

Anton Matinmikko

PATENIEMENRANNAN MASSATALOUDEN OPTIMOINTI

PATENIEMENRANNAN MASSATALOUDEN OPTIMOINTI

Anton Matinmikko
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Anton Matinmikko

Opinnäytetyön nimi: Pateniemenrannan massatalouden optimointi

Työn ohjaajat: Jorma Hämäläinen Plaana Oy; Terttu Sipilä Oamk

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2015 Sivumäärä: 81 + 1 liite

Maaperän kunnostushankkeet ovat lisääntyneet viime vuosina runsaasti esimerkiksi, kun vanhoja teollisuus-, satama- ja varastoalueita on muutettu asuinalueiksi. Tämän myötä on myös pilaantuneen maaperän kunnostusmenetelmiä kehitetty runsaasti.

Opinnäytetyön aiheena oli Pateniemenrannan massatalouden optimointi. Tavoitteena oli saada hankkeen massatalous tasapainoon niin leikkausten kuin täyttöjenkin osalta. Työssä selvitettiin eri materiaalitoimittajien hintoja, Oulun kaupungin ylijäämämaiden kelpoisuutta täyttömateriaaliksi sekä Oulun alueen voimalaitoksien lentotuhkan hyödyntämisen mahdollisuuksia.

Työssä selvitettiin eri täyttövaihtoehtojen etuja ja riskejä. Lisäksi tutkittiin täyttöistä aiheutuvia kustannuksia. Materiaalin kuutiohintoja selvitettiin haastattelemalla maa-ainestoimittajia. Teoriaosan tärkeimpinä materiaaleina toimivat ympäristöministeriön ja -keskuksen julkaisut ja ohjeet. Käytännön osuuden merkittävimpinä materiaaleina toimivat geotekniset tutkimukset ja selvitykset, kaavarunkoselvitys sekä asemakaavavaiheessa tehdyt katusuunnitteluaineistot.

Työssä tehdystä tutkimuksesta käyvät ilmi Pateniemenrannan massatalouden optimoinnin täyttöjen sekä leikkausten eri vaihtoehdot ja materiaalit. Massatalouden optimoinnin ratkaisuvaihtoehdoiksi saatiin rakentamisen vaiheiden mukaan tehtävät täytöt tai suoraan peräkkäisinä vuosina tehtävät täytöt. Täyttömateriaalivaihtoehtoja syntyi kolme erilaista. Ensimmäisessä vaihtoehdossa hyödynnetään hankkeen sisältä tulevat massat, lentotuhka sekä toisen hankkeen ylijäämämaat. Toisessa vaihtoehdossa täytöissä käytetään lentotuhkaa ja toisen hankkeen ylijäämämaita. Kolmannessa vaihtoehdossa täytöt tehdään ainoastaan toisien hankkeiden ylijäämämailla. Työssä selvitettiin myös pilaantuneiden maiden sekä tarvittavien täyttöjen määrä. Työn lopputuloksia tullaan hyödyntämään Pateniemenrannan hankkeessa sen käynnistyttyä vuoden 2015 aikana.

Asiasanat: pilaantunut maaperä, täyttömaat, maapenkereet, sahalaitokset, infarahanke

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil Engineering, Municipal engineering

Author: Anton Matinmikko

Title of thesis: Optimization on mass economy in Pateniemenranta

Supervisors: Jorma Hämäläinen Plaana Oy; Terttu Sipilä Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2015 Pages: 80 + 1
append

The number of soil renovation projects has increased in recent years. For example old industrial, port and storage areas have been transformed into residential areas. Thereby contaminated soil renovation methods have been developed.

The topic of this thesis was optimization of mass economy in Pateniemenranta. The aim of the project was to achieve a balance between excavation and fillings. In this thesis different filling material suppliers' prices were researched. Also the eligibility of Oulu's wastelands as a source of filling material and possible usages of fly ash of power plants' were investigated.

The thesis clarifies the costs, benefits and risks of different land filling alternatives. The cubic prices of the various filling materials were investigated by interviewing material suppliers. The most important materials of the theoretical part of the thesis were the publications and guidelines from environment center. The practical part material, on the other hand, consisted of geotechnical research, formula frame statements and street design materials.

The research presents different alternating methods as well as material options for achieving optimal balance between fillings and excavations in Pateniemenranta. Eventually, the most important balancing methods were either doing the fillings within the construction process or doing all the fillings at the same time. In the standpoint of filling materials three options emerged. In the first option the surplus masses of own project, surplus masses of some other projects and fly ashes were utilized and prioritized. In the second option fly ashes and surplus masses of the other projects were used. In the third option the fillings were done by using only surplus masses of the other projects.

The thesis also presents the amount of contaminated soil and the need for filling in Pateniemenranta. The results of this research will be utilized in Pateniemenranta-project as it will start during 2015.

Keywords: contaminated soil, the fillings, land embankment, sawmill industry, infrastructure project

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 MAAPERÄN PILAANTUMINEN	9
2.1 Lainsäädäntö ja lupa-asiat	11
2.1.1 Ympäristölaki	11
2.1.2 Jätelaki	13
2.1.3 PIMA-asetus	15
2.2 Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi	16
3 PILAANTUNEIDEN MAIDEN KUNNOSTUS	20
3.1 Kunnostusten syyt ja tavoitteet	20
3.2 Kunnostusmenetelmät	21
3.2.1 Massojen kaivu ja varastointi	22
3.2.2 Eristäminen	24
3.2.3 Kiinteytys ja stabilointi	25
3.2.4 Terminen käsittely	26
3.2.5 Maaperän pesu	27
3.2.6 Huokosilmatekniikat	27
3.2.7 Biotekniset menetelmät	29
3.3 Kunnostushankkeen toteuttaminen ja laadunvarmistus	31
3.4 Kunnostuskustannukset Suomessa	34
4 ESIMERKKIKOHDE PATENIEMENRANTA	35
4.1 Pateniemen saha	36
4.2 Maaperän tila ja haitta-aineet	38
4.3 Alueella suoritetut selvitykset ja tutkimukset	39
4.4 Alueella tehdyt kunnostustoimenpiteet	40
4.5 Saha-alueen kaatopaikan sulkeminen	42
5 PATENIEMENRANNAN ASEMAKAAVA	44
5.1 Nykyinen maankäyttö	44

5.2 Tuleva maankäyttö	45
5.2.1 Rakenne	45
5.2.2 Liikenne	47
5.2.3 Rakentamisen vaiheet	48
6 ALUEEN TÄYTTÖMASSOJEN TARKASTELU	49
6.1 Täyttömassojen määrä ja laatu	50
6.2 Oulun kaupungin ylijäämämaiden kartoitus	52
6.3 Lentotuhkan hyödyntäminen maarakentamisessa	55
6.3.1 Oulun alueen tuhkan tuottajat	60
6.3.2 Lentotuhkan hyödyntäminen Pateniemenrannan täytöissä	62
6.3.3 Tuhkarakentamisen hyödyt ja riskit Pateniemenrannassa	66
6.4 Tasauksen vaikutus massamääriin	67
6.5 Esikuormituspengeri kaduilla	69
6.6 Maa-ainestoimittajat	70
6.7 Täyttöjen eri vaihtoehdot	71
7 POHDINTA	75
LÄHTEET	77
LIITTEET	82

SANASTO

Alempi ohjearvo	Haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperä on yleensä pilaantunut. Käytetään asuin-, puisto ja virkistysalueilla.
Dioksiinit	Yhteisnimitys monille kemikaaleille muun muassa PCB- ja PCDF-yhdisteille. Syntyy tahattomasti palamis- ja kloorausprosessien epäpuhtautena. Altistutaan pääasiassa ravinnon kautta.
Kloorifenolit	Rasvaliukoisia, happamia ja pysyviä yhdisteitä, jotka imeytyvät helposti ihon läpi rasvaliukoisina, voi myös altistua ruoan ja hengitysilman kautta
Kynnysarvo	Haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperän puhdistustarve ja pilaantuneisuus on arvioitava
MARA-asetus	Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa
Peitetty rakenne	Jätettä sisältävän rakenteen suojaaminen jätteen leviämisen estämiseksi vähintään 10 cm:n paksuisella kerroksella luonnon kiviainesta
PIMA-asetus	Valtioneuvosten asetus maaperän pilaantuneisuuden puhdistustarpeen arvioinnista
Päällystetty rakenne	Jätettä sisältävän rakenteen suojaaminen sadeveden suotautumisen vähentämiseksi asfaltilla, jonka tyhjätila on enintään 5 prosenttia, tai muulla materiaalilla, jolla saavutetaan vastaava suojaustaso.
Ylempi ohjearvo	Haitallisen aineen pitoisuusarvo, jonka ylittyessä maaperä on pilaantunut. Käytetään esim. teollisuusalueilla.

1 JOHDANTO

Pateniemen vanha saha-alue on tarkoitus muuttaa noin 2 500–3 000 asukkaan asuinalueeksi. Alueen maaperä vanhalla saha-alueella on osittain pilaantunutta puutavaran käsittelyssä käytetyistä kemikaaleista. Tällä hetkellä noin 326 700 m³ ktr pilaantuneita maita on jo kaivettu pois ja toimitettu jatkokäsiteltäväksi tai sijoitettu sahan vanhalle kaatopaikalle. Vuoden 2015 aikana alueelta leikataan pilaantuneita maa-aineksia vielä noin 235 000 m³ ktr. Rakentamistoimenpiteet on tarkoitus ajoittaa vuosille 2016–2025.

Työn tavoitteena on etsiä ratkaisua massatalouden optimointiin niin leikkausten kuin täyttöjen osalta. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, voisiko osan leikattavista maista ottaa hyötykäyttöön rakentamisessa sekä mistä esimerkiksi Pateniemenrantaan tuodaan täyttömaat pilaantuneiden maiden tilalle. Tavoitteena on minimoida projektin ulkopuolelta tulevat massat ja kuljetukset.

Opinnäytetyön aihe on rajattu käsittelemään täydoissä käytettävän materiaalin laatua ja saatavuutta. Tarkoituksena on myös tutkia alueen suunnitellun tasauksen vaikutusta massamääriin. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään lentotuhkan hyötykäytön mahdollisuutta hankkeessa.

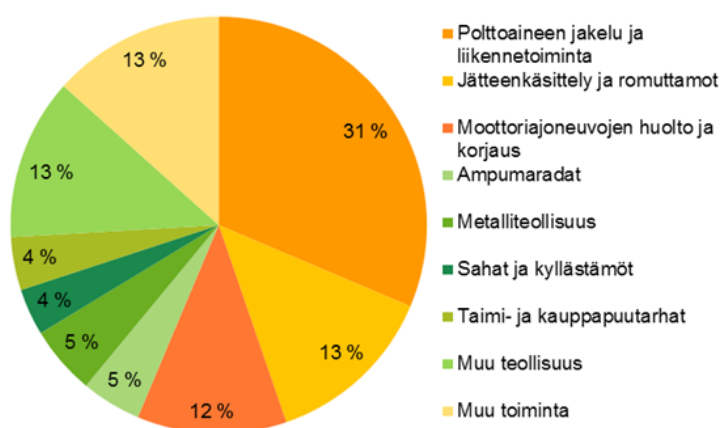
Työn aineistona käytetään Pöyry Finland Oy:n tekemiä geoteknisiä selvityksiä, kaavarunkoselvitystä sekä asemakaavavaiheessa tehtäviä katusuunnitteluaineistoja. Lisäksi aineistona käytetään haastatteluja, joilla selvitettiin eri rakennusliikkeiden materiaalihintoja ja kuljetuskustannuksia. Aluksi opinnäytetyössä selvitetään tehtyjen tutkimusten ja aineistojen avulla maaperän nykyinen tila ja massojen määrä sekä laatu. Tämän jälkeen tutkitaan eri täyttövaihtoehdot maa-aineksista ja pyritään löytämään kustannustehokkain ratkaisu.

Työn tilaajana toimii Plaana Oy ja tilaajan puolesta ohjaajana on Jorma Hämäläinen. Selvitystyö liittyy Stora Enson ja Oulun kaupungin yhteishankkeeseen Pateniemenranta.

2 MAAPERÄN PILAANTUMINEN

Maaperän pilaantumisella tarkoitetaan sitä, että ihmisen toiminnan seurauksena maaperään päässeet aineet huonontavat maaperän laatua, mikä voi vaarantaa tai haitata ihmisen terveyttä tai ympäristöä tai vähentää viihtyisyyttä tai muuten loukata yksityistä tai yleistä etua. Maaperässä olevien aineiden ominaisuudet ja määrät sekä pilaantuneen alueen ja sen lähiympäristön käyttötarkoitus ja luonnon olosuhteet vaikuttavat pilaantumisen vakavuuteen. (Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa. 2011.)

Maaperä voi pilaantua paikallisesti esimerkiksi onnettomuuden tai vahinkojen tai pitkän ajan kuluessa tapahtuneiden ympäristöpäästöjen seurauksena. Haitalliset aineet voivat kulkeutua maaperään kaikesta sellaista toiminnasta, jossa on käsitelty haitallisia aineita. Haitalliset aineet voivat levitä kaasuina tai pölynä ympäristöön tai kertyä kasveihin ja sitä kautta aiheuttaa haittaa ihmiselle ja eläimille. Tyypillisempiä maaperän pilaantumisen aiheuttajia ovat esimerkiksi huoltoasemat, teollisuusalueet, metalliteollisuus, jätteiden käsittely, ampumaradat, kaivostoiminta, sahat ja kyllästämöt, taimistot, puutarhat sekä kemikaalien valmistus ja varastointi. (Kuva 1.) (Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa. 2011.)



KUVA 1. Matti-kohteiden toimialajakauma (Pilaantuneet alueet Suomessa. 2014)

Yleisimmät maaperää pilanneet aineet Suomessa ovat öljyhiilivedyt ja raskasmetallit tai molemmat yhdessä. Raskasmetalleja ovat muuan muassa arseeni, kromi, kupari, elohopea, kadmium, lyijy, sinkki, nikkeli ja koboltti. Öljyhiilivetyjä ovat taas esimerkiksi jalostettu ja raakaöljy sekä moottoriöljy. Muita maaperää pilanneita aineita ovat muun muassa kloorifenolit, furaanit ja dioksiinit, liuottimet ja torjunta-aineet. Pateniemen saha-alueen maaperä onkin pilaantunut puutavaran sinistymisen estoon käytetyn KY-5-valmisteen johdosta. Se sisälsi kloorifenoleita sekä epäpuhtautena dioksiineja ja furaaneja. Toinen maaperää pilaava aine oli painekyllästyksessä käytetty suolakylläste K33, joka sisälsi arseenia, kromia ja kuparia. (Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa. 2011; Pateniemen saha-alue. 2013, 1.)

Maaperän pilaantumisen aiheuttajat voidaan luokitella piste- ja hajalähteiksi. Pistelähteiden päästön määrä ja sijainti voidaan määrittää tarkasti. Pistelähteitä ovat muun muassa jätevedenpuhdistamoiden ja käsittelemättömän huleveden purkuputket sekä teollisuuden laskuputket. Hajalähteitä on vaikeampi määrittää, sillä usein ne koostuvat useista pistelähteistä tai alueet ovat suuria. Hajalähteitä ovat esimerkiksi torjunta-aineiden ja lannoitteiden valumavedet viljelypelloilta ja autojen pakokaasupäästöt. (Maaperän pilaantuminen. 2014.)

Maaperän tilan tietojärjestelmä, Matti, on rakennettu maaperän pilaantumista koskevien kohdetietojen hallintaan. Tietojärjestelmä pitää sisällään tietoja mahdollisesti pilaantuneista, pilaantuneiksi todetuista, puhdistetuista ja puhtaaksi todetuista alueista. Kohdetietoja pääsevät katsomaan maankäyttö-, ympäristö-, ja rakennusvalvontaviranomaiset. Kiinteistön omistajalla on myös mahdollisuus tarkastaa ja päivittää kiinteistöään koskevia tietoja. Suomessa 2014 vuoden elokuuhun mennessä on kartoitettu noin 24 750 pilaantuneeksi epäiltyä, todettua tai jo kunnostettua maa-aluetta ja näistä joka kolmannessa kohteessa maaperää mahdollisesti pilaava toiminta jatkuu edelleen. (Pilaantuneet maa-alueet. 2013; Pilaantuneet alueet Suomessa. 2014.)

2.1 Lainsäädäntö ja lupa-asiat

Ympäristösuojelulaki (YSL) tuli voimaan 4.2.2000. Laki kieltää maaperän ja pohjaveden pilaamisen ja on keskeisin säädös koskien maaperän pilaamista ja pilaantuneiden alueiden kunnostusta. Erikseen on vielä määritelty jätelaki, joka koskee esimerkiksi pilaantuneiden maiden kunnostuksesta tulevia maamassoja, jotka luokitellaan jätteeksi. Vuonna 2007 säädettyä PIMA-asetusta käytetään edellä mainittujen lakien sijaan maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa, puhdistustarpeen selvittämisessä ja tavoitepitoisuuksia määrittäessä. PIMA-asetus tarkoittaa valtioneuvoston asetusta maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. (L4.2.2000/86.)

2.1.1 Ympäristölaki

Ympäristösuojelulaissa (86/2000) määritellään lain tavoitteet, asetukset ja määräykset. Keskeisemmin maaperän pilaantumista ja sen kunnostamista koskevia määräyksiä on esitetty luvussa 12 Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistaminen. Luvussa käsitellään muun muassa pilaantuneen maaperän puhdistusvastuuta ja ilmoitusvelvollisuutta, silloin jos maahan on päässyt ainetta, joka saattaa aiheuttaa pilaantumista. (L 4.2.2000/86.)

Pilaantuneiden maa-ainesten käsittely on YSL 78§ ”Maaperän puhdistaminen” mukaan luvanvaraista toimintaa. Pykälässä todetaan seuraavasti: ”*Pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyyn on oltava ympäristölupa. Maaperän puhdistamiseen pilaantuneella alueella tai pilaantuneen maaperän aineksen poistamiseen toimitettavaksi muualle 1 momentin mukaisesti käsiteltäväksi voidaan kuitenkin ryhtyä tekemällä siitä ilmoitus elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle, jos:*

- 1. pilaantuneen alueen laajuus ja maaperän pilaantumisen aste on riittävästi selvitetty;*
- 2. puhdistamisessa noudatetaan yleisesti käytössä olevaa hyväksyttävää puhdistusmenetelmää; ja*
- 3. toiminnasta ei aiheudu ympäristön muuta pilaantumista.*

Elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus tarkastaa ilmoituksen ja tekee sen johdosta päätöksen. Päätöksessä voidaan antaa tarvittavia määräyksiä toiminnan järjestämisestä ja valvonnasta. Päätös annetaan julkipanon jälkeen, ja siitä on tiedotettava siten kuin 53 ja 54§:ssä säädetään ympäristölupapäätöksen antamisesta ja tiedottamisesta. Ilmoituksesta ja sen johdosta tehtävästä päätöksestä voidaan antaa tarkempia säännöksiä valtioneuvoston asetuksella.” (L 4.2.2000/86.)

Maaperän pilaamiskielto on määritelty YSL:n 7 §:ssä. Siinä määritetään, ettei maahan saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden vähentymistä tai muuta niihin verrattavaa yleisen tai yksityisen edun loukkausta. (L 4.2.2000/86.)

2.1.2 Jätelaki

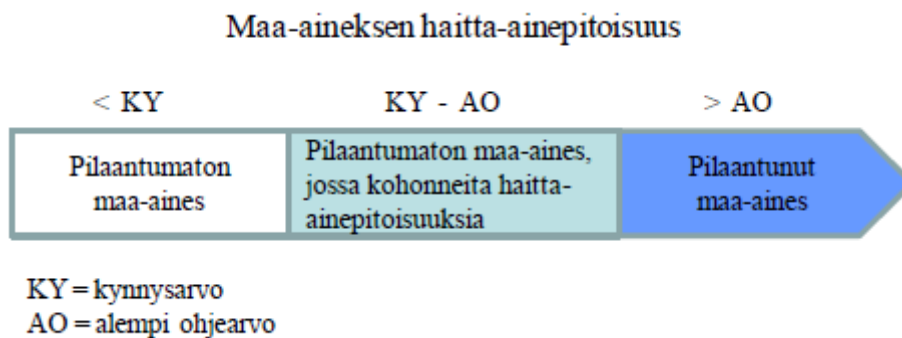
Uudistettu Jätelaki (646/2011) tuli voimaan vuonna 2011. Siinä on selvennetty pilaantuneiden maiden jäteluokittelua ja niiden käsittelyä. Uutta jätelakia ei kuitenkaan sovelleta kallio- tai maaperästä irrottamattomaan maa-ainekseen, vaikka se olisi luokiteltu pilaantuneeksi. Jätteen yleistä määritelmää (5 §, 1 mom.) sovelletaan kaivettuihin maa-aineksiin pilaantuneiden maiden kunnostuksien yhteydessä. Määritelmän mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka omistaja on poistanut käytöstä tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012, 3.)

Kaivettu pilaantunut maa-aines on jätteen määritelmän perusteella lähes aina jätettä, johon jätelakia sovelletaan. Pilaantumaton maa-aines, joka hyödynnetään varmasti ilman muuntamistoimia, ei sen sijaan ole jätettä. Tällöin maa-aineksen hyödyntämiseen ei tarvita ympäristösuojelulain mukaisia hyväksymismenettelyjä. Puhdaskin maa-aines voidaan luokitella jätteeksi, mikäli se sisältää merkittävän määrän muuta jätettä, kuten tuhkaa tai rakennusjätettä, eikä niitä voida erottaa toisistaan. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012, 3–4.)

Kaivetut maa-ainekset luokitellaan pilaantuneisuuden osalta määriteltyjen kyn-
nys- ja ohjearvojen mukaan seuraavasti (kuva 2):

- Maa-ainekset ovat pilaantumattomia, jos ne alittavat haitta-
ainepitoisuuksiltaan kynnysarvon.
- Maa-ainekset ovat pilaantumattomia, mutta niissä on kohonneita haitta-
ainepitoisuuksia, kun maa-ainekset ylittävät kynnysarvon, mutta alittavat
alemman ohjearvon.
- Maa-ainekset ovat pilaantuneita, jos ne ylittävät haitta-
ainepitoisuuksiltaan alemman ohjearvon.

(Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012, 3.)



*KUVA 2. Kaivetun maa-aineksen pilaantuneisuusluokittelu (Maaperän pilaantu-
neisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012, 3)*

Maa-ainesjätteet pyritään mahdollisuuksien mukaan hyödyntämään. Hyödyn-
nettävästä maa-aineksesta ei saa aiheutua haittaa ympäristölle tai terveydelle.
Maa-aineksen tulee myös täyttää sille asetetut vaatimukset ominaisuuksien
puolesta ja hyödyntämispaikan tulee olla tarkoitukseen sopiva. Erilaisilla suoja-
us- ja erityisrakentein voidaan kuitenkin rajoittaa pilaantuneen maa-aineksen
hyödyntämisen ympäristö- ja terveysriskejä. Tällöin on osoitettava hyödyntämis-
ratkaisujen pitkäaikaistoimivuus ja niiden oltava sellaisia, ettei pitkäaikaista ym-
päristöseurantaa tarvita. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen ar-
viointi. 2012, 9.)

Maa-aineksen loppusijoitus- tai hyödyntämiskohdetta mietittäessä tulee ensiksi
selvittää haitta-aineiden liukoisuusominaisuudet sekä käyttäytyminen sijoitus-

olosuhteissa. Lisäksi voidaan vaatia orgaanisen- ja hienoaineksen pitoisuuksi- en ja liukoisuuksien selvittämistä. Hyödyntämiskohteita voivat olla esimerkiksi kaatopaikkarakenteiden esipeitto- ja päiväpeittokerrokset, joissa voidaan hyö- dyntää pilaantunutta maa-ainesta, jonka haitta-ainepitoisuudet alittavat alem- man ohjearvon. Maankaatopaikoille voidaan sijoittaa vain pilaantumaton maa- ainesta pääsääntöisesti. On olemassa myös omia erityiskaatopaikkoja pilaantu- neen maa-ainesjätteen käsittelyyn ja loppusijoitukseen. Viimeisimpänä vaihto- ehtona maa-ainesjätteen sijoittamiselle on kaatopaikkakäsittely, silloin maa- ainesjätteestä joudutaan maksamaan jäteveroa. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012, 9–19.)

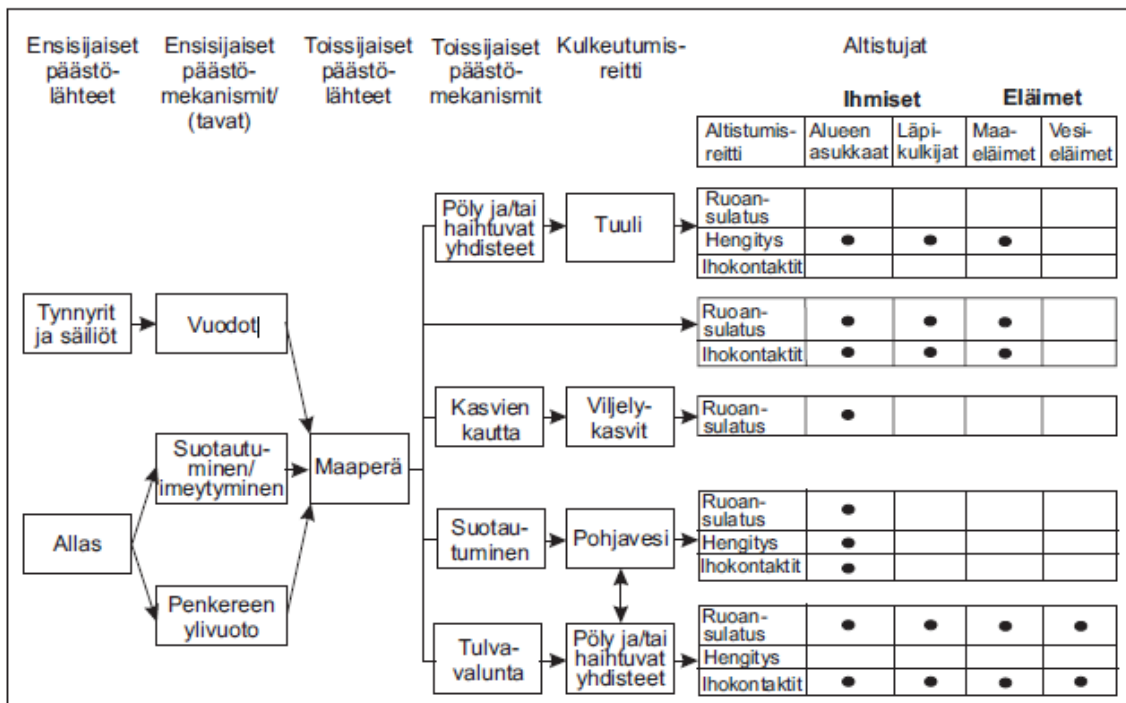
2.1.3 PIMA-asetus

Kunnostettavien pilaantuneiden alueiden määrät ovat lisääntyneet viime vuosi- na ja tämän myötä pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi menetelmiä on kehitetty. Aiemmin pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa on käytetty SAMASE-ohje- ja raja-arvoja (SAMASE = saastuneiden maa-alueiden selvitys.) Ohje korvattiin 1.6.2007 voimaan tulleella maaperän pilaantuneisuu- den ja puhdistustarpeen arviointia koskevan valtioneuvoston asetuksella 214/2007 (PIMA-asetus). PIMA-asetuksen myötä arviointi perusteet muuttuivat ajanmukaisiksi ja pilaantuneisuuden raja-arvot muuttuivat kynnsarvoiksi. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 9.)

