

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari

2018

Aura Karineva

PILAANTUNEET MAAT RAKENNUSTYÖMAILLA

– Case: Turun Kauppatori

Aura Karineva

PILAANTUNEET MAAT RAKENNUSTYÖMAILLA

–Case: Turun Kauppatori

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda menettely ohje NCC:n toimihenkilöille, mitä on hyvä tietää ja miten toimia, kun työmaalla on pilaantuneita maita sekä tiivistää tärkeimmät toimintavaiheet kaavioon. Tässä opinnäytetyössä kuvataan pilaantuneita maita yleisesti, eri kunnostustapoja sekä kerrotaan esimerkkikohteesta.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä NCC Suomi Oy:n kanssa. Lähteenä toimi myös case-kohte Turun Kauppatorilla sekä Golder Associates Oy:n tekemä toimenpideraportti kohteesta. Kirjallisuutta pilaantuneista maaperistä on paljon. Kirjallisuus auttoi pilaantuneen maaperän määrittelyssä ja yleisimmissä kunnostusmenetelmissä.

Tuloksena opinnäytetyö on kattava esitys pilaantuneista maaperistä kokonaisuudessaan. Työn myötä saa yleiskuvan asiaan kuuluvista säädännöistä sekä muista tärkeimmistä huomioon otettavista asioista.

Tulevaisuudessa työ on käytössä NCC:n toimihenkilöillä. Työstä he saavat kattavat lähtötiedot pilaantuneiden maiden kunnostusprosessiin. Työtä hyödynnettäessä pyritään minimoimaan ympäristöriskejä tulevaisuudessa.

ASIASANAT:

case-kohte, kunnostusmenetelmät, maaperä, menettelyohje, pilaantuminen

Aura Karineva

CONTAMINATED SOIL ON CONSTRUCTION SITES

– Case: Turku market square

The purpose of this Bachelor's thesis was to create guidelines for NCC Suomi Oy's employees about contaminated soil on construction sites. The work consists of basic information of contaminated soil and, how to recondition it with different ways and a case at Turku market square. In the end the instructions were compiled in to a diagram.

The work was commissioned by NCC Suomi Oy. The case construction site at Turku market square and its operation report made by Golder Associates Oy were used as a source. A great amount of literature on the subject is available of which some is outdated. The literature helped specify contaminated soil and ways to recondition it.

As a result, the thesis is a comprehensive review of contaminated soil. The work gives an overview of the relating statues and other valuable matters that should be considered.

The work will be in use of NCC's employees. From the work they will receive initial information of the reconditioning of contaminated soil. The objective is to minimize environmental risks in the future.

KEYWORDS:

soil remediation, procedures, case study, instruction

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 PILAANTUNUT MAAPERÄ	7
2.1 Haitta-aineet maaperässä	9
2.2 Kynnys- ja ohjeavot	10
2.3 Pilaantuneeseen maaperään liittyviä lakeja ja määräyksiä	10
2.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132	11
2.4.1 Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527	11
2.4.2 Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468	12
2.4.3 Laki ympäristövahinkovakuutuksesta 30.1.1998/81	14
2.4.4 Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738	14
2.4.5 Terveysturvallisuuslaki 19.8.1994/763	16
2.5 Työnaikainen työsuojelu ja kemialliset riskit	16
3 MAAPERÄN KUNNOSTUSMENETELMÄT	18
3.1 Eristäminen ja eristerakenteet	18
3.2 Stabilointi ja kiinteytys	19
3.3 Kompostointi ja biologiset menetelmät	20
3.4 Terminen eli lämpökäsittelymenetelmä	21
3.5 Märkäerotusmenetelmä	21
3.6 Huokosilmatekniikka	22
4 TURUN KAUPPATORIN TYÖMAA	23
5 TOIMINTAOHJEET	28
6 YHTEENVETO	31
LÄHTEET	33

KUVAT

kuva 1. Lähtötilanne, jolloin vahva polttoaineen haju havaittiin ensimmäisen kerran.	23
Kuva 2. Kaivualuekartta.	25
Kuva 3. Pilaantuneen maa-aineksen kaivanto melkein suurimmillaan.	26
Kuva 4. Pilaantunut maa-aines suojattuna työpäivän päätteeksi.	26
Kuva 5. Kaivannon täyttöä ja tiivistystä.	27
Kuva 6. Esimerkki tyypillisen PIMA-hankkeen edistymisestä.	28

TAULUKOT

Taulukko 1. Suuntaa antavat ohjeet urakoitsijalle.	29
--	----

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on keskittyä pilaantuneisiin maihin rakennustyömailla. Maan pilaantuneisuus saattaa aiheuttaa vaaraa niin ihmisille, eläimille kuin ympäristöllekin. Maapallon suojeleminen on nykypäivänä yksi tärkeimmistä asioista. Myös tieto maaperää saastuttavista aineista on lisääntynyt. Koska saastuttavia aineita on yhä enemmän, myös saastuneiden maiden kunnostusta on lisätty. Rakentamisen lisääntyminen on vaikuttanut siihen, että käyttöön on otettu myös vanhoja teollisuus- ja varastoalueita. On siis tärkeää kiinnittää erityistä huomiota maaperän kunnostamiseen. Saastuneita maita kunnostetaan vuosittain satoja ympäri Suomea. Suurin pilaantuneisuuden aiheuttajana on polttoaineen jakelu ja polttoaineliiketoiminta. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Pilaantuneen alueen puhdistamisvelvollisuus).

Opinnäytetyön loppupuolella kerrotaan myös esimerkkikohteesta, Turun Kauppatorin työmaasta. Työssä keskityttiin maan kunnostuksen taloudellisiin ja aikataulullisiin vaikutuksiin.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä NCC Suomi Oy:n kanssa ja opinnäytetyön on tarkoituksena toimia ohjeistuksena NCC:n toimihenkilöille, miten toimia, kun pilaantuneita maita havaitaan työmailla. Työn viimeisessä luvussa esitetään kaavio, mihin on kuvattu toimintaohjeet kronologisessa järjestyksessä.

2 PILAANTUNUT MAAPERÄ

Pilaantuneella maaperällä tarkoitetaan aluetta, johon on joko vahingon seurauksena tai tahallisesti sekoittunut vierasperäisiä aineita. Pilaantunut maaperä voi myös käyttäytyä eri tavalla siinä olevien epäpuhtauksien johdosta. Maaperä voi olla pilaantunut kemikaalivuodon, pitkäaikaisten päästöjen vaikutuksesta tai maahan haudattujen jätteiden hajotessa. Maaperää saastuttavia aineita ovat siis muun muassa öljyt, kemikaalit ja raskasmetallit. Pilaantuneisuus saattaa levitä pohjavesien mukana hyvinkin laajalle alueelle. (Kukkamäki.) Ympäristönsuojelulain 14. luvun 133. pykälän ensimmäisen momentin mukaan se, jonka toiminnasta maaperän tai pohjaveden pilaantuminen on aiheutunut, on myös velvollinen sen puhdistamaan niin, ettei haittaa enää ole (Lakikokoelmat 2017).

Pilaantuneita maita on nykyään Suomessa paljon. Nykypäivänä ollaan enemmän tietoisia maaperää myrkyttävistä aineista sekä ollaan huolehtivaisempia maapallon tulevaisuudesta kuin ennen. Kunnostustarpeiden kasvuun on myös vaikuttanut rakentamisen lisääntyminen myös vanhoille tehdas-alueille, läjitysalueille, varastointialueille ja jopa kaatopaikoille. Viime vuosina on nähty paljon vaivaa kehitettäessä erilaisia tapoja käyttää teollisuuden sivutuotteita hyödyksi maa- ja pohjarakentamisen yhteydessä. Useimmissa tapauksissa pilaantuneet maamassat kaivetaan ja kuljetetaan pois. Mahdollisuutena on viedä massat suoraan puhdistettavaksi tai välivarastoitavaksi, jos loppusijoituspaikkaa, esimerkiksi kaatopaikkaa, ei ole. Suomessa useimmiten käytettyjä pilaantuneen maan kunnostusmenetelmiä ovat poltto tai muu terminen käsittely, biologinen käsittely esimerkiksi kompostoinnalla, pesu ja stabilointi. Näistä luvassa lisää seuraavassa luvussa. (Ympäristöministeriö 2006, s.9.)

Maan kunnostusvastuu on ensisijaisesti vahingon aiheuttajalla. Monesti aiheuttaja ei kuitenkaan ole tiedossa, ja tällöin vastuu siirtyy toissijaisena kiinteistönomistajalle ja viime kädessä kunnalle tai valtiolle. Kunnostuksen kiireellisyyteen vaikuttavat muun muassa terveystarpeet, haitta-aineiden leviämisen riski, pohjaveden pilaantumisen riski sekä alueen sijainti ja tuleva käyttötarkoitus. Kiireellisemmin kunnostettavia ovat asuinalueiden läheisyydessä tai pohjavesialueilla sijaitsevat maa-alueet. (Jääskeläinen 2003, s.15) (Hartikainen 2002, s.149)

Jos epäillään maaperän olevan pilaantunut, tulee selvittää alueella aikaisemmin ollutta toimintaa, esimerkiksi onko paikalla ollut kaatopaikkaa tai vanhaa huoltamoita (Jääskeläinen 2003). Asiaa voi selvittää viranomaisten rekistereistä, maaperän tilan tietojärjestelmän (MATTI) toimipaikkaluettelosta, kuntien ympäristöriskikartoituksista, öljyvahinkoilmoituksista, kemikaalilain edellyttämistä ilmoituksista tai paikallislehdistä. Lisäksi tietoa voi saada lupa- ja valvonta-asiakirjoista ja kartoista ja alueella toimineilta ihmisiltä. Historiatietoja ei kuitenkaan ole saatavilla jokaisesta alueesta, jolloin tulee varautua yllätyksiinkin. Alueen ympäristökeskukselle kuuluu lähtökohtaisesti puhdistusvastuun

edellytysten selvittäminen. Alueella tullaan tekemään kenttä- ja laboratoriokokeita, jotta pilaantuneisuuden laatu sekä laajuus saataisiin selville. Kokeiden perusteella pyritään myös selvittämään paras kunnostuskeino. (Luntinen 2002, s.14-15). Maaperästä löydettyjen haitta-aineiden pitoisuuksien ylittäessä valtioneuvoston asetuksessa (VNa 214/2007) asetetut kynnyksarvot kunnostustarve on arvioitava. Puhdistustarve on aina olemassa, kun riskiarvioinnin perusteella siitä on vaaraa ympäristölle ja terveysriskinä alueen ihmisille. Toimenpiteet tehdään PIMA-ilmoituspäätöksen tai ympäristöluvan mukaisesti siihen liittyvien suunnitelma-asiakirjojen mukaan sekä viranomaisten hyväksymin tavoin ja valvonnassa. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Pilaantuneen alueen puhdistamisvelvollisuus).

