITTELYVAIHTOEHDOT	8
Eristäminen	8
Stabilointi	10
Poltto	11
Maaperän pesu	13
Mikrobiologiset menetelmät	14
Huokosilmamamenetelmät	16
SAASTUNEIDEN MAA-AINESTEN SIJOITTAMINEN	18
Kaatopaikkasijoitus	18
Maankaatopaikkasijoitus	19
Erityisjätteen kaatopaikkasijoitus	19
Puhdistettujen massojen sijoittaminen	20
SAASTUNEEN ALUEEN KUNNOSTAMATTA JÄTTÄMINEN	20
SAASTUNEIDEN POHJAVESIEN PUHDISTAMINEN	21

KUNNOSTUSKUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN	22
Alueen ja maaperän esikäsittelykustannukset	22
Maa-aineksen kuljetuskustannukset	22
Käsittelykustannukset	23
Muut kustannukset	23
TULEVAISUUDEN NÄKYMIÄ	24
KIRJALLISUUSLUETTELO	25

YHTEENVETO

Helsingissä rakennetaan paljon alueille, jotka ovat aikaisemmin olleet teollisuus-alueita, jätteenkäsittelyalueita, ampumaratoja, huoltoasemia, satamia tai täyttöalueita. Entinen toiminta on saattanut liata maaperää ja pohjavettä, minkä vuoksi alue on tutkittava ja mahdollisesti kunnostettava ennen rakentamista. Maaperän tuleva kunnostustarve tulisi ottaa huomioon jo alueen kaavoituksessa.

Saastuneen maa-alueen kunnostamisella pyritään poistamaan maaperästä haitalliset aineet tai saattamaan ne haitattomaan muotoon.

Maaperän käsittelytarve arvioidaan alueen haltijan ja ympäristökeskuksen yhteistyönä alueella aikaisemmin olleiden toimintojen ja tutkimusten avulla.

Saastunut maa-aines tulee käsitellä siten, ettei siitä aiheudu myöhemminkään terveys- ja ympäristöhaittoja. Kunnostusmenetelmän valintaan vaikuttavat esimerkiksi kohteen sijainti, tuleva maankäyttö, hydrogeologiset tekijät sekä haitallisen aineen ominaisuudet ja määrä. Saastuneen maan käsittelyä varten haetaan ympäristölupa Uudenmaan lääninhallitukselta.

Suomessa on käytetty ainoastaan joitakin saastuneen maan käsittelymenetelmiä. Useimmiten likainen maa-aines on viety kaatopaikalle. Suomen olosuhteissa voitaisiin käyttää eri tapauksissa ainakin eristämistä, stabilointia, polttoa, pesua, sekä mikrobiologisia ja huokosilmamenetelmiä.

Vaikka Helsingissä ei käytetä yleisesti pohjavettä talousvetenä, tulisi joissakin tapauksissa myös saastunut pohjavesi puhdistaa, ettei sen mukana kulkeutuisi haitallisia aineita jo puhdistetulle maa-alueelle.

Saastuneen alueen kunnostuskustannukset saattavat olla huomattavan suuret. Varsinaisten käsittelykustannusten lisäksi kustannuksia aiheuttavat esimerkiksi tutkimukset, alueen ja maa-aineksen esikäsittely ja kuljetukset. Kustannukset muodostuvat tapauskohtaisesti riippuen alueen ja haitallisen aineen ominaisuuksista sekä käytettävän kunnostusmenetelmän sovellettavuudesta.

Elokuussa 1994 valmistuu ympäristöhallinnon "Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostus"-projektin selvitys saastuneista maista ja niiden kunnostustarpeesta. Raportissa esitetään myös ohjeellisia haitallisten aineiden pitoisuuksia helpottamaan saastuneen maa-aineksen kunnostustarpeen arviointia.

Myös kaatopaikkoja koskeva valtioneuvoston päätös on valmisteilla. Se tulee koskemaan soveltuvien osien myös saastuneiden maiden käsittelyä.

Tulevaisuudessa saastuneiden maiden käsittelyyn pyritään kehittämään entistä edullisempia ja tehokkaampia menetelmiä ympäristövaatimusten lisääntyessä.

SAMMANDRAG

I Helsingfors förekommer i stor utsträckning byggnation på områden som tidigare varit industriområden, avfallsbehandlingsområden, skjutbanor, servicestationer, hamnar eller utfyllningsområden. Eftersom den tidigare verksamheten kan ha smutsat ner mark och grundvatten, bör området undersökas och eventuellt saneras innan byggarbetena inleds. Behovet av markrengöring borde beaktas redan i planläggningsskedet.

Saneringen av nedsmutsade markområden går ut på att antingen avlägsna de skadliga ämnen eller göra dem oskadliga.

Utgående från den tidigare verksamheten och undersökningar som gjorts bedömer innehavaren av området och miljöcentralen i samråd hurdana åtgärder som behövs.

Förorenad jord skall behandlas så att den inte heller senare ger upphov till hälso-risker och miljöolägenheter. Vilken saneringsmetod man stannar för beror bl.a. på läge, kommande markanvändning, hydrogeologiska faktorer samt de skadliga ämnenas egenskaper och mängd. Miljötillstånd för behandlingen av förorenad jord söks hos länsstyrelsen i Nylands län.

I Finland har endast ett fåtal metoder för behandling av förorenad jord använts. För det mesta har den förorenade jorden transporterats till soptippar. I våra förhållanden kunde åtminstone avskiljning, stabilisering, bränning, tvättning, mikrobiologisk sanering och porluftsmetoden användas beroende på fallet.

Även om grundvatten inte allmänt används som hushållsvatten i Helsingfors, borde i vissa fall även förorenat grundvatten rengöras för att skadliga ämnen inte med detta vatten skall transporteras till ett redan rengjort markområde.

Kostnaderna för att sanera ett förorenat område kan bli ansenliga. Utöver de egentliga behandlingskostnaderna kommer kostnader för t.ex. undersökningar, förbehandling av området och jorden samt transporter. Kostnaderna varierar från

fall till fall beroende på områdets och det skadliga ämnets egenskaper samt saneringsmetoden.

Sommaren 1994 kommer miljöförvaltningen ut med en rapport om förorenade markområden och behovet att sanera dem. I rapporten anges också normativa halter för skadliga ämnen som kan tas till hjälp vid bedömningen av behovet att rengöra jord.

Också ett statsrådsbeslut gällande avstjälningsplatser är under beredning. I tillämpliga delar kommer det att gälla även behandlingen av förorenade markområden.

I och med att miljökraven ökar behövs i framtiden billigare och effektivare metoder för rening av förorenad mark.

JOHDANTO

Helsingissä rakennetaan paljon alueille, joiden maaperä on voinut likaantua aikaisemman toiminnan johdosta. Uudet rakentamiskohteet sijaitsevat usein entisillä teollisuusalueilla, jätteenkäsittelyalueilla, ampumaradoilla, huoltoasematontteilla, satamissa tai täyttöalueilla.

Tämän raportin tarkoituksena on antaa perustietoja saastuneen maan käsittelymenetelmistä sekä helpottaa saastuneen alueen maaperän kunnostamisen suunnittelua Helsingissä. Selvityksessä esitellään lyhyesti tärkeimmät käsittelyteknikat sekä arviot niiden kustannuksista. Käsittelymenetelmäkuvausten lopuksi on mainittu, jos menetelmää on käytetty tai sitä suunnitellaan käytettäväksi Helsingissä. Tarkempaa tietoa kunnostusmenetelmistä löytyy kirjallisuusluettelossa mainituista julkaisuista. Raportin lopussa on saastuneiden maiden käsittelystä vastaavien viranomaisten yhteystietoja Helsingin osalta.

