

# Uusiomateriaalit maanrakentamiseen

Materiaalivirtojen kierrosta käytäntö

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikan ko.  
Ympäristönsuojelutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Venla Viskari

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan ko.

VISKARI, VENLA:

Uusiomateriaalit maanrakentamiseen  
Materiaalien kierrosta käytäntö

Ympäristönsuojelutekniikan opinnäytetyö, 39 sivua.

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

---

Uusiomateriaalien hyötykäytöllä pyritään ensisijaisesti vähentämään luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä. Maanrakentamisessa uusiomateriaalien hyötykäytöllä säästetään muun muassa luonnonvaroja, energiaa sekä edistetään materiaalitehokkuutta ja hillitään rakentamisen ilmastovaiikutuksia. Uusiomateriaalien käyttöä voitaisiin kuitenkin yhä tehostaa.

Uusiomateriaalien ohjaaminen hyötykäyttöön maanrakentamisessa vaatii eri tahoilta tiivistä yhteistyötä. Nykyisin ohjeistukset keskittyvät lähinnä toteutukseen työmaalla. Uusiomateriaalien hyötykäyttöön liittyviin tahoihin voitaisiin vaikuttaa tehokkaasti erilaisilla ohjeistuksilla sekä tarjoamalla työkaluja yhteistyön helpottamiseksi. Ohjeistusten ja tiedon puutteessa vallitsevat usein myös erilaiset ennakoasenteet.

Tämän työn taustalla on keväällä 2016 Ramboll Finland Oy:n toimesta toteutettu opiskelijatyö, jossa Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijaryhmä kartoitti Lappeenrannan kaupungista 150 km säteellä Suomessa syntyviä jäte- ja sivuvirtoja. Tämä työ on toteutettu niin kutsutun Lappeenranta150 -hankkeen innoittamana aineiston hyödyntämiseksi ja uusiomateriaalien käyttöä edistämiseksi. Työn tarkoituksena on osoittaa tapa hyödyntää hankkeen puitteissa kerättyä paikkatietoaineistoa sekä muodostaa toimiva, monistettavissa ja skaalattavissa oleva toimintamalli osaksi Rambollin palvelukokonaisuutta.

Palvelukokonaisuus pitää sisällään sovelluksen, jonka avulla alueella havaitut jätevirrat todennetaan visuaalisesti. Visualisoinnin avulla suuretkin tietomäärät saadaan helposti ymmärrettävään muotoon. Tietoja voidaan yhdistellä ja vertailla, jolloin sovellus helpottaa tietojen yhteensovittamista, kuten maanrakentamisessa rakennustyömaiden ja syntyvien massojen aikataulujen synkronointia. Tässä työssä sovelluksen suunnittelun apuvälineenä ja kerätyn datan visuaaliseen havainnolistamiseen on käytetty ArcMap-ohjelmaa.

Asiasanat: Uusiomateriaali, jätevirta, sivuvirta, paikkatieto

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

VISKARI, VENLA: Recycled materials in infra constructions  
Developing a practical application

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering 39 pages.

Spring 2017

ABSTRACT

---

The main reason for reusing materials is to decrease the use of natural resources and the production of wastes. It is possible to decrease environmental impacts and energy consumptions by replacing natural aggregates with recycled materials in infra construction. Reusing materials minimizes material wastage and generation of waste. Replacing natural aggregates with recycled materials should still be improved.

The guidance of using recycled materials is mainly concentrated on the work on building sites instead of guiding for utilization applications and earlier interaction in planning. The lack of guidance and information easily leads to prejudices.

This thesis was inspired by a project called Lappeenranta150, which was performed by the students of Lahti University of Applied Sciences for Ramboll Finland Oy. During the project, students investigated waste flows developed in Finland with a 150-kilometre radius from Lappeenranta. This thesis is aimed to demonstrate a way to utilize the collected geographic information. It is aimed to develop a functional model to be a part of the services provided by Ramboll.

The service includes an application for visualizing the geographic information of waste flows. Large amounts of data become easily understandable when presented visually. Information can also be integrated and compared which makes it easier to work. The application is a tool for decision-makers and designers to compare the feasibility, environmental values and technical suitability. The application helps to synchronize schedules between the sites and material producers. At this stage, a program called ArcMap is used to demonstrate the application.

Key words: recycled material, waste flow, scrap material, geographic information

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	2
1.2	Työn tavoitteet	3
1.3	Työn toteutus ja rajaukset	4
2	MAANRAKENTAMISEN UUSIOMATERIAALIT SUOMESSA	6
2.1	UUMA-hanke	6
2.2	Benchmark: Kaivumaa- ja kiviaineshuolto pääkaupunkiseudulla	7
3	UUSIOMATERIAALIEN KÄYTTÖÄ OHJAAVAT SÄÄDÖKSET	9
3.1	Maanrakennuskäyttöä ohjaavien asetusten muutokset	10
4	MAANRAKENTAMISEN TEKNISET VAATIMUKSET	11
4.1	Tien rakenneperiaate	11
4.2	Maanrakentamisessa hyödynnettävien uusiomateriaalien laatuvaatimukset	12
5	LAHDEN ALUEEN MAA-AINESHUOLTO	18
5.1	Lahden maankaatopaikka	18
5.2	Renkomäen maa-ainestenottopaikka	19
6	PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄN MAHDOLLISUUDET MAA- AINESHUOLLOSSA	21
7	TOIMINTAMALLIN KEHITTÄMINEN	22
7.1	Haasteet toimintamallin kehittämisessä	23
7.2	Toimintamalliin liittyvät muut tahot	23
8	KARTTA-AINEISTOLLA HAVAITUT UUSIOMATERIAALIEN SYNTYKOHTEET	25
9	ESIMERKKITARKASTELU BETONIMURSKEEN HYÖTYKÄYTÖSTÄ VALITUISSA MAANRAKENNUSKOHTEISSA	28
9.1	Esimerkkitarkastelun periaatteet	28
9.2	Esimerkkitarkastelun havainnot	31
9.3	Betonimurskeen hyötykäytön ilmastohyödyt	35
10	YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUSAIHEET	37
	LÄHTEET	38

## 1 JOHDANTO

Viime vuosikymmenen aikana Euroopassa ja muissa teollisuusmaissa jätehuollosta on muuttumassa resurssien hallintaa. Jätteiden hallinta on muodostunut ongelmaksi yhteiskunnan kasvaessa ja keskittyessä kaupunkeihin sekä tuotannon ja teollisuuden kehittymisen myötä. (Hester & Harrison 2013, 205–206.) Esimerkiksi Lahden kaupungin jätehuollon kehittämisen pääpainopisteenä jätteiden synnyn ehkäisyn rinnalla on materiaalien uudelleenkäyttö. Kierrätysliiketoiminnan ympärillä on myös havaittu merkittävät mahdollisuudet tulevaisuuden työllistäjänä. (Lahden kaupunki 2016.)

Uusiomateriaalilla tarkoitetaan jätteestä uudelleen käyttöön jalostettua materiaalia. Niiden hyödyntämisen ensisijaisena tarkoituksena on vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä. Uusiomateriaalien käytöllä esimerkiksi maanrakentamisessa saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa luonnonvarojen, kuten soraharjujen säästäminen, energiasäästöt ja materiaalitehokkuus sekä ilmastovaikutusten hillintä. (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 91.) Materiaalitehokkuus on muutakin, kuin uusimateriaalien käyttöä. Materiaalitehokkuudella tarkoitetaan yleensä luonnonvarojen sääste- liästä käyttöä ja sivuvirtojen tehokasta hallintaa, jätteen määrän vähentä- mistä sekä materiaalien kierrätystä. Materiaalitehokkuudessa pyritään myös vähentämään haitallisia ympäristövaikutuksia tuotteiden elinkaaren eri vaiheissa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013, 9.) Kaikilla näillä ympäris- töhyödyillä saavutetaan myös taloudellisia säästöjä (Inkeröinen & Alasa- arela 2010, 91).

Tässä työssä uusiomateriaalien kannalta tarkasteltiin kiviainesteollisuutta, joka on massaltaan Suomen suurin teollisuuden ala. Suomessa käytetään vuosittain yli 100 milj. tonnia kiviaineksia, eli noin 20 tonnia asukasta koh- den. Rakentamiseen käytetystä kiviaineksesta teiden rakentamiseen kuluu 40 %. Luonnon kiviainesta rakentamiseen käytetään vuosittain 70–80 milj. tonnia. Rakentamiseen soveltuvaa sivuainesta tuotetaan vuosittain lähes sama määrä. (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 3, 34.)