Asetuksen mukaan maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin on perustuttava kohdekohtaiseen arvioon maaperässä olevien haitallisten ai- neiden mahdollisesta aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle ja ympä- ristölle. Arviointi ei koske kaivettuja maa-aineksia, joiden käsittelyä koskevat muun muassa jätelainsäädännön velvoitteet. Mikäli haitallisen aineen pitoisuu- det ylittävät maaperässä PIMA-asetuksessa määritetyt kynnsarvot, tulee maa- perän pilaantuneisuus ja puhdistustarve arvioida. Asetuksessa on esitetty 52 yleisimmin maaperää pilanneen haitallisen aineen pitoisuuksien kynns- ja oh- jearvot, joita käytetään arvioinnin apuna. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puh- distustarpeen arviointi. 2007, 14–15.)

Pilaantuneisuuden vertailuarvona käytetään asuin- ja virkistysalueilla alempaa ohjearvoa ja teollisuus-, varasto- ja liikennealueilla tai muilla vastaavilla alueilla ylempää ohjearvoa. Alempi ohjearvo on asetettu pitoisuustasoon, jossa riskejä pidetään hyväksyttävänä tavanomaisessa maankäytössä. Altistusreittejä terveysperusteisen tarkastelun pohjalta ovat muuan muassa lasten maansyöminen, ravintokasvien syöminen, talousveden juominen, sisäilman-, ulkoilman- ja pölyn hengitys sekä ihokosketus maan ja suihkuveden kanssa. Näistä merkittävimmät altistusreitit, jotka vastaavatkin yli 90 % lasketusta kokonaisaltituksesta, ovat lasten maansyöminen, viljeltävien ravintokasvien syöminen ja sisäilman hengittäminen. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 42–43.)

Ylempi ohjearvo on taas asetettu pitoisuustasoon, jossa riskejä pidetään hyväksyttävänä epäherkässä maankäytössä. Terveysriskien arvioinnissa on tarkasteltu seuraavia altistusreittejä: tahaton maan nieleminen, sisäilman, ulkoilman ja pölyn hengitys sekä ihokosketus maan kanssa. (Kuva 3.) (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 44.)

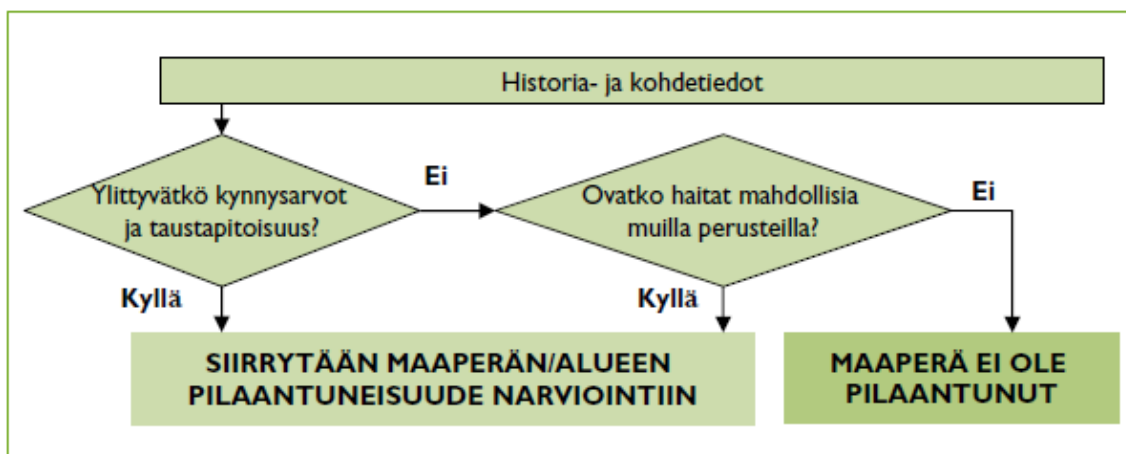


KUVA 3. Esimerkki pilaantuneen maan päästö- ja altistusreiteistä (Sarkkila – Mroueh – Leino-Forsman 2004, 25)

2.2 Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi

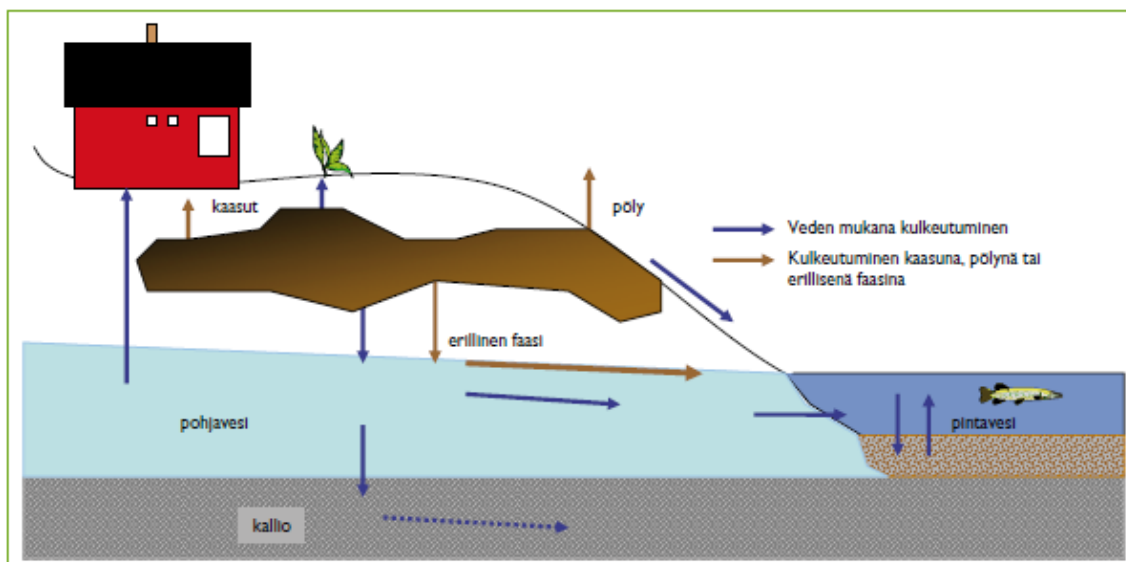
Maaperän pilaantuneisuuden arviointi tulee yleisimmin kyseeseen sellaisilla alueilla, joilla on harjoitettu tai harjoitetaan toimintaa, jossa haitallisia aineita voi joutua ympäristöön. Arviointi tulisi myös tehdä, mikäli ympäristössä havaitaan kohonneita haitta-ainepitoisuuksia tai haitallisia vaikutuksia, kun maaperää mahdollisesti pilaava toiminta päättyy tai alue on kiinteistökauppojen kohteena. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi tulee myös silloin kyseeseen, kun maankäyttö muuttuu parempaa ympäristön laatua edellyttävään muotoon, kuten esimerkiksi vanha teollisuus-, varasto- tai satama-alue muutetaan asuin- tai puistoalueeksi. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 26.)

Kun arviointitarve on todettu alustavien tietojen osalta, se varmistetaan vertaamalla alueen maaperästä mitattujen haitta-aineiden pitoisuuksia määritettyihin kynnysarvoihin ja alueen taustapitoisuuksiin. Mikäli mitatut arvot ylittyvät, tulee maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve arvioida arviointimenettelyn mukaisesti. (Kuva 4.) (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 26.)



KUVA 4. Arviointi tarpeen tunnistaminen (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 27)

Kohteen maankäyttöä ja ympäristöolosuhteita sekä kohteessa todettuja haitta-aineita koskevien tietojen pohjalta tehdään perusarviointi pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen osalta. Perusarvioinnin ensimmäisenä vaiheena tehdään kohteen kuvaus, jossa esitetään perustiedot kohteessa esiintyvistä haitta-aineista ja kohteen ominaispiirteistä. Riskien osalta tarkastellaan erityisesti haitta-aineiden kulkeutumista, niille mahdollisesti altistuvista kohteista sekä niiden vaikutuksista. Kohdetietojen pohjalta luodaan käsitteellinen malli, joka on kuvaus maaperästä, kulkeutumisreiteistä ja altistuvista kohteista. (Kuva 5.) (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 30–32.)



KUVA 5. Esimerkki käsitteellisestä mallista kulkeutumisreittien osalta (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 32)

Haitta-aineiden kulkeutumiseen ja mahdolliseen altistumiseen vaikuttavat haitta-aineiden jakautuminen, sijainti ja esiintymisen laajuus maaperässä. Haitta-aineet voivat esimerkiksi kulkeutua huokosveden ja -ilman välityksellä. Aineet, jotka liukenevat huokosveteen, voivat päätyä maaperän läpi imeytyvän veden mukana pohjaveteen ja pohjaveden mukana edelleen vesistöihin. Sen sijaan aineet, jotka haihtuvat huokosilmaan, voivat kulkeutua ilmakehään tai rakennus-

ten sisäilmaan. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 34.)

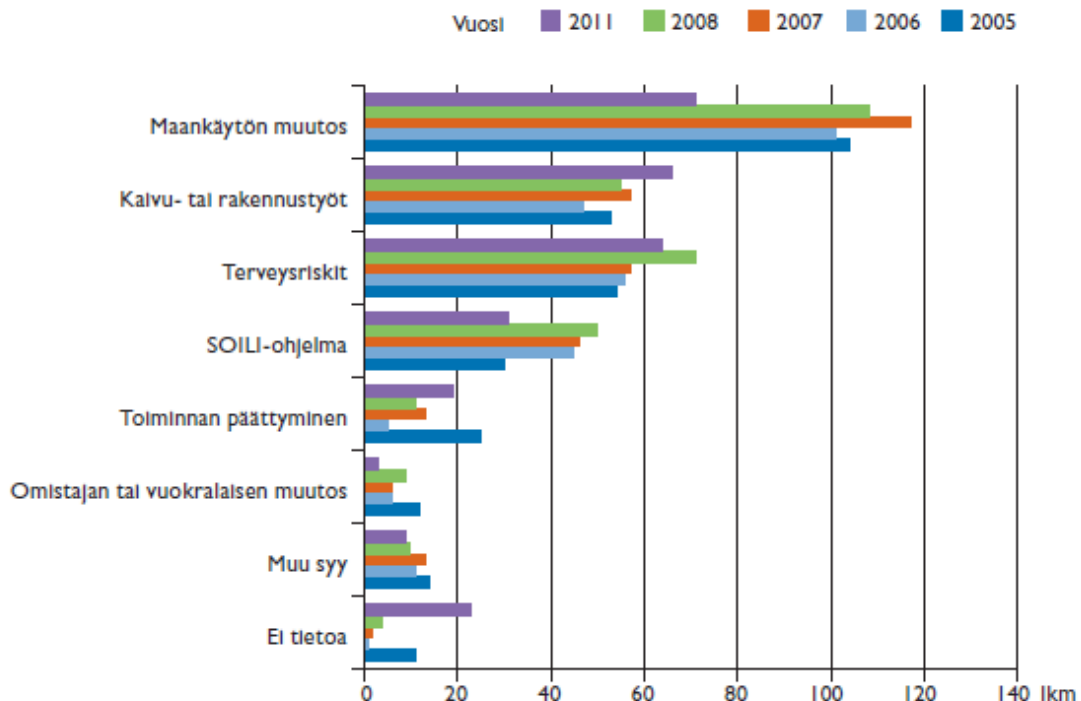
Pintamaahan sitoutuneet aineet voivat levitä maasta irtoavan pölyn / hieno-aineksen mukana ilmaan tai huuhtoutua valumavesien mukana vesistöihin. Yhtenä kulkeutumisreittinä on myös ihmistoiminnan vaikutuksesta haitta-aineen leviäminen. Esimerkiksi alueella tapahtuneet maansiirrot ja täytöt voivat toimia mahdollisena haitta-aineen levittäjänä tai kulkeutumisreittinä. Tämän takia maansiirrossa on otettava huomioon, etteivät haitta-aineet kulkeudu alueen ulkopuolelle aiheuttaen uusien alueiden pilaantumista. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 37–38.)

Maankäyttö otetaan arvioinnissa huomioon kohteen nykyisen ja suunnitellun käytön mukaan. Maankäyttö määrittelee todennäköisemmin haitta-aineille altistuvat ihmisryhmät ja eliöt. Maankäytössä kuvataankin kohteen erityistoiminnot, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi riskien muodostumiseen, kuten päiväkodit ja pohjavesialueet. Kohteen nykyisellä käytöllä tarkoitetaan sitä käyttöä, jossa alue tosiasiallisesti on esimerkiksi virkistys- tai asuinkäytössä. Alueen suunniteltu maankäyttö määrittelee puhdistustarpeen sekä kynnys- ja ohjearvojen tasot. Lähes aina suunniteltu maankäyttö on tiedossa kunnostushankkeissa, vaikka kaavamuutos ei olisikaan valmis. Alueen maankäytöstä perusarvioinnissa kuvataan vähintään kaavoitustilanne ja kaavamerkintä, lähialueiden maankäyttö, alueen todellinen maankäyttö ja suunnitteilla olevat muutokset. (Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007, 38–39.)

3 PILAANTUNEIDEN MAIDEN KUNNOSTUS

3.1 Kunnostusten syyt ja tavoitteet

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusten syy on pääsääntöisesti ympäristö- ja terveysriskien vähentäminen. Yleensä maaperän kunnostustoimet ja pilaantumisselvitykset tehdään pilaavan toiminnan päättyessä, alueen käytön muuttuessa tai rakentamisen yhteydessä. Alueen maankäyttötarkoituksen muuttuessa aiempaa herkempään käyttöön, kun esimerkiksi teollisuus- tai varastoalue muutetaan asuinalueeksi, tulee alueella suorittaa pilaantumisselvityksiä ja kunnostaa mahdollisesti pilaantunut maaperä asuinkäytölle vaadittavalle tasolle. Tämän tapaisen tulevan maankäytön kunnostamisen tarve saattaa liittyä pilaantuneiden maa-ainesten poistamiseen ja sijoittamiseen kaivu- ja rakennustöiden yhteydessä. Kunnostustoimenpiteillä on monesti useampia syitä, mutta yleisimmän syynä ovat kuitenkin maankäytön muutoksesta johtuvat kunnostustoimet. (Kuva 6.) (Pyy – Haavisto – Niskala – Silvola 2013, 30–31.)



KUVA 6. Vuosien 2005–2008 ja 2011 kunnostuspäätöksissä esitettyjä kunnostuksen syitä (Pyy ym. 2013, 31)

Pilaantuneiden alueiden kunnostusten tavoitteena on yleensä terveys- ja ympäristöriskien poistaminen. Kunnostustoimenpiteillä on myös tavoitteena kunnostaa alue PIMA-asetuksessa vaadituille tasoille esimerkiksi virkistyskäytön kannalta, jolloin alueen virkistyskäyttö on oltava mahdollista ilman rajoitteita. (Pyy ym. 2013, 31.)

3.2 Kunnostusmenetelmät

Kunnostusmenetelmiä pilaantuneeseen maaperään liittyen on kehitetty viime vuosina runsaasti. Eri menetelmät soveltuvat eri tavoin eri kohteisiin maaperän rakenteesta, haitta-aineista ja niiden määrästä riippuen. (Taulukko 1.) Tämän vuoksi kunnostusmenetelmät valitaan aina kohdekohtaisesti. Menetelmät perustuvat joko biologisiin, kemiallisiin tai fysikaalisiin reaktioihin. Osan menetelmien tavoitteena on estää haitta-aineen leviäminen hävittämisen sijaan ja näin ollen poistaa tai vähentää pilaantumisen aiheuttamaa ympäristö- ja terveyshaittaa. (Penttinen 2001, 8.)

Kunnostaminen voidaan jakaa kolmeen eri päämenetelmään seuraavasti: on site = paikan päällä, in situ = maata tai pohjavettä siirtämättä tai off site = maa tai pohjavesi siirretään muualle käsiteltäväksi. On site -menetelmässä kunnostus tehdään paikan päällä esimerkiksi maaperän pesulla tai kompostoimalla. In situ -menetelmässä kunnostus tehdään myös paikan päällä, erona on site -menetelmään on se, että pilaantunutta maata ei kaiveta pois vaan käsitellään paikallaan esimerkiksi mikrobeja tai huokosilmapumppausta hyväksikäyttäen. Off site -menetelmässä pilaantuneet maat kaivetaan ja kuljetetaan muualle jatkokäsittelyä varten esimerkiksi kompostoitavaksi tai poltettavaksi. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 1.)

Kunnostustoimissa käytetään monesti kaikkia kolmea edellä mainittua tapaa, koska samalla alueella saattaa olla sekä voimakkaasti että lievästi pilaantuneita maamassoja ja ne kannattaa käsitellä eri tavoin. Käytettävät menetelmät vaihtelevat myös maaperässä olevien haitta-aineiden mukaan. Suomessa yleisimmin käytössä olevat menetelmät voidaan tarkemmin luokitella käytettävän tekniikan mukaan seuraavasti:

1. Massojen kaivu ja varastointi
2. Eristäminen
3. Kiinteytys ja stabilointi
4. Terminen käsittely
5. Maaperän pesu
6. Huokosilmatekniikat
7. Biotekniset menetelmät.

(Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 1.)

TAULUKKO 1. Eri kunnostusmenetelmät ja niiden soveltuvuus (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 3)

	Orgaaniset aineet		Epäorgaaniset aineet		Käyttö In situ	Maaperä		
	Haihtuvat	Ei-haihtuvat	Raskasmetallit	Muut		Karkear.	Mor.	Hienor.
Eristäminen	-	x	x	x	x	x	x	x
Kiinteytys								
- bitumilla	-	x	x	x	-	x	x	o
- sementillä	-	o	x	x	-	x	x	o
Termiset menetelmät								
- desorptio	x	-	-	-	-	x	x	o
- massapoltto	x	x	-	-	-	x	x	o
- tehopoltto	x	x	o	o	-	x	x	o
Pesu	o	x	x	x	-	x	x	-
Huokosilmäkäsittely	x	-	-	-	x	x	-	-
Biologiset menetelmät								
- luontainen	x	x	-	-	x	x	x	o
- kompostointi	x	x	-	-	o	x	x	o
- ilmahuuhtelu	x	x	-	-	x	x	o	-

- ei sovellu

x soveltuu

o soveltuu varauksin

3.2.1 Massojen kaivu ja varastointi

Massojen kaivu ja varastointi sekä massanvaihto ovat liitoksissa toisiinsa. Massojen kaivussa pilaantuneet maamassat joko poistetaan tai siirretään välivaras-

toon, jatkokäsittelyyn tai loppusijoituspaikalle. Esimerkiksi voimakkaasti pilaantuneet maamassat voidaan toimittaa jatkokäsittelyyn ja lievemmin pilaantuneet maa-ainekset voidaan varastoida alueelle kompostoitavaksi puhtaana maakerroksen alle. Mikäli pilaantunut maa-aines vaihdetaan puhtaaseen maa-ainekseen, on kyseessä massanvaihto. Massanvaihto on kaikkein nopein ja yleisimmin käytössä oleva kunnostusmenetelmä. (Mroueh – Vahanne – Eskola – Pasanen – Wahlström – Mäkelä 2004, 62.)

Massojen kaivuihin, kuljetuksiin ja varastointiin on määritetty tiettyjä ehtoja ja toimenpiteitä, jotka tulee ottaa huomioon massanvaihtoa tehdessä. Kaivuolosuhteista huomioitavaa on maa-aineksen kaivettavuus, kaivussyvyys, alueen rakennukset ja rakenteet sekä pohjavedenpinnan korkeus. Haitallisten aineiden osalta niiden ominaisuudet, koska ne voivat ilmetä kaivannossa eri olomuodoissa. Esimerkiksi aineet voivat olla vesiliukoisena pohjavedessä sekä höyrynä vapaan pohjaveden yläpuolella olevan maa-aineksen huokosissa. Kaivutöille tulee myös laatia kaivusuunnitelma, jossa esitetään kaivettava alue sekä vaaka-että pystysuunnassa. Suunnitelma sisältää myös eri luokkiin sijoitettavien maamassojen rajaukset kaivukerroksittain. Luokittelu voidaan joutua tekemään haitallisten aineiden ja niiden pitoisuuksien lisäksi myös maalajien suhteen. (Sarkkila ym. 2004, 59.)

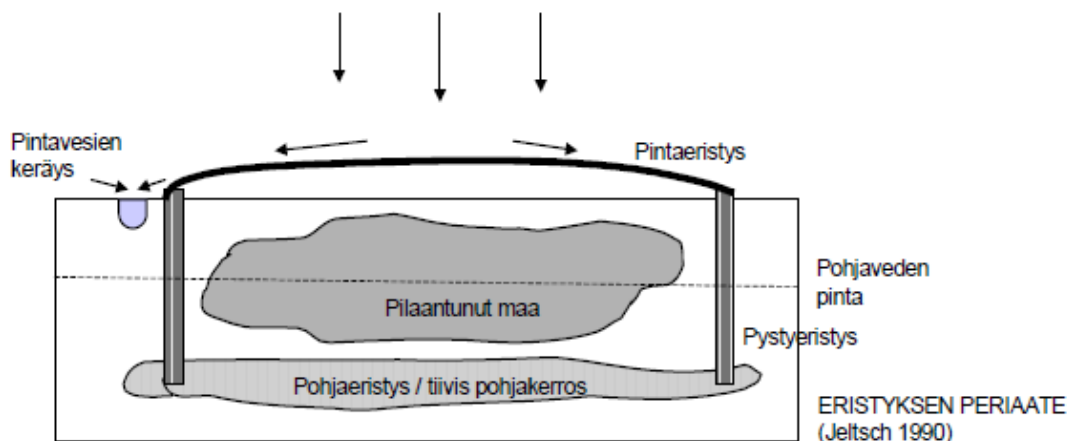
Massojen välivarastointia ei saa käyttää puhdistamiseen varsinkaan haihtuvien aineiden osalta. Välivarastoinnin tarkoituksena on ainoastaan kuljetusten optimointi. Vaikka välivarastointi olisi lyhytaikaista, tulee syntyvät kasat peittää ja pitempiaikaisessa varastoinnissa kasat tulee eristää ja suojata muulta ympäristöltä. Varastoinnin aikana on varmistuttava siitä, ettei alueelta pääse haitallisia pöly-, haju- ja kaasupäästöjä ympäristöön. Varastointi kasoja kostuttamalla voidaan hetkellisesti pienentää ainakin pölypäästöjä. (Sarkkila ym. 2004, 60.)

Pilaantuneiden maamassojen kuljetuksissa kaluston tulee olla tarkoitukseen soveltuvaa, erityistä huomiota vaativat märkien massojen kuljetukset. Kuormien pölyäminen tulee estää joko kostuttamalla kuorman pinta tai peittämällä kuorma. Kuljetuksissa on myös huomioitava, ettei ajoneuvojen mukana kulkeudu haitallisia aineita ympäristöön. Käytännössä tämä tarkoittaa renkaiden ja alus-

tan pesua. Pesupaikalla on huolehdittava siitä, etteivät likaiset pesuvedet pääse ympäristöön. (Sarkkila ym. 2004, 61.)

3.2.2 Eristäminen

Eristämisellä estetään haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön, mutta maamassoja ei puhdisteta. Eristystavat voidaan ryhmitellä pintaeristykseen, pysty- ja pohjaeristykseen. Pintaeristyksellä estetään sadevesien pääsy likaantuneisiin maamassoihin sekä vähennetään haitallisten kaasujen ja pölyn pääsyä ympäristöön. Pystyeristyksessä pilaantuneet maat voidaan eristää ympäristöstä ja pohjavesistä alueen alla olevaan tiiviiseen maakerrokseen ulottuvalla vesitiiviillä pystyseinämällä. Pohjan eristämistä käytetään silloin, kun pilaantuneet maainekset siirretään läjitettäväksi ja eristetään samalla ympäristöstä myös pysty- ja pintaeristein. (Kuva 1.) Eristeinä voidaan käyttää erilaisia luonnon- tai synteettisiä materiaaleja, esimerkiksi kalvoja tai huonosti vettä läpäiseviä maita, kuten savea. Yleisimpiä Suomessa käytettyjä eristemateriaaleja ovat sementti, bentoniitti, savi ja muovista tai kumista valmistetut geomembraanit. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 1; Penttinen 2001, 40.)