Saastuneita maamassoja on Suomessa käsitelty toistaiseksi vähän. Käsittelyteknikat ovat uusia ja tutkimus- ja kehitystoiminta on alalla vilkasta. Yhä useammat yritykset tarjoavat erilaisia menetelmiä saastuneen maaperän puhdistamiseksi. Niistä on kuitenkin vähän kokemuksia Suomen olosuhteissa.

SAASTUNEET MAA-ALUEET

Maa-alueen katsotaan olevan saastunut, jos siinä oleva haitallisen aineen tai tekijän pitoisuus ylittää huomattavasti kyseessä olevan alueen luontaisen pitoisuuden ja aineen kokonaismäärä maaperässä on merkittävä tai saastuminen aiheuttaa alueen maankäytöstä ja ympäristöolosuhteista johtuen merkittävää välitöntä tai välillistä vaaraa luonnolle, ympäristölle tai terveydelle. Tällaiseksi alueeksi luetaan myös rannalta vesistöön jatkuva alue. (1 ja 2)

Teollisuusalueiden, huoltoasematonttien, satamien, entisten jätteenkäsittelyalueiden ja rantojen täyttöalueiden maaperä saattaa olla aikaisemman toiminnan johdosta likaantunut. Myös kemikaalionnettomuudet ovat voineet aiheuttaa maaperän

saastumista. Maassa olevat haitalliset aineet saattavat aiheuttaa terveys- ja viihtyvyyshaittoja alueella asuville tai työskenteleville sekä kuormittaa ympäristöä.

Mikäli edellä mainittujen alueiden käyttötarkoitus muuttuu tai alueelta poistetaan maamassoja, tulee alueen haltijan yhteistyössä ympäristökeskuksen kanssa selvittää maaperän likaantumisen todennäköisyys ja tarkemman tutkimuksen tarve alueella aiemmin olleen toiminnan perusteella. Laajoilla saastuneilla alueilla maaperän kunnostaminen tulee ottaa huomioon jo kaavoitusvaiheessa (3). Kemikaalionnettomuuksissa pelastuslaitos vastaa maaperän saastumisen ensitorjunnasta ja ympäristökeskus mahdollisen käsittelytarpeen määrittelemisestä.

Usein myös pohjavesi on likaantunut saastuneella maa-alueella. Helsingissä ei oteta talousvettä pohjavedestä lukuunottamatta yksityisiä kaivoja ja kriisiajan varavedenottoja. Vesilain mukaan pohjaveden pilaaminen on ehdottomasti kielletty.

MAAPERÄN KÄSITTELYTARPEEN ARVIOINTI

Saastuneen maa-alueen kunnostamisella pyritään poistamaan maaperästä haitalliset aineet tai saattamaan ne sellaiseen muotoon, ettei niistä aiheudu vaaraa ympäristölle tai alueella oleskelevien ihmisten terveydelle. Asunto- ja virkistyskäyttöön tulevien alueiden kunnostamiselle asetetaan tiukemmat tavoitteet kuin teollisuusalueiden käsittelylle.

Saastuneeksi epäillyn alueen aikaisempien toimintojen kartoittamisen perusteella arvioidaan tarkempien tutkimusten tarpeellisuus. Mikäli alue todetaan saastuneeksi, pyritään selvittämään maaperää lianneiden aineiden laatu ja määrä, niiden kulkeutuminen ympäristöön ja niistä mahdollisesti aiheutuvat haitat. Näiden asioiden selvittäminen vaatii kokeellista tutkimusta.

Alueella tarvittavien tutkimusten laajuus riippuu kunnostuksen tavoitteista, pilaantumisen laajuudesta ja luonnonolosuhteista.

Ympäristöviranomaiset selvittävät yleensä kartoituksen ja muutamien näytteiden perusteella, onko maaperään joutunut haitallisia aineita. Mikäli niitä todetaan, siirtyy vastuu tarkemmista tutkimuksista haitan aiheuttajalle. (2)

Saastuneiden maiden kunnostustarve tulisi selvittää laajoihin ja monipuolisiin ympäristötutkimuksiin perustuvan riskinarvioinnin perusteella, jossa on otettu huomioon haitallisten aineiden kulkeutumismahdollisuudet, eri reittien kautta tapahtuva altistuminen ja ympäristön kyky kestää kuormitusta. (2)

KÄSITTELYMENETELMÄN VALINTA

Saastunut maa-aines pyritään käsittelemään siten, ettei siitä voi myöhemminkään aiheutua terveys- tai ympäristöhaittoja. Kaatopaikkasijoituksella ongelma siirretään saastuneelta alueelta toiselle, tosin valvotummalle alueelle. (1)

Kun maaperä on todettu tutkimuksissa likaantuneeksi, selvitetään käytettävissä olevat maa-aineksen käsittelyvaihtoehdot. Kunnostusmenetelmän alustavaan valintaan vaikuttavat kohteen sijainti, nykyiset rakennelmat, tuleva maankäyttö sekä hydrogeologiset tekijät. On myös tunnettava likaantuneen alueen kolmiulotteinen laajuus sekä haitallisten aineiden pitoisuus, jakauma maassa ja fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. (4)

Asuinrakentamiseen käytettävät alueet ja pohjavesialueet tulisi kunnostaa käyttäen parasta olemassa olevaa tekniikkaa. Kunnostusmenetelmien tulisi myös kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän. (2)

Alustavassa tarkastelussa karsiutuu suuri osa menetelmistä, koska kukin menetelmä on kehitetty tiettyjen aineiden poistamista varten ja ne soveltuvat vain tietyille maa-aineksille. Lopullinen valinta tehdään taloudellisten, ajallisten, teknisten, terveydellisten, ympäristönsuojelullisten ja lakisäätteisten tekijöiden perusteella. (4)

Maaperän kunnostusmenetelmää joudutaan usein muuttamaan alueen olosuhteisiin sopivaksi. Joissakin tapauksissa yhdistetään useampia käsittelymenetelmiä, jotta päästäisiin toivottuun lopputulokseen.

Lopullinen käsittelymenetelmä valitaan yhteistyössä ympäristöviranomaisten kanssa. Käsittelijän valinnan jälkeen maa-aineksen kunnostukselle haetaan ympäristölupa. Maa-aineksen siirrosta kaatopaikalle tai Helsingin ulkopuolelle käsiteltäväksi tehdään jätehuoltolain mukainen jätehuoltoilmoitus ennen 1.1.1994 tapahtuneista maaperän likaantumistapauksista ja jätelain mukainen ilmoitus ympäristölautakunnalle kyseisen ajankohdan jälkeisistä saastumisista. Jätelain mukaan saastuneiden maiden kunnostusta koskevan jäteluvan ja jätehuoltoilmoituksen käsittelee Helsingissä Uudenmaan lääninhallitus.

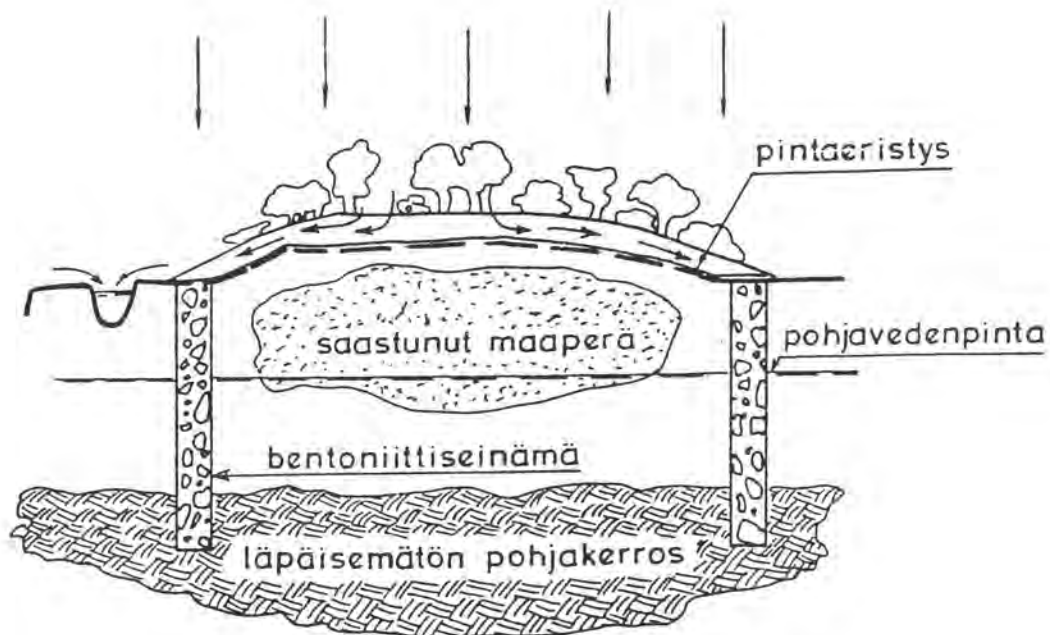
Kunnostustyön tekijällä on oltava riittävästi ammattitaitoa ja vastuuta. Menetelmän toimivuus on osoitettava ennen käsittelyä.