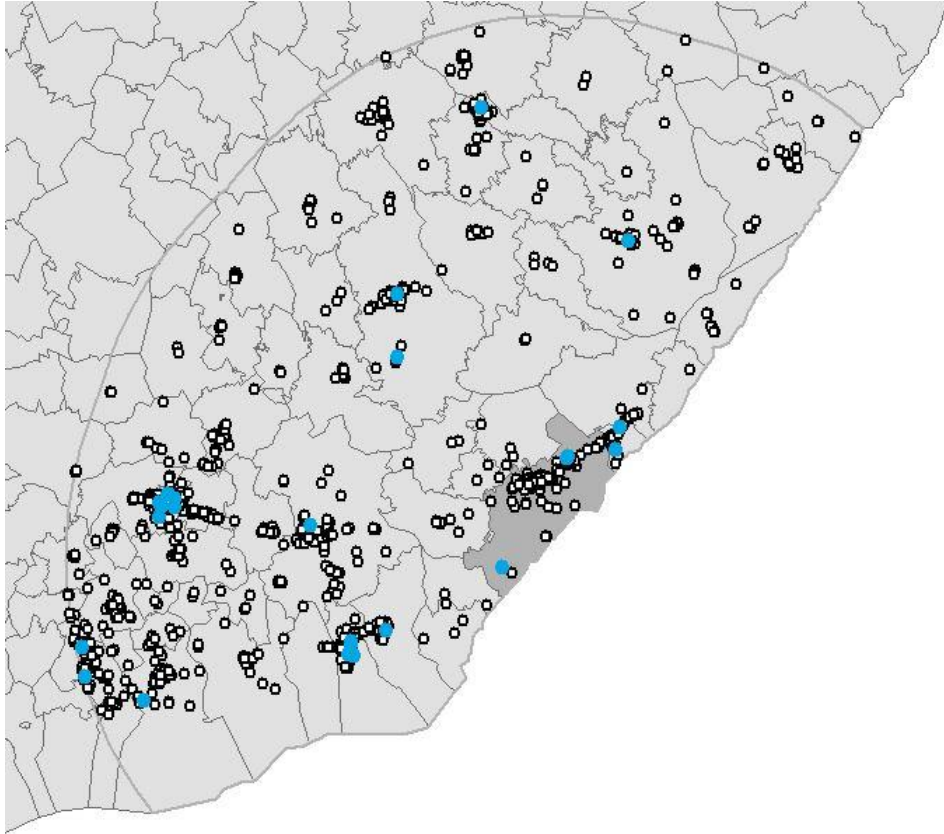
Kiviaineshuolto perustuu Suomessa lähinnä useisiin pieniin maa-ainesten ottoalueisiin ja joihinkin pieniin rakentamisen yhteydessä vapautuviin ylijäämäkiviaineksiin. Suurimpien kasvukeskusten alueella neitseellisten kiviainesten saatavuus vaikeutuu, mikä kasvattaa kuljetusmatkoja ja liikenteen päästöjä. (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 34.)

Varsinkin Etelä- ja Länsi-Suomessa käyttökelpoisten soravarojen saatavuus on heikentynyt. Soran sijaan on yhä kasvavissa määrin alettu käyttää kalliosta jalostettuja materiaaleja. Luonnon ympäristö- ja virkistysarvojen korostuminen päätöksen teossa on osaltaan lisännyt tarvetta uusiomateriaalien käytölle maanrakentamisessa. (Tiehallinto 2007, 12.)

## 1.1 Työn tausta

Keväällä 2016 Ramboll Finland Oy toteutti opiskelijatyön, jossa Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijaryhmä kartoitti Lappeenrannan kaupungista 150 km:n säteellä syntyviä jäte- ja sivuvirtoja. Tämä työ on toteutettu niin kutsutun Lappenranta150-hankkeen innoittamana aineiston hyödyntämiseksi ja uusiomateriaalien käyttörutiinin edistämiseksi. Työssä tarkastellaan uusiomateriaalien hyödyntämismahdollisuuksia maanrakentamisessa Lahdessa.

Lappeenranta150-hankkeessa hahmotettiin Suomessa 150 kilometrin säteellä Lappeenrannasta syntyviä tuotannon ja teollisuuden jäte- ja sivuvirtoja sekä niiden sijoittumista alueella. Hankkeesta tuotettu paikkatietoaineisto paljasti alueelta keskittymiä suurten teollisuuden toimijoiden ympärillä. Vastaavanlaisia paikkatietoon perustuvia selvityksiä ei ole tehty Suomessa, mutta työllä nähdään olevan merkittävää potentiaalia kiertotalouden edistämiseksi. Lappeenranta150-hankkeen aikana havaittiin tarve jatkokutkimuksille. Kuvassa 1 on esitetty Lappenranta150-hankkeesta keväällä 2016 tuotettu kartta. Kuvassa näkyvät valkoiset pisteet kuvaavat Tilastokeskuksen aineistoa Tuotanto- ja teollisuuslaitokset 2013 ja siniset pisteet kuvaavat tunnistettuja yli 1000 t/a jätettä tuottavia laitoksia.



KUVA 1. LPR150-hankkeesta keväällä 2016 tuotettua aineistoa. (Ramboll 2016.)

## 1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on osoittaa tapa hyödyntää niin kutsutun Lappeenranta150-hankkeen puitteissa kerättyä tietoa ja hahmottaa mahdollisuuksia materiaalien hyötykäytölle ja sovelluksen käytettävyydelle esimerkiksi maanrakentamisessa. Tarkoituksena on auttaa luomaan kartta- ja toimintamallia osaksi Ramboll Finland Oy:n palvelukokonaisuutta. Mallin on tarkoitus toimia linkkinä konsulttien välillä ja helpottaa yrityksen sisäisten yksiköiden kommunikointia, mikä luo asiakkaille kokonaisvaltaisempaa palvelua materiaalitehokkuuden ja maanrakentamisen ympärille.

Työn tuloksena tuotettava toimintamalli on kiertotalouden konkreettinen työkalu. Toimintamalli sisältää sovelluksen, joka toimii jätevirtojen mallintamiseksi visuaalisesti. Toimintamallin avulla voidaan tunnistaa mitkä tahansa alueella syntyvät jätevirrat sekä havainnoida jätteiden hyötykäyttökohteita. Työkalun avulla luotavalla materiaalivirtamallilla luodaan teollisia

symbiooseja ja se auttaa tehostamaan jätevirtojen hallintaa. Toimintamallin avulla voidaan todentaa erilaisten virtojen kustannus- ja resurssitehokkuusvaikutuksia.

Toimintamalli sopii kunnille ja maakunnille, infratoimialalle ja maanrakentamisen alalle sekä kaikille teollisuuden toimijoille. Mallinnuksen avulla esimerkiksi julkinen sektori pystyy hallitsemaan alueellaan muodostuvia virtoja ja hyödyntämään informaatiota toimenpiteissä. Toimintamalli helpottaa maankäytön suunnittelua ja informaation kulkua. Toimintamallia voidaan hyödyntää talousalueen jätevirtojen hallintaan ja jätevirtojen muuntamiseen materiaaleiksi. Toimintamallia voi käyttää esimerkiksi jätteenkuljetusreittien optimointiin yhtä hyvin kuin metsähakkuiden ja puunkorjauksen suunnitteluun tai potentiaalisten tuotantoalueiden etsimiseen.

Kaiken kaikkiaan toimintamallin avulla voidaan luoda tehokkaita säästötoimia, ympäristöystävällisiä ratkaisuja sekä uusia innovaatioita ja kehityshankkeita. Mallinnuksen kautta hyötyjä voidaan saavuttaa esimerkiksi säästöinä alueen toimijoiden raaka-ainehankinnoissa, säästöinä alueen toimijoiden työkustannuksissa, kunnan alueen ympäristökuormituksen vähenemisenä sekä kohentuneena imagona.

### 1.3 Työn toteutus ja rajaukset

Työ on toteutettu opinnäytetyönä Ramboll Finland Oy:lle. Aineistoa on kerätty Lahden ammattikorkeakoulun Kiertoliike-projektin toimesta, tieteellisiä julkaisuja ja julkisia lähteitä hyödyntäen sekä haastatteluin. Karttamallin luomisessa on käytetty ArcGis-paikkatieto-ohjelmaa.