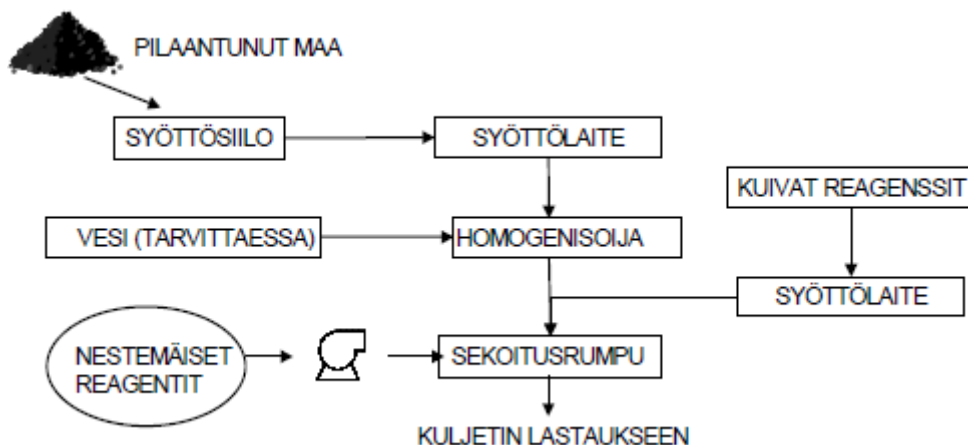


KUVA 7. Eristyksen periaate (Penttinen 2001, 40)

3.2.3 Kiinteytys ja stabilointi

Kiinteytyksessä haitta-aineiden haitallisuutta vähennetään sitomalla ne maainekseen niin, etteivät haitta-aineet pääse leviämään ja kulkeutumaan ympäristöön. Stabiloinnissa haitta-aineiden aiheuttamaa riskiä pienennetään muuntamalla ne vähemmän liukoiseen, kulkeutuvaan tai myrkylliseen tilaan. Menetelmissä maamassalle tehdään ensin sopiva sideaineiden reseptointi ja liukoisuustesti ennen varsinaista kiinteytystä tai stabilointia. (Kuva 8.) Sideaineena käytetään useimmiten sementtiä tai bitumia. Liukoisuustestillä varmistetaan, ettei haitta-aineita liukene yli sallitun määrän. (Penttinen 2001, 36–37; Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 1, 11.)

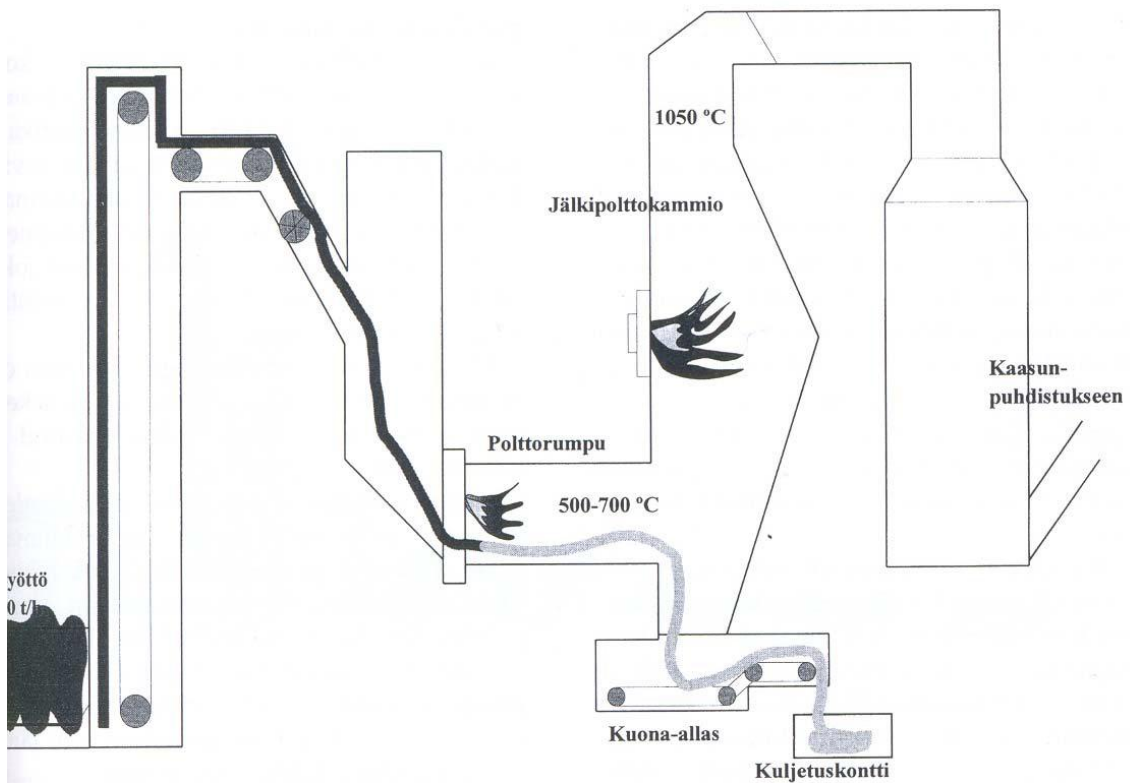
Suomessa stabiloidut massat sijoitetaan pääosin kaatopaikoille, mutta kiinteytettyjä massoja voidaan myös käyttää esimerkiksi teiden kantavissa rakenteissa, kun on varmistettu, ettei massoista kulkeudu haitallisia aineita ympäristöön. Tekniikka soveltuu parhaiten epäorgaanisten haitta-aineiden, kuten raskasmetallien ja asbestin, pilaamaan maaperään. (Penttinen 2001, 37; Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011,1.)



KUVA 8. Tyypillinen stabilointi/kiinteytysprosessi (Penttinen 2001, 36)

3.2.4 Terminen käsittely

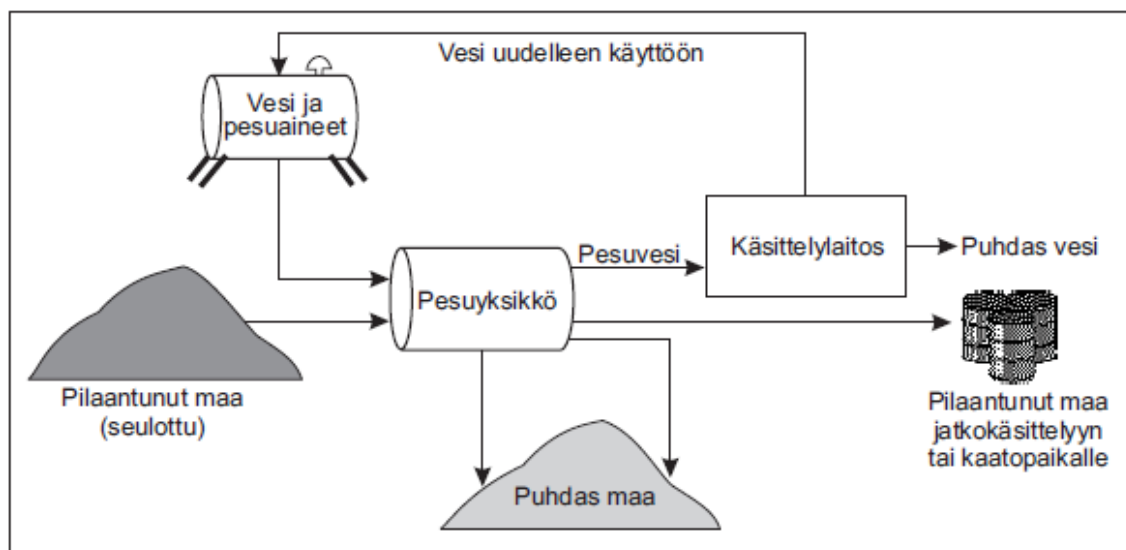
Termiset menetelmät soveltuvat savimaita lukuun ottamatta kaikille maalajeille. Savimaa paakkuuntuu helposti kuumennettaessa ja paakut voivat tukkia käsittelylaitteistoa. Menetelmien tekniset ratkaisut ja lämpötila-alue vaihtelevat. Suomessa on yleisesti käytössä kaksi polttomenetelmää: massa- ja tehopoltto. Massapoltoissa haitta-aineet höyrystetään 500–700 °C:n lämpötilassa, josta ne johdetaan jälkipolttoon hajotettavaksi 1 050 °C:n lämpötilassa. Massapolttoa käytetään esimerkiksi voitelu- tai polttoöljyllä tai kloorifenoleilla pilaantuneille maille. Tehopoltoissa lämpötila kohoaa korkeammaksi, yli 1 300 °C:seen, jossa haitta-aineet hajotetaan. Tehopoltoa käytetäänkin vaikeammin pilaantuneille maille, esimerkiksi dioksiineilla ja furaaneilla, PCB:llä, PAH-yhdisteillä tai orgaanisilla haitta-aineilla pilaantuneelle maaperälle. Polttomenetelmiä voidaan käyttää myös epäorgaanisten aineiden hävittämiseen, kuten esimerkiksi metalleille. Metallit sitoutuvat poltossa muodostuvaan kuonaan. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 2, 10.)



KUVA 9. Massapolton periaate (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 10)

3.2.5 Maaperän pesu

Maaperän pesussa maan sisältämät haitta-aineet siirtyvät pilaantuneen maan läpi suotautuvaan pesunesteeseen. Pesussa maamassasta erotetaan haitta-aineet sisältävä likainen jae eli puhdistusrejekti ja puhdas jae. Maahiukasten erottaminen likaiseen jakeeseen ja puhtaaseen jakeeseen perustuu eroihin raakoissa, laskeutumismuodossa ja pintaominaisuuksissa tai näiden yhdistelmien eroihin. (Kuva 10.) Pilaantuneen maan pesu tapahtuu yleensä erillisissä pesulaitteissa, jotka voivat olla siirrettäviä tai kiinteitä. Maaperän pesua voidaan käyttää esimerkiksi orgaanisille öljyhiilivedyille sekä epäorgaanisille raskasmetalleille. Pesu soveltuu parhaiten hiekkamaille, joissa on hiekkaa ja soraa vähintään 50 % ja joiden hienoainespitoisuus on 5–30 %. Savi on tässäkin menetelmässä hieman ongelmallinen hienojakoisuutensa takia. (Penttinen 2001, 26–27; Kukkamäki, 688.)



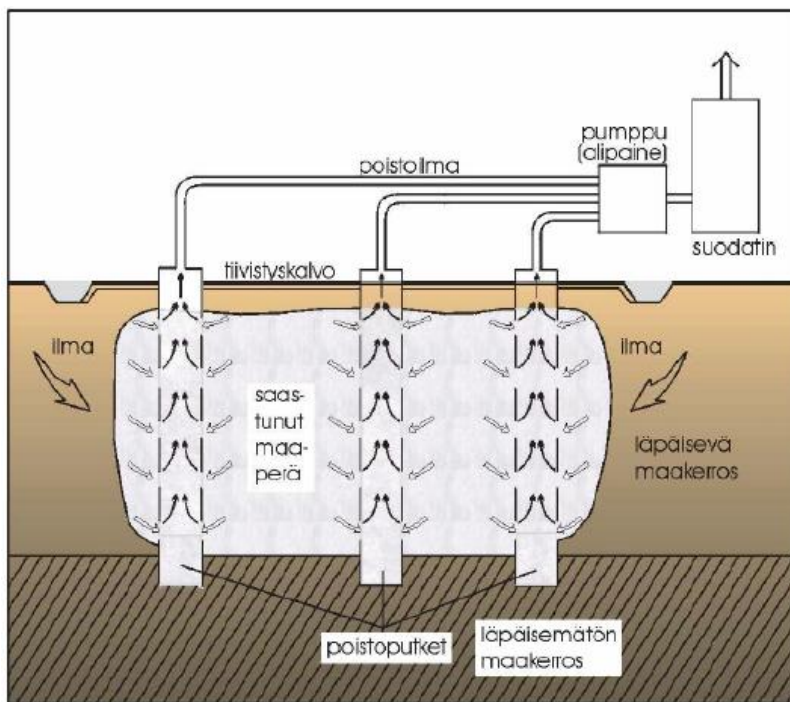
KUVA 10. Pilaantuneen maan pesun periaate (Sarkkila ym. 2004, 93)

3.2.6 Huokosilmatekniikat

Huokosilmatekniikan ali- ja ylipainemenetelmät sopivat helposti haihtuvien yhdisteiden poistamiseen orsi- ja pohjavesikerroksen yläpuolisesta maakerroksesta. Menetelmää voidaan käyttää, kun maaperä on hyvin läpäisevää soraa tai

karkearakeista hiekkaa sekä pohjavedenpinnan on oltava pilaantuneen maan alapuolella. Huokosilmäkäsittelyn toimintaperiaate on seuraava: pumpun ja poistoputkien avulla aiheutetaan pohjaveden yläpuolella olevaan huokosilmaan alipaine, mikä tehostaa haitallisten aineiden haihtumista ja lisäksi happi biologista hajoamista. Maanpinnalle asennetaan usein tiivistyskalvo, jonka avulla ns. oikosulkuvirtaus estetään ja ilmavirtaukset ohjataan vaakasuuntaan. Haihtuvat yhdisteet erotetaan poistoilmasta aktiivihiilisuodattimella, jäähdytyksellä tai polttamalla. (Kuva 11.) (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 2, 7.)

Menetelmää valittaessa on tärkeää olla selvitettyinä haitta-aineiden siirtymisnopeus kiinteästä tai nestemäisestä olomuodosta kaasuksi. Suomessa menetelmää on käytetty useissa kohteissa ja usein menetelmään yhdistetään osittainen massanvaihto, jolla poistetaan haihtumattomat raskaat yhdisteet. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 7.)



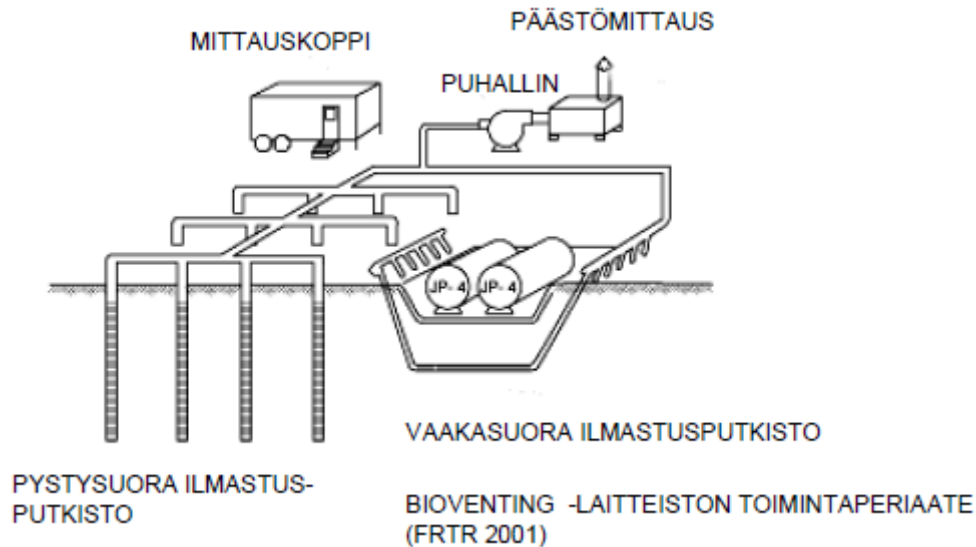
KUVA 11. Huokosilmäkäsittelyn periaate (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 7)

3.2.7 Biotekniset menetelmät

Kaikki biotekniset menetelmät perustuvat mikrobien kykyyn käyttää orgaanisia haitta-aineita ravinnoksi tai hajottaa ne haitattomampaan muotoon, vedeksi ja hiilidioksidiksi. Biotekniset menetelmät voidaan jakaa neljään eri tapaan; luontainen biohajoaminen, biologinen ilmahuuhtelu, tehostettu biologinen ilmahuuhtelu ja kompostointi. Bioteknisiä menetelmiä käytetään muun muassa klooratulla liuottimilla ja helposti hajoavilla öljyhiilivedyillä pilaantuneille maille. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 2; Penttinen 2011, 10–15, 22–25.)

Luontaisessa biohajoamisessa pilaantunut maaperä puhdistetaan hyväksyttävälle tasolle maaperässä luontaisesti tapahtuvien kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten prosessien vaikutuksesta. Suomessa menetelmää ei ole sovellettu. Käytännössä yhtenä syynä on kylmä ilmasto, mikä hidastaa biohajoamista. (Penttinen 2011, 10–11.)

Biologisessa ilmahuuhtelussa pilaantuneeseen maaperään johdetaan happea tai ilmaa pohjaveden pinnan yläpuoliseen kerrokseen, jolloin hajoaminen nopeutuu ja luontainen biohajoaminen tehostuu (kuva 12). Mikrobiaktiivisuuden lisääntymiseksi ilma johdetaan maaperään alhaisella paineella. Toisena vaihtoehtona happipitoisuuden parantamiseksi on alipaineella tehtävä imu, jolla saadaan ilmaa pois maaperästä. Menetelmää voidaan käyttää yhdisteille, jotka hajoavat hapellisissa olosuhteissa, kuten esimerkiksi polttoaineet ja PAH-yhdisteet. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011,12; Penttinen 2011, 12–13.)



KUVA 12. Biologinen ilmahuhtelu (Penttinen 2001, 12)

Tehostetussa biologisessa puhdistuksessa pyritään optimoimaan haitta-aineiden luonnollista hajoamista maaperässä. Menetelmässä hyödynnetään luontaista mikrobikantaa sekä lisäksi hajoamista tehostetaan syöttämällä injektointikaivojen kautta happea ja ravinteita. Kaivot ja erilaiset putkilinjat sijoitetaan kokonaan maan alle, jolloin ne ovat suojassa jäätymiseltä ja mekaanisilta vaurioilta. Parhaiten menetelmä soveltuu sellaisille paikoille, missä kaivaminen on hankalaa ja kallista toteuttaa, kuten esimerkiksi rakennusten läheisyydessä. Menetelmä voidaan käyttää muun muassa dieselöljyn, bensiinin, öljyn, kreo-soottien, PAH-yhdisteiden ja kloorattujen hiilivetyjen pilaaman maan kunnostukseen. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011,12; Penttinen 2011, 14–15.)

Kompostointi on yleisimmin käytetty menetelmä bioteknisistä menetelmistä. Kompostoinnin kolme päämenetelmää ovat kompostointi aumoissa, altaissa ja bioreaktorit. Kompostoinnin yleisenä periaatteena on mikrobitoiminnan avulla orgaanisten haitta-aineiden hajottaminen. Riittävä hapensaanti varmistetaan kompostoitavaan massaun sekoittamalla kuohkeuttavia aineita, kuten puun kuorta, lastuja tai olkia. Hapensaanti voidaan myös varmistaa kääntämällä aumat säännöllisen väliajoin tai asentamalla kompostiin ilmastointi- tai huokosilmaputkia, joiden avulla kompostia voidaan myös lämmittää. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011 2,12; Penttinen 2011, 22–23.)

Kompostointia voidaan käyttää muun muassa biohajoaville orgaanisille yhdisteille, kuten bensiinille, kerosiinille, kloorifenoleille ja PAH-yhdisteille. Tavanomainen aumakompostointi kestää vähintään kuukausia, usein vuosia Suomen olosuhteissa ulkona. Kuitenkin pienimolekyyliset, haihtuvimmat yhdisteet hajoavat aumoissa suhteellisen nopeasti noin 2–4 viikossa. Kloorifenoleiden ja PAH-yhdisteitä sisältävien kreosoottijyjen kompostoituminen on melko vaikeaa ja kompostoitumisaika on pitkä. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 2,12; Penttinen 2011, 22–23.)

Bioreaktoreissa prosessi on tehokkaampi ja käsittelyaika lyhempi. Menetelmää voidaan käyttää erityisesti vaikeasti hajotettavien aineiden käsittelyyn. Bioreaktorit ovat täyssekoitteisia suljettuja kompostointilaitteistoja, joissa haitta-aineiden biologinen hajoaminen tapahtuu lämpötilan, happipitoisuuden, kosteuden ja ravinteiden avulla. Hajotusolosuhteita voidaan säätää reaktorissa huomattavasti paremmin verrattuna aumakompostointiin ja näin ollen se on myös oleellisesti nopeampi tapa. Bioreaktoreita on kahdenlaisia rumpukompostoreita ja lietereaktoreita. Menetelmien ero on sekoitustavassa; rumpukompostoreissa sekoitus tapahtuu pyörimisliikkeen avulla ja lietereaktoreissa liikkuvien lapojen ja ilmastuksen avulla. (Penttinen 2011, 24–25.)

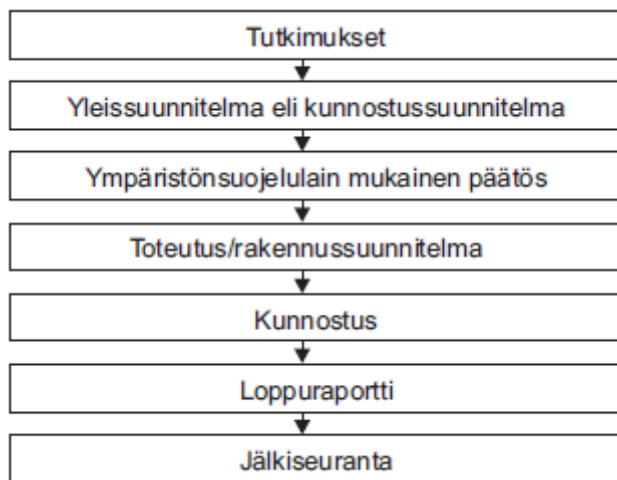
3.3 Kunnostushankkeen toteuttaminen ja laadunvarmistus

Kunnostushankkeiden laadunvarmistuksella pyritään saavuttamaan suunnitelman mukainen lopputulos. Pilaantuneen maan kunnostushankkeissa laadunvarmistuksen merkitys on tärkeä, sillä kunnostuksen aikana tehdyt virheet saattavat tulla esiin vasta pitkän ajan kuluessa. Tämän vuoksi kaikilla osapuolilla rakennuttajalla, suunnittelijalla, lupaviranomaisella ja urakoitsijalla on oltava selvillä omat vastualueensa kunnostushankkeen laadunvarmistuksessa. (Sarkkila ym. 2004, 13.)

Kunnostushankkeet voidaan jakaa pääryhmiin toteutuksen, tavoitteiden ja käytettävien menetelmien osalta. Toteutuksen kannalta merkittävin tekijä haitta-aineen laatu, jolla maaperä on pilaantunut. Esimerkiksi metalleille pilaantuneille maille joudutaan etsimään pysyvää loppusijoituspaikka, kun taas orgaanisten

aineiden kohdalla tarkastellaan luotettavan loppusijoituksen lisäksi aineiden tuhoamisen mahdollisuutta. Haitta-aineen laatu ja levinneisyys maaperässä vaikuttaa myös käytettävän menetelmän valintaan sekä kustannusten arvioon. (Sarkkila ym. 2004, 13.)

Kunnostushankkeen toteuttaminen voidaan jakaa vielä erikseen vaiheisiin, jotka näkyvät tarkemmin kuvassa 13. Tutkimusvaiheessa tehdään aluksi alustava arvio kohteesta, jonka perusteella saadaan selville, onko alue mahdollisesti vaarallinen tai haitallinen ihmiselle tai ympäristölle. Alustavan arvion pohjalta alueelle tehdään mahdollisesti tarkempi maastotutkimus, josta selvenee haitallisten aineiden pääsy ympäristöön. (Sarkkila ym. 2004, 16–17.)



KUVA 13. Pilaantuneen maa-alueen kunnostamisen vaiheet (Sarkkila ym. 2004, 17)

Suunnittelun osalta kunnostussuunnittelu jakaantuu moneen eri vaiheeseen. Ensiksi on tehtävä yleissuunnitelma selvitysten ja tutkimusten pohjalta. Yleissuunnitelmassa arvioidaan kunnostamistarvetta, kohteelle sopivia kunnostusmenetelmiä ja kunnostamisen ympäristövaikutuksia. Lisäksi suunnitelman avulla haetaan kunnostamisen vaatimaa ympäristölupaa. Ympäristönsuojelulain mukaisten lupa-asioiden ja päätösten jälkeen tehdään toteutussuunnitelmat, joiden avulla voidaan valita työn toteuttaja. Toteutusvaihe voidaan suorittaa esimerkiksi hankkeen omistajan omana työnä, viranomaisten toimesta tai urakoitsijan tekemänä työnä. (Sarkkila ym. 2004, 18–19.)

Kunnostushankkeen suunnitelmiin tulee myös sisällyttää suunnitelmat alueen jälkihoidosta ja kunnossapidosta sekä pitkäaikaisseurannasta. Kunnostushankkeiden monimuotoisuuden ja haastavuuden vuoksi tulee myös varmistua, että riittävän laaja-alaista asiantuntemusta on saatavilla. (Sarkkila ym. 2004, 19.)

Rakennuttamisen kannalta kunnostushankkeet ovat vaativia, koska pilaantuneen alueen laajuus saadaan usein selville vasta kaivutöiden edetessä. Tämän vuoksi työn eteneminen vaatii jatkuvaa työmaaseurantaa ja -valvontaa. Tutkimusvaiheesta saatujen lähtötietojen oikeellisuus korostuu tässä vaiheessa. Kunnostushankkeiden ennalta arvaamattomuuden johdosta on suositeltavaa, että rakennuttaja vastaa massamääristä ja tuntemattomista tekijöistä, koska usein maaperäolosuhteet ovat sellaiset, että työsuoritusta joudutaan muuttamaan huomattavasti kunnostuksen edetessä. Rakennuttajan laadunvarmistuksen kannalta tärkein asiakirja on työselostus, jossa on määritelty työsuoritus ja sille asettavat vaatimukset. (Sarkkila ym. 2004, 19–21.)

Pilaantuneen maan kunnostuksen työnaikainen valvonta, loppuraportointi ja jälkitarkkailu ovat myös erittäin olennainen osa kunnostuksen onnistumisessa. Työnaikainen valvonta perustuu sopimusasiakirjoissa sovittuihin työsuorituksiin ja niille esitettyihin laatuvaatimuksiin. Laadunvalvonnasta vastaavan henkilön tulee olla kunnostustyön muista osapuolista riippumaton sekä tuntea urakointikäytäntö että työsuorituksen toteutustekniikka. Tavanomaisesti kunnostuksessa mahdollisesti syntyviä virheitä ovat joko puhdistustavoitteen alittuminen tai rakenteen virheellisyys. Pääsääntöisesti rakenne tehdään uudestaan tai korjataan sillä tavalla, että rakenne sekä puhdistustavoite täyttävät niille asetetut vaatimukset. Laatutason alituksista on aina tehtävä erillinen kirjallinen selvitys. (Sarkkila ym. 2004, 21–22.)