Maaperä voidaan luokitella haitta-aineiden pitoisuuksien perusteella pilaantuneeksi, voimakkaasti pilaantuneeksi sekä vaaralliseksi jätteeksi. Pilaantuneen maan perusmäärittelylomakkeessa selvitetään muun muassa alueen entinen käyttötarkoitus, maaperän laji, vaaraominaisuudet, jätteen sijointustapa (jos ei kohde ole kaatopaikka) sekä jätteen muut ominaisuudet, kuten haju ja väri (Suomen erityisjäte.)

Pilaantuneella maaperällä voi olla vaikutuksia ihmisten sekä eläinten terveyteen, pohjaveteen ja ympäröivään luontoon. Kemikaaleille voi altistua niin hengitysteitse, ihon kuin ruoansulatuksenkin kautta. Sekä ympäristövaikutukset että terveysvaikutukset saattavat ilmetä vasta vuosia myöhemmin pilaantuneen maan kanssa työskentelyn tai läheisyydessä olemisen jälkeen (Ympäristöministeriö 2006, s. 31.)

Pilaantumattomat ja vaaralliseksi jätteeksi luokitellut ainekset ovat pidettävä erillään kaivun, välivarastoinnin ja kuljetuksen aikana. Pilaantuneen maa-aineksen laimentaminen pilaantumattoman aineksen kanssa on kiellettyä. Jos pilaantunutta maa-ainesta joutuu kosketuksiin puhtaan maa-aineksen kanssa, tulee tämäkin aines luokitella pilaantuneeksi. Pilaantuneella maa-alueella olevat pinta- ja suotovedet tulee koota ja johtaa keräysaltaaseen, -kaivoon tai puhdistukseen. Paikalliselta vesilaitokselta tulee kysyä vesien johtamisesta viemäriin. Kaikki toimenpiteet tulee tehdä PIMA-ilmoituspäätöksen tai ympäristöluvan mukaisesti ja siihen liittyvien suunnitelma-asiakirjojen mukaan. (Rakennustieto Oy 2018, s. 38).

Jos pilaantunutta maata ei pystytä käyttämään hyötykäyttöön, voidaan aines loppusijoittaa pilaantuneiden maa-ainesten käsittelylaitokselle tai kaatopaikalle, jolla on lupa vastaanottaa kyseistä jätettä. Kuljetus kaatopaikalle suoritetaan peitetyn kuormin. Työmaalta saatu siirtoasiakirja kuitataan vastaanottopisteessä ja palautetaan takaisin työmaan kaivuusta vastaavalle henkilölle. Kaatopaikoilla voidaan maa-aineita käyttää peitemaina, rakenteissa ja täyttöalueiden sulkemisessa. Tällöin kyseessä ovat maa-aineet, joilla on alhaiset haitta-ainepitoisuudet, jotka eivät kulkeudu kaatopaikan

pohjarakenteiden läpi ympäristöön. Myös muut pilaantuneiden maiden käsittelykeskukset käyttävät maa-aineksia käsittely- ja varastokenttien rakentamisessa. (Sorvari 2009, s. 38-39).

Pilaantuneen maa-alueen puhdistusprosessin loppuessa tulee tehdä loppuraportti. Loppuraportissa kuvataan työnaikaisia päästöjä, ympäristövaikutuksia sekä toimia, joilla haitallisia vaikutuksia on pyritty estämään. Raportissa käsitellään myös maa-aineksen käsittely, käsittelyn tulokset ja tulosten varmistamiseksi tehdyn laadunvarmistustoimet sekä maa-aineksille asetettujen tavoitteiden toteutuminen. (Rakennustieto Oy 2018, s. 40).

PIMA-ilmoitus- tai ympäristölupapäätöstä valvova viranomainen tarkastaa loppuraportin ja varmistaa, että työ on tehty suunnitellusti ja käsitellyille maa-aineksille asetetut tavoitteet on saavutettu. Maa-ainesten haitta-aineisiin liittyvien ympäristö- ja terveystarvien ja niiden vähentämistavoitteiden lisäksi maa-ainesten on täytettävä hyödyntämis- tai loppusijoituskohteen esimerkiksi maarakentamiskohteen rakennusosien tekniset ja toiminnalliset vaatimukset, jotka on annettu ohjeissa sekä kohdekohtaisissa suunnitelmissa. (Rakennustieto Oy 2018, s. 40).

2.1 Haitta-aineet maaperässä

Maaperän pilaantuneisuutta tutkitaan PIMA-asetuksessa annettujen kynnyks- ja ohjearvojen perusteella. Mikäli yhdenkin aineen pitoisuus ylittää säädetyn ohjearvon, maaperä luokitellaan saastuneeksi. Tämän jälkeen tehdään riskinarviointi ja arvioidaan puhdistustarve. Riskiarvioinnissa arvioidaan pilaantuneisuuden vaarat ja riskit ihmisille ja muulle ympäristölle. Pilaantuneisuuden arviointia varten haitta-aineiden esiintymistä tulee tutkia maaperästä, pohjavedestä ja alueella olevien rakennuksien sisäilmasta. (Kukkamäki) Tavoitteena on näin kartoittaa pilaantuneisuuden leviämistä, kulkeutumista ja muuntumista sekä haitta-aineille altistuvia ihmisiä ja eliöitä. Seuraavassa esitellään mahdollisia haitta-aineita ja niiden lähteitä (Ympäristöministeriö 2006.)

Haitta-aineita voi päätyä maaperään muun muassa korjaamoilta, ampumaradoilta, vanhoilta kasvihuoneilta, telakoilta ja satamilta sekä monilta muilta toimialoilta. Ampumaradoilta voi löytyä luotien ja haulien takia lyijyä ja vanhoilta kasvihuoneilta torjunta-aineita. Lisää haitta-aineiden alkuperiä löytyy muun muassa Markku Kukkamäen Pilaantuneen maaperän puhdistaminen -dokumentista sekä ympäristöministeriön Pilaantuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluoppaasta (2006).

Kun varmaa tietoa vielä haitta-aineesta tai -aineista ei vielä ole, tulisi suojautuminen mitoittaa pahimman tilanteen mukaan. Näytteitä ei laskeuduta ottamaan kaivannon pohjalta vaan näytteet otetaan kaivinkoneen kauhasta tai käytetään pitkävartista näytteenotinta. Näytteenottotilanteessa tulee

näytteenottajalla olla hengityksensuojain muiden suojainten lisäksi. On tärkeää suojautua, jos maaperässä on kiinteiden haitta-aineiden lisäksi myös haihtuvia aineita. Haihtuvat aineet voivat myös syttyä palamaan, jos niitä on kaivannossa paljon. (Ympäristöministeriö 2006, s. 21-23).

2.2 Kynnys- ja ohjearvot

Maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve testataan, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus ylittää laissa annetun kynnysarvon. Maaperän pilaantuneisuuden selvittämiseksi on otettava kokeita, jotka on otettu eri puolelta pilaantuneeksi epäiltyä aluetta. Kokeita tulee tehdä sekä maaperästä että pohjavedestä. Haitallisten aineiden tutkimukset tulee perustua standardoituihin ja luotettavuudeltaan vastaaviin kokeisiin (Lakikokoelmat 2017.)

Mittaustuloksia verrataan ilman epäpuhtauksien raja-arvoihin tai luontaisiin pitoisuuksiin. Valtioneuvosto on määrännyt työturvallisuuslain nojalla suurimmat sallitut pitoisuudet muun muassa asbestille, bentseenille, kovapuuöljyille, lyijylle ja vinyylikloridille. Haitalliseksi tunnetulla pitoisuudella tarkoitetaan pitoisuutta, joka voi vahingoittaa työntekijän terveyttä (Ympäristöministeriö 2006, s. 34.)

PIMA-asetuksesta löytyvät taulukot, joissa säädetään haitta-aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjearvoja yleisemmin esiintyville aineille. Taulukossa joitakin aineita on arvioitu ekologisten riskien perusteella (e) ja toisia terveysriskien perusteella (t) (Lakikokoelmat 2017.)

Taulukossa kerrotaan aineiden luontaiset pitoisuudet kynnysarvot sekä alempia ja ylempiä ohjearvoja. Alempaa ohjearvoa käytetään, kun kyseessä on tavanomainen maankäyttökohde. Ylempää ohjearvoa käytetään, kun kyseessä on esimerkiksi teollisuus- ja varastoalue, missä pilaantuneisuus on todennäköisempää (Suomen ympäristö 2007.)

2.3 Pilaantuneeseen maaperään liittyviä lakeja ja määräyksiä

Seuraavissa luvuissa käsitellään pilaantuneeseen maaperään liittyviä lakeja ja asetuksia ja sekä sitä, mitä niissä säädetään pilaantuneen maaperän kannalta. Tärkeimpänä lain määräyksenä on velvollisuus suojella ympäristöä ja ihmisiä sekä kertoa mahdollisesta vaarasta ympäristöä kohtaan. (Lakikokoelmat 2017)

2.4 Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132

Lain tavoitteena on edistää alueiden käyttöä, suunnittelua ja rakentamista, niin että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle. Tarkoituksena on vaalia ekologisuutta, taloudellisuutta, sosiaalisuutta ja kulttuurillista kestävää kehitystä. Rakennustyö tulee tehdä rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan mukaisesti. Hyvän rakennustavan mukaisesti jo epäilykset pilaantuneesta maaperästä tulee ilmoittaa viranomaisille (Lakikokoelmat 2017.)