Koska työ on pilot-hanke ja ainoastaan mallinnus toimintamallin toimivuudesta, työhön on valittu satunnaisia, toisistaan poikkeavia maanrakentamisen kohteita Lahdesta. Työhön valitut raat reunaehdot rajaavat kohteen potentiaalia uusiomateriaalien käytön kannalta tässä työvaiheessa. Reunaehdot noudattavat valtioneuvoston asetusta, joka ohjaa eräiden jätteiden hyötykäyttöä maarakentamisessa (Vna 591/2009), sekä sen muutoksesta (403/2009). Jäte- ja sivuvirtatiedot on kerätty ympäristölupia ja muita



julkisia lähteitä hyödyntäen sekä osin Lahden ammattikorkeakoulun Kiertoliike-projektin aineistosta. Kiertoliike-projektin tavoitteena on edesauttaa liiketoiminnan siirtymistä kiertotalouden suuntaan (Marttila 2016, 32). Kiertoliike-projektin alueelliseen kiertotalousmalliin kootaan tietoa biologisista ja teknisistä materiaalivirroista ja palveluista (Lahden ammattikorkeakoulu 2017). Teoriaosioissa pohditaan maanrakentamisen uusiomateriaalien hyötykäyttömahdollisuuksia ja analysoidaan Päijät-Hämeessä syntyvien massojen potentiaalia.

Pilot-hankkeen tarkastelualueeksi on valittu Päijät-Häme keskittyen Lahden alueeseen. Lahti on osa Fisu-verkostoa. Fisu (Finnish Sustainable Communities) on kuntaverkosto, joka tavoittelee hiilineutraaliutta, jätteenöttömyyttä ja globaalisti kestävästä kulutuksesta vuoteen 2050 mennessä (Suomen ympäristökeskus & Motiva Oy 2016). Lahti ja Lahden seudun avaintoimijat ovat myös allekirjoittaneet kiertotalousjulistuksen Smart Cities in Smart Regions 2016 -konferenssissa. Kiertotalousjulistuksen tavoitteena on rakentaa kansainvälisesti kiinnostava ja nopeasti reagoiva kiertotalouden kehitysalue. (Lahden ammattikorkeakoulu 2016.)

*Kaikki Rambollin sovellukseen ja sovellusta koskevaan palveluun sekä siihen liittyvään tiedonhankintaan ja käytäntöihin liittyvä salataan.*

## 2 MAANRAKENTAMISEN UUSIOMATERIAALIT SUOMESSA

Maanrakentamisen osalta Suomessa on tehty paljon töitä uusiomateriaalien käytön edistämiseksi, mutta luonnonmateriaaleja korvataan yhä vähän teollisuuden ja rakentamisen sivuvirtoina syntyvillä materiaaleilla. Näillä uusiomateriaaleilla olisi runsaasti hyödyntämispotentiaalia sekä lainsäädäntö antaa mahdollisuudet jättemateriaalien hyötykäyttöön maanrakentamisessa. (Salmenperä, Moliis & Nevala 2015, 47.)

Suomen liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toiminut Tiehallinto on julkaissut vuonna 2007 yleisen suunnitteluohjeen sivutuotteiden käytöstä tierakentamisessa. Tiehallinnon ympäristöohjelman linjauksen mukaan ympäristötavoitteita ovat seuraavat:

- luonnonvarojen ekotehokkaan käytön tehostaminen tienpidossa
- ylijäämämaiden ja jätteiden synnyn ehkäisy
- ympäristölle turvallisten uusiutumattomia luonnonvaroja korvaavien materiaalien käyttö tierakenteissa
- luonnonvarojen korvaaminen muutoin jätteeksi joutuvilla materiaaleilla sekä
- luonnonvarojen käyttöä vähentävien menetelmien käyttö teiden ylläpidossa.

Suomalaisen jätehuollon tulevaisuutta ja tavoitteita viitoittava uusi valtakunnallinen jättesuunnitelma on valmisteilla ympäristöministeriössä ja sen odotetaan valmistuvan vuoden 2017 aikana. Yksi vuosille 2017–2022 tehtävän suunnitelman neljästä painopistealasta on rakennus- ja purkujäte. Suunnitelmassa tulee myös näkymään jätehuollon vahva linkki kiertotalouteen. (Ympäristöhallinto 2015.)

### 2.1 UUMA-hanke

Ympäristöministeriö, liikenneministeriö, Innovaatorahoituskeskus Tekes ja Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra käynnistivät vuonna 2006 kehitysohjelman esiselvityksen Infrarakentamisen uusi teknologia UUMA. Esi-

selvitys keskittyi lähinnä maanrakentamisen uusiomateriaalien tutkimuksellisiin hankkeisiin. (Motiva Oy 2014.) Selvityksen tavoitteena oli vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maanrakentamisessa. Myöhemmin UUMA-ohjelma on jatkanut julkisesti ja yksityisesti rahoitettuja UUMA-kehityshankkeita ohjaavana ”kattojärjestelmänä”. (Ramboll 2008.)

UUMA-ohjelma on edennyt UUMA2-ohjelmaksi. UUMA2-ohjelman tavoitteena on yhä edistää uusiomateriaalien käyttöä maanrakentamisessa ja vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä ja maanrakentamisen ympäristövaikutuksia. UUMA2-ohjelman tavoitteena on muun muassa UUMA-materiaalien tuotteistaminen, tilaajien tukeminen sekä kallio- ja sora- materiaalien käytön vähentäminen. Vuosina 2013–2017 ohjelman tavoitteena on ollut tuottaa tietoa ympäristölainsäädännön kehittämistä varten, jotta lainsäädäntö tukisi ekotehokasta uusiomaarakentamista. (Motiva Oy 2014.)

## 2.2 Benchmark: Kaivumaa- ja kiviaineshuolto pääkaupunkiseudulla

Helsingissä ei ole maankaatopaikkaa, ja vielä vuonna 2010 Vantaan maankaatopaikalle läjitettiin noin 0,5 milj. m<sup>3</sup> ylijäämämaita Helsingistä. Kun Vantaan maankaatopaikalle ei enää voitu läjittää Helsingin massoja, massoille jouduttiin etsimään sijoituspaikkoja toisinaan hyvinkin kaukaa, joten oli keksittävä uudenlainen pitkän aikavälin ratkaisu. (Lavento 2015.) Helsingin kaupunki perusti maa-aineksia koordinoivan työryhmän vuonna 2009 (Helsingin kaupunki 2016).

Maa-aineksia koordinoiva työryhmä vastaa kaupungin maamassojen koordinoinnista sekä niihin liittyvän materiaalitehokkuuden parantamisesta kaupungin strategiaohjelman ja kaivumaiden hyödyntämisen kehittämisohjelman mukaisesti. Työryhmässä on kaupungin eri hallintokuntien edustajia ja ryhmää johtaa rakennusvirastossa toimiva massakoordinaattori. (Helsingin kaupunki 2016.)

Helsingin kaupungin rakennusvirastolla on toiminnassa viisi välivarastointi- ja esikäsitteilykenttää, joita käytetään louheen, ylijäämämaiden, voimalai-

tostuhkien, pilaantuneiden maiden sekä mahdollisesti ympäristölupien sallimien muiden materiaalien välivarastointiin ja käsittelyyn. Kentillä myös murskataan kierrätysmateriaaleja ja kuivataan ruoppaus sedimenttejä. Välivarastointikenttien maksimikapasiteetti on yhteensä noin 6 milj. tonnia, josta vuoden 2015 lopussa oli käytössä noin 40 %. (Helsingin kaupunki 2016.)

Kehitystarpeiksi pääkaupunkiseudulla vuonna 2016 on tunnistettu seuraavat:

- kierrätysalueiden lisääminen ja toiminnan tehostaminen
- kaivumassojen tilastoinnin, seurannan ja raportoinnin kehittäminen
- tulevien hyötykäyttökohteiden luominen pitkät luvitusajat huomioon ottaen sekä
- jättepohjaisten uusiomatetiaalien hyödyntämisen, välivarastoinnin ja tuotteistamisen edesauttaminen (Helsingin kaupunki 2016).

Pääkaupunkiseudulla hyödynnetään tai ohjataan varastointiin kaikkiaan noin 15 milj. tonnia maa-aineksia vuosittain. Vuonna 2015 Helsingissä hyötykäytettiin yleisten alueiden rakentamiseen noin 0,5 milj. tonnia maa-massoja. Hyötykäytön ansiosta on vuonna 2015 säästetty noin 10 milj. euroa ja 2,1 milj. litraa polttoainetta, CO<sub>2</sub>-ekv-päästöjä on vähennetty 5 300 tonnia ja kuljetuksia 5 milj. tonnikilometriä. (Helsingin kaupunki 2016.) Karkean laskennan mukaan, mikäli kaikki Lahden Rälssin maankaatopaikalle ohjattavat massat (n. 0,3 milj. t/a) hyödynnettäisiin maanrakentamisessa, voitaisiin vuodessa saavuttaa 7,1 milj. euron säästöt sekä vähentää CO<sub>2</sub>-ekv-päästöjä 3 700 tonnia. Lisää Lahden kiviaineshuollosta on kerrottu luvussa 5.