Loppuraportointiin tulee sisällyttää hankkeen lähtö- ja lopputilanne ainakin seuraavien tietojen osalta; loppusijoitusmenettely ja jäännöspitoisuustulokset sekä toteutuksen työvaiheet. Raportoinnilla osoitetaan ympäristöviranomaisille ja rakennuttajalle hankkeen toteutuminen suunnitelmien ja lupaehtojen mukaan. Kunnostuksen lopputavoitteena tulee olla aina tilanne, jossa alue täyttää käyttö-

rajoituksiltaan vaaditut tasot ja alueen pilaantuneisuus voidaan unohtaa. (Sarkila ym. 2004, 22–23.)

3.4 Kunnostuskustannukset Suomessa

Massanvaihdon kunnostuskustannukset määräytyvät pääosin kuljetuksista aiheutuvista kustannuksista ja vastaanottomaksuista käsittelylaitoksissa, jotka ovat noin 50–120 €/t. Kaatopaikalle vietäessä jäteveron suuruus on 55 €/t vuoden 2015 alusta alkaen. Jätevero on sama jätteen laadusta riippumatta, vero määräytyy ainoastaan painon perusteella. Mikäli kunnostettua maata voidaan käyttää kaatopaikan rakenteisiin, ei jäteveroa peritä. Yhden metrin paksuinen maakerroksen vaihtaminen maksaa noin 100–250 €/m², kun oletetaan yhden kuutiometrin maata painavan noin 1,5–2 t. Yleisesti kunnostuksista muodostuu asuinalueilla noin 50–500 €:n kustannukset kerrosneliometriä kohden riippuen tietenkin kaavan tehokkuudesta. (Pilaantuneiden maiden kunnostus 2011, 5; Jätevero.12.2 2015.)

Kunnostuskustannukset vaihtelevat merkittävästi kohteiden ja työn laajuuden mukaan. Suurin yksittäinen kustannustekijä on yleisimmin pilaantuneiden maiden loppusijoituksesta aiheutuvat kustannukset. Kunnostusmenetelmien käsittelykustannuksia on vaikea yleistää, koska kustannukset ovat erittäin riippuvaisia kunnostettavasta kohteesta. Osalla kunnostusmenetelmillä käyttökustannukset kuukautta kohden ovat kuitenkin suhteellisen alhaisia, kuten bioteknisillä menetelmillä. Seuraavassa on esimerkkejä joidenkin kunnostusmenetelmien kustannuksista: maan pesun ja kiinteytyksen kustannus on suuruusluokaltaan noin 30–100 €/t, termisen käsittelyn massapolton 100 €/t ja tehopolton 400 €/t. (Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011, 5; Penttinen 2001, 13, 15.)

Vuonna 2007 tehdyssä opinnäytetyössä, joka koski pilaantuneiden maiden kunnostuskustannuksia, tuloksissa saatiin kunnostamisen kokonaiskustannuksiksi loppusijoitettua tonnia pilaantunutta maata kohden 17–225 €/t. Arvio on tehty seitsemän esimerkkikohteen avulla. (Kautto 2007, 3.)

4 ESIMERKKIKOHDE PATENIEMENRANTA

Pateniemen noin 80 hehtaarin laajuinen saha-alue sijaitsee Oulun kaupungin pohjoispuolella Perämeren rannalla noin 9,5 km Oulun keskustasta (kuva 14). Saha on lopettanut toimintansa vuonna 1990, jonka jälkeen saha-alueen rakennukset on purettu. Alue on edelleen Stora Enso Oyj:n omistuksessa. (Pateniemen saha-alue. 2013, 1.)

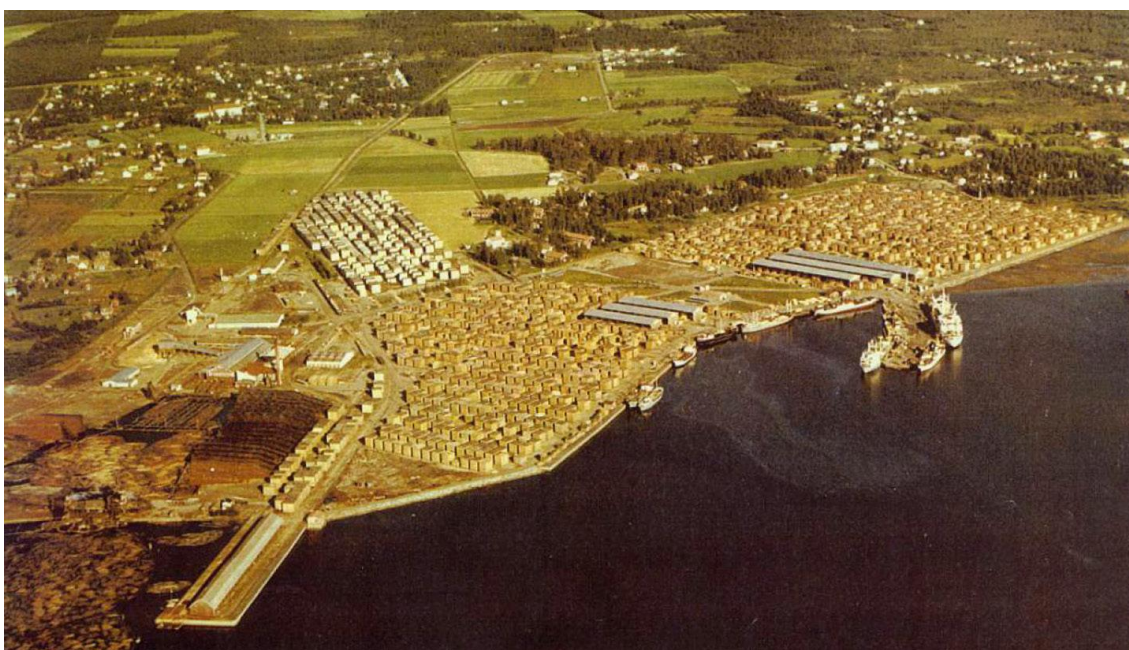


KUVA 14. Alueen sijoittuminen (Pateniemenrannan kaavarunko 564–2187, 1)

4.1 Pateniemen saha

Vuodesta 1857 lähtien Pateniemen saha-alueella toimi laivavarvi, mutta vuoteen 1865 tultaessa telakka siirtyi G&C Bergbomille, joka rakennutti oman sahan Pateniemen telakan tarpeisiin. Syynä sahan rakentamiselle oli yksinkertaisesti laivarakennuspuutavaran hankala uittaminen kaukaisilta vesisahoilta. Vuonna 1874 telakan toiminta lopetettiin ja 1876 alueelle rakennettiinkin kuusiraaminen höyrystysaaha. Saha jatkoi kasvamistaan ja vuonna 1908 uusi sahalaitos aloitti tuotantonsa kuusiraamisen sahan voimin, mikä kuitenkin pian laajentui yhdeksänraamiseksi laitokseksi. (Kuva 15.) (Pateniemen saha-alue. 2013, 1.)

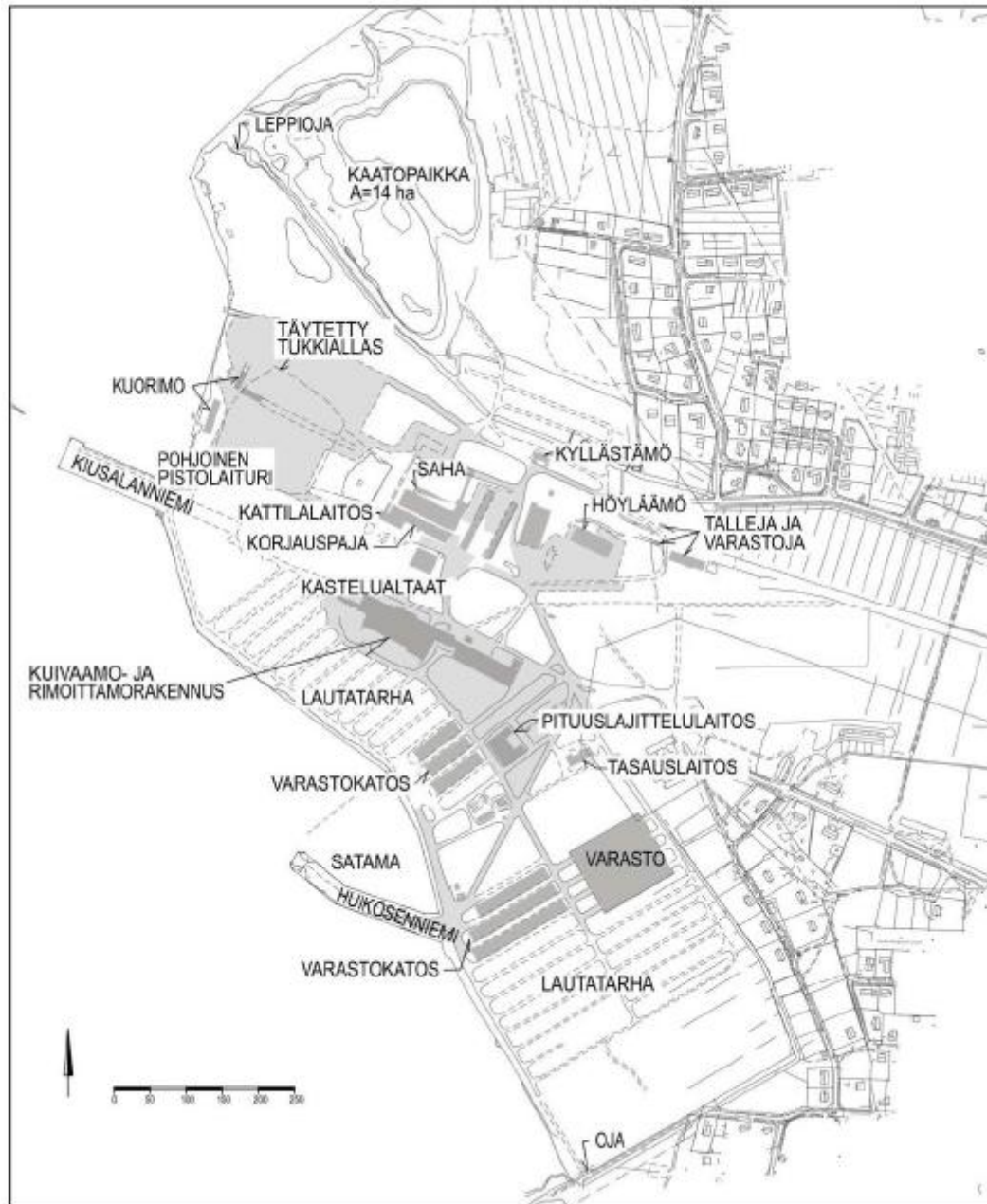
Vuonna 1912 useat alueella toimineet sahat yhdistyivät. Pateniemen sahasta tuli Oulun alueen suursaha ja sen kantoi nimenään Ab Uleå Oy. Vuonna 1935 saha liittyi perustettuun Oulu Osakeyhtiöön. Yhtiöjärjestelyjen kautta omistus siirtyi Veitsiluoto Oy:lle vuonna 1986. Vuonna 1990 sahan toiminta lopetettiin kokonaan ja vuodesta 1998 sahan on omistanut Stora Enso Oyj. (Asemakaavan selostus. 2014, 8.)



KUVA 15. Pateniemen saha-alue vuonna 1960 (Asemakaavan selostus. 2014, 8)

Saha-alueen maaperä on pilaantunut sahatavaran sinistymisen estossa ja painekyllästyksessä käytettyjen kemikaalien johdosta. Sinistymisen estoon käytettiin Ky-5-valmistetta, joka sisälsi kloorifenoleita sekä epäpuhtautena dioksiineja ja furaaneja. Painekyllästyksessä käytettiin suolakyllästettä K33, joka sisälsi arseenia, kromia ja kuparia. Sinistymisen estossa ainetta käytettiin vuosien 1949–1984 välillä ja painekyllästyksessä vuodesta 1952 sahan lopettamiseen asti. Käytetyt kemikaalit pilasit loppujen lopuksi lähes koko saha-alueen maaperän. Voimakkaimmin pilaantuneisuutta tapahtui esimerkiksi lautojen kastelu-alueella ja kyllästämön ympäristössä. Lisäksi sahan rantojen korottamiseen käytettiin maa-aineksia, joihin oli sekoittunut sahausjätettä, kuten rimoja, puunkuorta ja purua. Korottamiseen käytettiin myös ruoppausmassoja. (Pateniemen saha-alue. 2013, 1.)

Saha-alueen toiminnot ovat käsittäneet sahalaitoksen, kyllästämön, kuivaamon sekä sahatavaran ja tukkien käsittelyalueita varastorakennuksineen. Sahalla oli myös satama ja oma pistoraideyhteys, joka rakennettiin vuosina 1928–1929 Oulu-Tornio-väliseltä rautatieltä. Alueen koilliskulmalla on sahan kaatopaikka-alue sekä sen länsipuolella läjitysalue, jonne on sijoitettu pääasiassa parkkia, kuorta ja puujätettä. Toiminnan päättymisen jälkeen kaatopaikalle on sijoitettu kunnostetuilta alueilta poistettuja lievemmin pilaantuneita maita. Kuvassa 16 on esitetty saha-alueella olleet toiminnot ja rakennukset. (Rakennettavuusselvitys 2002, 1.)



KUVA 16. Pateniemen saha-alueella olleet rakennukset ja toiminnot (Pateniemen saha-alue. 2013, 2)

4.2 Maaperän tila ja haitta-aineet

Pateniemen saha-alueen luontainen maaperä koostuu Oulun rannikkoalueelle tyypillisestä lajittuneesta moreenista, jonka syvänteisiin on kerrostunut savea ja silttiä sekä hiekan eri lajitteita. Koheesiomaakerrosten yläpuolisten kerrosten paksuus vaihtelee alueella yleensä 1–4 m:n välillä. Yläpuolinen kerros on

yleensä silttisiä hiekkoja, hiekkoja tai hiekkaisia täytemaakerroksia. Alueen savi- ja silttikerrokset vaihtelevat paksuimmillaan sen ollessa Leppiojan suistoalueella, jossa moreenipohja on lähes 15 m:n syvyydessä nykyisestä maanpinnasta. Koko ranta-alue on laajennettu ja korotettu ruoppausmassoilla ja täytöillä, joihin on sekoittunut sahaustoiminnan jätettä muun muassa rimoja, parkkia ja purua. Täytemaakerrosten paksuudet vaihtelevat 2–3 m:n välillä, kuitenkin syvimmillään kerros ulottuu yli 3 m:in tukkialtaiden luona. (Rakennettavuusselvitys 2002, 5–7.)

Pintamaakerrosten hiekat ja silttiset hiekat sekä täytemaakerrokset ovat pääsääntöisesti routivia. Kerrosten tiiveys vaihtelee löyhästä tiiviiseen alueen käyttöolosuhteiden mukaan. Esimerkiksi kerrokset ovat tiiviitä liikennealueilla sekä puun varasto- ja käsittelyalueilla. Alueella olevat siltti ja saviset siltit ovat myös routivia sekä kohtalaisesti tai voimakkaasti kokoonpuristuvia. Tehtyjen kairaus-ten perusteella voidaan arvioida savien ja silttien olevan lujuusluokitukseltaan sitkeän alarajalla. Pohjaveden pinta on suhteellisen lähellä maanpintaa. Keskimääräinen syvyys on noin 1 m:n luokkaa. Pohjaveden päävirtaus tapahtuu melko ohuessa vyöhykkeessä ja virtaussuunta on saha-alueelta kohti merta. (Rakennettavuusselvitys 2002, 5–7; Ympäristövaikutusten arviointiohjelma 2004, 17.)

Saha-alueen maaperässä havaitut kloorifenolipitoisuudet olivat pääsääntöisesti suhteellisen pieniä ja ne sijoituivat saharakennuksen luona olleiden kastelualtaiden alueelle. Kloorifenolipitoisuudet olivat myös pieniä pohjavesissä sekä kaatopaikan suotovesissä. Saha-alueen pilaantuneisuutta arvioitaessa kloorifenolit eivät olleetkaan merkittävä tekijä. KY-5-valmisteen epäpuhtautena olleet dioksiinit taas ylittivät ylemmän ohjearvotason sahalaitoksen alueella, lautatarhoissa ja sahan itäosassa. Pilaantuneisuutta havaittiin voimakkaimmin pinta- maissa. Kyllästämön alueella ja viereisillä kyllästetyn puutavaran varastokentällä havaittiin myös kohonneita metallipitoisuuksia. (Pateniemen saha-alue. 2013, 4.)

4.3 Alueella suoritettut selvitykset ja tutkimukset

Vuosina 1990–2013 Pateniemen saha-alueen maaperää, pohjavettä ja sedimenttiä on tutkittu alueen pilaantuneisuuden, rakennettavuuden ja jatkokäyttömahdollisuuksien selvittämiseksi sekä kunnostukseen liittyen. Vuonna 2004 on tehty ympäristövaikutusten arviointimenettely alueen kunnostuksenaikaisia ja sen jälkeisiä ympäristövaikutuksia koskien. Vuonna 2009 on tehty maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuuden aiheuttaman riskin arviointi. Alueella suoritettuja tutkimuksia ja selvityksiä vuosina 1990–2009 ovat

- pilaantuneisuusselvitykset
- rakennettavuusselvitykset
- rantarakenteiden selvitykset
- liukoisuus ja kertyvyystutkimukset
- riskinarviointi
- kunnostussuunnitelmat
- YVA kunnostuksesta vuonna 2004
- kaatopaikan vesien seuranta.

Pilaantuneisuustutkimuksissa on kaikkiaan noin 500 tutkimuspistettä ja ainakin seuraavat tutkimusmäärät on dokumentoitu:

- kairauksia noin 200, muun muassa painokairauksia ja heijarikairauksia
- kaivinkoneen koekuoppia noin 270
- pohjavesiputkia 145
- sedimenttipisteitä 18
- asfaltti- ja maabetonipisteitä 19
- maatutkaluotaus on tehty noin 50 m:n linjavälein
- häiriintyneiden maanäytteiden otto 21 pisteessä.

(Pateniemen saha-alue. 2013, 3; Rakennettavuusselvitys 2002, 2.)

Maatutkaluotaus on tehty puujätettä yms. sisältävien pintakerrosten ja täyttöjen rajaamiseksi alueella. Pohjavesiputkista on mitattu alueen pohjaveden korkeuksia virtaussuuntien selvittämiseksi. Kaatopaikan seurantaohjelmaan liittyen on

vuosittain seurattu kaatopaikalta suotautuvien vesien laatua. Otetuista näytteistä on myös analysoitu sahaustoiminnassa käytettyjen kemikaalien sisältämien yhdisteiden pitoisuuksia. (Pateniemen saha-alue. 2013, 4; Rakennettavuusselvitys 2002, 2.)

4.4 Alueella tehdyt kunnostustoimenpiteet

Kaikki sahalaitoksen rakennukset on purettu pois vuosina 1994 ja 1995. Itse saharakennus paloi helmikuussa 1995. Purkujätteet ja käyttökelpoiset rakennelosat sekä laitteet on kuljetettu alueelta pois. Rakennusten perustukset on purettu vähintään 0,2 m purkuajankohdan maanpinnan tason alapuolelle. Saha-alueen ensimmäinen varsinainen kunnostus toteutettiin vuonna 1996, jolloin lähtökohtana oli teollisuuskäytön raja-arvojen alittuminen kloorifenolien ja metallien suhteen. Kastelualtaiden alueelta kaivettiin yhteensä noin 12 000 m³ktr kloorifenoleilla pilaantuneita maakerroksia pois ja sijoitettiin sahan kaatopaikalle, missä ne pääosin kompostointiin aumoissa kloorifenolien hajottamiseksi. Voimakkaasti metalleilla pilaantuneita maa-aineksia poistettiin noin 8 500 m³ktr kyllästämöalueen ympäristöstä ja massat kapseloitiin tiiviin peittokerroksen alle kaatopaikalle. (Pateniemen saha-alue. 2013, 5; Rakennettavuusselvitys 2002, 3.)

Vuosina 1999–2001 maaperän kunnostusta jatkettiin. Kunnostuskriteerinä oli asuinkäytön ohjearvon alittuminen dioksiini- ja kloorifenolipitoisuuksilta. Kunnostuskohtana oli sahan pääportin ympäristön lievästi pilaantunut maaperä. Poiskaivetut massat, jota oli yhteensä noin 18 500 m³ktr, sijoitettiin sahan kaatopaikalle kompostiaumojen väleihin ja pölyämisen estämiseksi maat vielä peitettiin puhtaalla maakerroksella. (Pateniemen saha-alue. 2013, 5.)

Kymmenen vuotta myöhemmin maaperän kunnostusta jatkettiin jälleen. Vuosina 2011–2012 voimakkaimmin pilaantuneet maat yhteensä noin 14 000 m³ktr ajettiin poltettavaksi Kemiin Savaterra Oy:lle. Sahan kaatopaikalle kapseloitiin lievemmin dioksiineilla ja furaaneilla pilaantuneita maita 6 000 m³ktr ja loppuja puhtaimpia maita käytettiin kaatopaikan jätetäyttöalueen muotoiluun. Yhteensä kunnostuksessa poistettujen maa-ainesten määrä oli noin 287 700 m³ktr, mikä

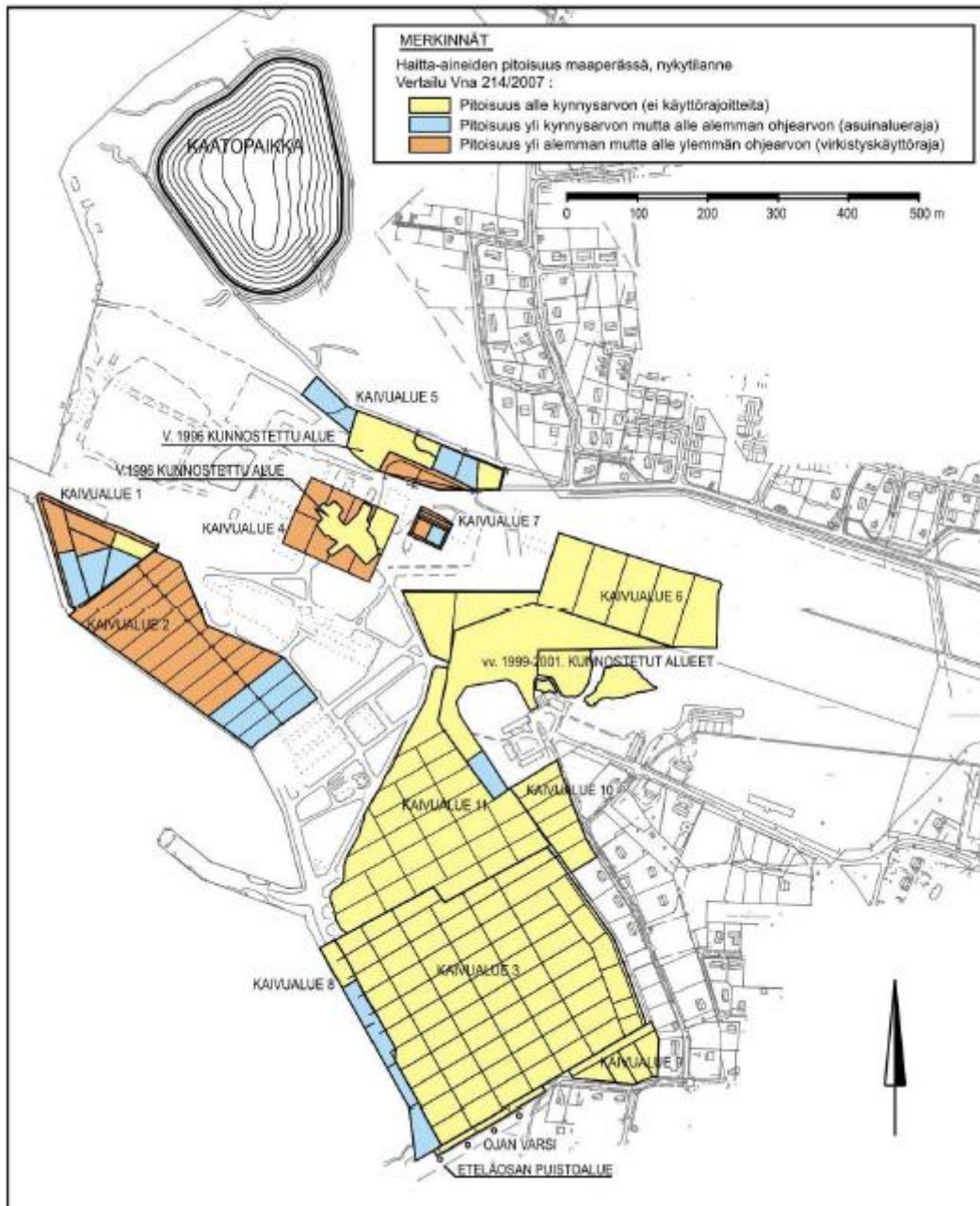
oli huomattavasti suurempi määrä kahteen edelliseen kunnostukseen verrattuna. (Taulukko 2.) (Pateniemen saha-alue. 2013, 5.)

TAULUKKO 2. Kunnostettujen alueiden pinta-alat ja poistettujen maa-ainesten määrät (Pateniemen saha-alue. 2013, 5)

Vuosi	Kunnostetun alueen pinta-ala [ha]	Poistettujen maiden määrä [m ³ ctr]
1996	1,2	20500
1999-2001	3,1	18500
2011-2012	29	287700
Yhteensä	33	326700

Täyttömaita kunnostusalueille on tuotu noin 44 000 m³ctr. Täyttöihin on käytetty urakoitsijan toimittamia puhtaita tiivistämiskelpoisia ylijäämämassoja ja hiekkamaita alueesta riippuen. Täyttöihin on esimerkiksi käytetty Virpiniemestä tuotua hiekkaa ja siltistä hiekkaa. Hiekkaa käytettiin sellaisille alueille, joissa saavutettiin kynnsarvoa alemmat pitoisuudet. (Pateniemen saha-alue. 2013, 5.)