2.4.1 Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Lain tarkoituksena on muun muassa ehkäistä ja torjua ympäristövahinkoja, turvata terveellinen ja kestävä ympäristö sekä torjua ilmastonmuutosta. Yleisenä velvollisuutena toiminnanharjoittajalla tulee olla tarvittava tieto toimintansa ympäristövaikutuksista sekä riskeistä. Luvanvaraisen toimijan tulee olla ennakolta varautunut mahdollisiin onnettomuuksiin. Laki velvoittaa kertomaan, mikäli maaperään on joutunut sitä saastuttavaa ainetta (Lakikokoelmat 2017)

Tämän lain 21. pykälän mukaan pilaantuneen maaperään liittyvä ohjaus, seuranta, ja kehittäminen kuuluu ympäristöministeriölle. Pykälässä 27 säädetään seuraavasti. ”Aluehallintovirasto toimii valtion ympäristölupaviranomaisena siten kuin aluehallintovirastoista annetussa laissa (897/2009) ja sen nojalla säädetään. Aluehallintovirasto tukee kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen toimintaa toimialaansa kuuluvissa asioissa.” (Lakikokoelmat 2017).

Lain mukaan ympäristölupa tulee olla, jos toiminnasta on vaara aiheutua vesistöjen, ojan, lähteen tai noron pilaantumista tai kohtuutonta rasiutusta naapurussuhteista annetun lain (26/1920) 17. pykälän 1. momentin mukaan (Lakikokoelmat 2017).

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta 4.9.2014/713

Valtioneuvoston asetus ympäristönsuojelusta määrittelee ympäristönsuojelulain mukaan kerrottavista tiedoista maaperän tai pohjaveden puhdistusta koskevan ilmoituksen sisällöstä. Lain neljännessä luvussa säädetään kerrottavista tiedoista, jotka ovat seuraavat:

1. tunnist- ja sijainti tiedot kiinteistöstä, jota puhdistus koskee;
2. tiedot kiinteistön nykyisestä ja tulevasta käyttötarkoituksesta;
3. kuvaus alueen maaperä-, pohja- ja pintavesiolosuhteista sekä niiden käytöstä;
4. alueen toimintahistoria sekä pilaantuneisuuden aiheuttaja ja haitta-aineet;

5. tutkimustulokset sekä arvio puhdistuksen tarpeesta;
6. puhdistamisen tavoitteet;
7. käytettävä puhdistusmenetelmä, maa-aineksen hyödyntäminen, sekä aikataulu, että työn valvonta sekä
8. kartta ja asemapiirros, johon on merkitty asian käsittelyn kannalta merkitykselliset kohteet (Lakikokoelmat 2017.)

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 1.3.2007/214

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, niin sanottu PIMA-asetus, on keskeisin asetus pilaantuneista maista ja antaa vaatimukset pilaantuneen maaperän riskiarvioinnille. Asetuksessa säädetään pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Asetusta sovelletaan vain maaperään, ei vesistöjen pohjakerrostumin. Arviointi perustuu maaperässä olevien haitta-aineiden aiheuttamiin terveydellisiin tai ympäristöön vaikuttaviin vahinkoihin tai vaaroihin. Arvioinnissa otetaan huomioon pilaantuneeksi epäillyn alueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteet, haitallisten aineiden pitoisuudet, määrä ja ominaisuudet, käytettävien tutkimustietojen epävarmuustekijät, alueen nykyinen ja tuleva käyttötarkoitus sekä alueen aiheuttamat terveydelliset haitat (Lakikokoelmat 2017.)

Asetuksessa käytetyllä ympäristöriskillä tarkoitetaan ekologista riskiä, mikä voi ilmetä alueen eliöstössä. Riski voi tarkoittaa myös maaperän, pohjaveden, vesistön tai muun ympäristön laadun pilaantumista (Lakikokoelmat 2017.)

2.4.2 Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468

Laissa selvitetään ja arvioidaan tiettyjen hankkeiden ympäristövaikutuksia sekä tarkastellaan tahoja, joita hanke saattaa koskettaa, kuten asukkaita, viranomaisia, yhteisöjä sekä säätiöitä. Lain tavoitteena on edistää hankkeiden suunnittelua ympäristövaikutusten kannalta sekä lisätä tiedonsaantia kansalaisille. (Lakikokoelmat 2017).

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (843/2017)

Asetuksella pyritään lisäämään kiertotaloutta ja edistämään jätteiden hyödyntämistä maarakentamisessa luonnonkiviainesten sijasta. Tiettyjä jätteitä voidaan hyödyntää näin ilman ympäristösuojelulain (527/2014) mukaista ympäristölupaa. Asiasta tulee kuitenkin tehdä ilmoitus valvontaviranomaisille. Hyödyntämiskohteita voi olla esimerkiksi väylät, kentät, vallit sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteet (Lakikokoelmat 2017.)

Valtioneuvoston asetus jätteistä 19.4.2012/179

Jätelaisissa säädetään jätehuollon järjestämisestä, vaarallisen jätteen pakkaamisesta ja merkitsemisestä, kuljetuksesta ja muista velvollisuuksista. Lainsäädännön tavoitteena on myös vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta sekä edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä. Maa-ainesjätettä koskevat myös jätelain mukaiset velvollisuudet, kuten kirjanpitovelvollisuus, seuranta- ja tarkkailuvelvollisuus ja siirtoasiakirjojen laatimisvelvollisuus (Ympäristöministeriö / Ympäristönsuojeluosasto.)

Kuljetettua, välitettyä tai kerättyä vaarallista jätettä koskevassa kirjanpidossa on oltava seuraavat tiedot, mitä pykälässä 23 määrätään

- 1) jätteen määrä;
- 2) jäteluettelon mukainen jätteen nimike ja kuvaus jätelajista sekä olennaiset tiedot jätteen ominaisuuksista ja koostumuksesta;
- 3) komission asetuksen N:o 1357/2014 mukaiset pääasialliset vaaraominaisuudet;
- 4) jätteen luovuttaneen kiinteistön haltijan tai muun jätteen haltijan nimi ja yhteystiedot;
- 5) jätteen kuljetuksen tai jätteen vastaanoton ja luovutuksen päivämäärät;
- 6) jätteen vastaanottajan nimi ja yhteystiedot (Lakikokoelmat 2017.)

Kun jäte luovutetaan tai vastaanotetaan, vahvistetaan siirtoasiakirja siihen tehdyllä allekirjoituksella tai sähköisellä nimikirjoituksella. Pykälässä 24 kerrotaan jätteen siirtoasiakirjaan merkittävät tiedot, joita ovat

- 1) jätteen tuottajan tai muun jätteen haltijan, kuljettajan ja vastaanottajan nimi ja yhteystiedot;
- 2) jätteen siirron ajankohta sekä alkamis- ja päättymispaikka;
- 3) jäteluettelon mukainen jätteen nimike sekä kuvausjätelajista;
- 4) jätteen määrä;
- 5) jätteen haltijan vahvistus annettujen tietojen oikeellisuudesta;
- 6) jätteen siirron päätyttyä jätteen vastaanottajan vahvistus jätteen vastaanotosta mukaan lukien tiedot vastaanotetun jätteen määrästä (Lakikokoelmat 2017.)

Vaarallisen jätteen siirtoa koskevassa siirtoasiakirjassa on oltava vielä lisäksi

- 1) jätteen koostumus, olomuoto ja komission asetuksen N:o 1357/2014 mukaiset pääasialliset vaaraominaisuudet;
- 2) jätteen pakkaus- ja kuljetustapa;
- 3) jätteen käsittelytapa (Ympäristöministeriö / Ympäristönsuojeluosasto.)

Ympäristölupaviranomaisia ovat aluehallintovirasto (valtion ympäristölupaviranomainen) ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen (kunnan ympäristönsuojeluviranomainen). Aluehallintaviranomainen käsittelee ympäristölupahakemuksen, kun kyseessä maa-ainesjätteen ammattimainen käsittely tai laitospaistamista käsittelevä toiminta ja kyseessä on yli 50 000 tonnin määrät. Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen käsittelee alle 50 000 tonnin maa-ainemäärät (Ympäristöministeriö / Ympäristönsuojeluosasto.)

2.4.3 Laki ympäristövahinkovakuutuksesta 30.1.1998/81

Toisen pykälän mukaan, jos harjoitettava toiminta aiheuttaa vaaraa tai vahinkoja ympäristölle, tulee toimijalla olla vakuutus ympäristövahinkovakuutus lain mukaan korvattavan vahingon varalta. Velvollisuus koskee niitä yrityksiä, joiden toiminta perustuu vesi-, kemikaali- tai ympäristönsuojelulain mukaiseen lupaan. Pykälän 4 mukaan säädetään, että: ”Ympäristövahinkovakuutuksen voi myöntää sellainen vakuutusyhtiö, jolla vakuutusyhtiölain (1062/1979) tai ulkomaisista vakuutusyhtiöistä annetun lain (398/1995) nojalla on oikeus vahinkovakuutusluokkaan 13 kuuluvan vakuutusliikkeen harjoittamiseen Suomessa.” (Lakikokoelmat 2017.)

Kemikaalilaki 9.8.2013/599

Lain tarkoituksena on suojata terveyttä ja ympäristöä kemikaalien aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta. Työnantajan on tunnistettava työssä eri työvaiheissa esiintyvien kemiallisten tekijöiden aiheuttamat vaarat sekä hankkia työntekijöille tarvittavat suojaimet. (Lakikokoelmat 2017).

2.4.4 Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Työturvallisuuslain tarkoituksena on turvata työntekijät työsopimuksen, virkasuhteen tai julkisoikeudellisessa palvelusuhteessa. Laki pyrkii turvaamaan työntekijän terveyden, turvallisuuden sekä työkyvyn. Lain tavoitteena on näin myös ennaltaehkäistä työtapa- ja tapaturmia, ammattitautia ja muita työstä ja työympäristöstä aiheutuvia fyysisiä terveyden haittoja. Työnantaja on velvollinen huolehtimaan

työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä työssä sekä valvomaan työtapojen turvallisuutta (Lakikokoelmat 2017.)

Työnantajan on huolehdittava työmaan turvallisuudesta sekä huomioitava mahdollisten vaarojen vaikutus työntekijöihin ja työntekijöiden altistumisriskit. Työntekijät tulee perehdyttää työmaahan, tehtäviin ja turvallisiin työtapoihin sekä antaa opetusta ja ohjausta haittojen ja vaarojen estämiseksi. Työnantajan vastuulla on myös hankkia vaatimukset täyttävät henkilösuojaimet jokaiselle työntekijälle. Tarpeen vaatiessa tulee antaa myös lisäksi apuväline tai muu varuste silloin, kun työn luonne, työolosuhteet tai työn tarkoituksenmukainen suorittaminen sitä edellyttävät välttämään tapaturman tai sairastumisen (Lakikokoelmat 2017.)