Saastuneen maa-aineksen välivarastointia tulisi välttää, koska ylimääräisestä massojen käsittelystä voi aiheutua uusia ympäristöongelmia esim. pölystä ja suotovesistä

KÄSITTELYVAIHTOEHDOT

Eristäminen

Saastuneen maan eristämällä tarkoitetaan haitallisten aineiden kulkeutumisen estämistä tai vähentämistä ympäristöön. Menetelmä kohdistuu ainoastaan kunnostettavan maa-aineksen ulkopintaan. Eristeinä käytetään esim. synteettisiä kalvoja tai huonosti vettä läpäisevää maata. Menetelmä soveltuu lähinnä suurten jätealueiden kunnostamiseen. Eristystä voidaan käyttää myös yhdessä muiden menetelmien esim. kemiallisen stabiloinnin kanssa. (1 ja 5) Kuvassa 1 on esitetty saastuneen maa-alueen eristämisen periaate.



Kuva 1. Saastuneen maa-alueen eristämisen yleinen malli (4)

Yleisimmin käytetyllä pintaeristyksellä voidaan estää sade- ja pintavaluntavesien pääsyä saastuneeseen maa-ainekseen sekä siitä aiheutuvan suotoveden muodostumista. Pintaeristyksellä voidaan myös vähentää haitallisten kaasujen ja pölyjen pääsyä ympäristöön. Pysty- ja pohjaeristyksellä voidaan vaikuttaa kohteen läpi virtaavaan pohjaveteen sekä muodostuvaan suotoveteen. (1)

Eristystekniikoita käytettäessä haitallisia maa-aineksia ei poisteta maaperästä, joten ne muodostavat edelleen vaaran ympäristölle. Eristyksessä käytettävän materiaalin tiiviys saattaa vanhetessaan huonontua. Rakenteet on suunniteltava niin, etteivät ne vaurioidu epätasaisten painumien, kasvillisuuden tai roudan vaikutuksesta. Joskus alueen asukkaat eivät hyväksy saastuneen maa-aineksen jättämistä paikalleen. Eristystekniikoiden vaatimat yksityiskohtaiset tutkimukset voivat olla vaikeita. Lisäksi eristäminen edellyttää alueen ympäristökuormituksen pitkäaikaista seuranta ja suoritettujen toimenpiteiden tarkkaa dokumentointia, jotta myöhempi rakentaminen alueella ei vaurioita eristerakenteita. (1 ja 2)

Eristystekniikka ei yleensä sovellu alueille, joilla maaperä on hyvin vettä läpäisevää ja pohjavesien pilaantumisvaara on suuri. (2)

Pintaeristys on yleensä yksinkertaisin ja halvin käsittelymenetelmä. Pintaeristykseen kustannukset ovat olleet ilman kuljetus- ja maansiirtokustannuksia 190 000 - 1 810 000 mk/ha. (1)

Helsingissä ampumaratojen lyijypitoisen maan erääksi käsittelyvaihtoehdoksi on esitetty kemiallisesti stabiloidun maa-aineksen eristämistä huonosti vettä läpäisevällä materiaalilla.

Stabilointi

Saastuneen maan stabiloimisella tarkoitetaan haitallisen aineen sitomista fysikaalisesti tai kemiallisesti sideaineen avulla maaperän rakenteeseen. Näin voidaan estää aineiden kulkeutumista ympäristöön. Useimmissa menetelmissä vaikutetaan maaperän yleisiin ominaisuuksiin kuten vedenläpäisevyyteen. (1)

Stabilointi soveltuu mm. metallipitoisten massojen käsittelyyn. Orgaanisten yhdisteiden stabilointi on usein vaikeampaa esim. niiden haihtuvuuden vuoksi. (4)

Stabiloinnin onnistumiseen vaikuttavat maaperän laatu ja sen sisältämän hajoavan orgaanisen aineksen määrä.

Stabiloinnissa voidaan käyttää erilaisia sideaineita esim. sementtiä, kalkkia, asfalttia ja joitakin teollisuuden jäteaineita maa-aineksen sisältämien epäpuhtauksien mukaan. Sideaine voi myös reagoida käsiteltävän maa-aineksen kanssa pienentäen haitallisten aineiden liukenevuutta stabiloidusta massasta. (4)

Maa-aines voidaan stabiloida sekoittamalla sideaine esimerkiksi betonin sekoittamiseen tarkoitetuilla laitteilla tai suoraan maaperään. Jälkimmäinen menetelmä on taloudellisempi, mutta siitä saattaa pitkällä aikavälillä aiheutua päästöjä ympäristöön. Maamassat voidaan myös kuljettaa muualle käsiteltäväksi. (4)

Stabiloitu massa voidaan sijoittaa eri kohteisiin riippuen sen sisältämien haitallisten aineiden määrästä ja niiden liukenevuudesta. Puhtaimpia esim. betonoimalla stabiloituja massoja voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi tierakenteisiin. Masso-

jen muita sijoituspaikkoja voivat olla myös kunnostettava alue itse ja kaatopaikat. Stabiloitua maa-ainesta ei saa sijoittaa alueille, jossa ne voivat aiheuttaa ympäristöriskejä kuten pohjavesialueille tai vesistöjen läheisyyteen. Stabiloidun massan sijoittaminen edellyttää tarkkaa dokumentointia ja varsinkin suuria massamääriä sijoitettaessa alueen ympäristön tarkkailua. (1)

Ennen kunnostusta on selvitettävä stabiloidun maa-aineksen sisältämien haitallisten aineiden määrä ja niiden pitkän ajan liukoisuus. Tutkimuksissa pyritään selvittämään alueelle sijoitetun stabiloidun maa-aineksen mahdollisuudet aiheuttaa riskejä ympäristölle ja ihmisten terveydelle pitkän ajan kuluessa. Menetelmää ei voida käyttää, jos stabiloinnin yhteydessä maa-aineksessa tapahtuvia kemiallisia reaktioita ei tunneta. (2 ja 6)

Yleisin Suomessa käytetty stabilointimenetelmä on betonointi, jolla on käsitelty esimerkiksi raskasmetallipitoisia maa-aineksia. Maanrakentamiseen kehitettyä massastabilointia voidaan käyttää joissakin tapauksissa myös saastuneiden maiden käsittelyyn. (6 ja 7)

Stabilointikustannuksiin vaikuttavat käytetyt sideaineet, sekoitustekniikka ja massojen sijoituspaikka. Betonoinnin kustannukset ovat olleet 200 - 500 mk/m³ ilman kuljetus- ja maansiirtokustannuksia. Mikäli betoni sijoitetaan routarajan alapuolelle, sen kestävyys saa olla heikompi. Tällöin voidaan kustannuksia alen-
taa alle 200 mk/m³. (1 ja 2)

Helsingissä ei ole kokemuksia stabilointimenetelmien käyttämisestä, mutta betonointia tai kemiallista stabilointia suunnitellaan käytettäväksi Malmin ja Viikinmäen ampumaratojen lyijypitoisen maan käsittelyyn.