Kuvassa 17 näkyy kunnostuksen nykytilanne. Tulevan maankäytön suhteen sellaisilla alueilla ei ole rajoitteita, joissa maaperän haitta-ainepitoisuudet alittavat kynnsarvon tai alemman ohjearvon. Alueet on merkattu kuvassa keltaisella värillä. Asuinrakentamisen raja menee pitoisuuksien ollessa yli kynnsarvon, mutta kuitenkin alle alemman ohjearvon. Asuinrakentamiselle kelpaavat alueet on merkattu kuvaan sinisellä värillä. Ruskealla värillä on taas merkattu alueet, jotka kelpaavat virkistyskäyttöön, mutta eivät asuinalueiksi. Virkistyskäytön raja menee pitoisuuksien alittaessa ylemmän ohjearvon. (Pateniemen saha-alue. 2013, 5–7.)



KUVA 17. Kunnostuksen nykytilanne (Pateniemen saha-alue. 2013, 6)

4.5 Saha-alueen kaatopaikan sulkeminen

Kaatopaikan sulkemista on alettu toteuttaa vaiheittain vuonna 2009 laaditun suunnitelman mukaisesti. Kaatopaikan ylimmäksi korkeustasoksi on alustavasti arvioitu +15 m:n ja +18 m:n väliä, jolloin se ei vielä erotu puuston takaa merkittävästi ympäristöstä. Kaatopaikkaa on muotoiltu alueelta tulleilla lievästi pilaantuneilla mailla ja reuna-alueita on muotoiltu leikkaamalla vanhaa jätetäyttöä. Kaatopaikan pintarakenteen tehtävänä on vähentää muun muassa pölyämistä,

kaatopaikkakaasujen purkautumista ilmakehään, yhdisteiden liukenemista ja kulkeutumista sekä kaivavien eläinten aiheuttamia haittoja. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2004, 35.)

Suotovesien keräystä varten on rakennettu salaojalinja ja huoltotie kaatopaikan ympärille sekä samalla kaatopaikan vierellä kulkevan Leppiojan linjausta on muutettu. Sahan vanhalle kaatopaikalle voidaan kuitenkin vielä läjittää pilaantuneita maita vuoden 2015 loppuun asti ja kaatopaikan viimeistelytöiden on suunniteltu valmistuvan vuoden 2016 loppuun mennessä. Vuonna 2004 tehdyssä ympäristövaikutusten arviointiohjelmassa koskien Pateniemen saha-alueen kunnostusta on arvioitu kaatopaikalle sijoitettavien massojen määriä, kun alue kunnostetaan asuinkäytön mahdolliselle tasolle. (Kuva 18.) (Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2004, 35.)

KAATOPAIKALLE SIJOITETTAVAT MASSAT	
Voimakkaasti pilaantunut alue	75 000 m ³
Orgaaninen täyttö	315 000 m ³
Pintamaa (koko alue)	280 000 m ³
Yhteensä	670 000 m³

KUVA 18. Massojen määrät 2004 arvioituna (Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2004, 41)

5 PATENIEMENRANNAN ASEMAKAAVA

Opinnäytetyössä tarkasteltava alue kuuluu Pateniemen kaupunginosaan ja se muodostaa yhdessä Rajakylän ja Herukan kanssa Pateniemen suuralueen. Pateniemenranta rajautuu lännessä mereen, idässä ja etelässä Pateniemen pientaloalueeseen ja pohjoisessa vanhan sahan suljettavaan kaatopaikkaan. Pateniemenranta sijoittuu liikenteellisesti hyvin pääluokkaisten Haukiputaantien ja Raitotien välittömään läheisyyteen. Alueen ympäristössä on hyvät ja kattavat kevyen liikenteen verkostot. (Asemakaavan selostus. 2014, 3.)

5.1 Nykyinen maankäyttö

Voimassaolevassa asemakaavassa (30.7.1985) alue on osoitettu pääasiassa teollisuusrakennusten korttelialueeksi (TT). Alueelle ei ole osoitettu asumista tai muita toimintoja. Vuonna 2007 voimaan tulleessa Oulun yleiskaavassa 2020 Pateniemenranta on osoitettu pientalovaltaiseksi asuntoalueeksi, jolla on terveyshaitan poistamistarve (AP-t!), pientalovaltaiseksi asuntoalueeksi (AP), virkistysalueeksi (V) ja virkistysalueeksi, jolla alueen aiempi käyttö rajoittaa toimintoja (V-1). (Pateniemenranta 564–2216, 3.)

Pateniemenranta on nykytilassaan pääosin maisemavaurioista jättömaata alueella tehtyjen maaperän kunnostustoimien johdosta ja suuri osa alueesta onkin kaivantojen vuoksi muuta ympäristöä alemmalla tasolla. Alue on suljettu, mutta kuitenkin käytännössä ympäröivien asukkaiden virkistyskäytössä. Alueella ei ole merkittäviä rakennelmia. Ranta-alue on muokkautunut voimakkaasti sahaustoitinnan aikana muun muassa aluetta levennetty täytöin meren suuntaan ja luontaista rantaviivaa onkin säilynyt vain alueen eteläosassa. Ranta-alueesta erottuu myös kaksi rakennettua niemeä Kiusalanniemi ja Huikosenniemi. Kiusalanniemen edustalla on vielä aallonmurtaja sekä suojarakenteiksi upotettuja vanhoja proomuja. (Asemakaavan selostus. 2014, 8.)

Alue ei enää nykyisellä toiminnallaan vastaa Stora Enson tarpeita ja on näin ollen heille hyödytön. Maanomistajan roolissa Stora Ensolla on kuitenkin pilaantuneiden maiden puhdistusvelvoite ja tämän myötä syntyy erinomainen mahdollisuus muuttaa alue asuinkäyttöön kelpaavaksi. Tällä hetkellä Stora Enso yrit-

täähän löytää yhteistyökumppaneita, jotka vastaisivat alueen rakentamisesta. (Asemakaavan selostus. 2014, 9.)

Huonoimmassa tilanteessa Stora Enso ei löydä kustannuksiltaan tasapainoista ratkaisua alueen muuttamisesta asuinalueeksi ja alue jäisi tässä tapauksessa vailla varsinaista käyttöä. Tämä on kuitenkin hyvin epätodennäköistä, sillä uusi asuinalue lisää kiinnostusta koko Pateniemen suuraluetta kohtaan ja viimeisen kymmenen vuoden ajan laskussa ollut väestönkehitys lähtisi nousuun. Kasuvan asukasmäärän myötä palveluiden kysyntä kasvaisi, mikä taas pakottaisi palveluiden kehittymiseen ja lisääntymiseen alueella. Alueen merellinen sijainti on myös yksi erittäin houkutteleva tekijä. (Asemakaavan selostus. 2014, 9.)

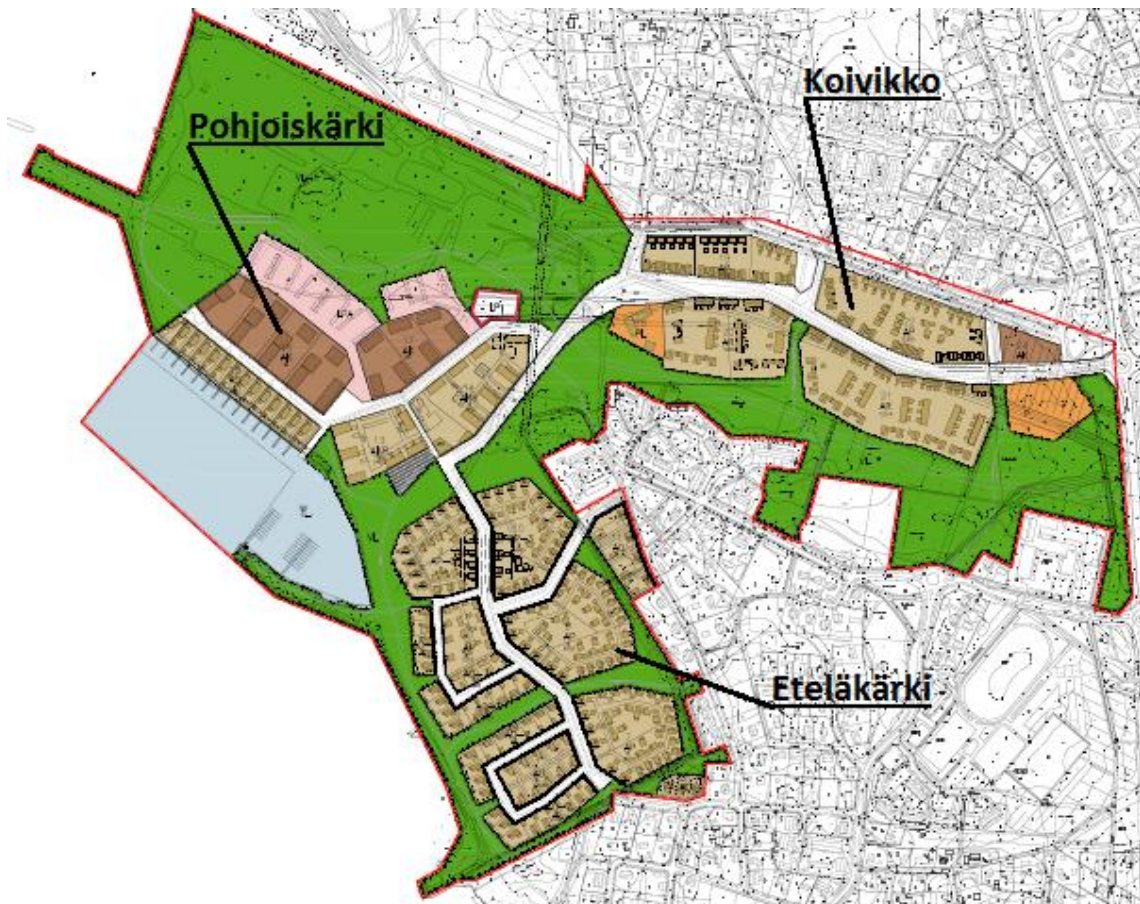
Stora Enso onkin laatinut Oulun kaupungin kanssa aiesopimuksen alueen kaavoittamisesta sekä yhteistoimintasopimuksen. Hankkeesta tullaan vielä laatimaan maankäyttösopimus maanomistajan ja Oulun kaupungin välillä. (Pateniemenranta 564–2216, 4.)

5.2 Tuleva maankäyttö

Tulevan maankäytön tavoitteena on mahdollistaa alueelle viihtyisä ja vetovoimainen, hyvien palveluiden, liikenneyhteyksien ja virkistysmahdollisuuksien piirissä oleva merellinen asuinalue noin 2 500–3 000 asukkaalle. Suurin osa alueista on tarkoitus osoittaa pientalorakentamiselle, omakotitaloille ja yhtiömuotoisille pientaloille. Alueelle on myös sijoitettu kerrostalorakentamista. (Asemakaavan selostus. 2014, 3.)

5.2.1 Rakenne

Asemakaavassa Pateniemenranta jakautuu kolmeen osa-alueeseen; pohjoinen ranta-alue ”Pohjoiskärki”, eteläinen ranta-alue ”Eteläkärki” ja Leppiojantien eteläpuolinen ”Koivikon alue” (kuva 19). Pohjois- ja Eteläkärjen väliin sijoittuva keskuspuisto toimii Pateniemenrannan keskipisteenä ja kohtaamispaikkana niin alueen asukkaille kuin ohikulkijoillekin. (Asemakaavan selostus. 2014, 21.)



KUVA 19. Pateniemenrannan asemakaava (Asemakaavan selostus. 2014, 43)

Pateniemenrannan osa-alueet ovat mitoitukseltaan ja rakenteeltaan erilaisia. Pohjoiskärki on rakenteeltaan tehokkain ja se muodostaa oman kokonaisuutensa rannan tuntumaan. Pohjoiskärkeen sijoittuu asuinpientalojen ja asuin kerrostalojen korttelialueita sekä omarantaisia omakotitalotontteja. Eteläkärkeen taas sijoittuu yhtiömuotoisten asuinpientalojen, esimerkiksi erillistalojen sekä omakotitalojen korttelialueita. Koivikon alue on vuorostaan pientalovaltainen. Sinne sijoittuu asuinpientalojen ja asuinrivitalojen kortteleita sekä yksi asuin kerrostalojen korttelialue ja kaksi palvelurakennusten korttelialuetta. Yhteensä Pateniemenrantaan on sijoitettu uutta asuntorakentamista noin 135 000 kem². (Asemakaavan selostus. 2014, 22.)

5.2.2 Liikenne

Alueen uusi sisääntulotie johtaa liikenteen Haukiputaantieltä Koivikkoon ja sen läpi Pohjoiskärkeen ja Eteläkärkeen. Uusi sisääntulotie toimii myös alueen pääkokoojakatuna ja se syöttää liikennettä Ojakyläntien jatketta pitkin myös Herukan eteläosaan ja rauhoittaa samalla Leppiojantien läpiajoliikenteeltä. Leppiojantie muutetaan myös osalta matkaa kevyen liikenteen väyläksi ja tien katuosuus kytketään uuteen sisääntulotiehen. Liikenneverkko Pateniemenrannassa on suunniteltu sellaiseksi, että Pohjoiskärjen tehokkaammin rakennettavat alueet suuntautuvat uuden sisääntulotien kautta suoraan Haukiputaantielle ja Eteläkärjen omakoti- ja pientaloalueet Sahantien kautta Haukiputaantielle. (Asemakaavan selostus. 2014, 24.)

Pateniemenrannan valmistuttua, tulevat Ramboll Finland Oy:n tekemän liikenne-ennusteen mukaan keskimääräiset arkivuorokausiliikennemäärät vuonna 2030 olemaan sisääntulotiellä noin 3 200 ajoneuvoa ja Sahantiellä noin 1 500 ajoneuvoa. Kasvu on huomattavaa verratessa Sahantien nykyiseen liikennemäärään, joka on 400 ajoneuvoa vuorokaudessa. (Asemakaavan selostus. 2014, 24.)

Pateniemenrannan katuverkon pituus on noin 3,7 km. Katualueiden leveydet vaihtelevat kokoojakaduilla 20 m:stä 22 m:iin ja tonttikaduilla 12 m:stä 19 m:iin. Katualueiden mitoitus on tarkoituksenmukaisesti väljä, millä on pyritty katuhierarkian korostamiseen ja riittävän lumitilojen mahdollistamiseen. (Asemakaavan selostus. 2014, 24.)

Alueen kevyen liikenteen verkko tulee olemaan erittäin kattava ja siitä on suorat yhteydet jo olemassa olevaan verkostoon. Alueen läpi on osoitettu seudullinen kevyen liikenteen pääreitti pohjois-eteläsuunnassa, joka on osa tulevaa Oulun keskustan ja Virpiniemen välistä reittiä. Valaistu kuntorata halkaisee alueen itä-länsisuunnassa ja reittiä on tulevaisuudessa mahdollista jatkaa idän suuntaan Ritaharjun kautta aina Sankivaaraan asti. Kaikkien kokoojaluokkaisten teiden yhteydessä on kevyen liikenteen väylä. Alueen katuihin liittyvää kevyen liikenteen verkostoa täydentävät erilliset kevyen liikenteen väylät ja kivituhkapintaiset puistopolut. Pateniemenrannan kevyen liikenteen väylien yhteispituus on lähes

10 km leveyden vaihdella 3 m:stä 4 m:iin. (Asemakaavan selostus. 2014, 24.)

Joukkoliikenteen kulkeminen alueen kautta on tehty mahdolliseksi suunnitelmassa katualueiden väljällä mitoituksella. Joukkoliikenteen on ajateltu kulkevan Ojankyläntietä, josta se jatkuisi alueen kokoojakatua Pohjoiskärjen kautta Eteläkärkeen ja Sahantielle ja siitä edelleen Pateniementielle tai Haukiputaantielle. (Asemakaavan selostus. 2014, 24.)

5.2.3 Rakentamisen vaiheet

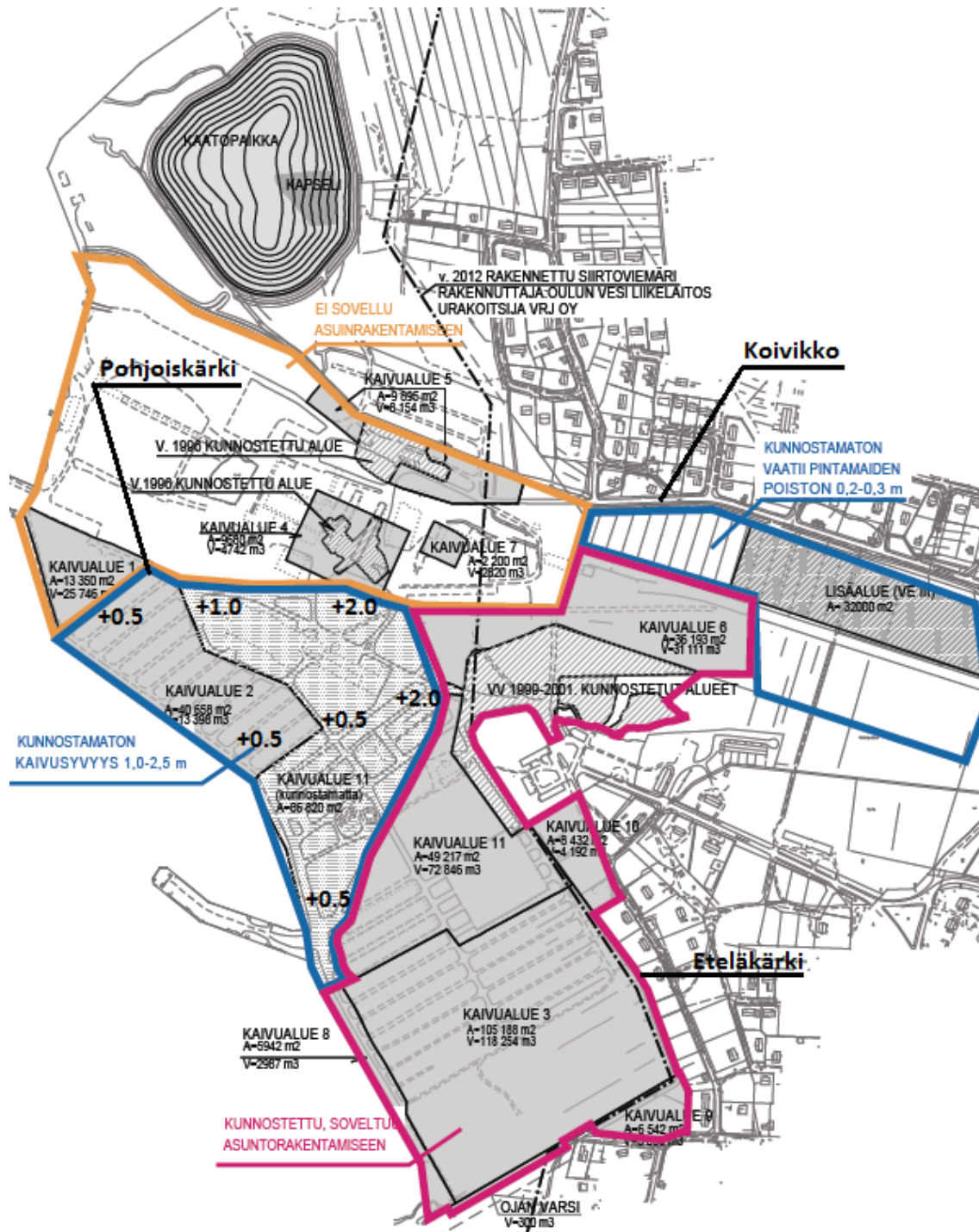
Pateniemenrannan saha-alueen maaperän kunnostus ja alueella toimineen kaatopaikan sulkeminen on määrä saada valmiiksi vuoden 2016 loppuun mennessä. Alueen varsinainen rakentaminen ajoittune 2016–2025 väliselle ajalle. Rakentaminen Pateniemenrannassa voidaan toteuttaa luontevasti vaiheittain, esimerkiksi kukin osa-alue omana vaiheena. Rakentaminen on tarkoitus aloittaa koko alueen liikennettä syöttävällä uudella sisääntulotiellä. Tämän avulla työmaa-aikainen liikenne saadaan kulkemaan sisääntulotien kautta rauhoittaen Sahantien ja Leppiojantien työmaaliikenteeltä. Pateniemenrannan osa-alueista ensimmäisenä on tarkoitus rakentaa Eteläkärki ja siitä siirtyä Pohjoiskärkeen ja viimeiseksi Koivikon alueelle. Rakentamisen järjestyksellä ja vaiheistuksella voidaan merkittävästi vaikuttaa häiriöihin, joita rakentaminen aiheuttaa lähialueiden ja kuin myös valmistuvien alueiden asukkaille. (Asemakaavan selostus. 2014, 7.)

6 ALUEEN TÄYTTÖMASSOJEN TARKASTELU

Vanhan saha-alueen maaperää on kunnostettu kolmena eri kertana vuosina 1996, 1999–2001 ja 2011–12. Yhteensä saha-aluetta on kunnostettu noin 33 ha:n alueelta. Kunnostuksessa siirrettyjä maamassoja on yhteensä 326 700 m³ktr, jotka on pääosin sijoitettu sahan vanhalle kaatopaikalle. Voimakkaimmin pilaantuneet maamassat, noin 14 000 m³ktr, ajettiin kuitenkin Kemiin Savaterra Oy:lle poltettavaksi. (Pateniemen saha-alue. 2013, 5.)

Kunnostuksien jäljiltä suurin osa kunnostetuista alueista on puhtaustasoltaan sellaisia, että ne eivät aseta alueen jatkokäytölle minkäänlaisia rajoitteita. Kuitenkin osalle asemakaavaan korttelialueiksi merkityiltä alueilta vaaditaan vielä puhdistustoimenpiteitä, jotta alue on kelvollinen asuinkäyttöön. Pohjoiskärkeen sijoittuvaa ranta-aluetta on vielä puhdistettava lisää noin 12 ha:n alueelta asuntorakentamiseen soveltuvaksi. Lisäksi alueen itäosassa Koivikon alueella maanpinnassa on lievää pilaantuneisuutta, minkä vuoksi alueen pintamaat joudutaan poistamaan. Kunnostettavat alueet näkyvät kuvassa 20 sinisellä värillä ympyröitynä. Alue tullaan kunnostamaan siten, että asuntorakentamiseen sekä virkistyskäyttöön osoitetut alueet voidaan toteuttaa ilman rajoitteita. (Asemakaavan selostus. 2014, 11.)

Kaikki loput lievästi pilaantuneet maa-ainekset tullaan sijoittamaan sahan vanhalle kaatopaikalle. Kaatopaikalle siirrettäviä maa-aineksia on vielä arviolta noin 235 000 m³ktr. Pilaantuneiden maa-ainesten määrän laskemisessa on ajateltu, että Pohjoiskärjen rannan puoleinen alue leikataan korkoon +0.5 ja pohjoisosa +2.0 ja Koivikon alueen pintamaiden poiston kaivussyvytenä on käytetty 30 cm. (Kuva 20.)



KUVA 20. Kaivualueet ja niiden koot sekä leikattavan pohjankorko (Asemakaavan selostus. 2014, 12)

6.1 Täyttömassojen määrä ja laatu

Maaperän kunnostuksen seurauksena maanpinta on kunnostetuilla alueilla noin 1,5–2,0 m luontaista korkoa alempana, joten alueilla on tehtävä täyttöjä ennen

varsinaisen rakentamisen aloittamista. Alueen suuresta koosta johtuen massameneikki on suuri. Siksi täyttökustannukset eivät saisi muodostua liian suureksi yhtä tonttia kohden, jotta alueen käyttöönotto olisi kustannustehokasta ja alue säilyisi haluttavana.

Katualueiden täyttöihin menee arviolta noin 149 000 m³ktr ja korttelialueiden täyttöihin noin 655 000 m³ktr, kun katujen korkeustaso on noin +3,2 m ja rakennusten korkeustaso noin +4,0 m. Yhteensä täyttöihin tarvitaan arviolta 804 000 m³ktr. Täyttömäärä eroaa 64 000 m³ktr Pöyry Finland Oy:n vuonna 2004 tekemään arvioon. Pöyry on tehnyt arvion täyttömäärästä, kun kaivannot täytetään nykyisen maanpinnan tasoon. Arviossa täyttömaita tarvittaisiin enimmillään 740 000 m³itd. Arvio on tehty ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä koskien saha-alueen kunnostusta. Täyttömäärien eron luultavimmin aiheuttaa Koivikon alueen laajentuminen sekä se, että opinnäytetyössä täyttömäärät on laskettu suunniteltujen katualueiden korkojen mukaan, mitkä ovat hieman korkeammalla alueen luontaiseen maanpintaan nähden. Lisäksi katualueiden täyttömäärissä on mukana luiskatäytöt. Mikäli kaduilla joudutaan käyttämään esikuormituspengertä, lisää se katualueiden maa-aineksen määrää 95 000 m³ktr.

Korttelialueiden täyttöjen määrää laskettaessa korkotasona on käytetty noin +3,5. Korkeus kuitenkin vaihtelee alueelle suunniteltujen katujen tasauksien mukaan ollen noin 0–30 cm viereistä kadunreunaa korkeammalla. Täyttöjen laskemiseen käytettiin Tekla Civil -ohjelmaa ja suunniteltujen katualueiden korkoja. Korttelialueiden täytöissä ei ole eroteltuna rakenteita vaan täyttökerros on ajateltu yhtenäiseksi paksuksi rakenteeksi.

Täytöissä käytettäviä eri materiaalivaihtoehtoja ovat esimerkiksi lentotuhka, puhtaat maa-ainekset, kuten hiekka ja murske, toisen hankkeen ylijäämämaat ja hankkeen sisältä syntyvät ylijäämämaat, mikäli ne ovat laadultaan kelpaavia täyttöihin. Lentotuhkaa Oulun alueella syntyy kolmesta eri teollisuuslaitoksesta yhteensä 94 000 t vuosittain. Niitä olisi mahdollista hyödyntää hankkeessa.