Työntekijällä on velvollisuus noudattaa annettuja työohjeita sekä turvallisuuden ja terveellisyysylläpitämiseksi tarvittavaa järjestystä ja siisteyttä sekä huolellisuutta ja varovaisuutta. Työntekijöiden tulee myös huolehdittava niin omasta kuin muidenkin työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä. Työntekijän tulee käyttää työnantajan hänelle antamia suojaimia ja asianmukaista vaatetusta, josta ei aiheudu tapaturman vaaraa. Työntekijällä on velvollisuus ilmoittaa työnantajalle ja työsuojeluvallutetulle havaitsemistaan puutteista tai vioista. Työntekijällä on myös oikeus pidättäytyä töistä, mikäli työstä aiheutuu vaaraa hänelle itselleen tai muille työntekijöille. Mikäli työntekijä perustellusti pidättäytyy tekemästä työtä hän ei ole velvollinen korvaamaan työstä aiheutuvaa vahinkoa. Työstä pidättäytyminen ei saa rajoittaa työntekoa muuten kuin vaarallisen työosuuden osalta (Lakikokoelmat 2017.)

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205

Asetusta sovelletaan maan alla ja päällä sekä vedessä tapahtuvaan rakennustyöhön ja suunnitteluun. Rakennuttajan on laadittava rakentamista ja sen suunnittelua varten turvallisuusasiakirja sekä rakennustyön toteutusta varten kirjalliset turvallisuussäännöt (Lakikokoelmat 2017.)

Päätoteuttajan on tehtävä ennen töiden aloitusta turvallisuutta koskevat suunnitelmat, joiden mukaan työt, työvaiheet ja niiden ajoitus järjestetään mahdollisimman turvallisiksi. Mikäli työmaalla esiintyy haitta- ja vaaratekijöitä, joita ei voida poistaa, täytyy päätoteuttajan arvioida niiden merkitys työmaalla työskenteleviin ja työn vaikutuspiirissä olevien henkilöiden turvallisuuteen ja terveyteen. Työmaasta tulee tehdä myös työmaan käytön suunnitelma, jossa tulee kiinnittää erityistä huomiota turvallisuuteen ja työmaan käytännöllisyyteen. Mikäli työmaan edetessä työmaa muuttuu paljon alkuperäisestä, tulee suunnitelma päivittää (Lakikokoelmat 2017.)

Asetuksessa vaaditaan myös putoamissuojauksien toteutus. Jos pilaantunutta maa-ainesta kaivetaan pois, tulisi huolehtia putoamissuojauksilta sekä kaivannon tuennasta. Maa-ainesta kaivettaessa

tulee tarkoin huolehtia maarakennuskoneidein ja muiden ajoneuvojen turvallinen etäisyys kaivannon reunasta (Lakikokoelmat 2017.)

2.4.5 Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763

Terveydensuojelulla pyritään ylläpitämään yksilöiden terveys ja edistää ja ennalta ehkäistä tai poistaa sellaisia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja. Laissa terveyshaitalla tarkoitetaan terveydenhäiriötä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä. Toiminta, joka vaikuttaa elinympäristöön tulee suunnitella tarkasti ja siten, että pyritään ylläpitämään ja edistämään väestön terveyttä (Lakikokoelmat 2017.)

Lain perusteella työnantajan on järjestettävä työterveyshuolto, josta on oltava myös kirjallinen työterveyshuollon toimintasuunnitelma, jonka tulee perustua työpaikalla mahdollisten työterveyshaittojen ja -vaarojen selvittämiseen (Lakikokoelmat 2017.)

Mikäli on syytä epäillä, että alueen rakennukset ovat saattaneet saastua pilaantuneen maa-alueen johdosta, on valvontatoimi velvollinen tarkastamaan asunnot mahdollisen terveyshaitan ehkäisemiseksi (Lakikokoelmat 2017.)

2.5 Työnaikainen työsuojelu ja kemialliset riskit

Pilaantuneiden maiden kaivu, siirto työmaalla ja kuljetus poikkeavat tavallisista maarakennustöistä turvallisuusmääräysten osalta, joten työntekijöiden ja ympäristön suojaamiseen ja haitallisten aineiden leviämättömyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Ensisijaisesti alueella olevien ihmisten ja työntekijöiden altistumista tulisi pyrkiä vähentämään esimerkiksi maata kostuttamalla tai suolamalla, jotta pölyäminen estyisi (Kukkamäki, s. 690.) Työkoneiden ohjaamot tulisi varustaa sopivilla suodattimilla. Jokaisen työntekijän tulee käyttää myös henkilökohtaisia suojaimia. Maaperän puhautta tai pilaantuneisuutta ei välttämättä pysty havaitsemaan aistinvaraisesti, joten puhtaitakaan tuntuvia tai näyttäviä massoja ei pidä kosketella ilman suojahansikkaita. Altistumista voi välttää turhalla oleskelulla pilaantuneen maan läheisyydessä sekä huolehtia, ettei pölyä kulkeudu työvälineiden, varusteiden tai vaatteiden mukana muualle. Työmaalla tulisi myös välttää syömistä ja juomista. Suojavaatetus, -käsineet ja -jalkineet tulee myös valita haitta-aineiden mukaan. On erittäin tärkeää huolehtia peseytymisestä ja vaatteiden vaihdosta työmaalta lähtiessä. Turvakenkiin jääneet haitalliset aineet saattavat aiheuttaa vaaraa kotona esimerkiksi pienemmille lapsille. Altistuminen voi ilmetä iho- tai silmävaurioina tai punoituksena ja turvotuksena (Ympäristöministeriö 2006, s. 31–66.)

Työmaalle laadittava turvallisuussuunnitelma ennalta ehkäisee sekä estää työntekijöihin kohdistuvia vaaratekijöitä, joita aiheutuu pilaantuneen maan puhdistamisen kaivusta sekä haitallisista-aineista. Turvallisuussuunnitelman voi laatia rakennuttaja, ympäristökonsultti tai urakoitsija. Suunnitelmassa pyritään tunnistamaan mahdolliset vaarat ja keinot niiden välttämiseen ja valmistautumaan oikeanlaiseen suojautumiseen sekä toimenpiteisiin, jos altistumista tapahtuu. Kunnostustyömaalla haitallisia aineita täytyy varoa niin maassa, vedessä kuin ilmassakin. Sieltä ne voivat päästä ihmisten elimistöön, hengityksen mukana, ihon läpi tai suun kautta. Altistumisen suuruuteen vaikuttaa haitta-aineiden pitoisuudet, laadulliset muutokset, pölyävyys sekä haihtuvuus ja altistumisen aika. Altistuminen voi myös vaihdella eri työpäivinä ja eri työvaiheissa. Myös vuodenaika ja sään vaihtelut, lämpötila, tuuli ja sade, vaikuttavat altistumiseen. Tärkeimpinä ovat kuitenkin käsiteltävän maamassan määrä aikayksikössä sekä kunnostusmenetelmät ja työtavat. Työmaalla tulee muistaa, että alueella voi esiintyä muitakin aineita kuin niitä, joihin on etukäteen varauduttu. Hallissa tai teltassa tehtävissä töissä tulisi varautua myös työkoneiden pakokaasuihin (Kukkamäki, s. 689-690.)

” Palovaarallisia aineita ovat monet orgaaniset aineet, joilla on suuri höyrynpaine (haihtuvia) ja alhainen leimahduspiste (alhaisin lämpötila, jossa höyryn ja ilman seos syttyy). Nämä aineet muodostavat ilman kanssa seoksia, jotka voivat, syttyä kipinästä tai lämmön vaikutuksesta. Esimerkiksi kunnostettavat huoltoasemat ovat kohteita, joissa palovaarallisia aineita voi maassa esiintyä suurina pitoisuuksina.” (Kukkamäki, s. 689).

Jos on syytä epäillä ilman happipitoisuuksien laskua, voidaan sitä valvoa sopivalla varoittavalla mittarilla. Happipitoisuus voi erityisesti laskea terveydelle vaaralliselle tasolle suljetuissa tai syvissä tiloissa, kuten säiliöissä, kaivoissa, kaivannoissa ja tunneleissa (Kukkamäki, s. 690.)

3 MAAPERÄN KUNNOSTUSMENETELMÄT

Ennen kunnostusmenetelmän valintaa täytyy olla selvillä kohteen maa-aines, saastuttanut aines sekä sen määrät ja maassa sekä pohjavedessä. Kunnostusmenetelmään vaikuttaa myös kohteen tuleva käyttötarkoitus sekä menetelmän vaikutus ja riskit muuhun yhteiskuntaan. Teknisen soveltuvuuden ja taloudellisten vaikutusten lisäksi käytössä oleva aika vaikuttaa paljon menetelmän valintaan (Kukkamäki, s.685.)

Ensisijaisesti haitta-aines tulisi aina erotella muusta maa-aineksesta. Mikäli se ei kuitenkaan ole mahdollista muiden toimenpiteiden yhteydessä, tulee varmistaa aineen leviämisen estyminen ja hyvä eristys sekä ympäristölliset että terveydelliset haitat (Kukkamäki, s.685.)

Kunnostusmenetelmät voidaan jakaa haitta-aineet poistaviin menetelmiin sekä menetelmiin, jotka estävät haitta-aineiden leviämisen poistamatta aineita maaperästä. Tehtäessä käsittely työmaalla puhutaan in situ -käsittelystä, jolloin aineita ei poisteta maaperästä. Kun taas puhutaan on- tai off site -käsittelyistä, haitta-aineet poistetaan maaperästä joko työmaalla (on site) tai työmaan ulkopuolella sijaitsevassa käsittelylaitoksessa (off site) (Kukkamäki, s.685.)

Jos kohde on laaja ja sekä maaperä että pohjavesi ovat saastuneet, on mahdollista taloudellisten ja teknisten vaatimusten puolesta puhdistaa työmaalla eli in situ -käsittelyllä. Tällöin jäävät kaivutyöt ja maan kuljetukset vähemmälle tai jopa kokonaan pois. In situ -menetelmä aiheuttaa yleisesti vähemmän haittoja sekä työntekijöille että lähialueiden asukkaille (Hartikainen 2002, s.150.)