### 3 UUSIOMATERIAALIEN KÄYTTÖÄ OHJAAVAT SÄÄDÖKSET

Suomen lainsäädännön mukaan kaikki tuotannossa syntyvät sivutuotteet ovat joko tuotelainsäädännön mukaisia tuotteita tai ympäristölainsäädännön alaisia jätteitä. Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) ja ympäristönsuojeluasetuksessa (713/2014) säädetään muun muassa jätteen hyödyntämisen ympäristölupavelvollisuudesta, lupamenettelystä ja lupahakemuksen sisällöstä. Jätelaissa (646/2011) esitetään jätteiden vähentämisen, kierrätyksen ja uudelleen käytön edistämismääräyksiä sekä jätteen määrittelyä. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyötykäytöstä maarakentamisessa (Vna 591/2006), sekä sen muutos (403/2009) ohjaavat uusiomateriaalien käyttöä maarakentamisessa. Asetus on niin kutsuttu MARA-asetus, jossa määritettyjen perusteiden täytyessä jätteen hyödyntäminen voidaan hyväksyä ympäristöluvan sijaan ilmoitusmenettelyllä. (Tiehallinto 2007, 15.)

Jätelain mukaan jätteellä tarkoitetaan ”ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä” (L 646/2011). Jätelain EU-lainsäädännön mukaisen viisiportaisen jätehuollon etusijajärjestyksen mukaan jätehuollon tulee toimia seuraavasti:

1. jätteen synnyn ehkäisy
2. jätteen valmistelu uudelleen käyttöön
3. jätteen kierrätys
4. jätteen muu hyödyntäminen
5. jätteen loppukäsittely (Motiva Oy 2016).

Kaikkeen jätteen laitosmaiseen tai ammattimaiseen hyötykäyttöön tarvitaan ympäristönsuojelulain (527/2014) mukainen ympäristölupa. Uusiomateriaalien hyötykäyttö maarakentamisessa tarvitsee ympäristöluvan ympäristönsuojelulain 27 §:n ensimmäisen momentin perusteella: ”ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan, josta säädetään liitteen 1 taulukossa 1 (direktiivilaitos) ja taulukossa 2, on oltava lupa (ympäristölupa)”. Ympäristölupavelvollisuus ei koske jätteitä, joiden käytöstä on säädetty MARA-asetuksessa ja sen muutoksessa. MARA-asetus koskee mui-

ta jätteitä, kuin maa-ainesjätteitä ja asetuksen tavoitteena on edistää jätteiden hyötykäytön toteutumista. Asetus määrittää edellytykset, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden käyttöön maarakentamisessa ei tarvita ympäristönsuojelulain mukaista ympäristölupaa, vaan jätteen hyödyntäjän tulee tehdä asiasta ilmoitus alueelliselle elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle ympäristönsuojelun tietojärjestelmään merkitsemistä varten. (Vna 591/2006.)

### 3.1 Maanrakennuskäyttöä ohjaavien asetusten muutokset

MARA-asetuksen uudistaminen on parhaillaan käynnissä ja tavoitteena on, että uudistettu asetus tulee voimaan keväällä 2017. MARA-asetukseen suunnitellut keskeisimmät uudistukset koskevat soveltamisalan laajentamista, ilmoitusmenettelyn lisävaatimuksia sekä uusia materiaaleja asetuksen piiriin. (Peuranen 2016.)

Uudistuksen myötä MARA-asetuksen puitteissa on tarkoitus voida käyttää uudelleen myös rakenteista ylös kaivettua uusiomateriaalia, mikäli rakentaminen on asetuksen mukaista. Välivarastoinnin säädöksiä tullaan myös tarkentamaan ja jätteiden sekoittaminen keskenään materiaalien soveltavuuden parantamiseksi käsitellään. Sekoittaminen koskee kalkki-, tuhka- ja maa-ainesjätteitä. (Peuranen 2016.)

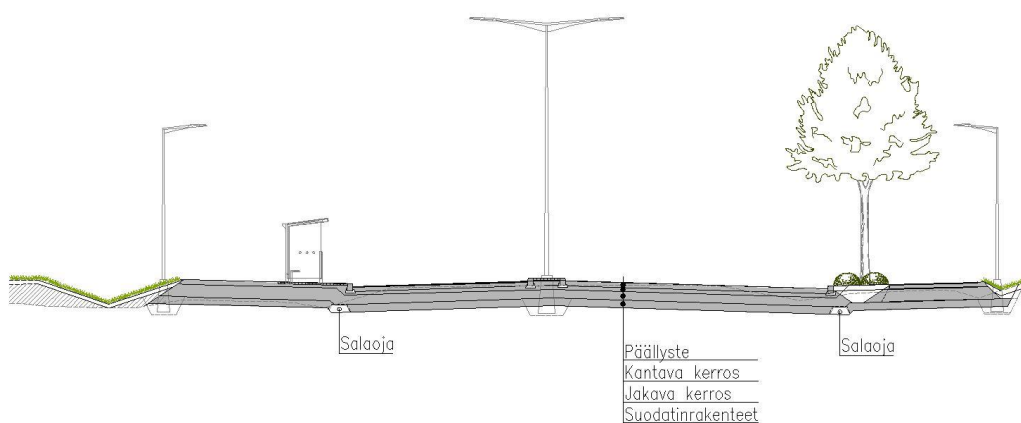
Keväällä 2017 odotetaan valmistuvaksi myös uusi rakentamisen maa-ainejätteiden hyödyntämisen asetus, niin kutsuttu MASA-asetus. MARA- ja MASA-asetukset ovat kaksi erillistä asetusta. MARA-asetus koskee muiden jätteiden, kuin maa-ainesjätteiden hyödyntämistä maanrakentamisessa ja MASA-asetus koskee maa-ainesjätteiden hyödyntämistä maanrakentamisessa. Molemmat asetukset on tarkoitettu edistämään materiaalien hyötykäyttöä maanrakentamisessa kohteissa, jotka rakennetaan tarpeeseen. (Peuranen 2016.)

## 4 MAANRAKENTAMISEN TEKNISET VAATIMUKSET

Rakentamisen ohjauksen ja sääntelyn toteutumista Suomessa valvovat viranomaiset. Ohjauksen ja sääntelyn tavoitteena on vaatimusten täyttyminen muun muassa laadun, turvallisuuden ja teknisten vaatimusten osalta. Tekniset vaatimukset koskevat muun muassa rakenteiden lujutta ja vakautta, turvallisuutta sekä terveellisyyttä. (Ympäristöministeriö 2017.)

### 4.1 Tien rakenneperiaate

Tavanomaisen tien rakennekerrokset koostuvat suodatinkerroksesta, jakavasta kerroksesta, sidotusta tai sitomattomasta kantavasta kerroksesta sekä päällystekerroksista. Tierakenteiden suunnittelun tavoitteena on tuottaa liikenteelliset vaatimukset täyttävä ja koko käyttökänsä kestävä tie. Tien pääasialliset rasitukset johtuvat liikenteestä ja ilmastosta (Kuula 2015, 44.) Tien rakennekerrokset on esitetty tyypileikkauskuvassa, kuva 2.



KUVA 2. Tien tyypileikkauskuva (Halmelahti 2016.)

Tien alimman kerroksen, suodatinkerroksen, tarkoitus on katkaista veden kapillaarinen nousu tierakenteissa sekä hidastaa roudan läpäisyä pohjamaan. Suodatinkerros myös erottaa rakennekerrokset ja pohjamaan toisistaan ja estää rakenteiden sekoittumisen toisiinsa veden vaikutuksesta. (Eskola, Mroueh, Juvankoski & Ruotoistenmäki 1999.) Suodatinkerrosma-

teriaalinen tulee olla routimatonta ja kerrosta tulee käyttää rakenteissa aina, kun tierakenne on routivaa, kuten savea, silttiä tai moreenia. Suodatinkerros erotetaan yleensä geotekstiilillä, pohjamaasta. (Roadex Network 2016.) Geotekstiilejä on erilaisia ja niiden tehtävänä voi olla esimerkiksi toimia suodattimena, lujittaa tai erottaa maa-aineksia (Belgian fibres 2017).

Jakavan kerroksen tehtävä on jakaa tien kuormitusta pohjamaalle ja pohjamaan routimisesta johtuvien haittojen ehkäisy. Jakavalla kerroksella tulee olla riittävä kantavuus. (Eskola ym. 1999, 25.)