Ritaharjusta syntyviä ylijäämäkaita ajateltiin mahdollisesti käytettäväksi hankkeen ulkopuolelta tulevina massoina. Hankkeen sisältä syntyviä massoja tulee Koivikon alueelta ja katualueilta. Leikattavia massoja korttelialueilta kertyy noin

9 600 m³ktr, kun Koivikon alueen maanpinta ajatellaan leikattavaksi -0,8 m viereistä kadunreunaa matalammalle. Koivikon alueen leikattavista maista on jo vähennetty pilaantuneiden pintamaiden poistosta lähtevät massat. Koko alueen katu- ja puistoalueilta maaleikkuuta tulee noin 25 500 m³ktr. (R-10 Pateniemenranta määräluettelo. 2014.)

6.2 Oulun kaupungin ylijäämämaiden kartoitus

Pateniemen vanha saha-alue on ollut yhtenä tarkasteltavana kohteena ylijäämämaiden sijoitusalueeksi Oulun kaupungin tekemässä ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA-menettely). YVA-ohjelma tehtiin 2/2013-2/2014 välisenä aikana. Tarkasteluun otettavien ylijäämämaiden sijoitusalueille oli seuraavat kriteerit:

- sijainti tulisi olla hyvien kulkuyhteyksien päässä eri puolilla Oulua
- etäisyys ylijäämämaiden syntyalueesta korkeintaan 10 km
- vastaanottokapasiteetin tulisi olla riittävän suuri
- tulisi ensisijaisesti sijaita kunnan omistamilla kiinteistöillä.

(Hakola – Heikkinen – Heiskari – Jutila – Korkiakoski – Kurttila – Marttila – Neumann – Pirinen – Sivonen – Suorsa 2014, 7.)

Sijainniltaan Pateniemi on hyvien yhteyksien päässä noin 10 km Oulun keskustasta pohjoiseen. Alueelle johtaa kaksi tietä, Sahantie ja Leppiojantie. Sahantietä ei suositella käytettäväksi maa-aineskuljetuksille, koska tie sijaitsee keskeellä asutusta sekä tien varrella on koulu ja kirjasto. Leppiojantie on tällä hetkellä ainoastaan saha-alueen raskaan liikenteen käytössä ja myöhemmin se tulee toimimaan tieyhteytenä Leppiojantien asutukselle. Leppiojantie tullaan myös rauhoittamaan raskaalta liikenteeltä, sillä asemakaavavaiheessa on suunniteltu ylijäämämaiden liikenteelle käytettäväksi uutta sisääntulotietä. Taulukossa 3 on esitetty teiden liikennemäärät sekä ylijäämämaiden kuljetuksista aiheutuvan liikenteen lisäykset. (Hakola ym. 2014, 234, 246.)

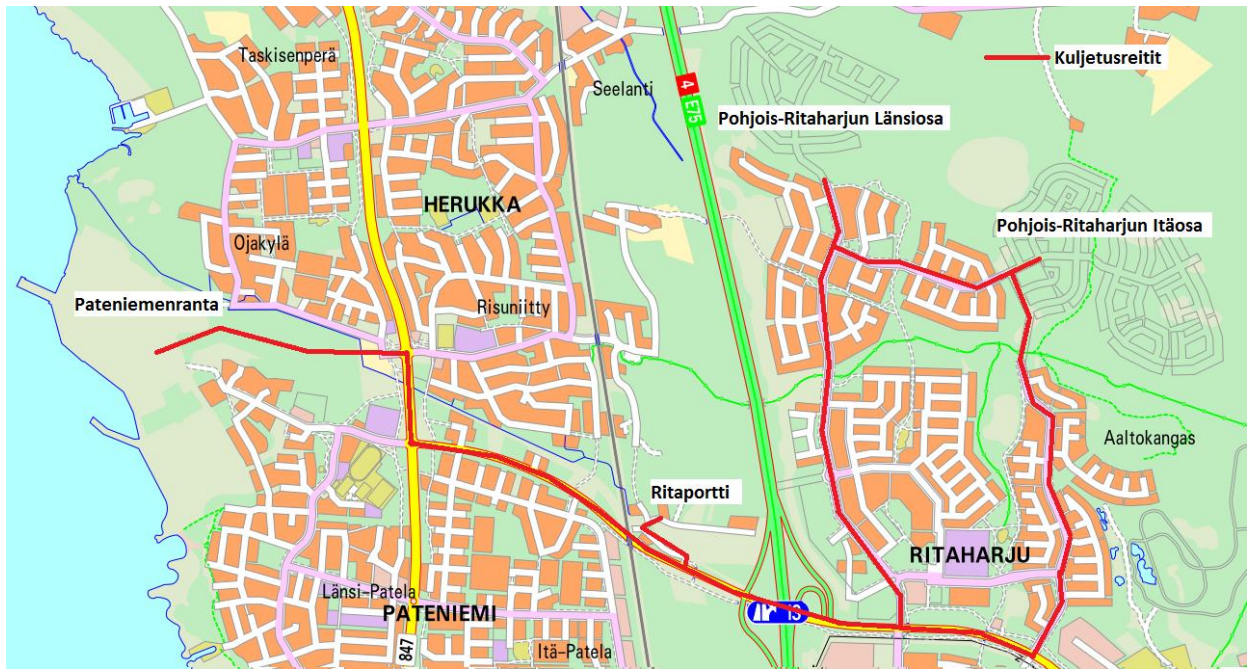
TAULUKKO 3. Liikenteen määrät ja raskaan liikenteen osuus ennen ja hankkeesta aiheutuva lisäys (Hakola ym. 2014, 246)

Tie	KVL	KVL raskas	Raskaan osuus %	Liikenteen lisäys	Raskaan osuus % lisäyksen jälkeen
Haukiputaantie	4424	332	7,5	12	7,8
Sahantie	1548 ^a	16 ^a	1,0	12	1,8
Leppiojantie	1200 ^a	60 ^a	5,0	12	5,9

Pateniemen vastaanottokapasiteetti täyttää myös sijoitusalueen kriteerit, sillä suunnitellulle sijoitusalueelle sahan vanhalle kaatopaikalle arvioidaan vielä mahtuvan noin 300 000 m³ ktr. Kaatopaikan koko on noin 11,5 ha. Ympäristövaikutusten tarkastelun myötä kaatopaikalle on mahdollista sijoittaa loput lievästi pilaantuneet maa-ainekset ilman ympäristölle ja maisemalle aiheutuvaa haittaa. Pateniemen sahan vanha kaatopaikka tuleekin käytännössä täyttymään alueelta poistettavien pilaantuneiden maiden johdosta, mikäli Pateniemenrannan asemakaava toteutuu. Jos asemakaava ei toteutuisi ja alue kunnostettaisiin vain virkistyskäyttöön edellyttävälle tasolle, olisi sijoitettavien pilaantuneiden maa-ainesten määrä vähemmän. Näin ollen vanhaa kaatopaikkaa voitaisiin käyttää myös Oulun kaupungin ylijäämämaiden sijoituskohteena. (Hakola ym. 2014, 234, 246.)

Suunnitellun asemakaavan toteutuessa Pateniemenrantaan tarvitaan suuri määrä maa-ainesta tasapainoittamaan alueen massataloutta. Yhtenä tarkasteltavana täyttömateriaalina ovat Oulun kaupungin ylijäämämaat. Tarkemmin ylijäämämaina ajateltiin Ritaharjun asuinalueelta tulevia maita sekä suunnitteilla olevan Ritaportin aluetta. Pohjois-Ritaharjun 2. vaiheen rakentaminen on aloitettu syksyllä 2012. Alueen rakentuminen on vielä kesken itäosasta sekä länsiosan pohjoispäädystä. Ritaportin alueelle on vireillä asemakaava kaupan keskitymästä. (Pohjois-Ritaharju. 2010; Ritaportti A2006. 2006.)

Kokonaisuudessaan Ritaharjun alue sijoittuisi hyvien kulkuyhteyksien päähän Pateniemenrannasta (kuva 21). Pohjois-Ritaharjusta Raitotietä pitkin matkaa kertyy noin 5,5 km ja Ritaportista ainoastaan 3 km. Pateniemenrannassa maa-aineskuljetuksille käytettäisiin uutta sisääntulotietä Sahantien ja Leppiojantien sijasta.



KUVA 21. Pohjois-Ritaharjun ja Ritaportin sijoittuminen Pateniemenrantaan nähden ja kuljetusreitit (Oulun seudun karttapalvelu. 2015)

Ramboll Finland Oy on alkuvuonna 2012 tehnyt Pohjois-Ritaharjun 2. vaiheen rakennussuunnittelun. Rakennettavuuskartasta ilmenevät alueen maaperäolosuhteet ja rakennettavuus. Alueen maaperä on pääosin hiekkaa ja silttistä hiekkaa. Löyhä pintamaakerros koostuu noin 0,5–1,5 m:n paksuisesta hiekan ja silttisen hiekan kerroksesta. Maanpinnassa voi olla kuitenkin ohut kerros turvetta. Pintamaakerrosten alla oleva pohjamaa on pääsääntöisesti keskitiivistä–tiivistä, kantavaa hiekkaa ja silttistä hiekkaa. Pinta- ja pohjamaakerrokset ovat suurimmalta osin lievästi routivia tai routivia, mutta paikoin hiekka voi olla routimatontakin. (Pohjois-Ritaharjun 2. vaiheen rakennussuunnittelu. 2012.)

Pohjois-Ritaharjun hiekkamaat kelpaisivat hyvin Pateniemenrannan täyttöihin. Kaupungin ylijäämämaat menisivät hyötykäyttöön ja Pateniemenrannan massatalous tasapainottuisi samalla. Kuljetusmatkatkin olisivat lyhyet ja kustannuksissa saataisiin säästöjä. Ritaportista syntyvien ylijäämämaiden sijoittaminen Pateniemenrantaan hyödyttäisi molempia osapuolia. Ylijäämämaiden sijoituspaikka olisi lähellä ja helposti saavutettavissa. Ritaportin aluetta suunniteltaessa ylijäämämaille ei tarvitsisi miettiä erillistä käyttökohdetta.

Syntyvien ylijäämämaiden määrää on vaikea arvioida, mutta ainakin Pohjois-Ritaharjun löyhät hienojakoiset maakerrokset perustusten alla on korvattava hyvin tiivistettävällä kitkamaatäytöllä rakennettavuusselvityksen mukaan. Pohjois-Ritaharjusta syntyviä ylijäämämaita voidaan arvioida tulevan noin 302 000 m³ltr. Arviossa asuinpientalojen tonttien määräksi saatiin noin 460 ja pinta-alaksi on yleistetty 700 m² ja tonttien leikkaussyvyys on käytetty -0,8 m. Pohjois-Ritaharjun itäosan katualueilla ylijäämämaiden laskennassa on käytetty leikkaussyvyys -1,5 m. Ritaportin ylijäämämaiden määrää on mahdoton arvioida, koska alueella ei ole voimassa olevaa asemakaavaa. Suuren kaupankeskittymän toteuduttua tulee sieltäkin kuitenkin syntymään ylijäämämaita reilusti.

6.3 Lentotuhkan hyödyntäminen maarakentamisessa

Tuhkien hyödyntäminen maarakentamisessa vaatii tällä hetkellä jäteluokituksen takia joko ilmoitusmenettelyn tai ympäristöluvan. Tulevaisuudessa tuhkat voidaan mahdollisesti tuotteistaa maarakennuskäytössä, jolloin niitä ei enää luokitella jätteeksi. Jäteluokituksen vuoksi tuhkien ympäristökelpoisuus tulee osoittaa, mikäli tuhkaa aiotaan hyödyntää rakentamisessa. Ympäristökelpoisuus voidaan arvioida tutkimalla haitta-aineiden kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia. Lentotuhkien haitta-aineiden liukoisuudet voivat muuttua erilaisten käsittelyiden vaikutuksesta esimerkiksi seuraavasti:

- lentotuhkan vanhentaminen: varastointi kustutettuna, jolloin tapahtuu mineralisoitumista, joka sitoo eräitä haitta-aineita niukkaliukoiseen muotoon
- lentotuhkan stabiloiminen tai seostaminen: voidaan pienentää eräiden haitta-aineiden liukoisuuksia riippuen käytettävästä side- tai seosainesta
- lentotuhkien tiivistäminen: tiivistyminen ja lujittuminen rakenteessa voi myös vaikuttaa haitta-aineiden liukoisuuksiin.

(Kiviniemi – Sikiö – Jyrävä – Ollila – Autiola – Ronkainen – Lindroos – Lahtinen – Forsman 2012, 8-10.)

Tuhkien hyödyntämisen kannalta on huomioitava tuhkien muodostumisen ja maarakentamisen eriaikaisuus. Yleensä voimalaitoksissa tuhkaa muodostuu

vuosittain talviaikaan enemmän kuin kesäkuukausina. Tästä johtuen tuleekin selvittää tuhkien välivarastointimahdollisuudet ennen varsinaista käyttöä, jotta saataisiin hyödynnettyä koko voimalaitoksen vuosittainen lentotuhkatuotanto. Tuhkarakentamisessa ja niiden hyödyntämisessä on otettava huomioon monia asioita rakentamisen eri vaiheissa. (Taulukko 4.) (Kiviniemi ym. 2012, 38.)

TAULUKKO 4. Tuhkarakentamisessa huomioitavia asioita (Kiviniemi ym. 2012, 39)

Vaihe	Huomioitavia asioita
Rakennuttaminen	<ul style="list-style-type: none"> – tuhkien soveltuvuus hankkeeseen – tuhkien saatavuus ja toimituskapasiteetti – muiden sivutuotteiden saatavuus ja soveltuvuus – välivarastointimahdollisuudet – tuhkarakentamisen kustannukset – ympäristölupa-asiat tai ilmoitusmenettely – rakentamisen valvonta
Suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> – tuhkan soveltuvuus ympäristöön (pohjavesi, kasvillisuus, korroosio, pölyäminen, liettyminen, eroosio) – tuhkan tekniset ominaisuudet (optimivesipitoisuus, maksimi kuivatilavuuspaino, rakeisuus, puristuslujuus, jäätymis-sulamiskestävyys, routivuus) – vaatimukset rakennuspohjalle – kantavuus- ja routamitoitus – kiviainesrakenne varalle
Rakentaminen	<ul style="list-style-type: none"> – työsuojelu – sääolosuhteet (sade, tuuli, pakkanen) – kuljetus- ja rakennuskaluston soveltuvuus ja kapasiteetti – materiaalien laatuseuranta (vesipitoisuus, sideaine, sekoituslaatu) – tiiviys- ja kantavuusmittaukset
Dokumentointi	<ul style="list-style-type: none"> – tuhkarakenteen sijaintitieto – käytetyt materiaalit ja määrät
Rakentamisen jälkeinen seuranta ja ylläpito	<ul style="list-style-type: none"> – tilaajan edellyttämät tekniset mittaukset – lupaviranomaisen edellyttämät seurannat – rakenteiden ylläpito

Rakennustekniset ominaisuudet

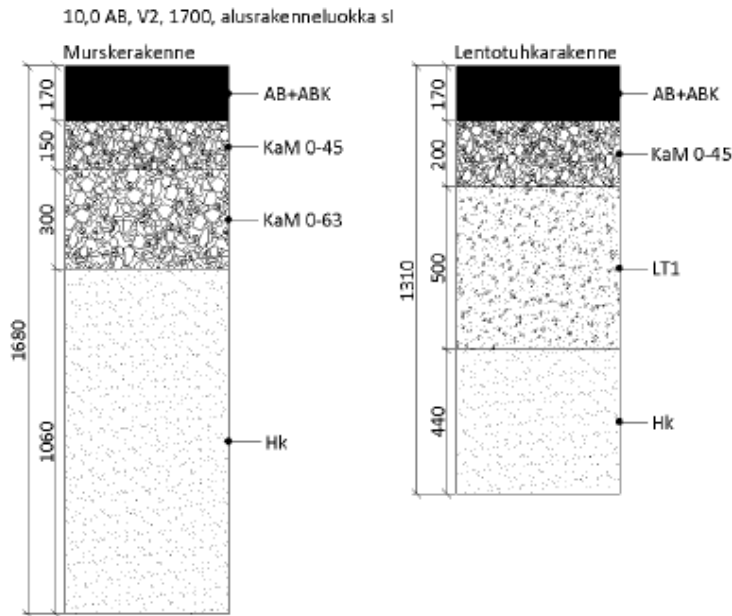
Lentotuhkan rakeisuus vaihtelee maalajiluokituksen mukaan siltin ja hiekkaisen siltin välillä. Tuhkat ovat yleisesti tiheydeltään kevyempiä kuin kiviainekset, mutta lentotuhkien korkea optimivesipitoisuus rakenteessa tosin tasoittaa käytännössä tätä eroa. Optimivesipitoisuudella tarkoitetaan vesipitoisuutta, jossa materiaali saavuttaa suurimman kuivatilavuuspainon. Lentotuhkien optimivesipitoisuus on suhteellisen korkea, 20–50 %. Lentotuhkan maksimikuivairtoteiheyden vaihtelee yleensä välillä 100–1400 kg/m³ ja märkäirtoteiheyden tiivistettynä 300–1500 kg/m³. Lentotuhkat sijoittuvat rakeisuutensa puolesta voimakkaasti routivalle alueelle, mutta hyvän lujittumiskyvyn ja jäätymis-sulamissyklejä kestävät lentotuhkat sijoittuvat yleisesti routivuusluokituksessa luokkaan routimaton. Heikommin lujittuvat ja huonosti jäätymis-sulamissyklejä kestävät tuhkat luokitellaan useimmiten lievästi routivaan tai routivaan luokkaan. (Kiviniemi ym. 2012, 12–15.)

Lentotuhkan käyttökohteita

Tuhkien käyttöluokituksen mukaan kaikkia tuhkalaatuja voidaan käyttää kuivalla maalla ja pohjavesialueiden ulkopuolella pengertä-, täyttö- ja ympäristörakennemateriaaleina, kuten esimerkiksi meluvälillä. Pengertä- ja täyttömateriaaliksi kelpaavat maa-ainekset, kuten moreeni, hiekka, sora tai louhe voidaan korvata tuhalla kohteen olosuhteet ja vaatimukset huomioiden. Tuhkia voidaan käyttää myös toissijaisissa täytöissä hienojen moreenien, silttien tai savimaiden korvauksina. Pengertäytöissä tuhkan etuina ovat mm. lujittumisominaisuudet, maa-aineksia suurempi leikkauslujuus ja maa-aineksia pienempi irtoteiheyden. Maarakentamisessa tuhkia voidaan käyttää sellaisenaan, tiivistettynä, seostettuna toisen sivutuotteen kanssa tai sideainemaisesti. (Kiviniemi ym. 2012, 22, 32.)

Päällysrakenteissa lentotuhkaa voidaan käyttää joko massiivirakenteena tai kerrosstabiloinnin sideaineena. Massiivisten lentotuhkarakenteiden käyttö on teknisesti mahdollista uusien tie-, katu- ja kenttärakenteiden kerroksissa pengertäytöistä kantavan kerroksen alaosan. Massiivisilla tuhkarakenteilla on mahdollista rakentaa tavallisia rakenneratkaisuja ohuemmalla kokonaisrakennepaksuudella, mikä erityisesti korostuu routivan pohjamaan päälle rakennetta-

essa. Tämän myötä tarvittavan maaleikkauksen tarve vähenee sekä kiviainesta tarvitaan huomattavasti vähemmän. (Kuva 22.) Selkeimpiä etuja massiivisessa tuhkarakentamisessa ovat muun muassa lämmöneristävyys, kantavuus, keveys sekä luonnonvaroja säästävä vaikutus. (Kiviniemi ym. 2012, 22–23.)



KUVA 22. Esimerkki vastaaville vaatimuksille mitoitetusta kiviaines- ja lentotuhkarakenteista (Kiviniemi ym. 2012, 23)

Kuljetus ja varastointi

Tuhkien kuljetuksessa ja käsittelyssä on huomioitava ainakin seuraavia asioita:

- Kuivalentotuhka on hienojakoista ja pölyävää materiaalia, tämän vuoksi se kuljetetaan joko säiliöautolla tai tiiviskonteissa.
- Lentotuhkat sitovat suuria määriä vettä, mikä vaikuttaa huomattavasti lentotuhkan painoon.
- Pölyhaittojen vähentämiseksi lentotuhkan sekaan lisätään vettä 10–20 % materiaalin kuivapainosta ja sitä voidaan näin ollen kuljettaa kiviaineksen kuljetukseen soveltuvalla kalustolla, kuormat tulee vain peittää.
- Lentotuhkan lujittumispotentiaalin vuoksi kostutettua lentotuhkaa ei saa tiivistää eikä jättää työ- ja kuljetusvälineisiin paikalleen pitkäksi aikaa. (Kiviniemi ym. 2012, 46–48.)

Tuhkien varastoinnissa on kaksi tapaa, joko kuivavarastointi tai varastointi kostutettuna. Kuivavarastoinnissa käytetään hienorakeisen materiaalin varastointiin soveltuvia suljettuja varastohalleja tai silloja. Varastointia kostutettuna on järkevä käyttää silloin, kun tuhkaa tulee varastoida suuria määriä esimerkiksi tierakentamista varten. Varastointi kostutettuna voidaan toteuttaa joko hallitusti suuriin kasoihin läjittämällä tai varastoautoissa. Yksinkertaisempi ja vähemmän tilaa vaativa tapa on läjittäminen, mikäli lentotuhka hyötykäytetään sellaisenaan ja se on laadultaan homogeenista. Jos lentotuhkaa joudutaan sekoittamaan suuria määriä esimerkiksi veden lisäyksen tai sideainelisäyksen vuoksi, on aumavarastointi järkevämpi menetelmä. (Kiviniemi ym. 2012, 48–49.)

Kummassakaan menetelmässä lentotuhkaa ei saa missään nimessä tiivistää varastoinnin aikana esimerkiksi kasan päällä ajamalla, vaan kasojen tulee pysyä löyhinä, koska tiivistyessään kostea lentotuhka alkaa lujittua. Kasat ja auma on myös suositeltavaa suojata, mikäli tuhkaa varastoidaan pitempiä aikoja. (Kiviniemi ym. 2012, 49–50.)

Ilmoitusmenettely

Valtioneuvoston asetus (Mara-asetus, VNa 591/2006 ja VNa 403/2009) sallii tuhkien hyötykäytön ilmoitusmenettelyllä silloin, kun tuhkat syntyvät kivihiilen, turpeen tai puuperäisen aineksen poltosta ja täyttävät asetuksessa annetut kokonaispitoisuus- ja liukoisuusraja-arvot. Rakennetavan kohteen tulee olla myös asetuksen mukainen ja peitetty tai päällystetty ja tuhkarakenteen paksuuden enintään 150 cm. Asetus koskee muun muassa yleisiä teitä, katuja, kevyen liikenteen väyliä ja pysäköintialueita. Asetuksen piiriin eivät kuitenkaan kuulu esimerkiksi yksityiset tiet ja meluvallit. Varastoinnin asetus sallii hyödyntämispaikalla 4 viikkoa ja suojattuna 10 kuukauden ajan ennen materiaalin hyödyntämistä. (Kiviniemi ym. 2012, 40.)

Ympäristölupa

Mikäli käytettävä tuhka ei täytä MARA-asetuksen vaatimuksia, on tuhkan käytölle haettava ympäristölupaa ilmoitusmenettelyn sijaan. Ympäristölupaa varten kohteelle, jossa tuhkaa hyödynnetään tulee olla laadittuna työsuunnitelma. Siitä

on käytävä ilmi, kuinka paljon ja millä tavoin tuhkaa tullaan käyttämään. Lisäksi ympäristölupahakemuksessa tulee todeta kaikki tuhkarakentamisesta aiheutuvat riskit ihmisille ja ympäristölle sekä toimenpiteet haittojen ehkäisemiseksi. Ympäristölupaa haetaan kunnan ympäristöviranomaiselta, jos vuosittainen hyödynnettävä tuhkamäärä on alle 10 000 t. Jos tuhkamäärä on yli 10 000 t, haetaan lupaa aluehallintoviranomaiselta. Lupien käsittelyajat vaihtelevat hyödynnettävän tuhkamäärän mukaan 4 kuukaudesta yli 10 kuukauteen. Mikäli hankkeen tuhkamäärä on 50 000 t tai yli, saattaa tuhkan hyötykäyttö vaatia ympäristövaikutusten arviointia. YVA-menettelyn tarpeesta tulee olla yhteydessä alueen ELY-keskukseen. (Kiviniemi ym. 2012, 40–41.)

6.3.1 Oulun alueen tuhkan tuottajat

Oulun alueella lentotuhkaa muodostuu kolmesta eri teollisuuslaitoksesta: Oulun Energian Toppilan voimalaitoksista, Laanilan Voima Oy:sta ja Stora Enso Oyj:stä (kuva 23). Vuosittain lentotuhkaa muodostuu näistä kolmesta laitoksesta yhteensä noin 94 000 t. Lisäksi Kiimingin biolämpökeskuksesta muodostuu puuta ja turvetta polttamalla noin 100–150 t pohjatuhkaa. (Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007, 9-10.)