Pilaantuneella maa-ainekselle on monia sijoitus- ja hyötykäyttömahdollisuuksia. Yleisin hyötykäyttökohde on kaatopaikka, missä maita voidaan käyttää peitemaina sekä rakenteissa. Maa-ainesta voidaan myös välivarastoida, jos sille ei ole vielä saatu loppusijoituspaikkaa, sekä mikäli ainesta käytetään myöhemmin esimerkiksi ongelmajätteen eristämiseen (Kukkamäki, s.685.)

3.1 Eristäminen ja eristerakenteet

Eristämisellä pyritään estämään haitta-aineen leviäminen ympäristöön. Sitä voidaan käyttää melkein kaikille pilaantuneille maa-aineille. Eristäminen ei kuitenkaan vielä täysin poista haitta-aineita maaperästä (Kukkamäki, s.686-687.) Eristäminen voidaan tehdä pilaantuneen maan alueella tai sitten esimerkiksi kaatopaikalla, huomioiden sade-, pinta- ja pohjavesien pääsy pilaantuneeseen maahan estetään. Eristämistä käytetään lähinnä epäorgaanisilla aineilla, kuten metalleilla, syanidilla tai asbestilla pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyssä (Sorvari 2009, s. 73.)

Eristäminen jaetaan yleensä pintaeristykseen sekä pystyeristykseen. Pintaeristyksessä estetään pääosin sadevesien imeytyminen. Pintaeristystä käytetään kohteissa, joissa sadevesi muuten huuhtoisiksi haitta-aineita mukaansa ja suotovesi (eli maaperän läpi kulkevia vesiä) kuormittaisi ympäristöä haitallisesti. Pystyeristyksen tehtävänä on eristää kohde ympäriltä olevilta vesiltä, pohjavedestä sekä seinämistä tulevista vesistä sekä estää likaisen suotuveden pääsy ympäristöön. Pystyeristys rajoittaa myös kaasupäästöjä ja muuttaa pohjaveden virtausta. Ellei pilaantuneen maa-alueen alla ole eristävää pohjakerrosta, voidaan tiiveyttä parantaa tai tehdä pohja kokonaan keinotekoisesti. Injektioaineena voidaan käyttää esimerkiksi sementtiä ja bentoniittia, jotka ovat heikosti vettä läpäiseviä (Kukkamäki, s.686-687.)

Kun maa-aines kaivetaan pois ja läjitetään toisaalle, pitää läjitysalueelle pääsääntöisesti tehdä pohjaeristys, joka estää pilaantuneen maa-aineksen pääsyn maaperään ja kosketuksiin pohjaveden kanssa. Mikäli maa-aines on kosketuksissa puhtaan maa-aineksen kanssa, puhdaskin maa pilaantuu (Kukkamäki, s.686-687.)

Eristerakenteilla, niin sanotuilla tiivistysrakenteilla, estetään pilaantuneiden maa-ainesten sisältämien haitta-aineiden leviäminen ympäristöön rakentamalla tiiviitä seinämiä tai eristyskerroksia. Eristysrakenteet ovat usein monikerrosrakenteita, joissa on kaasujen ja veden kulkeutumista estävän kerroksen lisäksi karkeita kerroksia, joiden avulla vedet ja kaasut johdetaan käsittelyyn. Haitta-aineiden kulkeutuminen estetään tyypillisesti yhdistelmärakenteella, jossa on mineraalinen tiivistyskerros ja keinotekoinen eriste. Eristerakenteiden tulee olla suunnitelma-asiakirjojen ja mahdollisen viranomaispäätöksen mukainen (Rakennustieto Oy 2018, s. 41.)

Eristerakenteisiin voidaan tehdä eristämisen tavoin pinta- ja pystyeristyksiä, mutta myös pohjaeristyksiä. Pohjaeristyksessä nimensä mukaan pilaantuneen maa-alueen alapuolelle rakennetaan erottava kerros. Näin estetään myös veden kulkeutuminen ja kapillaarinen nousu pilaantuneisiin kerroksiin (Rakennustieto Oy 2018, s. 41.)

3.2 Stabilointi ja kiinteytys

Kiinteytyksessä pilaantuneen maan ja haitta-aineet kiinnitetään fysikaalisin keinoin maaperän rakenteeseen siten, että niiden liukeneminen ja kulkeutuminen ympäristöön estyy. Kiinteytys kohdistuu yleisesti juuri maaperän vedenläpäisevyyteen ja lujuuteen (Kukkamäki, s. 687.)

Stabiloinnilla ei pyritä poistamaan haitta-ainetta vaan päinvastoin, kiinnittämään ne vielä paremmin maa-aineeseen, jolloin pyritään minimalisoimaan haitta-aineiden leviäminen. Stabiloinnilla pyritään

parantamaan maa-aineksen fysikaalisia ja teknisiä ominaisuuksia, vähentämään vedenläpäisevyyttä ja siten minimoimaan haitta-aineiden liukenemisen sade-, valuma- ja suotuvesiin sekä estämään eroosiota (Kukkamäki, s. 687.)

Stabilointi soveltuu parhaiten raskasmetalleja, asbestia ja epäorgaanisia syanideja sisältäville maa-aineksille. Runsaasti hienojakoista tai orgaanista ainetta sisältävien maa-ainesten stabiloitumisessa saattaa ilmetä ongelmia varsinkin, jos käytetään sementti- ja silikaattipohjaisia kiinteytysprosesseja. Menetelmässä tulee huomioida materiaalin koostumus sekä massan seossuhteen muutokset edellyttäen tapauskohtaiset määrittelyt seosaineille ja suhteille (Kukkamäki, s. 687.)

Stabiloivana sideaineena käytetään muun muassa kalkkia, kipsiä, teollisuuden sivutuotteita sekä bitumipohjaisia aineita. Yleisin stabilointimenetelmä pilaantuneelle maa-ainekselle on kuitenkin betonointi. Betonoinnin jälkeen massa on haitta-aineita sisältävää betonia eikä kiinteytettyä massaa. Betonia voidaan tietyn edellytyksin käyttää hyväksi kaatopaikkarakenteissakin (Kukkamäki, s. 687.)

Työkohteessa tapahtuvassa stabiloinnissa pilaantuneeseen maahan sekoitetaan joko epäorgaanisia tai orgaanisia sideaineita, siten että haitta-aineiden liikkuvuus ja liukoisuus vähenevät. Käsitellyt maa-ainekset sijoitetaan suunnitelma-asiakirjojen ja mahdollisten viranomaispäätösten mukaisesti (Kukkamäki, s. 687.)

3.3 Kompostointi ja biologiset menetelmät

Kun haitta-aineina on biologisesti hajoavia aineita, kuten öljyhiilivetyä ja kloorifenoleita, voidaan kunnostusmenetelmänä käyttää kompostointia. Kompostoinnissa haitta-aineita hajotetaan aerobisesti mikrobien avulla. Kompostointi voidaan tehdä joko paikan päällä tai alueen ulkopuolisella alueella. Mikäli maa-aineksessa on myös haihtuvia haitta-aineita, pitää kompostoinnin ohella tehdä kaasujen keräys ja niiden oma käsittely. Käytännössä massat sijoitetaan läpäisemättömälle kentällä oleviin kompostiaumoihin. Aumoja seurataan käännellen ja kastellen. Toinen vaihtoehto on, että massat valutetaan ensin altaassa, minkä jälkeen ne siirretään aumakompostiin (Sorvari 2009, s.73-74.)

Myös biologisessa menetelmässä pilaantuneen maa-aineksen joukkoon lisätään mikro-organismeja, jotka käyttävät ravinteenaan kemikaaleja, maa-aineksen puhdistumista nopeuttamiseksi. Täydellisessä mikrobiologisessa hajotuksessa orgaaniset aineet mineralisoituvat epäorgaanisiksi yhdisteiksi. Menetelmä voi kuitenkin olla hidas. Epäonnistunut mikrobiologinen käsittely voi synnyttää alkuperäisiä haitta-aineita haitallisempia yhdisteitä niin kuin lämpökäsittelyssäkin (Kukkamäki, s. 688-689.)

3.4 Terminen eli lämpökäsittelymenetelmä

Lämpökäsittelyssä nimensä mukaan pilaantunut maa-aines käsitellään korkeissa lämpötiloissa. Lämpökäsittelymenetelmät voidaan jakaa alhaisissa lämpötiloissa tapahtuvaan haitta-aineen desorptioon eli haitta-aineiden erottumiseen muusta maa-aineksesta ja korkeissa lämpötiloissa toteutettavaan polttoon (Kukkamäki, s. 688-689.) Käsittely toteutetaan yleensä kaksivaiheisena, jonka jälkeen saatetaan tarvita vielä toista käsittelymenetelmää. Käsittelyalueiden maa-alueet tulee tiivistää hyvin, siten että suotu- ja valumavedet saadaan kerättyä talteen eikä haitta-aineita päädy takaisin maaperään. Ensimmäisessä vaiheessa haitta-aineet poistetaan haihduttamalla maa-aineksesta riittävän korkeissa lämpötiloissa. Toisessa vaiheessa ne tuhotaan poistokaasuista erillisen jälkipolton avulla. Korkealämpödesorptiossa käsiteltävät vaativammat maa-ainekset kuumennetaan 320 +800°C:seen, kun taas matalalämpödesorptiossa helposti haihtuvat aineet kuumennetaan 90 – +320°C:teen lämpötiloissa (Sorvari 2009, s. 74.)

Kun pilaantunutta ainesta käsitellään termisesti, tulee tarkoin tietää ja tuntea käsittelyyn tulevat haitta-aineet ja niiden lämpötila-alueet. Mikäli käsittely ei suju suunnitelmien mukaisesti, saattaa käsittelyssä syntyä alkuperäisiä hävitettäviä aineita haitallisempia yhdisteitä, kuten dioksiineja (Kukkamäki, s. 688-689.)

3.5 Märkäerotusmenetelmä

Märkäerotusmenetelmässä pilaantuneesta maa-aineksesta erotetaan pesunesteen avulla puhdas jae ja haitta-aineita sisältävä likainen jae eli puhdistusrejeki (puhdistusjäännös). Märkäerotusmenetelmässä maan sisältämät haitta-aineet siirtyvät pilaantuneen maa-aineksen läpi suotautuvaan pesunesteeseen. Puhdas jae voidaan usein palauttaa takaisin työmaalle tai hyödyntää muualla. (Sorvari 2009, s. 74). Likainen jae on vielä erikseen hävitettävä ja loppusijoitettava haitattomalla tavalla. Haitta-aineiden erottaminen puhtaasta maasta perustuu raekokoihin. Märkäerotusmenetelmä suoritetaan yleensä erillisessä pesulaitteessa (Kukkamäki, s. 688.)