Kantava kerros luo tierakenteelle jäykkyyttä, ja sen tehtävänä on jakaa rasitusta laajemmalle jakavaan kerrokseen ja pohjamaahan. Kantavaan ja jakavaan kerrokseen käytettävillä sitomattomilla materiaaleilla tulee olla riittävä kantavuus ja vedenläpäisevyyden sekä routimattomuuden takaamiseksi raekoon tulee olla oikea. Materiaalin tulee olla tiivistettävissä rakenteessa riittävään tiiviyssasteeseen. (Eskola ym. 1999, 25.)

Kulutuskerroksen, eli päällysteen tehtävä on ottaa vastaan liikenteen rasitus sekä taata liikenteelle tasainen tien pinta. Ehjä päällyste estää alempien rakennekerrosten kastumista päältä päin. Uusiomateriaalien käytölle päällysteen ja sen vedenläpäisevyyden merkitys voi olla merkittävä. (Eskola ym. 1999, 26)

#### 4.2 Maanrakentamisessa hyödynnettävien uusiomateriaalien laatuvaatimukset

Perinteisesti tie- ja maarakenteissa käytettävistä materiaaleista suuri osa on luonnosta saatavia maamateriaaleja. Näitä materiaaleja on tutkittu ja niiden käytöstä on kertynyt runsaasti kokemusta, joten ne tunnetaan hyvin. Pelkästään materiaalin rakeisuuden perusteella sen ominaisuuksia voidaan jo arvioida melko laajasti. Parhaiten maanrakentamiseen soveltuvia materiaaleja ovat sorat ja hiekat. Hyvälaatuisia, karkearakeisia louheita ja murskeita on tehty esimerkiksi kalliota murskaamalla. Parhaiden materiaalien vähentyessä ja kuljetusmatkojen kasvaessa sekä luonnosuojelunäkö-



kohtien nostaessa tärkeyttään, on korvaavia materiaaleja etsitty nykyisen käytännön mukaan heikkolaatuisiksi luokitelluista maalajeista, kuten hienorakeisista kivennäismaalajeista, moreenista ja turpeista. Tällaiset maalajit vaativat yleensä jonkinlaista käsittelyä ennen käyttöä kuormitetuissa maarakenteissa, kuten stabilointia, seulontaa, murskausta tai pelletöintiä. Edellä mainitunlaisia materiaaleja on käytetty sellaisenaan erilaisiin täyttöihin, patojen tiivistesydämien rakennusaineeksi sekä erityyppisissä pohjaveden suojausrakenteissa. (Eskola ym. 1999, 26)

Maanrakentamiseen soveltuvia uusiomateriaaleja Suomessa syntyy vuosittain noin 60–70 milj. tonnia, joista suurin osa muodostuu kaivostoiminnan sivutuotteina ja jätteenä (Valtiovarainministeriö 2012, 10–12). Muita maanrakentamisessa hyötykäyttöön potentiaalisia uusiomateriaaleja ovat muun muassa seuraavat:

- metsä- ja energiateollisuuden lento- ja pohjatuhkat
- rikinpoiston lopputuotteet
- kuitulietteet ja suotosakat
- eräät jalometallikuonat
- rakennusteollisuudessa tai rakenteiden purussa syntyvät ylijäämämaa-ainekset
- betoni- ja tiilijätteet sekä
- vanhojen maarakenteiden materiaalit (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 3).

Lisäksi esimerkiksi biolietteet voivat olla hyödynnettävissä maankentämisessä. Biolietteitä voidaan hyödyntää viherrakentamisessa, kuten kasvu-alustoissa. (Lohiniva, Mäkinen & Sipilä 2001, 7.) Vaahtolasimursketta ja rengasmateriaaleja on hyödynnetty esimerkiksi kevennysrakenteissa (Tielhallinto 2014, 24). Kevennysrakenteiden on tarkoitus esimerkiksi vähentää painumia pehmeikköalueille tehtävissä rakenteissa tai vähentää siltojen tai muiden taitorakenteiden kuormitusta (Tielaitos 1997).

Uusiomateriaaleja käytettäessä on pyrittävä varmistamaan, että hyödyntämisestä ei aiheudu vaaraa ympäristölle tai ihmisten terveydelle (Pajukal-

lio, Wahlström & Alasaarela 2011, 39). Vaikka lainsäädäntö ei aseta velvoitteita hyödynnettävien jättemateriaalien teknisille ominaisuuksille, on tärkeää varmistaa tuotteen laatu ennenaikaisesta korjaamisesta johtuvien lisäkustannusten ja ympäristökuormituksen välttämiseksi. Lainsäädäntö edellyttää teknisen kelpoisuuden ja ympäristökelpoisuuden arviointia maanrakentamisen uusiomateriaalien tuotteistamiseksi. (Pajukallio ym. 2011, 40; Liikennevirasto 2014, 13)

Uusiomateriaalien ominaisuudet ja syntyvät vaihtelevat. Yleensä hyödynnettävien uusiomateriaalien käyttäytyminen muistuttaa vastaavan raakaisuuden omaavan luonnonmateriaalin käyttäytymistä. Useat uusiomateriaalit eroavat kuitenkin luonnonmateriaalista keveytensä, sitoutumiskykynsä sekä lämmöneristyskykynsä ansiosta. Uusiomateriaalien käyttöön vaikuttavat tekniset riskit ovat materiaalikohtaisia. Suurimmat riskit uusiomateriaalien hyötykätössä maanrakentamisessa liittyvät yleensä materiaalien laadunvaihteluun ja työnaikaiseen heikkoon tiivistymiseen. Sivutuotemateriaalien laatuvaihteluun voi vaikuttaa esimerkiksi raakamateriaalin laatuvaihtelu, tuotantoprosessissa tapahtunut materiaalin vaihtelu sekä sivutuotteen käsittely- ja varastointitapa. Joillakin hienojakoisilla materiaaleilla ulkovarastointi lisää materiaalien vettymis- ja liettymisriskiä sekä pölyämisriskiä ja joissakin tapauksissa myös paakkuuntumisriskiä. Uusiomateriaalien riittävästä suojaamisesta on tarvittaessa huolehdittava varastoinnin, kuljetuksen ja rakentamisen aikana. Materiaalit voivat vaatia suojaamista myös rakenteessa peittämällä tai päällystämällä ja tarvittaessa on huolehdittava rakenteiden riittävästä kuivatuksesta. (Tiehallinto 2007, 32–34.)

Myöhempiä aukikaivuja varten on otettava etukäteen huomioon, estääkö materiaalin lujuus tai kaivutyön aikaiset päästöt kaivantojen tekemisen. Kaivumassoille täytyy olla soveltuva sijoituspaikka sekä on selvitettävä, millä materiaalilla kaivannon voi täyttää ja estääkö päällysteessä oleva aine uusiokäsittelyt. Jotkin materiaalit voivat rakentamisen aikana pölytesään altistaa työntekijöitä ja rasittaa ympäristöä. Materiaalien käytössä on

noudatettava ympäristölainsäädäntöä ja työturvallisuussäädöksiä. (Tiehallinto 2007, 33.)

### **Kiviainespohjaiset uusiomateriaalit**

Betonimurske on kiviainespohjaista ja ominaisuuksiltaan lähellä luonnonmateriaaleja (Tiehallinto 2007, 14). Jätebetonia syntyy betoniteollisuudesta, uudisrakentamisesta sekä rakennusten ja betonirakenteiden purusta. Betonimursketuotteet jaotellaan neljään eri laatuluokkaan niiden alkuperän ja materiaaliominaisuuksien mukaan. Betonimurskeen laatuluokat ja niiden ominaisuudet on esitetty taulukossa 1. (Tielaitos 2000, 9.)

TAULUKKO 1. Betonimurskeen laatuluokat ja niiden ominaisuudet (Tielaitos 2000, 9.).

Lajite	Ominaisuudet
BeM I	Epäpuhtauksista vapaa betonijäte, peräisin esim. betoniteollisuudesta.
BeM II	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte.
BeM III	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, jonka lujittuminen on epävarmaa.
BeM IV	Purkutyömailta tai muualta peräisin oleva betonijäte, joka ei lujitu rakenteeseen tiivistettynä ja voi olla routivaa.

Murskatussa betonissa on yleensä vielä jäljellä betonin sitoutumiskykyä, jolloin se lujittuu rakenteeseen tiivistettäessä (Eskola ym. 1999, 35–36). Betonimursketta on teknisesti mahdollista käyttää kaikissa tien rakennekerroksissa pengertäytteestä ja suodatinkerroksesta kantavaan kerrokseen saakka (Tielaitos 2000, 21).