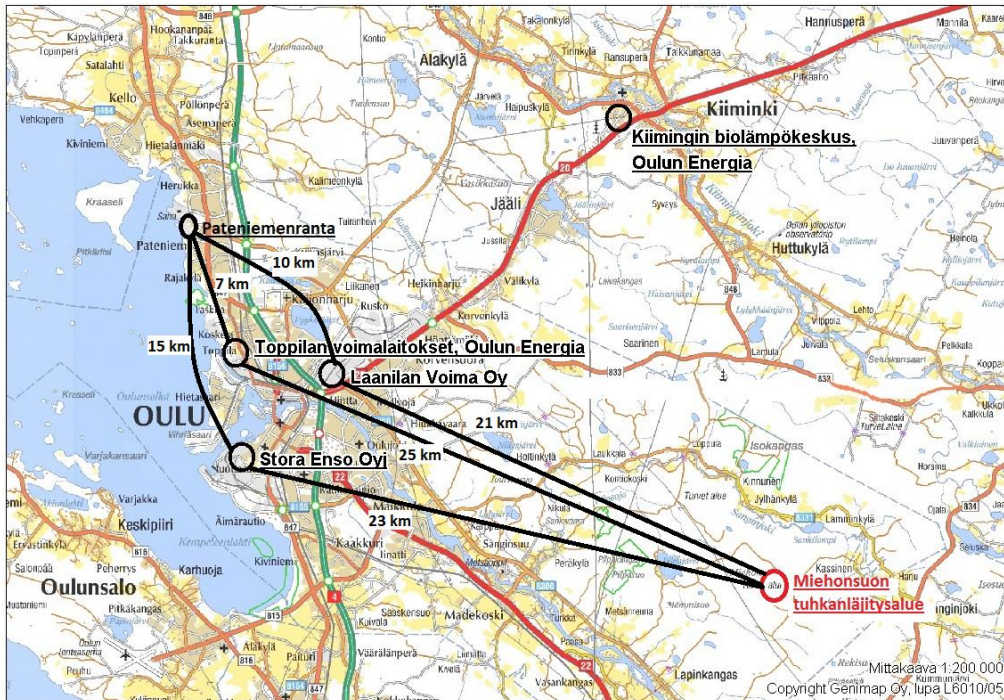
Toppilan voimalaitokset ovat Oulun energian omistamia. Voimalaitokset tuottavat vuosittain noin 40 % Oulun energian hankkimasta sähköstä ja yli 80 % kaukolämmöstä. Toppila 1 on vastapainelaitos, jossa puuta ja turvetta polttamalla tuotetaan sähköä ja kaukolämpöä. Vuonna 1977 valmistuneen voimalaitoksen polttotekniikka on nykyaikainen leijukerrospoltto. Toppila 2 on väliottolauhdutussvoimala, joka tuottaa sähköä ja lämpöä. Lauhdekäytössä laitos tuottaa vain sähköä. (Toppilan voimalaitokset. 2014.)

Toppilan voimalaitoksissa muodostuu vuosittain noin 50 000 t lentotuhkaa ja petihiekkaa. Suurin osa syntyvästä tuhkasta on kuljetettu jo vuodesta 1998 läh tien Miehonsuon tuhkanläjitysalueelle, ellei tuhkia toimiteta hyötykäyttöön. Miehonsuon läjitysalueelle Oulun energialla on lupa läjittää aina vuoden 2050 loppuun asti. Tuhkan hyötykäytön edistämiseksi Toppilan voimalaitoksille rakennetaan kuivapurkulaitteisto tuhkalle, jolloin sitä voidaan kuljettaa pölyttömästi säi-

liöautoilla, muutoin tuhkaan lisätään vettä pölyämisen estämiseksi kuljetuksen ja läjityksen aikana. (Tuhkat hyötykäyttöön. 2014.)

Laanilan Voima Oy on Pohjolan Voiman omistama tuotantoyhtiö. Voimalaitoksen tuotteita ovat prosessihöyry, sähkö ja kaukolämpö. Tuotettu energia menee suurimmalta osin Kemira Oyj:n Oulun tehtaiden tuotantoon ja tarvittaessa osa energiasta toimitetaan kaukolämpönä Oulun Energialle. Voimalaitoksen energian tuotannon pääpolttoaineet ovat jysinturve, puupolttoaine, Kemiralta tulevat prosessikaasut ja noki, polttoöljy ja kivihiihi. Lentotuhkaa voimalaitoksella muodostuu vuodessa noin 15 000 t. Nykyisin lentotuhka kuljetetaan Oulun Energian Miehonsuon tuhkanläjitysalueelle. (Päätös ympäristösuojelulain 35 §:n mukaisesta hakemuksesta. 2009, 6; Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007, 9-10.)

Stora Enso Oyj:n Oulun tehdas tuottaa sellua ja paperia. Tehtaan voimalaitos tuottaa lämpöä ja sähköä tehtaan tarpeisiin sekä tarvittaessa kaukolämpöä Oulun kaupungille. Voimalaitoksen pääpolttoaineet ovat kuori, puru, hake, jätevesiliete sekä turve. Lentotuhkaa voimalaitoksella muodostuu vuosittain noin 29 000 t. Tuhka syntyy lähes kokonaan leijukerros poltossa. Tuhkan laatu vaihtelee kesän ja talven osalta kulloisenkin turpeen määrän mukaan. Tuhkan läjitys tehdasalueen kaatopaikalle on viimeistään lopetettu vuoden 2014 lopulla. Tästä eteenpäin tuhkat on tarkoitettu läjittämään Miehonsuolle, kuten Laanilan Voima ja Oulun Energia tekevät. (Kuva 23.) (Päätös ympäristösuojelulain 35 §:n mukaisesta hakemuksesta. 2009, 6; Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007, 10-11.)



KUVA 23. Voimalaitosten sijainnit ja nykyinen tuhkanlätitysalue (Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007, 8)

6.3.2 Lentotuhkan hyödyntäminen Pateniemenrannan täytöissä

Voimalaitosten lentotuhkien hyödyntäminen Pateniemenrannan täytöissä vaatii tuhkien haitallisten aineiden tutkimista kokonaispitoisuuksien ja liukoisuuksien puolesta. Pöyry Finland Oy on vuonna 2007 tutkinut Laanilan Voima Oy:n, Stora Enso Oyj:n ja Oulun Energian voimalaitosten tuchia. Tutkimus tehtiin ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä ja tutkimuksen aiheena oli voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. Tutkimuksista saatuja haitta-aineiden tuloksia verrattiin valtioneuvoston asetuksessa annettuihin raja-arvoihin eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa.

Kaikkien kolmen voimalaitoksen lentotuhkat alittavat raja-arvot pitoisuuksien ja liukoisuuksien puolesta, mikäli rakenne on päällystetty. Esimerkiksi Pateniemenrannassa lentotuhkaa voitaisiin käyttää pysäköintialueilla ja katualueiden täytöissä. Jos rakenne on peitetty, lentotuhkan liukoisuusraja-arvot ylittyvät kromin, molybdeenin, seleenin, sulfaatin ja kloridin kohdalla. Pitoisuuksien osalta lentotuhkat alittavat kaikki raja-arvot. Lentotuhkan stabiloinnilla tai seostami-

selle voidaan saada laskettua haitallisten aineiden liukoisuuksia siten, että raja-arvot alittuisivat myös peitetyn rakenteen osalta. Tällöin lentotuhkaa voitaisiin ajatella käytettäväksi meluvalleissa ja penkereissä. Taulukossa 5 on eriteltynä kunkin voimalaitoksen haitta-aineiden pitoisuudet ja liukoisuudet sekä vertailuarvoina maarakentamisessa hyödynnettävän jätteen sallitut haitta-aineiden raja-arvot.

TAULUKKO 5. Maarakentamisessa hyödynnettävän jätteen haitallisten aineiden raja-arvot ja Toppilan voimalaitoksen tuhkan arvot (Kiviniemi ym. 2012, Liite 1 4/6; Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007, 12–14)

Haitallinen aine	Raja-arvo (mg/kg kuiva-ainetta)			Toppilan voimalaitokset		Stora Enso		Laanilan Voima	
	Perustutkimukset			Lentotuhka		Lentotuhka		Lentotuhka	
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne	Pitoisuus	Liukoisuus	Pitoisuus	Liukoisuus	Pitoisuus	Liukoisuus
PCB	1								
PAH	20/40								
DOC		500	500						
Antimoni (Sb)		0,06	0,18		<0,20		<0,20		<0,20
Arseeni (As)	50	0,5	1,5	38,1	0,15	34,9	0,19	35,6	0,15
Barium (Ba)	3000	20	60	930	1,34	1100	0,77	950	0,94
Kadmium (Cd)	15	0,04	0,04	1,6	0,02	4,6	0,02	1,2	0,02
Kromi (Cr)	400	0,5	3	95,2	0,25	90,1	1,42	91,7	0,18
Kupari (Cu)	400	2	6	91,9	0,1	11	0,34	73,7	0,1
Elohopea (Hg)		0,01	0,01	0,3		0,36		0,25	
Lyijy (Pb)	300	0,5	1,5	47,3	0,2	43	0,2	91,7	0,21
Molybdeeni (Mo)	50	0,5	6	5,9	2,43	7,7	4,02	6,1	0,13
Nikkeli (Ni)		0,4	1,2	21,7	0,06	53,7	0,05	150	0,2
Vanadiini (V)	400	2	3	177		155		372	
Sinkki (Zn)	2000	4	12	184	0,1	560	0,27	84,6	0,21
Seleen (Se)		0,1	0,5		0,09		0,15		0,14
Fluoridi (F-)		10	50						
Sulfaatti (SO42-)		1000	10000		6199		2525		5728
Kloridi (Cl-)		800	2400		246		1040		284

Lentotuhkien hyödyntäminen Pateniemenrannassa vaatisi ympäristöluvan ilmoitusmenettelyn sijaan, sillä edellä mainitut liukoisuudet ylittävät MARA-asetuksen asettamat raja-arvot. Ympäristölupaa tulisi hakea aluehallintoviranomaiselta ja ympäristövaikutusten arvioinnin tarpeesta tulisi olla yhteydessä alueen ELY-

keskukseen, sillä hyötykäyttävä tuhkamäärä Pateniemenrannassa ylittäisi 50 000 t. (Kiviniemi ym. 2012, 40–41.)

Hyödyntämisen kannattavuutta tulisi arvioida kustannuksien ja hyödyntämisen myötä aiheutuvien töiden määrän ja ajankohdan suhteen. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi kuljetukset, välivarastointi, tuhkan määrä ja kelpoisuus. Vuosittain hyödynnettävä tuhkamäärä on noin 94 000 t/a eli noin 52 000 m³ltr, mikä ei ole kovin suuri määrä verrattuna arvioituihin täyttöihin meneviin massoihin, joka on 804 000 m³ltr. Massalaskelmissa lentotuhkan tiheytenä on käytetty 1,8 t/m³. Arvo on otettu Jarkko Kariniemen opinnäytetyöstä Tuhkat täyttömateriaalina, jossa valmiin tuhkarakenteen tiheytenä on käytetty kyseistä arvoa. (Kariniemi 2014, 14.)

Kuljetusmatkat Pateniemenrantaan ovat kaikilta voimalaitoksilta lyhyempiä verrattuna tämän hetkiseen Miehonsuon tuhkanläjitysmaahan. Lentotuhkan hyödyntäminen Pateniemenrannassa vähentäisi ajokilometrien lisäksi kuljetuksiin käytettävän kaluston määrää. Lisäksi henkilökustannuksissa saataisiin säästöjä sekä ajassa säästettäisiin myös merkittävästi.

Esimerkiksi kuljetusmatka Toppilan voimalaitoksilta Pateniemenrantaan on noin 7 km, kun taas läjitysmaalle matkaa kertyy suunnilleen 25 km. Toppilan voimalaitoksista muodostuu 50 000 t lentotuhkaa vuodessa. Tavallisen 3- tai 4- akselisen täysperävaunu ajoneuvoyhdistelmän eli kasetin kuorman maksimipaino on noin 40 t. Kuormaan tulee vielä lisätä vettä noin 10–20 % tuhkan kuivatilavuuspainosta pölyämisen estämiseksi (Kiviniemi ym. 2012, 46). Näiden arvojen perusteella saadaan laskettua vuosittainen kuljetusten määrä, kun veden määränä käytetään 20 % kuivatilavuuspainosta. Vuosittaisen kuljetusten määräksi saadaan 1 500 kuormaa. Kuljetusmatka Pateniemeen vietäessä lyhentyisi 18 km suuntaansa eli 36 km yhteensä/kuljetus. Vuodessa säästettäisiin 54 000 km, mikäli lentotuhkaa hyödynnettäisiin Pateniemenrannassa. Taulukkoon 6 on yhteenvetona laskettu samalla periaatteella muidenkin voimalaitosten kuljetusmatkat.

TAULUKKO 6. Voimalaitosten lentotuhkamäärät ja kuljetusmatkat

Voimalaitos	Lentotuhkamäärä vuodessa (t)	Kuljetusten määrä vuodessa (kasetti 40 t)	Kuljetusmatka Miehonsuolle	Kuljetusmatka Pateniemenrantaan	Säästetyt kilometrit vuodessa
Oulun Energian Toppilan voimalaitok- set	50 000	1 500	25	7	54 000
Stora Enso Oyj	29 000	870	23	15	13 920
Laanilan Voima Oy	15 000	450	21	10	9 900

Lentotuhkan hyödyntäminen vaatisi välivarastointia Pateniemenrannan alueella. Alue sopisi varastointiin, sillä se ei sijaitse tärkeällä pohjavesialueella ja varastointitilaa on riittävästi. Varastointi voitaisiin toteuttaa läjittämällä, koska lentotuhka tulotaisiin luultavimmin käyttämään sellaisenaan täyttöihin ja voimalaitosten tuhkat ovat pääsääntöisesti hyvin homogeenisiä verrattuna luonnon maa-aineksiin. Ympäristöluvassa varastoinnin pituutta ei ole määrätty, kuten ilmoitusmenettelyssä. Enimmillään tuhkaa voi kuitenkin varastoida kolme vuotta ilman veroseuraamuksia jäteverolain mukaan. Varastoinnin toteutukseen on kiinnitettävä erityishuomiota, koska varastointimenetelmällä ja -ajalla on merkittävä vaikutus tuhkan laatuun. Laadunvarmistukseen kuuluvat tuhkan vesipitoisuuden seuranta sekä tiivistymisen ja paakkuuntumisen seuranta. Koska tuhka varastoitaisiin todennäköisesti kostettuna, on selvitettävä varastoinnin vaikutus tuhkan laatuun. (Kiviniemi ym. 2012, 48–51.)

Välivarastoinnin aloituksen ajankohta olisi hyvä ajoittaa siten, että alueella olisi esimerkiksi kauhakuormaaja tai kaivinkone käytössä. Varastointikasat saataisiin oikeille paikoille, sopivan korkuisiksi sekä suojattua ja reunat muotoiltua siten, että sadevesi pääsee valumaan esteettömästi pois sen päältä. Välivarastoinnilta voitaisiin kuitenkin välttyä, jos lentotuhkasta saataisiin pengermateriaaliksi kelpaavaa. Ilman tuhkan pidempiaikaista välivarastointia voitaisiin myös selvittää, jos tuhkat kuljetettaisiin suoraan uutta sisääntulotietä pitkin Eteläkärjen katualueen täyttöihin.

Lentotuhkan hyödyntämisessä tulisi ottaa huomioon rakentamisen ajankohta. Tuhkarakentamisen käsikirjassa on mainittu, että lentotuhkarakentaminen on

suositeltavaa tehdä toukokuun ja syyskuun välisenä aikana, koska muina aikoina riskit kasvavat erityisesti rakenteiden alkulujittumisen vuoksi. Matala lämpötila hidastaa myös huomattavasti lujittumista ja lähellä 0 °C:n lämpötilaa rakenteen lujittuminen pysähtyy kokonaan.

Mikäli lentotuhkaa hyödynnettäisiin Pateniemenrannan täytöissä tai kadun rakennekerroksissa, tulisi sille hakea ympäristölupaa mahdollisimman pian. Ennen sitä tulisi tutkia tarkemmin ainakin tuhkan saatavuus ja toimituskapasiteetti, lentotuhkan kelpoisuus kyseille maaperälle, materiaalien varastointi ja sen vaikutus laatuun, materiaalien jalostus sekä materiaalien kuljetus ja rakentaminen. Jos lentotuhkaa käytettäisiin kadun rakennekerroksissa, tulisi ne myös mitoittaa uudelleen tuhkarakenteelle sopiviksi.

6.3.3 Tuhkarakentamisen hyödyt ja riskit Pateniemenrannassa

Tuhkarakentamisesta eniten hyötyisivät tuhkan tuottajat eli Oulun Energia, Stora Enso ja Laanilan Voima. Tuhkan tuottajat pääsisivät eroon ns. jätteestä ja välttäisivät sen läjityksestä aiheutuvat kustannukset. Miehonsuon läjityspaikan täyttyminen tasaantuisi hyödyntämisen ajaksi. Kuljetukset muodostuisivat joko urakoitsijan tai tuhkan tuottajien kustannuksiksi riippuen siitä, minkälaiseen sopimukseen he keskenään pääsisivät. Kumpikin osapuoli joka tapauksessa hyötyisi tuhkan käytöstä, sillä käyttämällä puhtaita maa-aineksia täytöissä urakoitsijan kustannukseksi muodostuisivat kuljetusten lisäksi materiaalikulut. Tuhkan tuottajien kannalta taas kuljetusmatkat Pateniemenrantaan ovat lyhyemmät läjityspaikkaan verrattuna. Yleensä kuljetusmatkat muodostuvat ongelmaksi tuhkan hyötykäytössä matkojen ollessa oleellisesti pidempiä muihin maa-aineksiin verrattuna.

Pateniemenrannan hankkeen massatasapainon ollessa reilusti negatiivinen lentotuhkan käyttäminen tasapainottaisi tilannetta. Urakoitsija voi säästää näin ollen materiaalikuluissa. Puhtaiden maa-ainesten tarve vähentyisi ja maa-aineksia säästyisi tulevaisuuden käyttöä varten.

Täytöissä säästettävät kustannukset vaikuttavat alueen hintatasoon. Mikäli kustannukset nousevat liian suureksi, alueen haluttavuus heikkenee. Hanke voisi

toimia myös esimerkkinä muille hankkeille uusiorakentamisen hyödyistä ja periaatteista.

Lentotuhkan hyötykäyttöön liittyy myös monia riskejä ja enemmän työtä vaativia kohtia. Esimerkiksi ympäristöluvan hakeminen vaatii suunnittelutyötä ja luvan saaminen vie aikaa. Tuhkarakentaminen vaatii myös tarkempaa laadunvalvontaa sekä itse tuhkarakenteen teko vaatii suurempaa työpanosta. Suurimmat riskit liittyvät alueen ympäristöön, koska lentotuhka sisältää vähäisiä määriä haitallisia aineita. Lentotuhkan käyttäminen Pateniemenrannassa onkin hieman ristiriitaista, koska alueella on tehty mittavat maaperän puhdistustoimenpiteet ja täyttöihin käytettäisiin kuitenkin massaa, mikä on luokiteltu jätteeksi.

Riskialtein vaihe on tuhkarakenteen rakentaminen, sillä sitoutumaton tuhkeros voi optimivesipitoisuuden ylittyttyä liettyä ja levitä ympäristöön esimerkiksi rankkasateiden johdosta. Rakennuspohjan on myös oltava kuiva, koska märälle pohjalle levitetty lentotuhka voi liettyä tiivistämiskelvottomaksi. Lentotuhka voi myös kuivilla ja tuulisilla olosuhteilla levitä pölyämällä ympäristöön, vaikka lentotuhkan vesipitoisuus olisinkin riittävä, sillä kovassa helteessä suojaamaton tuhkarakenne kuivuu nopeasti. (Kiviniemi ym. 2012, 54–55.)

Tuhkan hyötykäyttö on vielä maarakentamisessa uusi asia eivätkä menetelmät, ohjeet ja oppaat ole vielä kehittyneet riittävästi ja kokemusperäistä tietoa tuhkarakentamisesta on vähän. Plaana Oy:llä on kuitenkin hieman kertynyt kokemusta tuhkarakentamisesta vuoden takaisesta Vt-19-hankkeesta. Hanke oli tierakennushanke Vt-19 Seinäjoen itäinen ohikulkutie. Plaana Oy vastasi kohteen rakennussuunnittelusta. Tuhkaa käytettiin penkereissä ja meluvälleissa. Jarkko Kariniemi teki myös aiheesta opinnäytetyön keväällä 2014, työn tarkempi aihe oli Tuhkat täyttömateriaalina. Kyseistä hankkeesta ja opinnäytetyöstä saadaan kokemusperäistä tietoa sekä tietoa rakenteiden suunnittelusta ja toimivuudesta. Kokemuksen myötä tuhkarakentamista olisi helpompi sovittaa käytettäväksi myös Pateniemenrannassa.

6.4 Tasauksen vaikutus massamääriin

Pateniemen saha-alue on suhteellisen tasaista Perämeren rantaa, jossa maanpinnan korko vaihtelee +0,3:sta +2,6:een. Tämän hetkisten suunnitelmien mukaan katujen korkotaso tulee olemaan noin +3,2 ja rakennusten lattioiden korkotaso noin +4,0. Alueelta poistettujen pilaantuneiden maiden johdosta jo leikatuilla alueilla meren lähetyvillä korko on noin +0,5 merenpinnan yläpuolella. Katujen rakennekerrosten paksuuden ollessa 1,2 m on täyttöjä katualueella tehtävä noin 1,5 m tasaisesti routivalla maa-aineksella. Korttelialueilla täyttökerroksen paksuus on myös keskimäärin noin 1,5 m. Korttelialueiden täyttöjen määrää laskettaessa maapenkereen korkotasona on käytetty noin +3,5. Korttelialueiden maapenkereissä ei ole eroteltuna rakenteita vaan täyttökerros on ajateltu yhteiseksi paksuksi rakenteeksi.

Täytöissä käytettävään massamäärään vaikuttaa merkittävimmin alueen tasauksen korko. Mitä korkeammalla lattiapinnan korko asettuu, sitä enemmän täytömassoja tarvitaan ennen varsinaisen rakentamisen aloittamista. Pateniemenrannan tasauksen korkotasoon vaikuttaa alueen merellinen sijainti, mikä asettaa tiettyjä reunaehtoja rakennuksien ja kadun koroille. Esimerkiksi arvioitu merenpinnan korkeuden nousu, maksimi tulvakorkeus sekä tarvittava aaltoiluvara on otettava huomioon korkeuksia suunniteltaessa.

Pateniemenrannan rakentamiskorkeudet on määriteltä Ranta-Toppilassa käytettyjen korkeusmääräyksiä pohjalta. Ranta-Toppilan alueelle tehdyssä ilmastoselvityksessä alimmiksi sallituiksi lattiakorkeuksiksi esitettiin pilariperusteisen rakennuksen alapohjan alapinnaksi noin +3,5 ja matalaperusteiden rakennusten lattiakorkeudeksi noin + 4,0. Ilmastoselvityksen pohjalta Oulun kaupungin kaavoitusarkkitehti Timo Lajunen esitti asuinrakennusten korkeustasoksi +3,5 ja kylmien rakennusten korkeudeksi +3,25. Ranta-Toppilan kaavamääräyksissä on myös vaatimus, että asuinhuoneen lattiapinnan tulee olla vähintään 0,70 m korkeammalla viereiseen kadunreunaan nähden. Ranta-Toppilan rakentamiskorkeuksia suunniteltaessa esitettiin Oulun kaupungin rakennusjärjestykseen vähimmäislattiakorkeudeksi +3,20. Tämän johdosta Pateniemenrannassa tutkitaan koko alueen tasauksen laskemista matalammalle. (Aitto-oja 2014.)

Pateniemenrannan tasauksen liittyen tutkitaan mahdollisuutta laskea lattiapinnan taso +3,25. Katujen korkotaso olisi silloin noin +2,45. Tarkoituksena on saada säästöjä täytöissä käytettäviin massoihin. 75 cm:n laskulla täyttömassojen tarve vähenisi ja kustannuksissa säästettäisiin

- korttelialueilla 229 000 m³ltr ja 1 375 000 €
- katualueilla 88 200 m³ltr ja 529 000 €.

Lattiapinnan korkeustason mahdollinen laskeminen riippuu rannan aaltoilusta, mikäli aaltoilu koetaan riskiksi, rakentamiskorkeutta ei voida laskea. Korkeustason laskulla olisi myös vaikutusta suunniteltuihin viemäriverkostoihin. Viemärit ovat jo nyt suunniteltu noin viiden metrin syvyyteen. Mikäli lattiapinnat laskettaisiin +3,25, jouduttaisiin viemäriverkostossa todennäköisesti käyttämään pumpaamoja toimivuuden takaamiseksi. Pumpaamosta aiheutuvat kustannukset olisivat arviolta kuitenkin suhteellisen pienet verrattuna säästöihin, jotka syntyisivät tasauksen alentamisesta. (Hämäläinen 2014.)

Tasauksen alentamista tutkittiin myös 20 cm:n laskulla, jolloin täyttömassojen tarve ja kustannukset vähentyisivät

- korttelialueilla 61 000 m³ltr ja 367 000 €
- katualueilla 24 000 m³ltr ja 141 000 €.

Tasauksen laskulla saataisiin kuljetusten määrää pienennettyä huomattavasti, kuljetuksiin käytettävän kaluston tarve vähentyisi, henkilöstö- ja materiaalikulut myös vähenisivät. Yleisesti tasauksen alentaminen vaikuttaisi myös alueen tonttikohtaiseen hintatasoon.

6.5 Esikuormituspenger kaduilla

Esikuormituspenkereen käyttö Pateniemenrannan kaduilla riippuu pohjamaana toimivan siltin tiiveydestä. Siltin tiiveys tulee selviämään Pöyryn tekemistä pohjatutkimuksista. Mikäli esikuormituspengertä joudutaan käyttämään kadunrakentamisessa, asettaa se tiettyjä vaihtoehtoja penkereen toteutuksesta. Suunnitteluvaiheessa lasketun esikuormituspenkereen koko on noin 95 000 m³ltr ja

kustannukset arviolta 953 000 €. (R-10 Pateniemenranta määräluettelo. 24.11.2014.)

Esikuormituspengermateriaalina olisi järkevintä käyttää puhtaita maa-aineksia kuten hiekkaa, jolloin ne voidaan kuormitusajan jälkeen käyttää korttelialueiden täytöissä. Esikuormituspenkereissä ei ole suositeltavaa käyttää leikattavia maa-aineksia tai lentotuhkaa. Kumpakaan materiaalia ei pystyttäisi varmuudella hyödyntämään vaikutusajan jälkeen kuten puhtaita maa-aineksia.

Esikuormituspenkereen tarve on vielä epävarmaa, mutta on myös todennäköistä, ettei sitä tarvita. Sahan toiminnan aikana ranta-alueita on korotettu ruopausmassoilla ja muilla maa-aineksilla, joihin on ollut sekoittuneena sahausjätettä. Pohjamaa on todennäköisesti vuosien saatossa tiivistynyt riittävästi ranta-alueiden korotuksien avulla. Eteläkärjestä on pilaantuneiden maiden johdosta poistettu noin 2 m:n kerros maa-ainesta ja Pohjoiskärjestä kunnostamattomilta alueilta tullaan vielä poistamaan noin 1,0–2,5 m:n kerros pilaantunutta maata. Suunnitellun esikuormituspenkereen korko tulisi olemaan noin 1–2 m. Esikuormituspenkereen käyttäminen vaatisi ensin täyttöjen tekemisen maaperän luonnolliseen korkoon. Täyttöjen päälle sijoitettaessa esikuormituspenger saisi aikaan halutun vaikutuksen. Esikuormituspenkereen tarvittava vaikutusaika ei ole myöskään vielä selvillä.

6.6 Maa-ainestoimittajat

Oulun alueella isoimpia maa-ainestoimittajia on 9 ja suurimman osan maanottoalueet sijaitsevat keskitetysti Vasikkasuolla Haukiputaalla/Kiimingissä. Esimerkiksi seuraavilla yrityksillä on kalliokiviaineksen ottoasema Vasikkasuolla: Destia, Kuljetuspolar, Lemminkäinen, Morenia, NCC Roads, Oulun Autokuljetus, Rudus, VRJ Pohjois-Suomi ja Kiimingin Sora. Vasikkasuo sijaitsee noin 15 km Oulun keskustasta koilliseen Jäälän taajaman länsipuolella. Alueen pinta-ala on noin 12,8 km² ja aktiivisesti käytettävissä olevan alueen pinta-ala on noin 0,4 km². Vasikkasuolta hyödynnetään pääasiassa kiviainesta, mutta hiekkaakin vuosittain jonkun verran. Esimerkiksi vuonna 2008 alueelta hyödynnettiin 730 000 m³ kiviainesta ja 53 000 m³ hiekkaa. (Erho 2013.)

Maa-ainestoimittajilta on tarkoitus saada osviittaa hiekan ja täytemaan kuutiohinnoista. Eri maa-ainestoimittajille tehdyn sähköposti kyselyn perusteella hiekan keskimääräiseksi hinnaksi muodostui 4-5 €/t toimitettuna Pateniemenrantaan. Täytemaan hinta vaihteli 0-3 €/m³itd riippuen täytemaan laadusta. Kummassakin arvonlisävero on 0 %. (Herukka, Jouni – Vaaramo, Antti 2015.)

6.7 Täyttöjen eri vaihtoehdot

Pateniemenrannassa tehtäviin täyttöihin on eri toteutusvaihtoehtoja. Kaikissa vaihtoehdoissa alue tullaan aivan ensiksi kunnostamaan asuinrakentamiselle kelvolliseksi pilaantuneiden maiden osalta. Kaikki loput pilaantuneet maat tullaan sijoittamaan alueen kaatopaikalle ja kaatopaikka sulkemaan vuoteen 2016 mennessä. Tasauksen korkoa ei huomioida erikseen. Korkotasona ajatellaan olevan rakennusten lattiapintojen korkona noin +4.0 ja katujen +3.2. Luvussa 6.4 on tutkittu erikseen tasauksen vaikutusta massamääriin eri tasauksen koroilla. Esikuormituspenkereen tarvetta kaduilla ei vielä tiedetä, joten sitä ei huomioida massatarpeessa. Mikäli esikuormituspengertä tarvitsee käyttää, tehtäisiin se kaikissa vaihtoehdoissa puhtailla maa-aineksilla, kuten hiekalla.

Täytöt voidaan tehdä rakentamisen vaiheiden mukaan kolmessa eri vaiheessa aloittaen uuden sisääntulotien ja Eteläkärjen rakentamiselle ja vaiheittain siirtyen Pohjoiskärjen kautta Koivikon alueen täyttöihin. Vaiheittain tehtävissä täytöissä etuna olisi massatarpeen jakaantuminen tasaisemmin koko rakentamisen ajalle. Lisäksi lentotuhkaa olisi mahdollista hyödyntää suuremmissa määrissä, koska vuosittainen lentotuhkan tuotanto on rajallinen. Vaiheittain tehtävissä täytöissä alueen muu ympäristö tulee vain säilymään pitkään karuna ja luonnollista maankorkoa alempana olevana joutomaana. Alueen rakentamiseen on arvioitu menevän noin 9 vuotta ajoittuen vuosille 2016–2025. Jokaisen vaiheen rakentamiseen olisi aikaa 3 vuotta, joista vuosi voidaan ajatella käytettäväksi alueen täyttöjen sekä kunnallistekniikan ja katuverkoston rakentamiseen.

Ensimmäisen vaiheen täyttömäärä on sisääntulotien osalta noin 16 000 m³ltr mukaan lukien kadun reunoilla menevät kevyenliikenteen väylät. Eteläkärjessä massatarve korttelialueilla on noin 276 000 m³ltr ja katualueilla n. 93 000 m³ltr. (Taulukko 7.) Pilaantuneiden maiden poistosta aiheutuvat lisätäytöt ajatellaan

kokonaisuudessaan Pohjoiskärjen täyttömassoiksi. Yhteensä ensimmäisessä vaiheessa maa-ainesta tarvitaan noin 385 000 m³ktr.

Toisen vaiheen Pohjoiskärjen täyttöihin menee katualueilla noin 35 000 m³ktr ja korttelialueilla noin 94 000 m³ktr (taulukko 7). Korttelialueiden täyttöihin lisätään vielä kunnostustoimista aiheutuvat lisätäytöt. Lisätäyttöjen määrä on noin 173 000 m³ktr. Yhteensä Pohjoiskärjen toisen vaiheen täyttöihin menee noin 302 000 m³ktr.

Kolmannen vaiheen eli rakentamisen viimeisen vaiheen Koivikon alueen massatarve on selvästi vähemmän kahteen edelliseen vaiheeseen verrattuna. Lisäksi osa Koivikon alueen täytöistä on jo tehty ensimmäisessä vaiheessa sisääntulotien yhteydessä. Koivikon katualueilla täyttöihin menee noin 4 100 m³ktr ja korttelialueilla noin 111 000 m³ktr sisältäen pilaantuneiden pintamaiden poistosta aiheutuvat lisätäytöt. (Taulukko 7.) Yhteensä Koivikon alueen täyttöihin menee noin 115 000 m³ktr. Koivikon alueen täyttömäärissä ei ole huomioitu puhdistettavan rajan ulkopuolella olevia kortteleita P23 ja AK 24.

TAULUKKO 7. Alueiden massamäärät (Määräluettelo, liite 2)

Alue	Katu- ja puistoalueet (m ³ ktr)	Korttelialueet (m ³ ktr)
Eteläkärki	93 000	276 000
Pohjoiskärki	35 000	267 000
Koivikko	4 100	111 000
Sisääntulotie	16 000	
Yhteensä	149 000	655 000

Edellä olevissa rakentamisen vaiheissa ei otettu huomioon täytöissä käytettävää materiaalia. Täytöt vain jaettiin kolmeen eri vaiheeseen ja kunkin vaiheen massatarpeet eroteltiin katujen ja kortteleiden osalta. Seuraavissa täyttöjen vaihtoehtoissa mietitään eri materiaalien käyttömahdollisuuksia ja määriä. Kaikissa täyttövaihtoehtoissa alue ajatellaan täytettäväksi kolmen vuoden aikana joko vaiheittain tai suoraan kolmena peräkkäisenä vuotena. Laskelmissa on käytetty 242 työpäivää vuodessa. Massalaskentaa varten lentotuhkan tiheytenä on käytetty 1,8 t/m³ ja ylijäämämaiden tiheytenä 1,8 t/m³, joka vastaa karkean hiekan arvoa. Täyttöjen kokonaistarve on noin 804 000 m³ktr. Täyttöjen määrä

tonneina on 1 447 200, kun tiheytenä on käytetty 1,8 t/m³. Edellä mainituilla arvoilla laskettuna kuljetusten määräksi saadaan 40 t:n kasettia käyttäen 50 kuormaa päivässä, mikäli täyttötyöt tehdään kolmen vuoden aikana.

Ensimmäinen vaihtoehto, VE-1

Suopeimmassa täyttövaihtoehdossa VE-1 Pateniemenrannan täyttöihin käytetään Koivikon alueen ja katualueiden leikattavia maita, lentotuhkaa sekä Pohjois-Ritaharjun alueelta ylijäämämaita. Koivikosta ja katualueilta leikattavia maita kertyy noin 35 000 m³ltr. Lentotuhkaa kolmen vuoden aikana syntyy noin 282 000 t eli kuutioina noin 157 000 m³ltr. Pohjois-Ritaharjusta ylijäämämaita tulee noin 302 000 m³ltr. Loput täytöt tehtäisiin Ritaportin ja mahdollisesti vielä jonkun toisen hankkeen ylijäämämailla. Näiden ylijäämämaiden tarve olisi noin 310 000 m³ltr.

Toinen vaihtoehto, VE-2

Realistisemmassa täyttövaihtoehdossa Koivikosta ja katualueelta tulevat leikatavat maat sijoitettaisiin alueen kaatopaikalle ja osaa maista käytettäisiin kaatopaikan muotoiluun ja pintapeitorakenteena. Lentotuhkaa sekä ylijäämämaita Pohjois-Ritaharjusta hyödynnettäisiin. Näiden kahden määrän pysyessä samana ylijäämämaita tarvittaisiin muualta noin 345 000 m³ltr.

Kolmas vaihtoehto, VE-3

Vaihtoehdossa VE-3 täytöissä käytetään pelkästään toisten hankkeen ylijäämämaita. Koivikon leikatavat maat sijoitetaan kuten VE-2 eikä lentotuhkaa voida hyödyntää. Muualta kuin Pohjois-Ritaharjusta saatavien ylijäämämaiden tarve olisi tällöin 502 000 m³ltr.

Taulukossa 8 on yhteenveto opinnäytetyössä ilmenevistä massamääristä. Taulukossa on esitetty alueelle tarvittavat täytöt, tasauksen alentamisen vaikutukset, kunnostustoimenpiteistä syntyvät massamäärät, katualueiden rakennekerrokseen tarvittavat maa-ainekset sekä lentotuhkan ja Pohjois-Ritaharjun ylijäämämaiden määrä.

TAULUKKO 8. Yhteenveto massamääristä (Määräluettelo, liite 2)

Korttelialueet	Yksikkö	Määrä
Täytöt	m^3ktr	461 000
PiMa poistosta aiheutuvat lisätäytöt	m^3ktr	193 000
Tasauksen alentaminen -20 cm	m^3ktr	- 61 000
Tasauksen alentaminen -75 cm	m^3ktr	- 229 000
Maaleikkaus	m^3ktr	9 600
Katu- ja puistoalueet		
Täytöt	m^3ktr	99 000
PiMa poistosta aiheutuvat lisätäytöt	m^3ktr	41 000
Luiskatäytöt	m^3rtr	8 700
Tasauksen alentaminen -20 cm	m^3ktr	- 24 000
Tasauksen alentaminen -75 cm	m^3ktr	- 88 000
Maaleikkaus	m^3ktr	25 000
Suodatinkerros Hk	m^3rtr	46 000
Jakavakerros Kam #0-90	m^3rtr	8 900
Sitomattomattomat kantavat kerrokset KaM #0-56	m^3rtr	19 000
Profilointi KaM # 0-20	m^3tr	2 900
Kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK 22/150) 60 mm	m^3tr	19 000
Täyttömateriaalit		
Lentotuhka (vuoden lentotuhkatuotanto)	m^3ktr	52 000
Ylijäämämaat (Ritaharju)	m^3ktr	302 000

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä käsiteltiin pilaantuneiden maiden kunnostusta ja vanhan saha-alueen muuttamista asuinalueeksi. Sahan toiminnasta johtuen maaperä oli pilaantunut haitta-aineilla. Työn päätarkoituksena oli etsiä ratkaisua massatalouden optimointiin. Pilaantuneiden maiden johdosta hankkeen massatalous oli reilusti miinuksella eli leikattavia maamassoja oli huomattavasti enemmän kuin täyttöön kelpavia maa-aineksia. Opinnäytetyössä tutkittiinkin eri vaihtoehtoja, jolla massataloutta saataisiin tasapainoon.

Yhtenä vaihtoehtona selvitettiin, voisiko leikattavia pilaantumattomia maita käyttää täydyissä. Näistä saatavat massat edesauttaisivat massatalouden tasapainottumista. Suurena etuna näiden massojen hyödyntämisessä olisi se, että ne tulevat oman hankkeen sisältä. Massat tulisi joka tapauksessa kuljettaa pois tontti- ja korttelialueilta, missä maata ei muuten leikata pilaantuneisuuden johdosta pois. Kuljetusmatkat olisivat erittäin lyhyet ja kuljetuskalustona voitaisiin käyttää dumppereita, sillä alue on ainoastaan työmaaliikenteen käytössä.

Toisena vaihtoehtona tutkittiin Oulun voimalaitoksista syntyvän lentotuhkan hyötykäyttöä Pateniemenrannassa. Lentotuhkan hyödyntämisessä oli useita eri tekijöitä, mitä tuli ottaa huomioon, sillä lentotuhka on luokiteltu jätteeksi. Vuosittain syntyvän lentotuhkan määrä oli kuitenkin suhteellisen pieni verrattuna tarvittavaan maa-aineksen määrään. Oulun alueen voimalaitoksille lentotuhkan hyödyntäminen Pateniemenrannassa olisi etu, sillä kuljetusmatkat lyhentyisivät merkittävästi käytössä olevaan Miehonsuon tuhkanlajituspaiikkaan verrattuna ja samalla he välttäisivät tuhkan läjittämisestä aiheutuvat kustannukset.

Puhtaita maa-aineksia, kuten hiekkaa, ajateltiin käytettäväksi ainoastaan esikuormituspenkereessä, josta materiaalin hyödyntäminen vaikutusajan jälkeen olisi helppoa. Opinnäytetyössä selvitettiin eri rakennusliikkeiden maaainesasemat ja sieltä saatavan maa-aineksen kuutiohintaa sekä kuljetuksien kustannukset. Kaikissa vaihtoehdoissa osa rakennekerroksista jouduttaisiin kuitenkin tekemään puhtailla maa-aineksilla. Täyttömateriaaliksi kelpavia maita tutkittiin myös käynnistyvien hankkeiden, kuten Ritaharjun ja Ritaportin osalta.

Näistä syntyvät ylijäämämaat ajettaisiin muussa tapauksessa Oulun kaupungin osoittamille ylijäämämaiden sijoituspaikoille.

Opinnäytetyössä selvitetty täyttöjen- ja pilaantuneiden maiden määrät antavat osviitta alueelta poistettavista ja alueelle tarvittavista massamääristä. Täyttöjen määrä tulee luultavimmin vähenemään, kunnes asemakaava on täysin valmis ja rakennusten rakennetekniset ominaisuudet ovat selvillä. Esimerkiksi alueelle suunniteltujen kerrostalojen perustamissyvytydet ovat luultavimmin selvästi matalammalla kuin täyttöjen ajateltu korkotaso. Tämä vaikuttaa tietenkin täyttöjen määrään ja täyttöihin käytettävään materiaaliin. Pilaantuneiden maiden määrään vaikuttavat maaleikkuun korkotaso sekä lopullinen asemakaava. Työssä leikkuutason selvitykseen käytettiin jo puhdistettujen alueiden korkotasoja. Leikkuutaso tulee selviämään tarkemmin viimeisempien maaperätutkimusten valmistuttua. Alkuperäiseen asemakaavan tehtyjen muutosten vuoksi poistettavien pilaantuneiden maiden määrä on jo vähentynyt muun muassa kaavasta poistettujen pohjoisen puistoalueen ja ulkoilureittien takia.

Opinnäytetyössä vaikeinta oli saada selville eri maa-ainesten kelpoisuudet täytömmateriaaliksi. Vaatimuksena oli, että maa-aines olisi puhdasta, tiivistettävissä sekä tasaisesti routivaa ja sitä olisi saatava suuret määrät vähin kustannuksin. Esimerkiksi kaupungin ylijäämämaiden laatua ja määrää oli vaikea selvittää. Lentotuhkan hyödyntämisen kannattavuutta oli myös vaikea tutkia, sillä lentotuhkalle sekä maaperälle, jossa sitä käytettäisiin, tulisi tehdä tarkempia tutkimuksia. Saatujen tulosten perusteella voitaisiin arvioida lentotuhkan hyödyntämisen kannattavuus. Työn lopussa on yhteenvedona arvioitu massatalouden optimoinnin eri vaihtoehtojen edut ja materiaalit.

LÄHTEET

Aitto-oja, Jukka 2014. Re: Pateniemenrannan rakentamiskorkeuksista. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jorma Hämäläinen. Plaana Oy. 8.8.2014.

Asemakaavan selostus. 2014. Pateniemen ja Herukan kaupunginosia koskeva asemakaavan muutos sekä asemakaava osalle Pateniemen kaupunginosaa, Pateniemenranta. Kaavan laatija Linja Arkkitehdit Oy Oulu. 8.12.2014

Erho, Jarmo 2013. T533704 Maarakennustekniikka 4 op. Opintojakson luennot syksyllä 2013. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Hakola, Jaana – Heikkinen, Marja-Leena – Heiskari, Jari – Jutila, Tomi – Kor-kiakoski, Johanna – Kurttila, Terttu – Marttila, Tero – Neumann, Antje – Pirinen, Tapani – Sivonen, Mikko – Suorsa, Jyrki 2014. Ylijäämämaiden sijoitusalueet ja alueiden jälkikäyttö uuden Oulun alueella. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Oulu: Oulun kaupunki. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA648740C-ABC1-4956-9D79-67A8CFBFF930%7D/97846>. Hakupäivä 31.10.2014.

Herukka, Jouni – Vaaramo, Antti 2015. Re: Maa-ainestoimitukset. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Anton Matinmikko. 24.2.2015.

Hämäläinen, Jorma 2015. Projektipäällikkö, Plaana Oy, Oulu. Palaverit ja keskustelut lokakuun 2014 - maaliskuun 2015 aikana.

Jätevero. 2015. Tulli. Saatavissa:

<http://www.tulli.fi/fi/yrityksille/verotus/valmisteverotettavat/jatevero/index.jsp>.

Hakupäivä 23.2.2015.

Kariniemi, Jarkko 2014. Tuhkat täyttömateriaalina. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma.

Kautto, Perttu 2007. Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset. Opinnäytetyö. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Kiviniemi, Olli – Sikiö, Janne – Jyrävä, Harri – Ollila, Susanna – Autiola, Merja – Ronkainen, Marjo – Lindroos, Noora – Lahtinen, Pentti – Forsman, Juha 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja. Luopioinen: Ramboll Finland Oy. Saatavissa: http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf. Hakupäivä 14.11.2014.

Korkiakoski, Johanna – Hakola, Jaana 2013. Ylijäämämaiden sijoitusalueet ja alueiden jälkikäyttö uuden Oulun alueella. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Oulu: Oulun kaupunki. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B894F8C46-69F9-457B-B56C-E3CC202855EC%7D/57431>. Hakupäivä 31.10.2014.

Kukkamäki, Markku. Pilaantuneen maaperän puhdistaminen. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010503.pdf>. Hakupäivä 16.10.2014.

L 4.2.2000/86. Ympäristönsuojelulaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>. Hakupäivä 21.10.2014.

Maaperän pilaantuminen. 2014. Wikipedia. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Maaper%C3%A4n_pilaantuminen. Hakupäivä 15.10.2014.

Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa. 2011. Valtion ympäristöhallinto. Saatavissa: <http://archive.today/E3d3>. Hakupäivä 14.10.2014.

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2007. Ympäristöministeriön ohje. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B10B8A9E3-C9CE-41AF-91D9-B505F5C5E9C3%7D/37541>. Hakupäivä 23.10.2014.

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. 2012. Jäteosioita koskeva päivitysluonnos 11.5.2012. Ympäristöministeriön ohje. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA83931A5-D1E1-4C6A-B166-35FBD9267D28%7D/31649>. Hakupäivä 23.10.2014.

Mroueh, Ulla-Maija - Vahanne, Pasi - Eskola, Paula - Pasanen, Antti - Wahlström, Margareta - Mäkela, Esa 2004. Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta. Espoo: VTT. Saatavissa:

<http://www2.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2245.pdf>. Hakupäivä 23.10.2014.

Oulun seudun karttapalvelu. 2015. Opaskartta päivitetty 19.1.2015. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Saatavissa: <http://kartta.ouka.fi/ims>. Hakupäivä 17.2.2015.

Pateniemen saha-alue, Oulu. 2013. Nykytila. Pöyry Finland Oy. Saatavissa:

http://pateniemenranta.fi/wp-content/uploads/sites/10/2014/01/nykytila_pateniemi_112013.pdf. Hakupäivä 20.10.2014.

Pateniemenrannan kaavarunko 564–2187. 2013. Oulun kaupunki. Saatavissa:

<http://oulu.ouka.fi/tekninen/suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=756>. Hakupäivä 29.10.2014.

Pateniemenranta 564–2216. 2014. Oulun kaupunki. Saatavissa:

<http://oulu.ouka.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=817>. Hakupäivä 22.1.2015.

Penttinen, Riina 2001. Maaperän ja pohjaveden kunnostus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40841/SYKEmo_227.pdf?sequence=1. Hakupäivä 24.10.2014.

Pilaantuneet alueet Suomessa. 2014. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet/Pilaantuneet_alueet_Suomessa. Hakupäivä 15.10.2014.

Pilaantuneet maa-alueet. 2013. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet. Hakupäivä 15.10.2014.

Pilaantuneiden maiden kunnostus. 2011. Ympäristögeologia ja geotekniikka, luento 9. Saatavissa: <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/yhd-33.3300/luennot>. Hakupäivä 14.10.2014.

Pohjois-Ritaharju. Katusuunnitelma. 2010. Oulun kaupunki, yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Saatavissa: <http://oulu.ouka.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=555>. Hakupäivä 17.2.2015.

Pohjois-Ritaharjun 2. vaiheen rakennussuunnittelu. 2012. Ramboll Finland Oy. Saatavissa: http://www.ouka.fi/c/document_library/get_file?uuid=167d2502-6bc6-4e0a-af7b-2dad988440f7&groupId=64186. Hakupäivä 17.2.2015.

Pyy, Outi – Haavisto, Teija – Niskala, Kaisa – Silvola, Matti 2013. Pilaantuneet maa-alueet Suomessa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41048/SYKEra_27_2013.pdf?sequence=1. Hakupäivä 14.10.2014.

Päätös ympäristösuojelulain 35 §:n mukaisesta hakemuksesta. 2009. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BC26B713C-B82C-49BD-B34F-DE997F454885%7D/90501>. Hakupäivä 27.1.2015.

Rakennettavuusselvitys. 2002. Oulun kaupunki Pateniemen saha-alueen jatkotutkimukset ja kunnostaminen. Psv- maa ja vesi.

Ritaportti A2006. 2006. Asemakaava. Oulun kaupunki yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut. Saatavissa: <http://oulu.ouka.fi/tekninen/Suunnitelmat/Projektikortti.asp?ID=383>. Hakupäivä 17.2.2015.

R-10 Pateniemenranta määräluettelo. 24.11.2014. Sisäinen dokumentti. Plaana Oy.

Sarkkila, Jouni – Mroueh, Ulla-Maija – Leino-Forsman, Hilikka 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41742/Ymp%c3%a4rist%c3%b6opas_110.pdf?sequence=1. Hakupäivä 23.10.2014.

Toppilan voimalaitokset. 2014. Oulun energia. Saatavissa:

http://www.oulunenergia.fi/energiantuotanto/toppilan_voimalaitokset. Hakupäivä 14.11.2014.

Tuhkat hyötykäyttöön. 2014. Oulun energia. Saatavissa:

http://www.oulunenergia.fi/ymparistovastuu/ymparistovaikutukset/tuhkat_ja_jatt_eet. Hakupäivä 14.11.2014.

Voimalaitostuhkien loppusijoittaminen. 2007. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Pöyry Finland Oy. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BF01717BF-8BCC-4C15-B4AA-73BDC5D10D78%7D/94160>. Hakupäivä 20.11.2014.

Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. 2004. Pateniemen saha-alueen kunnostus. Psv – maa ja vesi. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B3E8F7184-CD4C-49DA-A590-0745579FDA3B%7D/95280>. Hakupäivä 29.10.2014.

Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2004. Pateniemen saha-alueen kunnostus. Psv – maa ja vesi. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B03B6B5EB-04E8-42CE-A803-121B751B1ADC%7D/95286>. Hakupäivä 29.10.2014.

OULUN ALUEEN YLIJÄÄMÄMAIDEN SIOITUSPAIKKOJEN TILANNE LIITE 1

TAULUKKO 9. Sijoitusalueiden tilanne vuonna 2013 (Hakola ym. 2014, 25)

Alue	Kokonais- kapasiteetti (m ³)	Täyttötilanne 2012 (m ³)	Jäljellä olevaa tilaa (m ³)	Lupa päättyy
Haukipudas				
1. Taatanperä	30 000	16 000	14 000	2013
2. Rytisuo	50 000	50 000	0	2013
Yhteensä	80 000	66 000	14 000	
Kiiminki				
3. Koiteli	150 000	150 000	0	2012
4. Koiteli II	20 000	20 000	0	2013
5. Hakomäki	18 000	18 000	0	2013
6. Myllykorpi	2 000	2 000	0	2015
Yhteensä	190 000	190 000	0	
Oulu				
7. Kalikkakangas	670 000	210 000	460 000	2016
8. Lopakkasuo	600 000	550 000	50 000	toistaiseksi
9. Aalikkokangas	1 270 000	100 000	1 170 000	2021
10. Ellinmaa	300 000	300 000	0	päättynyt
11. Kaakkurin kaatopaikka ja liikuntamaa	2 300 000	1 700 000	600 000	2016/2013
12. Heikkilänkangas	135 000	75 000	60 000	2016
13. Riita-aho (Ylikiiminki)	31 000	21 000	10 000	2013
Yhteensä	5 306 000	2 956 000	2 350 000	
Oulunsalo				
14. Niemenrannan täyttömäki	95 000	82 500	12 500	2015
15. Letto	40 000	22 600	17 400	2014
Yhteensä	135 000	105 100	29 900	
Yli-Ii				
16. Vatukkakoskenkadun liikuntamaa	ei tiedossa	ei tiedossa	0	-
17. Korkiamaan kaatopaikka	ei tiedossa	ei tiedossa	0	-
Yhteensä	ei tiedossa	ei tiedossa	0	
Kaikki yhteensä			2 393 900	