Pilaantuneen maan pesu soveltuu lähinnä karkearakeisille maa-aineksille ja karkeille moreeneille, joissa on esimerkiksi raskasmetalleja, syanideja, PAH-yhdisteitä, PSP:tä, kloorifenoleja tai mineraalilölyjä. (Kukkamäki, s. 688).

3.6 Huokosilmatekniikka

Huokosilmatekniikat ovat maaperän in situ -käsittelyä, jossa haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) poistetaan pilaantuneen maaperän kohteessa vedellä kyllästämättömän kerroksen huokostilasta. (Kukkamäki, s. 688). Tekniikka perustuu kaivoihin ja alipaineeseen, jolla huokosilmaa imetään. Haihtuvat yhdisteet kulkeutuvat ilmavirran mukana imukaivoihin, joista ilma johdetaan edelleen vedenerottimeen ja kaasunkäsittelyyn (Sorvari 2009, s.74.)

Tekniikka sopii parhaiten tasalaatuisista hiekka- ja soramaista helposti haihtuvien hiilivetyjen poistamiseen. Maaperän kosteus vaikeuttaa poistamista. Jos maa sisältää paljon humusta ja turvetta, johon yhdisteet ovat sitoutuneet, poisto vaikeutuu (Kukkamäki, s. 688.)

Tekniikoita on kolme erilaista, alipaine-, ylipaine- ja höyrykäsittely. Alipainekäsittelyssä haihtuvat aineet poistetaan veden avulla, ylipainekäsittelyssä käytetään ilmaa ja höyrykäsittelyssä orgaaniset aineet poistetaan maaperästä kuumen vesihöyryn avulla (Kukkamäki, s. 688).

Haitta-aineet tulee poistaa imetystä huokosilmasta esimerkiksi aktiivihilisuodattimella, ennen kuin huokosilma päästetään ilmaan. Tätä mikrobista puhdistamista voi nopeuttaa maaperään kulkeutuva happi ja lämpö (Kukkamäki, s. 688).

4 TURUN KAUPPATORIN TYÖMAA

Kesän 2018 aikana Turun Kauppatorille rakennettiin NCC Suomi Oy:n toimesta väliaikainen tori, johon torikauppa siirtyi toriparkin rakentamisen ajaksi. Väliaikaisen torin alueelta urakan ollessa puolivälissä saatiin epäily pilaantuneesta maa-aineksesta voimakkaan polttoaineen hajun vuoksi. Työt keskeytettiin ja otettiin yhteyttä tilaajaan, Turun kaupunkiin. Tässä tapauksessa Turun kaupungilla oli sopimus konsulttiryitys Golder Associates Oy:n kanssa, ja he tutkivat maa-aineksen ja johtivat kaivuuta. Kun maan pilaantuneisuus oli varmistettu, ryhdyttiin suunnittelemaan maa-aineksen poiskaivuuta.

Kohta, josta pilaantunutta maa-ainesta ensi kerran löytyi, esitetään kuvassa 1. Ellei kyseessä olevalle kohdalle olisi ollut suunniteltu kaivoa, koko pilaantunut maa-aines olisi voinut jäädä huomaamatta.



Kuva 1. Lähtötilanne, jolloin vahva polttoaineen haju havaittiin ensimmäisen kerran.

Tietoa aikaisemmasta toiminnasta alueelta ei löytynyt. Kaivun edetessä löytyi kuitenkin betonikapaleita, betonilaatta sekä metallipantoja, joita epäiltiin vanhaan maanalaiseen säiliöön kuuluneiksi.

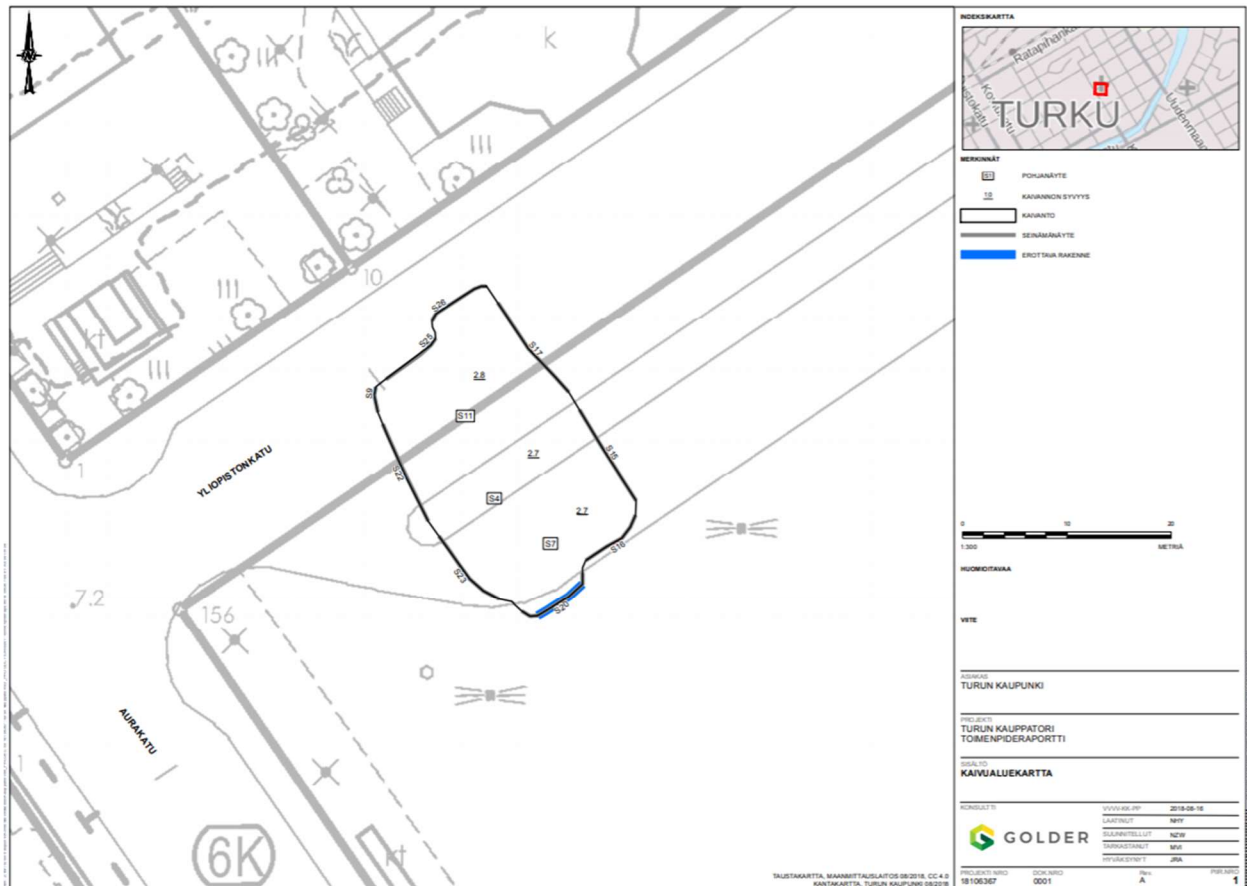
Kaivutyötä ja maa-ainesten kuljetusta ohjasi ja valvoi ympäristötekniikan asiantuntija. Kaivutyön yhteydessä tehtiin kenttäkokeita, joiden tulokset määräsivät kaivumaiden sijoituspaikan. Golder Associates Oy:n laatiman toimenpideraportin mukaan työmaalla määritettiin kokonaishiilivetyttöisyyksiä

Petroflag-kenttätestillä sekä haihtuvien yhdisteiden suhteellista esiintymistä PID-mittarilla yhteensä noin 50 testin verran. Näytteistä analysoitiin muun muassa

- öljyhiilivetyjakeiden C10–C21 ja C22–C40 pitoisuudet (8 kpl)
- öljyhiilivetyjakeiden C5–C10, BTEX, MTBE ja TAME pitoisuudet (8 kpl)
- arseeni ja raskasmetallit (1 kpl)
- PAH-yhdisteet (1 kpl)
- pH (1 kpl)
- TOC (1 kpl)

Maanäytteet analysoitiin SGS Inspection Services Oy:n laboratoriossa. (Golder Associates Oy 2018.)

Kaivutyön päätyttyä kokonaan otettiin vielä jäännöspitoisuusnäytteitä seinämistä ja pohjasta. Kuvassa 2 on kuvattuna kaivannon koko, syvyys lukemia sekä näytteenottopisteitä. Kaivannon alueelta otettiin yhteensä 12 jäännösnäytettä kaivannon seinämästä ja pohjalta. 12 näytteestä lähetettiin laboratorioon yksi näyte jokaisesta seinämästä ja yksi pohjasta. Jäännöspitoisuusnäytteistä määriteltiin öljyhiilivetyjen C5–C40, BTEX, MTBE ja TAME-pitoisuudet (Golder Associates Oy 2018.)



Kuva 2. Kaivualuekartta.

Tiukan aikataulun vuoksi maa-aines kaivettiin suoraan kuormaan ja vietiin pois työmaa-alueelta. Pilaantuneen maan poiskaivu kesti reilun viikon. Kaivua jatkettiin, kunnes seinämä- ja pohjanäytteet eivät ylittäneet ylemmän ohjearvon ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. Alueelta poistettiin öljyhiilivedyillä pilaantunutta maa-ainesta yhteensä noin 847 tonnia. Kaikki poistettu maa-aines toimitettiin Fortum Environmental Construction Oy:lle, Korvenmäen jätekeskukseen Saloon. Kuljetuksen aikana massat olivat peitettyinä. Kaivun yhteydessä löytyneet betonijätteet toimitettiin Suomen Erityisjäte Oy:lle, Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n jätteenkäsittelykeskukseen Forssaan, jossa teetettiin vielä tarvittavat laboratorioanalyysit vastaanottajan toimesta. Jokaisen kuorman mukana toimitettiin VNa 179/2012 mukainen siirtoasiakirja. Työpäivän päättyessä haitta-aineita sisältävä kaivanto peitettiin hajuhaittojen minimoimiseksi pressulla (Golder Associates Oy 2018.)



Kuva 3. Pilaantuneen maa-aineksen kaivanto melkein suurimmillaan.



Kuva 4. Pilaantunut maa-aines suojattuna työpäivän päätteeksi.