Maanrakentamisessa hyödynnettävän betonimurskeen on oltava puhdasta muista rakennusjätteistä. Rakennustoiminnassa syntyvä betonijäte on yleensä ympäristökelpoisuudeltaan hyvä. Jätebetonin tehokkaan hyödyn-

tämisen edellytyksenä on erityisesti vastaanotto- ja murskauspisteen sopiva sijainti. (Eskola ym. 1999, 35–36.)

Asfalttirouhe ja -murske ovat verrattavissa luonnonkiviainekseen (Tiehallinto 2007, 14). Asfaltti on täysin kierrätettävissä. Suurin osa kierrätysasfaltista käytetään uuden asfaltin raaka-aineena (Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi 2012).

### **Tuhkat ja kuonat**

Energiateollisuuden ja metallien jalostuksen mineraalisia jätteitä, kuten tuhkia ja kuonia, Suomessa syntyy vuosittain noin 2 - 3,5 miljoonaa tonnia (Valtiovarainministeriö 2012, 10–12). Jätteen polton tuhkat kuormittavat kaatopaikkoja läjitettynä ilman hyötykäyttöä (Kaartinen, Laine-Ylijoki & Wahlström 2007, 3). Jätelainsäädännön ja jätesuunnitelmien tavoitteiden mukaan tuhkat tulisi ensisijaisesti hyödyntää niiltä osin, kuin se on teknisesti mahdollista eikä aiheuta kohtuuttomia kustannuksia muuhun jätteen käsittelyyn verrattuna (Inkeröinen & Alasaarela 2010).

Energiantuotannon tuhkamateriaaleille voidaan asettaa geotekniset ominaisuudet samaan tapaan kuin maa-aineksille. Hienorakenteinen, savukaasuista erotettava lentotuhka ja karkearakenteinen, polttokattilan pohjalle kerääntyvä pohjatuhka soveltuvat hyödynnettäviksi eri kerroksiin. Pohjatuhkaa voidaan käyttää ja sen työstö voidaan toteuttaa normaalin hiekkamaisen materiaalin tapaan. Massiivisten lentotuhkarakenteiden käyttö on teknisesti mahdollista uusissa rakenteissa pengertäytöistä kantavan kerroksen alaosaan. Kaikki lentotuhkat eivät kuitenkaan sovellu kaikkiin käyttötarkoituksiin, vaan lentotuhkien tekniset ominaisuudet riippuvat polttoaineista, polttoprosessista ja tuhkan varastoinnista sekä käsittelystä. Lentotuhkilla lujittumisominaisuudet määrittävät teknisiä ominaisuuksia. Pohjatuhkilla lujittumisominaisuuksien esiintyminen on niin vähäistä, että sen voi jättää jopa huomiotta. Lujittumisominaisuuksilla kuvataan materiaalin kykyä lujittua, kun sitä kastellaan ja tiivistetään. (Ramboll Finland Oy 2012.)

Tuhkia tuotetaan pääasiassa talvella, jolloin maanrakennuskäyttöä on vähän. Lentotuhkan mahdollinen sitoutumiskyky voi heikentyä ulko-varastoinnissa talven yli, mutta toisaalta varastointi heikentää vaarallisten aineiden liukoisuutta, mikä parantaa ympäristökelpoisuutta. (Liikennevirasto 2014, liite 2)

Kuonia syntyy rauta- ja terästeollisuuden sivutuotteena. Valmistusprosessi vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin. Tyypillisesti masuunikuonat ovat kevyempiä kuin luonnonmateriaalit ja toimivat huokoisuutensa vuoksi myös lämmöneristeenä. Masuunikuona on sitoutuva materiaali. Masuunikuonasta on mahdollista valmistaa myös huokoista masuunihiekkaa, jota käytetään myös sideaineena sen sitoutumiskyvyn ansiosta. (Tiehallinto 2007, 13–14)

## 5 LAHDEN ALUEEN MAA-AINESHUOLTO

Lahden kaupungin maa-aineshuollon pääpainopisteet ovat Rälssin maankaatopaikka, joka on kaupungin suurin maa-ainesten sijoitukseen tarkoitettu alue, sekä kaupungin ja Rudus Oy:n yhteinen maa-ainestenottoalue Renkomäessä.

### 5.1 Lahden maankaatopaikka

Rälssin maankaatopaikka Lahdessa on pinta-alaltaan noin 46 ha ja sen täyttökorkeus on korkeimmillaan noin tasolla 145 m. Maankaatopaikka on ollut toiminnassa vuodesta 1993. Rälssin maankaatopaikalle sijoitetaan vuosittain noin 0,3 milj. tonnia maa-ainesjätettä, josta yli puolet on yksityisiltä toimijoilta. Jalosteita ja kantoja alueelle otetaan vastaan ainoastaan kaupungilta. (Karstila 2016.)

Maankaatopaikalle tuotavat jalosteita, kuten betonia ja asfalttia, ei läjitetä. Asfaltti varastoidaan ja murskataan alueella, minkä jälkeen asfalttialan toimijat hakevat sitä oman tarpeensa ja varastointikapasiteettinsa mukaan uusiokäyttöön. Betonijäte hyödynnetään pääosin maankaatopaikan omaan rakentamiseen, kuten alueen teihin. Kannot kuivatetaan alueella ja ne toimitetaan energijätteeksi. Alueelle ei vastaanoteta pilaantuneita maita. (Karstila 2016.)

Arvioiden mukaan alueella on käyttöpotentiaalia enää noin 6-7 vuotta ja suuret maanrakennushankkeet voivat vaikuttaa suuresti alueen käyttöikänsä. Esimerkiksi Lahden Vt12 niin sanotulta ohitustien työmaalta tuotavat massat, noin 0,5 milj. t, voivat lyhentää alueen käyttöaikaa kahdella vuodella, mikäli ne sijoitetaan Rälssiin. (Karstila 2016.) Tavoiteaikataulun mukaisesti työt ohitustiellä aloitetaan keväällä 2017 ja hanke valmistuu vuonna 2021 (Liikennevirasto 2017). Kuvassa 3 on esitetty näkymä Rälssin maankaatopaikan huipulta.



KUVA 3. Näkymä Rälssin maankaatopaikan huipulta pohjoiseen.

Lahden alueella ei ole vielä jatkosuunnitelmaa maamassojen varalle. Lahdessa myös sijaitseva Miekkan maankaatopaikka Kujalassa on alun alkaenkin ollut verrattain pieni. Alueelle voidaan sijoittaa maamassoja enää noin 200 000 t, mikä vastaa Rälssin maankaatopaikalle noin seitsemässä kuukaudessa sijoitettavaa määrää. Vuonna 2015 Miekkaan on sijoitettu vain noin 7000 t massoja. Miekka ottaa massoja vastaan vain kaupungin kohteista. Kaupungin ylijäämämaiden sijoituspaikka päätetään työmaan sijainnin mukaan. (Karstila 2016.)

## 5.2 Renkomäen maa-ainestenottoaika

Lahden kaupungilla ja Rudus Oy:llä on yhteinen maa-ainestenottoaika Lahden Renkomäessä. Lahden kaupungin maanrakennushankkeet toteutetaan tilaajahankintana. Urakoitsija hakee materiaalit Lahden kaupungin hankkeisiin Renkomäen maa-ainesalueelta, josta kaupunki saa materiaalit omakustannehintaan. Renkomäen maa-ainesalueen käyttö sulkee pois uusiomateriaalien käyttöä maanrakentamisessa. (Lastikka 2016.)

Renkomäen maa-ainesten ottolupa päättyy 30.6.2017. Tämän jälkeen vaihtoehtoina on, että maa-ainesten otto päättyy ja Lahden seudun maa-aineshuolto hoidetaan hajautetusti tai lupa-aikaa jatketaan 30.7.2017 jälkeen nykyisellä alueella, jolloin ottoaluetta laajennetaan pohjoiseen 4 ha, tai ottoaluetta sekä laajennetaan että syvennetään. (Ympäristöhallinto 2013.) Uusi ympäristölupahakemus toiminnan jatkamiseksi alueella on jätetty (Lastikka 2016).