Poltto

Lämpökäsittelymenetelmiä käytetään paljon ulkomailla. Lähes kaikkia maalajeja voidaan polttaa riippumatta niiden humus- ja hienoainepitoisuudesta. Tavallisin terminen menetelmä on orgaanisella yhdisteellä likaantuneen maan poltto rumpuunissa. (1 ja 8)

Termisillä menetelmillä voidaan käsitellä erilaisia orgaanisia yhdisteitä, vapaita ja kompleksisia syanidiyhdisteitä sekä elohopeaa ja mahdollisesti kadmiumia sisältäviä maa-aineksia. Muita raskasmetalleja voidaan sitoa kuonaan. Orgaaniset yhdisteet voidaan poistaa maa-aineksesta polttamalla nopeasti ja täydellisesti. (1 ja 8)

Useimmat termiset menetelmät voidaan luokitella kuuluviksi joko matalalämpötila- tai korkealämpötilaprosesseihin. Käsiteltäessä maa-ainesta termisesti alle 850 °C:n lämpötilassa tarkoituksena on erottaa orgaaniset aineet käsiteltävästä materiaalista. Kaasufaasiin siirtyneet haitta-aineet hajotetaan esim. polttamalla. Matalalämpötilaprosessit soveltuvat yleensä parhaiten alle 10 000 mg/kg helposti höyrystyviä haitta-aineita sisältäville massoille. Poltettaessa maa-ainesta matalassa lämpötilassa se ei sulaa ja siksi raskasmetallit eivät sitoudu kuonaan. Massapoltto ei yleensä sovelleta kloorattujen yhdisteiden käsittelyyn, koska tällöin voi syntyä erittäin haitallisia dioksiineja ja furaaneja. Menetelmän etuna on pieni energiantarve verrattuna korkeassa lämpötilassa polttamiseen. Tarvittavat laitteet ovat pienikokoisia ja ne voidaan tarvittaessa siirtää kunnostuskohteeseen, ja käsitellyt maa-ainekset sijoittaa takaisin alueelle. (2 ja 8)

Korkealämpötilaprosessissa haitta-aineet palavat suurimmaksi osaksi massan kuumennusvaiheessa yli 900 °C:n lämpötilassa. Tarvittaessa polttokaasut käsitellään jälkipolttokammiossa. Menetelmää voidaan käytännössä toteuttaa ainoastaan jätteenpolttolaitoksissa. Polttaminen korkeassa lämpötilassa soveltuu kaikille orgaanista ainetta sisältäville maa-aineksille, myös PCB:lle ja dioksiineille. Yhdisteen pitoisuus ei aiheuta ongelmia. Epäorgaaniset yhdisteet sitoutuvat korkeassa lämpötilassa poltettaessa kuonaan. Korkealämpötilaprosessin haittana on suuri energiantarve, jonka seurauksena käsittelykustannukset ovat suuret. (1 ja 8)

Termiset menetelmät tarvitsevat runsaasti energiaa. Poltossa vapautuvat savukaasut täytyy puhdistaa eri menetelmillä käsiteltävästä yhdisteestä riippuen. (1)

Ekokem Oy:n toisella rumpu-uunilla voidaan polttaa saastuneita maamassoja massapolttolla 500 - 700 °C lämpötilassa. Massapoltto soveltuu parhaiten tapauksiin, joissa massamäärä on suuri ja maaperä on saastunut esim. voitelu- ja polt-

toöljyllä, kloorifenoleilla, klooratuilla liuottimilla tai kreosooteilla. Massapoltosta jäljelle jäävä maa-aines on niin puhdasta, että se voidaan käyttää esim. täytemaana. (9)

Ekokem Oy:ssä maamassoja voidaan myös polttaa yli 1 300 °C lämpötilassa tehopoltoilla, joka soveltuu erityisesti orgaanisten biologisesti hajoamattomien tai hitaasti hajoavien haitta-aineiden poistamiseen. Näitä ovat esim. dioksiinit ja furaanit, PCB-yhdisteet ja orgaaniset torjunta-aineet. Menetelmä soveltuu myös tapauksiin, joissa saastuminen on tapahtunut sekä orgaanisilla että epäorgaanisilla aineilla. Tehopoltoissa syntyy lopputuotteena inerttiä kuonaa, jota voidaan käyttää esimerkiksi kaatopaikkojen peittomaana. (9)

Suomessa on myös poltettu poltto- ja voiteluaineilla saastunutta maata asfalttiasemien rumpu-uuneissa (1). Käsittelystä jäävä kiviaines voidaan käyttää asfaltin raaka-aineeksi, jos se on laadultaan sopivaa.

Saastuneen maan polton kustannukset ovat olleet Ekokem Oy:llä noin 1 200 - 3 000 mk/m³ ja siirrettävässä rumpu-uunissa noin 250 mk/m³ ilman kuljetus- ja maansiirtokustannuksia. (1 ja 9)

Esimerkiksi huoltoasemien polttoaineilla likaantuneita maa-aineita on Helsingissä toimitettu Seutulän öljyisten maiden vastaanottoaseman kautta Ekokem Oy:lle poltettavaksi, jos niitä ei ole voitu viedä kaatopaikalle suuren öljypitoisuutensa vuoksi. Erään Helsingin huoltoaseman öljytuotteilla likaantunutta maata poltetaan asfalttiasemalla Vantaalla öljypitoisuuden pienentämiseksi. Asfaltin tekoon hyvin soveltuvana maa-aines käytetään asfaltin raaka-aineena.

Maaperän pesu

Maaperän pesulla tarkoitetaan sekä saastuneen maaperän huuhtelemista että irrotetun maa-aineksen käsittelyä pesulaitteistossa. Puhdistus perustuu haitallisten aineiden siirtymiseen nesteeseen ja poistumiseen nesteen mukana. Menetelmien puhdistusteho vaihtelee laitteistosta, haitta-aineista ja maalajista riippuen 70 - 95 % välillä. (1)

Pesu soveltuu parhaiten hiekkamaalle, jonka humus- ja hienoainespitoisuus on pieni. Siltti, savi ja hienoainespitoinen moreeni eivät yleensä sovellu pesuun. Menetelmä edellyttää jätevesien käsittelyä. Muodostuva liete on ongelmajätettä, jolle on suunniteltava oma käsittelynsä. Lisäksi käsitellyt maamassat ovat edelleenkin lievästi saastuneita. (1)

Maaperän pesumenetelmiä ei ole toistaiseksi käytetty Suomessa. (1)

Mikrobiologiset menetelmät

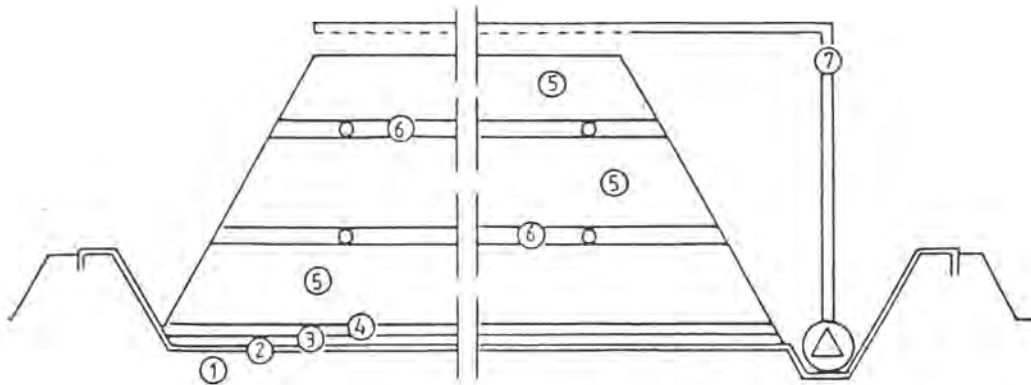
Useat maa-alueet ovat saastuneet mikrobiologisesti hajoavilla orgaanisilla yhdisteillä, jotka muuttuvat tai hajoavat hitaasti maaperässä lähinnä mikrobien vaikutuksesta. Esimerkiksi liuottimien hajoaminen voi kestää ilman ravinteiden ja hapen lisäystä jopa kymmeniä vuosia. Jos likaantuneeseen maahan lisätään haitallista yhdistettä ravintonaan käyttäviä tai niitä muuten hajottavia mikro-organismeja, voidaan maan mikrobiologista puhdistumista edistää. (1 ja 10)

Mikrobiologisesti hajoavia kemikaaleja ovat sulfidit, vapaat ja kompleksiset syanidit, alifaattiset hiilivedyt ($C < 30$), lyhyet ja vähän halogenoidut alifaattiset hiilivedyt sekä korkeintaan kolmirenkaiset aromaattiset hiilivedyt. (4)

Mikrobiologisten menetelmien etuja ovat yksinkertaiset järjestelyt, alhaiset kustannukset sekä vähäinen energian tarve. Menetelmiä voidaan soveltaa, vaikka haitallisten aineiden pitoisuudet olisivat pieniä. (1)

Yleisin mikrobiologinen menetelmä on kompostointi aumoissa tai altaissa. Kompostoitavaan massaan sekoitetaan ilman kulkemisen parantamiseksi kuohkeuttavia aineita esim. puunkuorta. Kompostoitumisen edistämiseksi voidaan käyttää kastelua, ilmastointia sekä lämmön ja kosteuden poistumista estäviä kerroksia. (1)

Kuvassa 2. seuraavalla sivulla on esitetty aumakompostin läpileikkaus.



- | | |
|--|--|
| 1 = Pohjan tasaus (sora, hiekka) | 5 = Saastuneen maan ja jauhetun puukuoren sekoitus |
| 2 = Pohjaeriste (2 mm:n muovikalvo) | 6 = Ilmava välikerros ilmastusputki- |
| 3 = Salaojitus | neen |
| 4 = Saasteita osittain adsorboiva ohjakerros (jauhettua puukuorta) | 7 = Kastelulaitteet |

Kuva 2. Kastelulla ja ilmastuksella varustettu komposti (4)

Saastuneita maamassoja voidaan käsitellä myös rumpukompostoreilla. Niissä mikrobiologiset hajoamisolosuhteet voidaan säätää helposti sopiviksi. Tasaiset, hallitut olosuhteet ja tehokas sekoitus takaavat suurienkin öljypitoisuuksien (10-40 %) hajoamisen muutamassa viikossa. Rumpukompostorien käyttöä rajoittaa lähinnä lujuusominaisuuksiltaan riittävien laitteiden puute. Rumpukompostoinnissa on saavutettu öljypitoisuuden 70 - 92 % reduktio 12 - 40 vrk:n viipymällä. (1 ja 10)

Mikrobiologisissa menetelmissä haitta-aineiden on tarkoitus hajota vedeksi, hiilidioksidiksi ja haitattomiksi suoloiksi mahdollisimman hyvin. Menetelmä voi kuitenkin johtaa joissakin tapauksissa alkuperäistä myrkyllisemmän yhdisteen syntymiseen. Kunnostussuunnitelmassa tulee esittää hajoamisen välivaiheet sekä hajoamistuotteet. Hajotusprosessia tulee seurata ja ohjata huolellisesti koko käsittelyn ajan. Maaperän epähomogeenisuus ja yhdisteiden suuret pitoisuusvaihtelut saattavat huonontaa puhdistustulosta. Käsittely saattaa kestää jopa vuosia, joten käsittelijän on pystyttävä takaamaan käsittelyn lopputulos. Kompostointi

vaatii huomattavan suuren vettä läpäisemättömän maa-alueen. Käsittelyssä mahdollisesti muodostuvat suotovedet on voitava kerätä ja käsitellä. (1 ja 10)

Mikrobiologisia kunnostusmenetelmiä voidaan mahdollisesti käyttää jo rakennetuilla alueilla aiheuttamatta alueen käytölle huomattavaa haittaa. (2)

Suomessa on kompostoitu esimerkiksi kloorifenolipitoisia ja öljyisiä maita aumoissa. Kloorifenolien reduktio orgaanisesta maasta oli viidessä vuodessa 99,5 % käsiteltäessä 300 m³ maata. Huoltoasemien likaisten maiden kompostoinnissa on saavutettu yli 60 %:n reduktio öljypitoisuudessa noin viiden kuukauden käsittelyaikana. (10 ja 11)

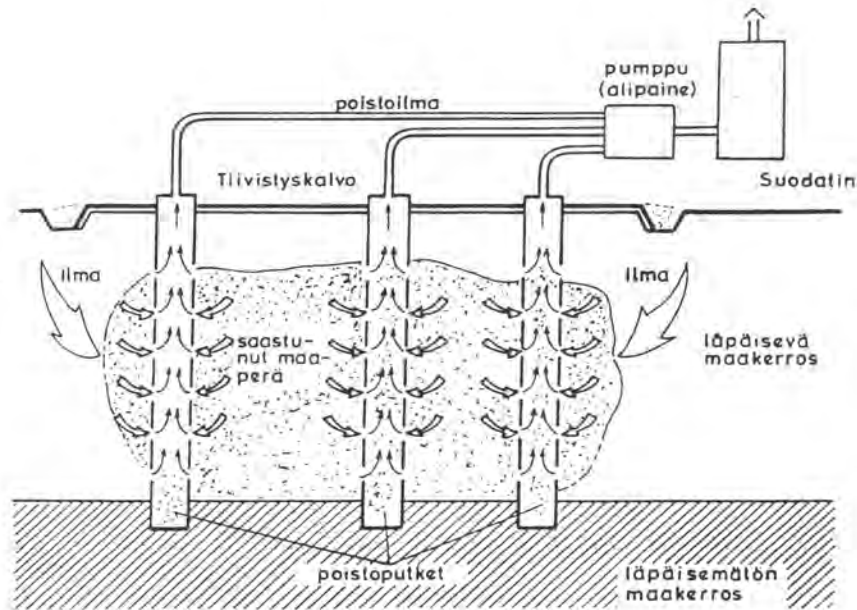
Kompostoinnin kustannukset ovat noin 200 - 1 000 mk/m³ ilman kuljetus- ja maansiirtokustannuksia. (1 ja 10)

Helsingissä kokeillaan rumpukompostointia ampumaratojen lyijypitoisen maan esikäsitteilynä, jossa saastuneen humus- ja kasvillisuuspitoisen massan orgaanisen aineksen määrää pyritään pienentämään stabilointiin paremmin soveltuvaksi.

Herttoniemen öljysatama-alueelta poistettujen kreosoottipitoisten maa-ainesten aumakompostointi on alkamassa kesällä 1994. Käsittelyn oletetaan kestävän noin vuoden.

Huokosilmamenetelmät

Ilmastusmenetelmissä helposti haihtuvat yhdisteet poistetaan maaperästä vaihtamalla likaantunut ilma puhtaaseen. Alipainemenetelmässä haitalliset aineet imetään maakerroksesta. Ylipainemenetelmässä yhdisteitä poistetaan johtamalla puhdasta paineilmaa maaperään. Menetelmiä voidaan tehostaa kohottamalla maaperän lämpötilaa esimerkiksi höyryn avulla. (1) Kuvassa 3. seuraavalla sivulla on esitetty maaperän alipainekäsittely.



Kuva 3. Maaperän alipainekäsittely (4)

Ilmastusmenetelmät sopivat hyvin haihtuvien yhdisteiden poistoon. Käsittelytekniikka on suhteellisen yksinkertaista. Haitallisia aineita voidaan poistaa orsi- ja pohjavesikerroksen yläpuolisesta maakerroksesta. (1)

Huokosilmapumppaukseen vaikuttavat likaantuneen alueen laajuus kolmiulotteisesti ja homogeenisuus, vedellä kyllästymättömän kerroksen paksuus, maan tuleva käyttö, maaperän laatu ja kosteus sekä saastuttaneen kemikaalin ominaisuudet. Myös teknisillä ratkaisulla esim. kaivorakenteella, pumppausteholla ja ajalla, kaivojen etäisyyksillä ja alueen kattamisella voidaan vaikuttaa pumppauksen onnistumiseen. Pohjaveden pinnan laskemisella voidaan suurentaa käsiteltävän maan tilavuutta. Huokoskaasumenetelmää voidaan käyttää jo rakennetuilla alueilla. Menetelmän huonona puolena on käsittelyn jatkuminen jopa vuosien ajan. (2 ja 12)

Haihtuvat yhdisteet erotetaan poistoilmasta aktiivihiiლისuodattimella, jäähdytyksellä tai polttamalla. (1 ja 12)

Suomessa on huokosilmamenetelmää käytetty esimerkiksi useiden eri liuottimien likaaman maan puhdistamiseen eräällä teollisuusalueella. Käsittelyssä poistettiin yhteensä 7,7 t liuottimia. (12)

Ilmastusmenetelmillä voidaan käsitellä laajoja saastuneita alueita varsin edullisesti. Suurimman kustannuksen käsittelyssä aiheuttaa huokosilman puhdistaminen. Huokosilmatekniikan kustannukset riippuvat ratkaisevasti likaantumisalueen olosuhteista. Tyypillisten investointikustannusten voidaan arvioida olevan 50 000 - 200 000 mk. (2 ja 12)

SAASTUNEIDEN MAA-AINESTEN SIOITTAMINEN

Kaatopaikkasijoitus

Lievästi saastuneita maamassoja voidaan sijoittaa kaatopaikalle sijaintikunnan ympäristöviranomaisen ja kaatopaikan hoitajan luvalla. Kaatopaikalle voidaan sijoittaa myös jo käsiteltyjä maita, joita ei voida haitattomasti sijoittaa muualle.

Pääkaupunkiseudun ainoa kaatopaikka on Ämmäsuolla Espoossa, jonne Helsingistä on viety lievästi saastuneita maita. Likaantuneen maan sijoittamiseen Ämmäsuon kaatopaikalle tarvitaan YTV:n jätehuoltolaitoksen ja Espoon ympäristökeskuksen lupa.

Kaatopaikalle voidaan sijoittaa maaperän laadusta riippumatta kaikenlaisia maamassoja. Ämmäsuon kaatopaikalle otetaan vastaan maita, joiden sisältämän haitallisen aineen pitoisuus ei aiheuta ongelmia kaatopaikalla. Pitoisuusrajat määritetään tapauskohtaisesti, jos haitallisen aineen pitoisuus maaperässä ylittää vesi- ja ympäristöhallituksen antaman kyseistä ainetta koskevan rajoitettuun maan käyttöön sovellettavan ohjeellisen raja-arvon. (2 ja 13)

Saastuneesta maasta liukenevien aineiden määrittämiseen tullaan käyttämään uuttomenetelmiä. EU:n kaatopaikkadirektiiviluonnoksessa (COM (93)/C 212) ehdotetaan käytettäväksi saksalaista DIN-testiä. (14)

Kaatopaikkakäsittelyn kustannukset ovat olleet Suomessa 200 - 400 mk/m³ kuljetuskustannuksineen. Jos maa-aines voidaan käyttää kaatopaikan peittoon tai tieaineeksi, vastaanottomaksu on ollut 80 mk/kuorma vuonna 1994. (1 ja 15)

Helsingissä on viety kaatopaikalle kaikki saastuneet maa-ainekset, joiden pitoisuudet ovat ylittäneet ohjeelliset rajoitetun maankäytön raja-arvot ja alittaneet kaatopaikkakelpoisuudelle annetut pitoisuudet. Muutamaa poikkeusta lukuunottamatta kaikkien Helsingissä kunnostettujen alueiden likaantuneet maa-ainekset on viety kaatopaikalle.

Maankaatopaikkasijoitus

Erittäin lievästi saastuneita maamassoja voidaan sijoittaa maankaatopaikoille Helsingissä ympäristökeskuksen ja rakennusviraston luvalla.

Sijoitettaessa maa-ainesta maankaatopaikalle haitallisen yhdisteen pitoisuus ei saa ylittää vesi- ja ympäristöhallituksen saastuneelle maalle antamaa rajoitetun käytön raja-arvoa eikä maa-aines saa haista liuottimelle tai öljylle.

Lievästi likaantuneet maat sijoitetaan maankaatopaikoilla savialtaisiin ja niiden päälle tulee vähintään metrin paksuinen kerros puhdasta maata.

Vuonna 1994 maankaatopaikoille sijoitettavasta liejusta ja savesta peritään 160 mk/kuorma ja muista maa-aineksista 80 mk/kuorma. (16)

Vuosaaren maankaatopaikalle on sijoitettu esim. lievästi lyijypitoisia maita.

Erityisjätteen kaatopaikkasijoitus

Erityisjätteen kaatopaikkoja on Suomessa tällä hetkellä Ekokem Oy:llä sekä joillakin teollisuuslaitoksilla omaa käyttöä varten. Erityisjätteen kaatopaikkojen vaatimustaso on korkea esimerkiksi pohjan ja pinnan tiiviyyden osalta. Tällaiselle kaatopaikalle sijoitetaan sellaista maa-ainesta, jota ei muutoin pystytä käsittelemään tai joka vaatisi liian työläitä esikäsittelyvaiheita sekä Ekokem Oy:n maa-aineksen poltosta syntynyttä kuonaa.

Erityisjätteen kaatopaikalle voidaan sijoittaa erilaisia maamassoja niiden sisältämien haitallisten aineiden pitoisuuksista riippumatta. Erikoiskaatopaikkakäsittely

soveltuu parhaiten epäorgaanisia haitta-aineita sisältäville massoille. Orgaanista materiaalia sisältävät massat eivät sovellu kaatopaikalle. Joissakin tapauksissa maa-aines poltetaan tai stabiloidaan ennen erityisjätteen kaatopaikalle sijoittamista. (9)

Puhdistettujen massojen sijoittaminen

Maa-ainekset tulisi käsitellä niin, että ne voitaisiin sijoittaa takaisin kunnostettavalle alueelle, jolloin niiden mahdollisesti aiheuttamaa ympäristöongelmaa ei siirretä paikasta toiseen. Käsitellyn maa-aineksen käyttö erilaisiin maarakennuskohteisiin riippuu sen sisältämien aineiden laadusta, määrästä ja liukenevuudesta. Käsiteltyjen massojen hyötykäyttöä varten kehitetään uuttotestiä, jonka avulla tulevaisuudessa voidaan arvioida massoille turvallinen sijoituspaikka. (1)

Käsitellyt massat tulee sijoittaa harkitusti ja niiden sijainti on kirjattava siten, ettei niiden sijoituspaikalla tehdä myöhemminkään maansiirtotöitä. Massojen sijoitusalueen vedenläpäisevyysarvon tulee olla aina korkeintaan 10^{-7} m/s. Maa-massoja voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi kaatopaikkarakenteissa ja huonosti vettä läpäisevällä maalla tierakenteisiin. Pohjaveden pinnan ja sijoitettavan massan väliin on jäätävä ainakin metri huonosti vettä läpäisevää maata. (1)

Sijoituspaikka hyväksytään kunkin alueen ja sijoitettavan maa-aineksen laadun ja määrän perusteella tapauskohtaisesti.

SAASTUNEEN ALUEEN KUNNOSTAMATTA JÄTTÄMINEN

Maaperää ei tarvitse kunnostaa, jos haitallisten aineiden pitoisuudet ovat riittävän pieniä. Joissakin olosuhteissa kunnostamatta jättäminen on myös vaihtoehto lopputulokseltaan epävarmalle, suhteettoman kalliille tai jopa ympäristölle haitalliselle käsittelylle. (1)

Asunto- ja virkistysalueilla pintamaan haitallisen aineen pitoisuus ei saa ylittää vesi- ja ympäristöhallituksen ohjeiden mukaisia maaperän moninaiskäytön sallivia

ohjearvoja. Teollisuusalueilla pintamaassa ja muualla metrin syvyydessä saa olla haitallisia yhdisteitä korkeintaan vastaavien ohjeiden rajoitetun maankäytön sallivien raja-arvojen verran.

Mikäli alue joudutaan jättämään kunnostamatta, siitä aiheutuvat ympäristö- ja terveyshaitat pitää pienentää mahdollisimman alhaisiksi. Ihmisten kosketus maa-ainekseen tulee estää ja haitallisen aineen päästöjä ympäristöön tarkkailla.

SAASTUNEIDEN POHJAVESIEN PUHDISTAMINEN

Jos maaperään joutuneet haitalliset aineet ovat vesiliukoisia, maaperän vedenläpäisevyys hyvä ja pohjaveden pinta lähellä maanpintaa, on todennäköistä, että pohjavesikin on likaantunut. (2)

Pohjavesi pumpataan yleensä maan pinnalle puhdistettavaksi ennen laskemista vesistöön tai takaisin maaperään. Joissakin tapauksissa se voidaan johtaa teollisuuden tai yhdyskuntien jätevesien käsittelylaitokselle. (2)

Pohjavesien puhdistamiseen voidaan käyttää esimerkiksi öljynerotuskaivoja, raskasmetallien kemiallista saostamista, flotaatiota, laskeutusta, suodatusta ja ilmastusta. (2)

Helsingin kaupungilla ei ole käytössä yleisiä pohjavedenottamoita. Saastuneesta pohjavedestä ei siten aiheudu terveydellistä haittaa kaupungin vesijohtoverkon piirissä oleville asukkaille. Haitalliset aineet voivat kuitenkin liikkua pohjaveden mukana puhtaille tai jo kunnostetuille maa-alueille. Helsingissä on lisäksi käytössä jonkin verran kiinteistöjen omia kaivoja. Pohjaveden saastuneisuuden tarkkailu on tärkeää kriisiajan vedenottamoiden ja kiinteistöjen kaivojen veden laadun arvioimiseksi. Pohjaveden puhdistamista ei kuitenkaan tällä hetkellä pidetä Helsingissä taloudellisesti mahdollisena, koska puhtaan talousveden saanti on muuten turvattu.

KUNNOSTUSKUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

Käsittelymenetelmä valitaan aina aluekohtaisesti. Menetelmää joudutaan usein muokkaamaan alueen ominaisuuksiin soveltuvaksi. Lisäksi samalla alueella tarvitaan usein erilaisia menetelmiä lievästi ja erittäin saastuneita maa-aineksia varten. Kunnostuskustannuksiin vaikuttaa oleellisesti alueen nykyinen ja tuleva maankäyttö.

Useat saastunutta maa-ainesta käsittelevät yritykset ovat valmiita tekemään koko kunnostustyön suunnitelmista loppusijoitukseen asti. Tällöin ne myös ovat vastuussa kunnostustyön onnistumisesta.

Alueen ja maaperän esikäsittelykustannukset

Alueella olevasta kasvillisuudesta ja maan vesipitoisuudesta voi aiheutua raivaus- ja kuivatuskustannuksia. Saastunut maa-aines on useimmiten kaivettava pois alueelta käsittelyä varten.

Joissakin tapauksissa maaperä on esikäsiteltävä ennen varsinaista kunnostamista. Esikäsitteilyjä voivat olla esim. kompostointi ja seulonta, joiden kustannukset vastaavat lievästi saastuneen maan käsittelyn kustannuksia.

Saastuneen maa-aineksen välivarastointia varten on mahdollisesti hankittava ja rakennettava sopiva alue. Jos käsiteltyä maata ei voida sijoittaa takaisin alueelle, aiheutuu puhtaiden täyttö- ja peitemaiden hankinnasta ja sijoittamisesta lisäkustannuksia.

Maa-aineksen kuljetuskustannukset

Maamassoja joudutaan useimmiten kuljettamaan käsittely- tai loppusijoituspaikalle. Kuljetuskustannukset voidaan arvioida seuraavasti: perusmaksu on 21 mk/m³ ja varsinaiset kuljetuskustannukset noin 3,30-3,50 mk/m³ jokaista alkavaa kilometriä kohden. Tavallisimmin käytetään kuorma-autoa, jonka lavan tilavuus on 8 m³. Koska tilavuudet on ilmoitettu kiintokuutiometreissä, pintamaata mah-

tuu yhteen kuormaan noin 6 m³. Löyhtymiskertoimena käytetään humus-, turve- ja hiesumaille arvoa 1,3. (17)

Käsittelykustannukset

Käsittelykustannukset aiheutuvat käsittelystä, maamassojen siirroista ja sijoittamisesta käytetyn menetelmän mukaisesti. Niitä ovat esimerkiksi käsittelylaitteiden investointi- tai vuokrauskustannukset, kemikaalikustannukset sekä kaasun- ja vesienkäsittelykustannukset. Ennen kuin menetelmä on lopullisesti valittu, on käsiteltävälle maa-ainekselle tehty erilaisia laboratorio- ja kenttäkokeita puhdistuloksen varmistamiseksi. Myös niiden aiheuttamat kustannukset on otettava huomioon. Käsiteltyjen massojen sijoituspaikan hankinnasta ja kuormaamisesta aiheutuu mahdollisesti kustannuksia.

Muut kustannukset

Kunnostusmenetelmä valitaan saastuneesta maa-aineksesta todettujen aineiden ja niiden määrien perusteella. Käsittelymenetelmän toimivuus on todettava ennen kunnostuksen aloittamista. Alueen puhdistumista seurataan yleensä erilaisin tutkimuksin. Lisäksi kunnostuksen onnistumista tarkkaillaan usein vuosiakin kestäväällä ympäristön tilan seurannalla. Tutkimuskustannukset saattavat muodostua yllättävän suuriksi. Ne aiheutuvat tarkkailuohjelman laatimisesta, näytteiden ottamisesta ja analysoinnista sekä tulosten tulkinnasta.

Kunnostustyö vaatii useissa tapauksissa työsuojelellisia toimenpiteitä ja työteki- jöitä on mahdollisesti koulutettava uuteen tehtävään. Kunnostustyö lisää myös muita organisaatiokustannuksia kuten suunnittelua.

Saastuneiden maiden käsittelyä koskeville ympäristöluville ei toistaiseksi ole määrätty erillistä lupamaksua, joten lääninhallitus veloittaa niiden valmistelusta 272 mk/h. (18)

TULEVAISUUDEN NÄKYMÄÄ

Ympäristöhallinnon "Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostus"-projektin (SAMASE) selvitys maassamme olevista saastuneista maista ja niiden tulevasta kunnostamisesta on valmistumassa elokuussa 1994. Projektin raportissa esitetään eri aineiden pitoisuuksille maa-aineksen moninaiskäytön ja rajoitetun maankäytön ohjeavot.

Valmisteltavana oleva kaatopaikkoja koskeva valtioneuvoston päätös tulee koskemaan soveltuvien osin myös saastuneiden maiden käsittelyä, ja siihen sisältyy todennäköisesti kaatopaikoille sijoitettavan jätteen soveltavuuden testaaminen uuttotestillä. Saastuneiden maa-ainesten yli vuoden kestävää varastointia tulee koskemaan vastaavat määräykset kuin kaatopaikkoja. (14 ja 19)

Uuttotestien avulla tullaan todennäköisesti tulevaisuudessa päättämään käsitellyn maamassan sijoittamisesta hyötykäyttöön muualle kuin kaatopaikalle.