Samanaikaisesti muita työmaan töitä ei pystytty jatkamaan. Työmaalla olleelle perämiehelle ei ollut töitä viikkoon. Työmaan kulkutiet täytyi järjestää uudelleen ja kulku onnistuttiin tekemään niin, että kasettiautot pääsivät ajamaan työmaan läpi. Pääsääntöisesti Turun keskustan alueella kasettiautoilla ajo on kielletty, mutta erityisluvan avulla asia saatiin järjestettyä. Maamassat kuljetettiin kasettiautoilla tiukan aikataulun vuoksi.

Kun pilaantunut maa saatiin poistettua, seurasi kaivannon täyttövaihe. Kokonaisuudessaan täyttöön meni viikon verran aikaa. Pilaantuneen maan prosessi viivästytti työmaata noin kahdella viikolla.

Kaivantoa täytettiin ensin torin laidalla olevan arkeologisen työmaan massalla. Koska täyttö oli hidasta niin loppu kaivantoa täytettiin KaM 0-63mm:sellä, kuvassakin näkyvällä suuremmalla kalliomurskeella, jotta työmaata päästiin jatkamaan eteenpäin.



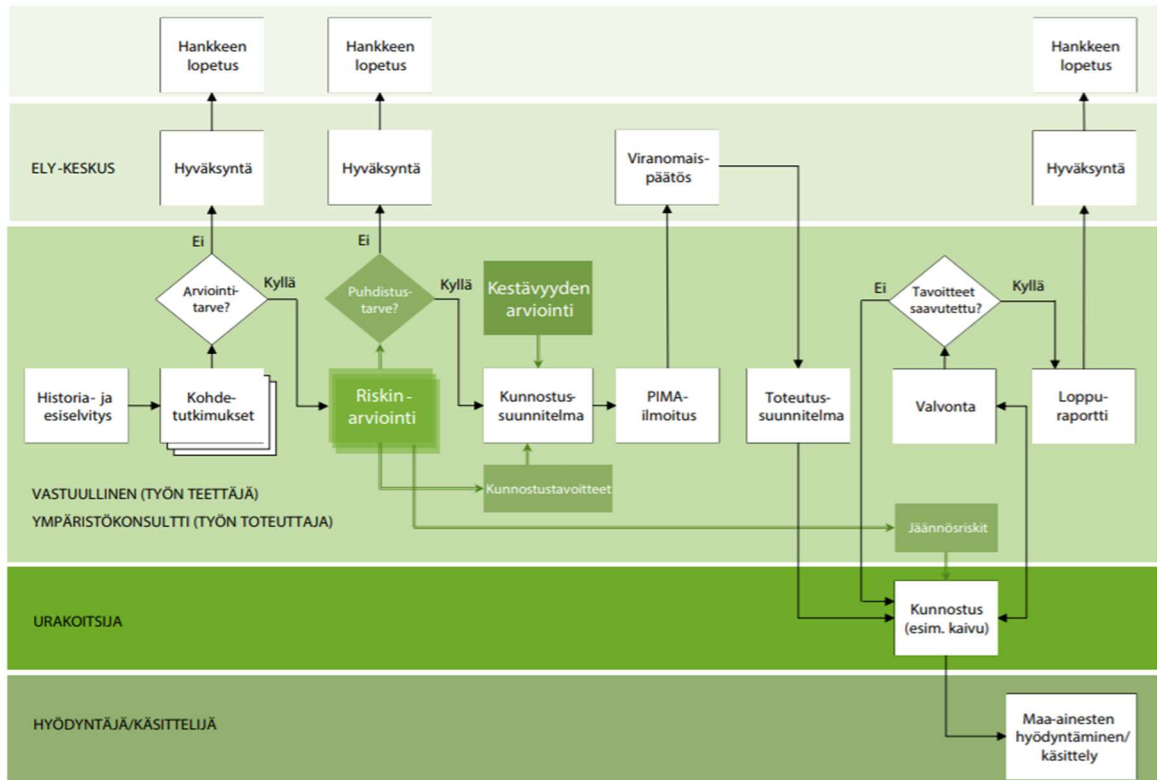
Kuva 5. Kaivannon täyttöä ja tiivistystä.

Kustannukset kasvoivat merkittävästi suhteessa siihen, että pilaantuneita maita ei olisi löydetty. Kustannuksia vaikuttivat muun muassa pilaantuneen maa-aineksen kuljetus- ja vastaanottomaksut. Kokonaisuudessaan NCC:n kautta meneviä lisäkustannuksia oli 31 873 €, johon kuului kaivu (mikä tehtiin tuntitöinä), kasettiautojen laskut sekä kaivannon täyttö. Turun kaupunki maksoi kustannukset, sillä pilaantuneista maista ei ollut tietoa urakan sopimusvaiheessa. Vastaanottomaksut menivät suoraan tilaajalle. Käsittelymaksu Lounais-Suomen Jätehuollon sivuilla on 0–350€/t (alv 0 %), jonka lisäksi ajoneuvokohtainen punnitusmaksu on 15€. (Lounais-Suomen jätehuolto).

Loppujen lopuksi pilaantuneen maan poisto prosessi sujui tehokkaasti ja mutkattomasti. Kokonaisuudessaan työmaa kuitenkin oli myöhässä alkuperäisestä aikataulusta pilaantuneiden maiden takia.

5 TOIMINTAOHJEET

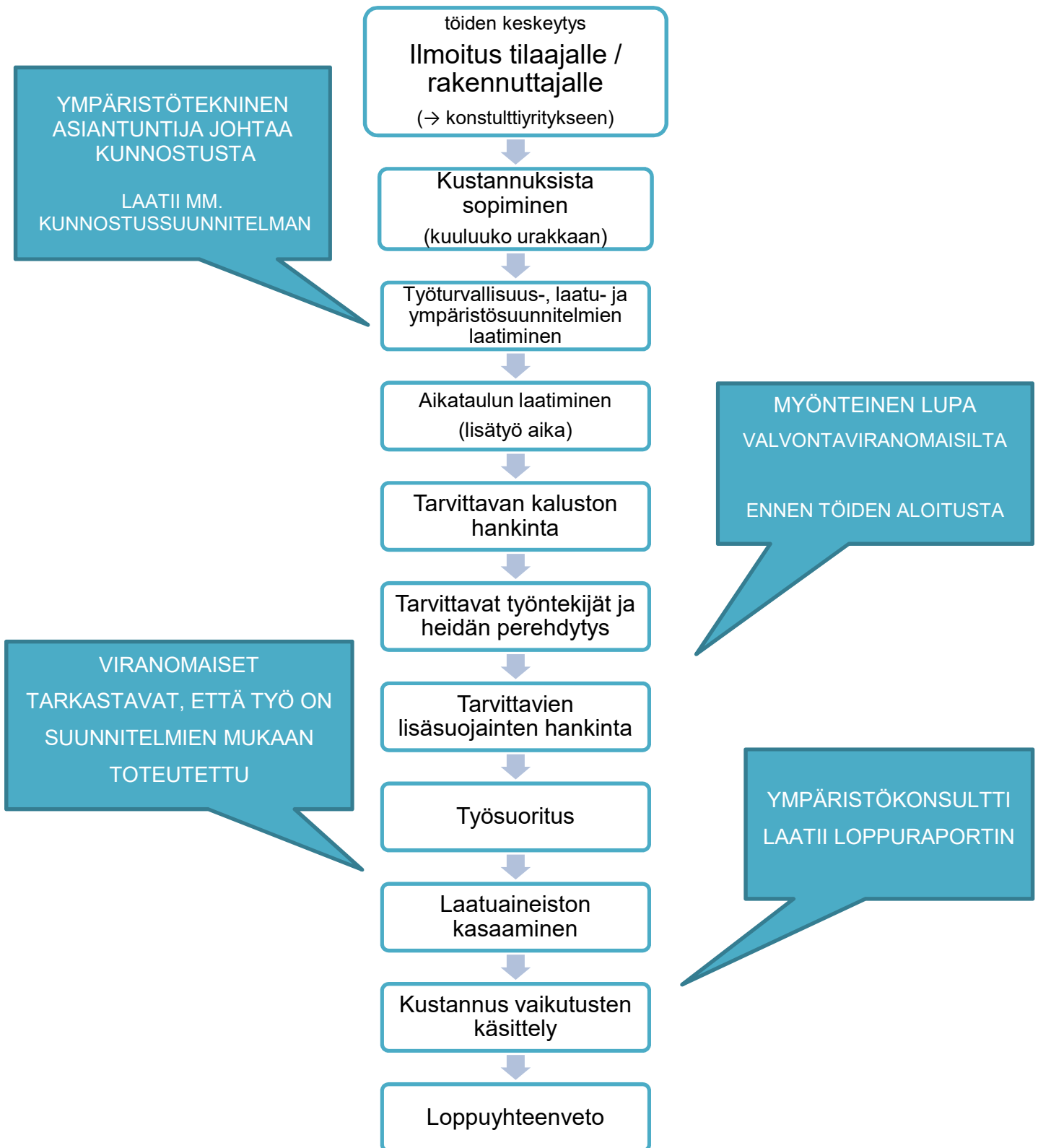
Seuraavassa kuvassa on kuvattuna tyypillisen kunnostushankkeen etenemistä eri osapuolten kannalta. Vaikka kunnostusmenetelmä olisi eri, niin pysyy perusrakenne samana. Prosessissa on tärkeää aina odottaa valvontaviranomaisten lupia, jotta jälkeenpäin ongelmia ei asiasta tulisi.



Kuva 6. Esimerkki tyypillisen PIMA-hankkeen edistymisestä.

Ylläolevasta kuvasta huomaa, että ennen urakoitsijan kunnostus osuutta on monia vaiheita. Ympäristökonsultilla onkin tärkein kuva koko kunnostusprosessissa. Urakoitsijalla on kuitenkin oma osuutensa ja omat työvaiheensa itse kunnostustyön tekemisessä. Seuraavassa taulukossa on suuntaa antavat ohjeet urakoitsijalle kronologisessa järjestyksessä, mitä tulisi muistaa kunnostusprosessissa. Tärkeimpänä on kuitenkin seurata ympäristökonsulttia sekä taata ja varmistaa työnteon ja -tekijöiden turvallisuus.

Taulukko 1. Suuntaa antavat ohjeet urakoitsijalle.