## 6 PAIKKATIETOJÄRJESTELMÄN MAHDOLLISUUDET MAANESHUOLLOSSA

Ylijäämämaiden tehokkaassa hyödyntämisessä haastavaa on tietämättömyys syntyvistä massoista ja niiden hyötykäyttömahdollisuuksista sekä rakennustyömaiden ja syntyvien massojen aikataulujen synkronointi. Muodostuvia ylijäämämassoja ja potentiaalisia hyötykäyttökohteita voidaan yhteensovittaa tiedonhallintajärjestelmien avulla. (Motiva Oy 2013)

Paikkatieto (Geographical Information, GI) on tietoa kohteista, joiden sijainti tiedetään. Sijainti voidaan esittää esimerkiksi koordinaatein tai osoitteella. (Harju, Etelämäki, Lapinlampi, Oinonen, & Santala, 2004, 16.)

Paikkatietojärjestelmä (Geographical Information System, GIS) on kokonaisuus, joka muodostuu laitteistosta, paikkatieto-ohjelmistosta, paikkatietoainestosta ja paikkatietojen käyttäjistä. Laitteistolla, kuten tietokoneella ja muilla oheislaitteilla käytetään paikkatieto-ohjelmistoja, jotka sisältävät tarvittavat työkalut ja toiminnot paikkatietojen käsittelyyn. (Harju ym. 2004, 16.)

Luotettavat, ajantasaiset paikkatiedot voivat helpottaa eri käyttäjäryhmien tehtäviä, sillä paikkatietotekniikat mahdollistavat tietoaineistojen tehokkaan käsittelyn sekä tietojen esittämisen visuaalisessa muodossa. Visualisoidulla suuretkin tietomäärät saadaan helposti hahmotettavaan ja ymmärrettävään muotoon, kun tietoja voidaan yhdistellä toisiinsa ja vertailla eri kohteiden välisiä suhteita. Erilaisten kohteiden paikkatiedot yhdistettynä muihin paikkatietoaineistoihin, kuten maaperätietoihin tai pohjavesialueiden sijaintiin, tarjoaa työkalun ympäristötietojen hyödyntämiseen. (Harju ym. 2004, 8-9, 17.) Todellisuudessa sijaitsevia kohteita paikkatiedoksi mallinnettaessa joudutaan aina tekemään yleistyksiä. Paikkatietojen tarkkuus riippuu aineiston tallentamisetavasta ja tallennusmenetelmän tarkkuudesta. (Harju ym. 2004, 18.)

## 10 YHTEENVETO JA JATKOTUTKIMUSAIHEET

Uusiomateriaalien ohjaaminen hyötykäyttöön maanrakentamisessa vaatii eri tahoilta tiivistä yhteistyötä. Eri tahoihin voitaisiin vaikuttaa erilaisilla ohjeistuksilla sekä tarjoamalla työkaluja, kuten operointimalleja, yhteistyön helpottamiseksi. Ohjeistusten ja tiedon puutteessa vallitsevat usein myös erilaiset ennakoasenteet.

Kaupungit, kunnat ja muu julkinen sektori ovat avainasemassa uusiomateriaalien hyödyntämisen tehostamisessa maanrakentamisen hankkeissa. Kaupunkien olisi työn tilaajana mahdollista vaikuttaa materiaalivalintoihin painottamalla hanketarjouksissa uusiomateriaalien hyötykäyttöä.

Vaikka materiaalien kuljetus suoraan hyötykäyttökohteeseen olisi ympäristönäkökulmasta kannattavin vaihtoehto, olisi kaupungin kuitenkin syytä harkita maamassojen kierrätyspuistoa etenkin Rälssin maankaatopaikan saavuttaessa lopullisen täyttöasteensa. Kierrätyspuisto toimisi materiaalien varastointi- ja jatkojalostusalueena. Kierrätyspuiston logistisesti keskeinen sijainti on kuljetusten ympäristö- ja kustannusvaikutusten vuoksi tärkeää.

Kerätyn tiedon visuaalisen esittämisen on havaittu olevan tehokas keino tiedon muuttamiseksi helpommin ymmärrettävään muotoon. Sovelluksessa tietoja voidaan yhdistellä ja vertailla, mikä helpottaa tietojen yhteensovittamista, kuten maanrakentamisessa rakennustyömaiden ja syntyvien massojen aikataulujen synkronointia.

Toimintamallilla on mahdollista luoda säästöjä, ympäristöystävällisiä ratkaisuja sekä uusia innovaatioita ja kehityshankkeita. Materiaalien hyötykäytöllä saavutettavan CO<sub>2</sub>-päästövähennyksen todentamiseksi sovellukseen on syytä luoda materiaalikohtaiset CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. Esimerkiksi Lahden kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali kaupunki vuoteen 2040 mennessä. Hiilineutraalisuudella tarkoitetaan, että toiminnoista syntyy CO<sub>2</sub>-päästöjä saman verran, kuin alue pystyy niitä sitomaan (Lahden kaupunki 2017).

## LÄHTEET

Belgian fibres 2017. What are the main 5 functions of geotextiles? [viitattu 24.3.2017]. Saatavissa:

<http://www.belgianfibers.com/industries/geotextiles-industry/faq/what-are-the-5-main-functions-of-geotextiles>

CO<sub>2</sub>-raportti 2017. Tietoa ilmastonmuutoksesta [viitattu 3.4.2017]. Saatavissa: <http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastonmuutos>

Dettenborn, T. 2013. Betonimurskerakenteiden pitkäaikaistoimivuus. Diplomityö, Aalto-yliopisto, Espoo.

Dettenborn, T., Korkiala-Tanttu, L., Känkänen, R., Niemelin, T. & Forsman, J. 2017. Environmentally sustainable use of recycled crushed concrete aggregate in earthworks. Aalto-yliopisto & Ramboll Finland Oy.

Eskola, P., Mroueh, U.-M., Juvankoski M. & Ruotoistenmäki, A. 1999. Maarakentamisen elinkaariarviointi [viitattu 18.3.2017]. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1962.pdf>

Fore 2017 [viitattu 27.3.2017]. Saatavissa: <http://rapal.fi/fore/>

Google Maps 2017 [viitattu 10.3.2017]. Google. Saatavissa: <https://www.google.fi/maps>

Halmelahti T. 2016. Tien tyyppeikkauskuva.

Harju, K., Etelämäki, L., Lapinlampi, T., Oinonen, K. & Santala, E. 2004. Paikkatiedot vesihuollossa. Suomen Ympäristökeskus.

Helsingin kaupunki 2016. Katsaus pääkaupunkiseudun kaivumaa- ja kiivaineshuoltoon – Helsingin vuosiraportti 2015 [viitattu 18.3.2017]. Saatavissa:

[http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2016/kaivumaat\\_vuosiraportti\\_2015.pdf](http://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2016/kaivumaat_vuosiraportti_2015.pdf)

Hester, R. E. & Harrison, R. M. 2013. Waste as a Resource. The Royal Society of Chemistry, Iso-Britannia.

Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. 2010. Uusiomateriaalien käyttö maanrakentamisessa – Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010 [viitattu 14.9.2016].

Ympäristöministeriö. Saatavissa:

<http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Uusiomateriaalin%20k%C3%A4ytt%C3%B6%20maarakentamisessa%20%E2%80%93%20YMa13%20%E2%80%93%202010.pdf>

Karstila, J. Aluevastaava. Lahden seudun kuntatekniikka. Haastattelu 16.8.2016.

Kaartinen, T., Laine-Ylijoki, J., Wahlström, M. 2007. Jätteen termisen käsittelyn tuhkien ja kuonien käsittely- ja sijoitusmahdollisuudet [viitattu 18.3.2017].

Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Espoo. Saatavissa:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2411.pdf>

Ramboll Finland Oy 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja [viitattu 26.11.2016].

Saatavissa:

[http://projektit.ramboll.fi/tuhkarakentaminen/tuhkarakentamisen\\_kasikirja.pdf](http://projektit.ramboll.fi/tuhkarakentaminen/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf)

Kuula, P. 2015. Tien ja radan sitomattomissa rakennekerroksissa käytettävien kiviainesten lujuuden ja hienontumisen tutkiminen [viitattu 13.12.2016].

Liikennevirasto. Saatavissa:

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2015-68\\_tien\\_radana\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-68_tien_radana_web.pdf)

Lahden kaupunki 2016. Kiertotalous luo Lahteen uutta työtä [viitattu 14.9.2016].

Lahden kaupunki. Saatavissa: <https://www.lahti.fi/tietoa-lahdesta/kehittaminen/lahti-ymparistokaupunkina/kiertotalous-luo-uutta>

Lahden kaupunki 2017. Lahden karttapalvelut [viitattu 10.3.2017].