Saastuneen maa-aineksen käsittelymenetelmiä tutkitaan paljon eri puolilla maailmaa, ja niiden toimivuutta kokeillaan käytännössä myös Suomen olosuhteissa. Kokemuksien kartuttua menetelmien luotettavuus kasvaa. Myös käsittelykustannukset todennäköisesti laskevat.

Pääosa uusista menetelmistä perustuu maaperässä tapahtuvaan käsittelyyn, jossa haitallisia aineita poistetaan maaperästä pesemällä tai uuttamalla pohjaveden tai huokoskaasun avulla. Myös massojen kiinteytystä kehitetään siten, ettei maa-ainesta tarvitse kaivaa pois käsittelyä varten. (1)

Saastuneiden maa-ainesten käsittelemisen yleistymiseen tulevaisuudessa vaikuttaa osaltaan kaatopaikoille otettavien maa-ainesten pitoisuusrajoiden tiukentuminen. Mikäli saastunut maa-aines ei sellaisenaan kelpaa kaatopaikalle, se on käsiteltävä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Samase-projekti, maajätejaos **Saastuneiden maa-alueiden jätehuollon järjestäminen**. Luonnos 28.12.1993. Vesi- ja ympäristöhallitus.
2. Strandberg T. **Saastuneiden maa-alueiden kunnostukseen soveltuvat menetelmät**. Luonnos 4.2.1994. Vesi- ympäristöhallitus.
3. Koskela G., Sanasvuori E. ja Toropainen T. **Saastuneet maa-alueet maankäytön suunnittelussa**. Ympäristöministeriö, alueidenkäytön osasto. Selvitys 11/1993.
4. Jeltsch U. **Saastuneiden maa-alueiden kunnostus**. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja nro 44. 1990.
5. Tanskanen H. ja Kaija J. **Viikinmäen ampumaradan metallipitoisten maamassojen puhdistaminen ja kunnostaminen**. Loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. 1991.
6. Keppo M., Oy Partek Ab, suullinen tiedonanto 7.12.1993.
7. Karlstedt P. ja Halkola H. **Ylijäämäsavien massastabilointi**. Tiedote 61/1993. Helsingin kaupunki, kiinteistövirasto, geotekninen osasto. Helsinki 1993.
8. Salonen S. **Saastuneiden maa-ainesten terminen käsittely**. Luento 15.12.1993.
9. Salonen S. **Ekokemin vaihtoehdot saastuneiden maamassojen käsittelyyn**. Kirje 26.11.1993.
10. Puustinen J. **Öljyisen maaperän biologinen käsittely**. Luento 15.12.1993.

11. Valo R. **Kloorifenolijätteiden käsittely**. Luento 15.12.1993.
12. Ettala M. **Haihtuvien yhdisteiden poisto maaperästä huokosil-matekniikalla**. Luento 15.12.1993.
13. Anttila H., Espoon kaupunki, ympäristökeskus, suullinen tiedonan-to.
14. Rainio K., vesi- ja ympäristöhallitus, suullinen tiedonanto.
15. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnan (YTV) jätteenkäsittely-taksa 3.1.1994.
16. **Ylijäämämassojen vastaanotto Helsingissä**. Tiedote 25.1.1994.
Helsingin kaupunki, rakennusvirasto, katuosasto.
17. Puumalainen V., Helsingin kaupunki, rakennusvirasto, suullinen tie-donanto.
18. Kekoni P., Uudenmaan lääninhallitus, suullinen tiedonanto.
19. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista. Luonnos 26.4.1993.

SAASTUNEIDEN MAIDEN TUTKIMISESTA JA KUNNOSTAMISESTA
VASTAAVIEN VIRANOMAISTEN YHTEYSTIEDOT HELSINGISSÄ:

Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristövalvontayksikkö:

Viiipurinkatu 2, 00510 HELSINKI

fax 7099 2284

Johtava ympäristötarkastaja Eeva Linkola puh. 7099 2457

Saastuneista maa-alueista vastaava ympäristötarkastaja puh. 7099 2446

Päivystävä ympäristötarkastaja puh. 7099 2473

Uudenmaan lääninhallitus, ympäristöpalvelut:

Ratapihantie 9, 00520 HELSINKI

fax 1735 2791

Jätehuollosta vastaavat ylitarkastajat puh. 1735 2739 ja 1735 2735

Espoon ympäristökeskus

Kirkkojärventie 6 B, 02770 ESPOO

fax 8394 280

Ympäristötarkastajat puh. 8063*

28

YTV Jätehuoltolaitos (Ämmässuon kaatopaikka)

Opastinsilta 6 A, 00520 HELSINKI

fax 156 1369

Kaatopaikka-asioista vastaava henkilö puh. 15611*

HELSINGIN KAUPUNKI
YMPÄRISTÖKESKUS
Sturenkatu 25
00510 HELSINKI

KUVAILULEHTI

Tekijä(t) Katarina Leminen ja Pertti Forss			
Nimike Saastuneiden maa-alueiden kunnostusmenetelmät Helsingissä			
Julkaisija (virasto tai laitos)		Julkaisuaika	Sivumäärä, liitteet
Helsingin kaupungin ympäristökeskus		1994	26 1
Sarjan nimike			Osanumero
Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja			7/94
ISSN-numero 1235-9718	Kieli		
ISBN-numero 951-772-524-8	Koko teos	Tiivistelmä	Taulukot Kuvatekstit
	fin	fin, swe	
Avainsanat saastuminen, maaperä, menetelmät, kunnostaminen, käsittely			
UDK			
Lisätietoja: Erja Puntti, Helsingin kaupungin ympäristökeskus, ympäristövalvontayksikkö, Viipurinkatu 2, 00510 Helsinki, puh. 7099 2446			

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1993

1. Selvitys Pohjois-Hermannin ja Toukolan alueilla tehdyistä maaperätutkimuksista
2. Eräiden Suomen vesilaitosten verkostoveden mikrobiologinen laatu
3. Keuhkosyövän ilmaantuvuus Helsingissä 1975 - 1986 ja ilman epäpuhtauksien vaikutukset
4. Tuoreen kalan aistinvarainen ja mikrobiologinen laatu
5. Maaperähygieeniset tutkimukset Helsingissä
6. Leipomonäytteiden hygieeninen taso helsinkiläisissä leipomoissa vuosina 1989 - 1991
7. Helsingin kaupungin työntekijät ja kestävä kehitys
8. Vaarallisten aineiden onnettomuudet Helsingissä vuosina 1990 - 1992
9. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1992
10. Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 1993
11. Helsingin jätteenkäsittelyalueet
12. Yhdyskuntailman epäpuhtaudet ja krooninen keuhkoputkentulehdus
13. Ympäristöalan PK-yritysten toimintaedellytysten kohentaminen Helsingissä
14. Maidon säilytysolosuhteet tarjoilu- ja myyntipaikoissa Helsingissä 1992
15. Helposti pilaantuvien elintarvikkeiden säilytyslämpötilat myymälöissä

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN JULKAISUJA 1994

1. Lasten sairastuvuus päiväkodeissa ja ryhmäperhepäiväkodeissa Helsingissä ja Mäntsälässä
2. Jauhelihan laatu Helsingissä vuosina 1990 - 1993
3. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma vuosille 1994 - 98
4. Terveystieteiden toimipisteiden jätehuolto
5. Review of the state of the environment in Helsinki
6. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 1993
7. Saastuneiden maa-alueiden kunnostusmenetelmät Helsingissä

Julkaisujen tilaus:

ympäristökeskuksen tiedotus

Sturenkatu 25, 00510 HELSINKI

puh. 7099 2815, fax 7099 2842

ISSN 1235-9718

ISBN 951-772-524-8