Ensimmäisenä vaiheena urakoitsijalla on töiden keskeytys, mikäli herää epäily pilaantuneista maista. Asiasta tulee ilmoittaa tilaajalle tai rakennuttajalle. On mahdollista, että rakennuttajalla on sopimus jo ympäristöalan konsulttiyritykseen vastaavien tilanteiden varalle, mutta on myös mahdollista, että urakoitsijan pitää etsiä urakalle konsulttiyritys johtamaan puhdistusprosessia.

Mikäli pilaantuneesta maaperästä ei ole ollut tietoa urakan sopimusvaiheessa, tulee urakoitsijan ja rakennuttajan sopia mahdollisista muutoksista, esimerkiksi tehdäänkö työ tuntitöinä vai ei. Sama pätee aikatauluun, on hyvä sopia ajoissa lisätyöajasta, mikä saattaa olla tarpeen urakan loppupuolella.

Itse kunnostussuunnitelman laatii ympäristökonsulttiyrityksen asiantuntija, mutta urakoitsijan tulee laatia työturvallisuus-, laatu- ja ympäristösuunnitelmat. Kunnostustyön lopussa kootaan laatuaineisto.

Jos työmaan resurssit ovat liian vähäiset kunnostustyöhön, tulee urakoitsijan hankkia tarvittavat työntekijät tai kalustot. Työntekijöiden perehdytys työmaahan sekä erikseen pilaantuneen maan kunnostukseen on erittäin tärkeää. Myös henkilökohtaisista suojaamista huolehtiminen kuuluu työnjohtajalle.

Työn suorituksen aikana ympäristökonsultti johtaa varsinaista puhdistusprosessia ja ohjaa kaivua ja muita tarvittavia työntekijöitä. Kunnostustyön päätyttyä tehdään loppuyhteenveto työstä ja kootaan lopulliset kustannukset yhteen. Konsultti tekee loppuraportin, minkä viranomaiset tarkastavat ja hyväksyvät, mikäli työ on saavuttanut tavoitteensa.

6 YHTEENVETO

Maaperän kunnosta ollaan yhä tietoisempia, ja myös rakentaminen esimerkiksi tehdas- ja varastoalueilla on lisääntynyt. Tästä seuraa yhä useammin työmailla vastaantuleva pilaantunut maaperä ja tämän maaperän vaatimat toimenpiteet. Tilanteet, joissa maankäsittelyä edellytetään, ovat yksilöllisiä ja vaativat tapauskohtaista harkintaa ja monimuotoista on myös aihepiiriä koskeva sääntely, joka edellyttää aihepiirin tuntemusta. Tässä opinnäytetyössä luotiin katsaus yleisesti pilaantuneen maaperän määrittelyyn ja vaadittuihin toimenpiteisiin sekä sitä koskevaan lainsäädäntöön. Työ on tehty yhteistyössä NCC Suomi Oy:n kanssa ja toimii ohjeistuksena tilanteissa, joissa työmaalta löydetään pilaantunutta maaperää. Konkreettisesti aiheeseen tutustutaan esittelemällä Turun Kauppatorin työmaa, josta urakan puolivälissä löydettiin pilaantunutta maata.

Pilaantuneella maalla tarkoitetaan aluetta, johon on joko vahingon seurauksena tai tahallisesti sekoittunut vierasperäisiä aineita. Maa on voinut pilaantua esimerkiksi kemikaalivuodon, pitkäaikaisten päästöjen tai haudattujen jätteiden takia. Maaperää saastuttavia aineita ovat muun muassa öljyt, kemikaalit ja raskasmetallit.

Opinnäytetyön toisessa osassa esiteltiin käsitteiden lisäksi perustietoja pilaantuneesta maasta, maaperän haitta-aineista ja aihepiiriä sääntelevistä laeista. Laeissa keskeiseksi sanomaksi osoittautui velvollisuus suojella ympäristöä ja ihmisiä sekä ilmoittaa mahdollisesta vaarasta ympäristöä kohtaan.

Neljännessä osassa aihe tuotiin konkretian tasolle tutustumalla Turun Kauppatorille rakennetun väliaikaisen torin työmaan yhteydessä löydettyyn pilaantuneeseen maa-ainekseen ja tästä seuranneisiin toimenpiteisiin. Urakan puolellisessa, epäily pilaantuneesta maa-aineksesta nousi huomattavan voimakkaan polttoaineen hajun vuoksi. Työt keskeytettiin, maa-aines tutkittiin, suunnitelmat luotiin ja lopulta maa-aines poistettiin. Itse maa-aineksen poisto kesti reilun viikon, jonka aikana muut työt työmaalla joutuivat tauolle. Kokonaisuudessaan prosessi viivästytti työmaata noin kaksi viikkoa, ja kustannukset kasvoivat merkittävästi. Koko prosessiin vaikutti se, ettei pilaantuneesta maa-aineksesta tai siihen viittaavasta toiminnasta ollut etukäteen tietoa.

Työn viides osa sisältää toimintaohjeet työmaille tilanteessa, jossa pilaantunutta maata löydetään. Vaikka prosessi vaihtelee kohteittain, on prosessin perusrakenne kuitenkin sama. Prosessissa on useita vaiheita ennen kuin päästään käsiksi varsinaiseen kunnostukseen ja osansa tässä on niin urakoitsijalla kuin myös ympäristökonsultilla. Prosessi rakentuu keskeisesti ympäristökonsultin ohjeistuksen ja johdon ympärille, ja keskeistä on varmistaa tämän ohjeiden seuraaminen ja huolehtia työnteon ja -tekijöiden turvallisuudesta läpi prosessin. Urakoitsijan kannalta keskeisin vaihe on töiden keskeytys, jonka on tapahduttava heti, kun herää epäily pilaantuneesta maasta.

Maaperän pilaantumiseen on opittu kiinnittämään yhä tarkempaa huomiota ja on myös urakoitsijoiden kannalta erittäin tärkeää osata toimia tilanteessa, jossa vastaan tulee pilaantunutta maaperää. Toimintaohjeiden selkeys ei ole tärkeää ainoastaan olennaisten säädösten noudattamiseksi, vaan erityisesti ympäristöhaittojen minimoimiseksi ja sujuvan työnteon takaamiseksi.

LÄHTEET

1. Finlex, Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170843>. Luettu 25.11.2018.
2. Golder Associates Oy, 2018. Turun Kauppatori Toimenpideraportti - Ympäristötekniset työt Turun kauppatorin kunnallisteknisten kaivujen yhteydessä. Luettu 22.11.2018.
3. Hartikainen, Olli-Pekka, 2002: Maarakennustekniikka. Helsinki: Otatieto Oy.
4. Jääskeläinen, Raimo, 2003: Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka
5. Kukkamäki Markku. Pilaantuneen maaperän puhdistaminen [verkkodokumentti]. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010503.pdf>. Luettu 1.11.2018.
6. Kuva 6, Esimerkki tyypillisen PIMA-hankkeen edistymisestä. Ympäristöhallinnon ohjeita 2014.
7. Kuva 1, Lähtötilanne, jolloin vahva polttoaineen haju tuli ensimmäisen kerran, kuvaaja Aura Karineva.
8. Kuva 5, Kaivannon täyttöä ja tiivistystä, kuvaaja Aura Karineva.
9. Kuva 2, Kaivualuekartta
10. Kuva 3, Pilaantuneen maa-aineksen kaivanto melkein suurimmillaan, kuvaaja Aura Karineva.
11. Kuva 4, Pilaantunut maa-aines suojattuna työpäivän päätteeksi, kuvaaja Aura Karineva.
12. Lakikokoelmat, 2017 Rakentaminen ja maankäyttö. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
13. Lounais-Suomen jätehuolto. Vastaanottomaksut suurille jäte-erille. <https://www.lsjh.fi/fi/hinnat/vastaanottomaksut-suurille-jate-erille/>. Luettu 26.11.2018
14. Luntinen Marita, 2002: Kunta ja pilaantunut maaperä. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.
15. Rakennusteollisuus RT ry, MARA-asetus voimaan 1.1.2018 [verkkodokumentti]. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2017/mara-asetus-voimaan-1.1.2018/>. Luettu 25.11.2018.
16. Rakennustieto Oy, 2018. InfraRYL Maa-, pohja-, ja kalliorakenteet. Helsinki: Rakennustetosäätö RST sr.
17. Ramboll Finland, MARA-asetus tehostaa jätteiden käyttöä maanrakentamisessa [verkkodokumentti]. <https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/mara-asetus-maarakentamisessa>. Luettu 25.11.2018.
18. Sorvari, Jaana ym. 2009. Pilaantuneiden maa-alueiden riskihallinnan ekotehokkuus. Helsinki: Edita Prima Oy.
19. Suomen erityisjäte <http://www.erityisjate.fi/client/erityisjate/userfiles/sej-pima-perusmaarittely-taytetava-id-22458319012334.pdf>. Luettu 14.11.2018.
20. Suomen ympäristö, 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määritysperusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
21. Ympäristöhallinnon ohjeita, 2014, Pilaantuneen maa-alueen riskiarviointi ja kestävä riskienhallinta [verkkodokumentti]. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136564/OH_6_2014.pdf. Luettu 25.11.2018.
22. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Pilaantuneen alueen puhdistamisvelvollisuus [verkkodokumentti]. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet/Pilaantuneen_alueen_puhdistamisvelvollisuus. Luettu 22.11.2018.

23. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Pilaantuneet alueet Suomessa [verkkodokumentti]. <http://www.ymparisto.fi/pilaantuneetalueetsuomessa>. Luettu 22.11.2018.
24. Ympäristöministeriö. Jätteiden hyödyntämismahdollisuuksia maarakentamisessa laajennetaan [verkkodokumentti]. http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmistella_oleva_lainsaadanto/Jatteiden_hyodyntaminen_maarakentamisessa. Luettu 25.11.2018.
25. Ympäristöministeriö, 2006. Pilaantuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. Helsinki: Edita Prima Oy.
26. Ympäristöministeriö/ Ympäristönsuojeluosasto, [muistio]: Kaivetut maa-aineksetjäteluonne ja käsittely: <https://docplayer.fi/25054835-Ymparistoministerio-ymparistonsuojeluosasto-kaivetut-maa-ainekset-jateluonne-ja-kasittely.html>. Luettu 13.11.2018.
27. Ympäristöopas 2010. Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen yleissuunnitelma. Helsinki: Edita Prima Oy.
28. Ympäristöopas, 2010: Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen loppuraportti. Helsinki: Edita Prima Oy.