Saatavissa: <http://kartta.lahti.fi/ims>

Lahden ammattikorkeakoulu 2016. Smart cities in smart regions [viitattu 11.12.2016]. Saatavissa: <http://www.lamk.fi/tapahtumat/smart-cities-in-smart-regions/Sivut/default.aspx>

Lahden ammattikorkeakoulu 2017. Kiertoliike [viitattu 4.4.2017]. Saatavissa: <http://www.lamk.fi/projektit/kiertoliike/Sivut/default.aspx>

Lastikka, M. Katupäällikkö. Tekninen ja ympäristötoimiala, kaupunkiympäristö/kadunpito, Lahden kaupunki. Puhelinhaastattelu 29.8.2016.

Lavento, D. 2015. Ylijäämämaat muuttuvat ongelmasta mahdollisuudeksi [viitattu 18.12.2016]. Sito Oy. Saatavissa: <http://www.sito.fi/13740/ylijaamamaat-muuttuvat-ongelmasta-mahdollisuudeksi/>

Lehtonen, K. 2013. Maa-ainesten uusiokäyttö kadun rakentamisessa. Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu.

Liikennevirasto 2012. Sillan geotekninen suunnittelu – Sillat ja muut taitorakenteet [viitattu 23.2.2017]. Liikenneviraston ohjeita 11/2012. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-11\\_sillan\\_geotekninen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-11_sillan_geotekninen_web.pdf)

Liikennevirasto, 2014. Uusiomateriaaliopas – Uusiomateriaalien käytön kehittäminen UUMA2-ohjelman väylähankkeilla, luonnos 28.2.2014 [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lr\\_2014\\_uusiomateriaaliopas\\_luonnos\\_28.2.2014\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lr_2014_uusiomateriaaliopas_luonnos_28.2.2014_web.pdf)

Liikennevirasto 2017. Vt12 Lahden eteläinen kehätie. [Viitattu 24.3.2017] Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/vt12letke#.WNVXm69f2TM>

Lohiniva, E., Mäkinen, T. & Sipilä, K. 2001. Lietteiden käsittely – Uudet ja käytössä olevat tekniikat. Espoo [viitattu 18.2.2017]. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>

Lohja Rudus Ympäristöteknologia Oy Ab & Viatek Oy 1999. Betonimurskeen mitoitusparametrit 1998 - 1999 [viitattu 20.2.2017].

Marttila, M. 2016. Paikkatietojärjestelmä teollisten symbioosien mallintamisessa [viitattu 18.2.2017]. Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016121320210>

Motiva Oy 2013. Materiaalipankit [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/materiaalipankit>

Motiva Oy 2014. Kaivumaiden kehittämisohjelma tuo Helsingille säästöjä [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: <http://www.uuma2.fi/uuma2-ohjelma>

Motiva Oy 2016. UUMA-käsikirjasto – Ympäristö ja lupaprosessi [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: <http://www.uusiomaarakentaminen.fi/ymp%C3%A4rist%C3%B6-ja-lupaprosessi-0#3.1>

Ositum Oy 2017. Karbonatisoituminen ja korroosio [viitattu 21.2.2017]. Saatavissa: <http://www.ositum.fi/index.php?p=Karbonatisoituminen>

Pajukallio, A-M., Wahlström, M. & Alasaarela, E. 2011. Maarakentamisen uusiomateriaalit - Ympäristökelpoisuuden osoittaminen ja tuotteistaminen [viitattu 17.3.2017]. Ympäristöministeriön raportteja 11/2011. Saatavissa: <http://www.uuma2.fi/sites/default/files/Maarakentamisen%20uusiomateriaalit%20%E2%80%93%20YMa11%20%E2%80%93%202011.pdf>

Peuranen, E. 2016 [Viitattu 26.10.2016]. UUMA2-vuosiseminaari 14.9.2016. Saatavissa: [https://www.youtube.com/watch?v=vl4BUv2TpGM&list=PLuL-39IvwLdulSL\\_ao2ROL9xpl-WQKTrx&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=vl4BUv2TpGM&list=PLuL-39IvwLdulSL_ao2ROL9xpl-WQKTrx&index=3)

Pohjoismaiden tie- ja liikennefoorumi 2012. Uusio-asfaltti [viitattu 20.12.2016]. Erikoismedia Oy, Suomi 5/2012. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/uusioasfalttiesite.pdf>

Purkupiha Oy 2017 [viitattu 10.3.2017]. Saatavissa:

<https://www.purkupiha.fi/>

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. Lavapalvelut hinnasto 2017.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry 2017. Nykykaupungit hiilinieluja [viitattu 21.2.2017]. Saatavissa:

<http://www.kivitaloinfo.fi/blog/2017/01/17/nykykaupungit-hiilinieluja/>

Ramboll 2008. UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia [viitattu 14.9.2016]. Ramboll Finland Oy. Saatavissa:

<http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/index.asp?fr=ly>

Ramboll 2016. LPR150-hankkeesta keväällä 2016 tuotettua aineistoa.

Roadex Network 2016. E-learning - Teiden kuivatus: 4. Teiden kuivatusjärjestelmien osat [viitattu 13.12.2016]. Saatavissa:

<http://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/teiden-kuivatus/4-tien-kuivatusjarjestelman-osat/>

Salmenperä, H., Moliis, K. & Nevala S-M. 2015. Jättemäärien ennakointi vuoteen 2030 [viitattu 14.9.2016]. Ympäristöministeriön raportteja 17/2015. Saatavissa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155189/YMra\\_17\\_2015.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155189/YMra_17_2015.pdf?sequence=1)

Suomen ympäristökeskus & Motiva Oy 2016. Fisunetwork.fi [viitattu 23.11.2016]. Saatavissa: <http://www.fisunetwork.fi/fi-FI>

Tiehallinto 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa [viitattu 14.9.2016].

Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>

Tiehallinto 2014. Vaahtolasimurskeen käyttö maa- ja pohjarakentamisessa [viitattu 18.2.2017]. Saatavissa:

[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2014-14\\_vaahtolasimurskeen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2014-14_vaahtolasimurskeen_web.pdf)

Tielaitos 1993. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset – Yleiset perusteet [viitattu 21.2.2017]. Saatavissa:

[http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/yleiset\\_perusteet.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/yleiset_perusteet.pdf)

Tielaitos 1997. Tien kevennysrakenteet [viitattu 24.3.2017]. Saatavissa:

<http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/tienkevennysrakenteet3200475.pdf>

Tielaitos 1999. Pohjarakennusohjeet sillansuunnittelussa [viitattu

23.2.2017]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/prakos99.pdf>

Tielaitos, 2000. Betonimursken käyttö tien päällysrakennekerroksissa. Tielaitoksen selvityksiä 5/2000.

Tietohippu 2016. RAIKU2 [viitattu 19.12.2016]. Saatavissa:

<http://www.raiku2.fi/>

Tirkkonen, T. UUMA2-vuosiseminaari 14.9.2016 [viitattu 26.10.2016]. Saatavissa:

[https://www.youtube.com/watch?v=jBqacO2m5dg&list=PLuL-39IvwLdulsL\\_ao2ROL9xpl-WQKTrx&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=jBqacO2m5dg&list=PLuL-39IvwLdulsL_ao2ROL9xpl-WQKTrx&index=2)

Työ- ja elinkeinoministeriö 2013. Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella

– Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi [viitattu

22.3.2017]. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 33/2013, Edita Publishing Oy. Saatavissa:

<https://tem.fi/documents/1410877/2864661/Kest%C3%A4v%C3%A4%C3%A4+kasvua+materiaalitehokkuudella+27022014.pdf>

Valtiovarainministeriö 2012. Maa-ainesvero – Selvitys maa-ainesveron käyttöönoton mahdollisuuksista ja tarkoituksenmukaisuudesta.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 597/2006 [viitattu 14.9.2016]. Edita Publishing Oy. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060591>

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta



(403/2009) [viitattu 14.9.2016]. Edita Publishing Oy.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090403>

Ympäristöhallinto 2013. Renkomäen maa-ainesalueen kehittäminen; Lahti  
[viitattu 14.9.2016]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/RenkomakimaaainesYVA>

Ympäristöhallinto 2015. Valtakunnallisen jätesuunnitelman laatiminen on  
käynnistynyt [viitattu 14.9.2016]. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Jatteet\\_ja\\_jatehuolto/Jatesuunnittelu/Valtakunnallisen\\_jatesuunnitelman\\_laatim\(33754\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteet_ja_jatehuolto/Jatesuunnittelu/Valtakunnallisen_jatesuunnitelman_laatim(33754))

Ympäristöministeriö 2017. Paloturvallisuutta lisäävä, pieniä savupiippuja  
koskeva asetusalustus lausunnolle [viitattu 5.5.2017]. Saatavissa:  
[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus)