

MAA-AINESTEN UUSIOKÄYTTÖ KADUN RAKENTAMISESSA

Tampereen Infran rakentamispalvelut



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Visamäki, syksy 2013

Kirsi Lehtonen



VISAMÄKI

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Tekijä	Kirsi Lehtonen	Vuosi 2013
Työn nimi	Maa-ainesten uusiokäyttö kadun rakentamisessa, Tampereen Infran rakentamispalvelut	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Tampereen Infran rakentamispalveluiden yksikölle osana vuoden 2013 ympäristötavoitetta. Opinnäytetyössä on selvitetty maa-ainesten uusiokäytön lisäämisen ja nykyisen toiminnan tehostamisen mahdollisuuksia kadun rakentamisessa.

Työssä perehdyttiin rakentamispalveluiden nykyiseen toimintatapaan sekä maa-ainesten uusiokäyttöä käsittelevään kirjallisuuteen. Työssä on käsitelty maa-ainesten käyttöä Suomessa, uusiokäyttöön liittyvää lainsäädäntöä sekä lupa- ja ilmoitusmenettelyä, jätteiden ja materiaalien hyötykäyttömahdollisuuksia, ympäristövaikutuksia sekä tulevaisuuden näkymiä. Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailu toteutettiin rakentamispalveluiden ja kahden työmaan tietojen pohjalta elinkaariarvioinnin menetelmällä.

Rakentamispalveluissa on mahdollista lisätä maa-ainesten uusiokäyttöä eri tavoin. Näistä oleellimmat ovat yhteisten tavoitteiden ja toimintamallien määrittely, Maapankki –sovelluksen käyttöönotto sekä jalostusmäärien ja jalostusmenetelmien lisääminen. Maanvastaanottoalueiden ja varastointialueiden määrän ja käsittelyalan lisääminen on tärkeää maa-aineshuollon kehittämiseksi.

Opinnäytetyössä tehdyn vertailun perusteella voidaan todeta, että maa-ainesten uusiokäytön lisääminen ja nykyisen toiminnan tehostaminen aiheuttavat merkittäviä säästöjä materiaalien hankinnan, loppusijoitettavan ylijäämään, kustannusten, kuljetuksiin käytetyn ajan ja ajokilometrien sekä ympäristökuormituksen määrissä. Varastointialueen läheisellä sijainnilla on suuri merkitys kustannusten ja ympäristökuormituksen muodostumiseen.

Opinnäytetyössä esitetyjä suosituksia ja tuloksia voidaan rakentamispalveluissa hyödyntää sisäisessä ja ulkoisessa viestinnässä sekä suunnittelu- ja kehitystyössä maa-ainesten uusiokäytön lisäämiseen liittyen.

Avainsanat Katu, maa-aines, uusiokäyttö, ylijäämää, ympäristökuormitus

Sivut 108 s. + liitteet 16 s.

Visamäki
Degree programme in Environmental Technology

Author	Kirsi Lehtonen	Year 2013
Subject of Bachelor's thesis	Reuse of ground materials in street construction with Tampere Infra Construction Services	

ABSTRACT

This thesis project was commissioned by Tampere Infra Construction Services as part of their environmental objective for the year 2013. The aim of the thesis was to examine the possibilities optimizing the reuse of ground materials in street construction.

The project was carried out by surveying the current processes with Construction Services and by studying the literature concerning the reuse of ground materials. The thesis examines the use of ground materials in Finland, the national legislation, authorization and notification procedures, the possibilities for waste and material reuse as well as environmental impacts and future prospects. A comparison as to the cost and environmental impacts was made using adapted life cycle assessment methods with data gathered from Construction Services and two separate street construction sites.

The reuse of ground materials can be increased with Construction Services by agreeing on common objectives and operational standards, adopting the Maapankki –application and adding more capacity into material processing. It is also important to establish more landfills and storages and to increase their surface areas.

Based on the calculations presented in this thesis it is demonstrated that optimizing the reuse of ground materials will lead to significant annual savings in material supply, landfill, costs, time and kilometers used for transportation and environmental impacts. The location of the nearest storage area has a notable effect on the costs and environmental impacts.

The recommendations and results presented in this thesis can be used for increasing and developing the reuse of ground materials. The results are useful for internal communication purposes and public relations.

Keywords Street, ground materials, reuse, surplus ground, environmental impact

Pages 108 p. + appendices 16 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MAA-AINESTEN KÄYTTÖ SUOMESSA	3
2.1	Neitseelliset kiviainekset.....	3
2.2	Uusiomateriaalit	5
2.3	Tavoitteita kestäväälle maaperän ja materiaalien käytölle	5
3	MAA-AINESTEN UUSIOKÄYTTÖ TAMPEREEN INFRAN RAKENTAMISPALVELUISSA	7
3.1	Rakentamisen näkymät	9
3.2	Maa-aineshuollon toiminnot	10
3.3	Materiaalien määrät ja niiden riittävyys.....	11
3.4	Maanvastaanotto- ja varastointialueet.....	12
3.4.1	Ruskonperä	13
3.4.2	Myllypuro	13
3.4.3	Uusi maanvastaanottoalue	14
3.4.4	Väliaikainen varastointi.....	14
3.5	Maa-ainesten ja materiaalien uusiokäyttö	16
3.5.1	Materiaalijakeet	16
3.5.2	Jalostus	18
3.6	Kuljetukset	19
3.7	Ympäristövaikutusten seuranta	19
3.8	Maapankki.....	20
3.9	Haasteet	21
4	JÄTTEESTÄ RAKENNUSMATERIAALIKSI	21
4.1	Jätteen ja sivutuotteen määritelmä	21
4.2	Hyödyntämisen tarve.....	22
4.3	Edellytykset jätteen uusiokäytölle.....	23
4.3.1	Lajittelu.....	24
4.3.2	Materiaalin ominaisuudet	24
4.3.3	MARA-asetus	25
4.3.4	Tuotteistaminen	25
4.3.5	CE -merkintä	26
4.4	Lupa- ja ilmoitusmenettely lainsäädännössä.....	26
4.4.1	Ympäristölupa	26
4.4.2	MARA-asetuksen mukainen ilmoitus	27
4.4.3	Maa-ainesten ottolupa	28
4.4.4	Rakennus- ja maisematyölupa.....	28
4.4.5	Siirtoasiakirja.....	28
4.4.6	Ympäristövaikutusten arviointi	29
4.5	Jätteisiin liittyvät maksut.....	29
5	MATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN KADUN RAKENTAMISESSA.....	29
5.1	Maalajien luokittelu ja kelpoisuus.....	31
5.2	Kadun rakennekerrokset.....	35

5.3	Materiaalijakeet ja niiden uusiokäyttö	37
5.3.1	Ylijäämäkiviainekset ja -maa	37
5.3.2	Louhe ja murske	38
5.3.3	Sora ja hiekka	39
5.3.4	Moreeni.....	40
5.3.5	Savi ja siltti	42
5.3.6	Turve ja lieju.....	43
5.3.7	Asfaltti	43
5.3.8	Betoni	45
5.3.9	Tiili	46
5.3.10	Yhdyskuntajätteet	47
5.3.11	Teollisuuden sivutuotteet.....	47
5.3.12	Pilaantuneet maat.....	49
5.4	Jalostusmenetelmät.....	49
5.4.1	Mekaaniset menetelmät	50
5.4.2	Stabilointi	51
5.5	Materiaalivirtojen hallinta	52
5.5.1	Maa-aineshuollon alueet.....	52
5.5.2	Tiedonhallintajärjestelmät	54
6	VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN JA IHMISIIN.....	54
6.1	Ympäristövaikutusluokat ja painoarvot	55
6.2	Maaperä ja pohjavesi.....	57
6.3	Ilmastonmuutos	57
6.4	Päästöt	58
6.5	Fysikaalimekaaniset vaikutukset	58
6.6	Terveysvaikutukset.....	59
6.7	Monimuotoisuus.....	59
6.8	Maisema, kulttuuri, virkistys ja viihtyvyys	60
6.9	Syntyvät jätteet.....	61
6.10	Uusiomateriaalien ja sivutuotteiden ympäristövaikutuksia.....	62
6.11	Ympäristökuormitus Suomessa.....	62
7	TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	63
7.1	Hyödyt.....	64
7.2	Haasteet	65
7.3	Keinot.....	67
8	KUSTANNUS – JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILU.....	71
8.1	Lähtötiedot ja oletukset	74
8.1.1	Materiaalien määrät	75
8.1.2	Kustannukset	76
8.1.3	Kuljetukset ja etäisyydet.....	77
8.1.4	Ympäristökuormituksen arviointi.....	78
8.2	Tulokset.....	79
8.2.1	Materiaalien hankinta- ja loppusijoitusmäärät	80
8.2.2	Materiaalikustannukset.....	81
8.2.3	Kuljetuskustannukset.....	84
8.2.4	Kuljetuksiin kuluva aika.....	85
8.2.5	Kuljetusmatkat.....	86
8.2.6	Ympäristökuormitukset	87

8.2.7 Varastointialueen etäisyyden vaikutukset	92
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	95
LÄHTEET	100

LIITE 1.	Maa-ainesten uusiokäyttöä ja hyödyntämistä koskeva lainsäädäntö
LIITE 2.	Ylijäämämaan ja uusiomateriaalien uusiokäyttömahdollisuuksia kadun rakentamisessa
LIITE 3.	Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun lähtötiedot
LIITE 4.	Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun tulokset: Tampereen Infran rakentamispalvelut
LIITE 5.	Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun tulokset: Pohtola
LIITE 6.	Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun tulokset: Leinola

KÄSITTEET

Elinkaariarviointi	(LCA, life cycle assessment) on menetelmä tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysoimiseksi ja arvioimiseksi.
Hiilidioksidiekvivalentti	on suure, jolla kuvataan ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta. Kasvihuonekaasut ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttina, joka koostuu hiilidioksidin lisäksi metaanista ja typpioksiduulista. Metaanin ja typpioksiduulin päästöjen määrät kerrotaan tietyillä kertoimilla, jotta saadaan kuvattua kyseisten yhdisteiden vaikuttavuutta kasvihuoneilmiöön hiilidioksidiin verrattuna. Yksikkönä käytetään CO ₂ -ekv.
Kiviaines	on kallioperän ja maaperän mineraaliperäistä ainesta savi pois lukien.
Maa-aines	koostuu kallioperän kiviaineksesta ja maaperän lajitteista.
Neitseellinen kiviaines	on kallioperän tai maaperän kiviainesta, jota ei ole irrotettu alkuperäiseltä paikaltaan. Se on myös kiviainesta, joka on irrotettu alkuperäiseltä paikaltaan tietyn käyttötarkoituksen takia mutta sen käyttö ei ole vielä päättynyt.
Puhdas maa- ja kiviaines	on pilaantumaton orgaanista tai epäorgaanista maa- tai kiviainesta, joka on luonnontilaista. Se ei sisällä haitallisia aineita siten, että niistä voi aiheutua pilaantumista.
Rakennus- ja purkujäte	on jätettä, jota syntyy rakennuksen tai muun kiinteän rakennelman uudis- ja korjausrakentamisessa ja purkamisessa, maa- ja vesirakentamisessa tai muussa vastaavassa rakentamisessa.
Sivutuote	on materiaali, joka ei ole jätettä ja jota ei ole tuotettu tarkoituksellisesti tuotantoprosessissa. Laajemmassa merkityksessä sivutuotteella tarkoitetaan aikaisemmasta käytöstä poistettua hyödyntämiskelpoista materiaalia tai teollisuuden sivutuotteena syntyvää materiaalia, jolloin sivutuote luokitellaan edelleen jätteeksi.
Tuotteistaminen	on prosessi, jonka avulla erilaiset aineet ja materiaalivirrat saatetaan jätelainsäädännön ulkopuolelle. Tämä voi tapahtua joko muuttamalla tuotannon sivu- ja jäännösvirrat sivutuotteiksi tai jalostamalla jätevirrat tuotteiksi tai tuotteenomaiseksi materiaaliksi. Tuotteistamista ovat myös ne toimenpiteet, joiden avulla hyödyntämistä helpotetaan niin, että jättemateriaali voidaan hyödyntää tuotteena jätesäännöksiä noudattaen.

Uusiokäyttö	edistää heikkolaatuisten materiaalien käyttömahdollisuuksia parempilaatuisten materiaalien korvaajana sekä kierrättää jo olemassa olevia, hyödyntämättä jääneitä materiaaleja loppusijoituksen sijaan. Kadun rakentamisessa voidaan uusiokäytön avulla pienentää materiaalien läjitystarvetta ja vähentää kuljetettavien massojen määrää. Massojen paikalla hyödyntäminen säästää myös kustannuksia ja vähentää kuljetuksista aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Lisäksi luonnonmateriaalien ja raaka-aineiden käyttötarve vähenee.
Uusiomateriaali	on uusioraaka-aineesta valmistettu materiaali.
Ylijäämäkiviaines	on kiviainesta, joka on poistettu sen alkuperäiseltä paikalta, vaikka poistetulle maa-ainekselle ei ole poiston yhteydessä välttämättä ollut osoitusta käyttötarkoitusta tai lopullista sijoituspaikkaa. Ylijäämäkiviaineksena ei yleensä huomioida ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavia ylijäämäkiviaineksia eikä kaivostoiminnan sivukiviä.
Ylijäämämaa	koostuu ylijäämäkiviaineksesta ja ylijäämäsavesta.
Ympäristöprofiili	on luettelo, josta ilmenee tarkasteltavan tuotteen tai yksikön aiheuttamien haitallisten päästöjen ja luonnon resurssien kulumisen määrä.
Ympäristövaikutus	on ympäristössä tapahtuva muutos, jonka aiheuttaa ympäristöön vapautuvat erilaiset päästöt ja fysikaaliset vaikutukset kuten melu ja luonnonresurssien ja maan käyttö.

1 JOHDANTO

Tampereen Infran rakentamispalvelut on yksi kuudesta Tampereen Infra Liikelaitoksen yksiköstä. Rakentamispalveluiden yksikkö vastaa kaupunkialueen katujen, puistojen, satamien, torien, viheralueiden, siltojen, melusteiden, yleisten alueiden ja erikoisrakenteiden rakentamisesta. Lisäksi yksikkö toteuttaa Tampereen Veden, Tampereen Sähkölaitoksen, Tampereen Sähköverkko Oy:n ja muiden operaattoreiden jakeluverkostojen rakentamisen. Rakentamispalvelut toteuttavat yhdyskuntarakentamista myös muille kaupungin yksiköille kuten tilakeskukselle ja kiinteistötoimelle. Yhdyskuntarakentamisen lisäksi yksikön toimialueeseen kuuluvat kiwiainesvarasto sekä lumen- ja maanvastaanottotoiminnot.

Maa-ainesten uusiokäyttö on määritelty rakentamispalveluiden yksikön ympäristötavoitteeksi vuodelle 2013. Uusiokäytön lisäämisen kautta vähennetään luonnonmateriaalien ja raaka-aineiden käyttöönottoa. Materiaalien määrän vähentyessä myös kuljetusten tarve pienenee. Kuljetuskaluston määrän optimoinnilla säästetään sekä kustannuksissa, kuljetuksiin kuluva ajassa että muodostuvien ympäristövaikutusten määrässä. Rakentamisessa muodostuvaa hyödyntämiskelpoista maa-ainesta eli ylijäämämaata hyödynnetään aiempaa enemmän rakennuskohteissa ja erityisesti kadun rakentamisessa.

Ympäristötavoitteeseen on sisällytetty mukaan niin sanotut kriittiset tekijät, jotka ovat suunnitelmia ja toimenpiteitä tavoitteen saavuttamiseksi. Näitä tekijöitä on useita erilaisia ulottuen yhteistyön kehittämisestä maa-aineshuollon toimintojen kartoittamiseen ja uudelleen suunnitteluun. Aihe on sisällöltään ja toiminnoiltaan erittäin laaja. Se vaatii onnistuakseen suuren joukon tekijöitä, jotka sitoutuvat työhön pitkäaikaisesti.

Työ tavoitteen toteutumiseksi kuitenkin kannattaa. Kestävän kehityksen kannalta maa-ainesten uusiokäytöllä on merkitystä uusiutumattomien luonnonvarojen säästämässä. Rajat toiminnalle luodaan lainsäädännön ja kaavoituksen kautta. Konkreettisesti maaperän kestävään käyttöön vaikutetaan maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen avulla. Rakentamisen toteutuksen tavoilla määrittävät lopulliset vaikutukset maaperän ja luonnonvarojen käytölle sekä toiminnasta aiheutuville ympäristövaikutuksille.

Maa-ainesten uusiokäytön lisääminen sopivien ja riittävien toimintatapojen kautta vaatii onnistuakseen kannanottoja ja keskustelua, suunnitelmia, selvityksiä ja selkeitä tavoitteita, joista pidetään kiinni. Uusiokäytön lisäämiselle on olemassa erilaisia esteitä, jotka asettavat suuriakin haasteita toimintojen kehittämiselle. Onneksi keinoja on olemassa paljon. Tekniikan, osaamisen, kokemusten ja riskienhallinnan kehittymisen kautta uusiokäytön määrät tulevat jatkossa kasvamaan nykyisestä. Pelkkä tahtotila ei enää riitä sora- ja hiekkavarantojen vähentyessä, vaan toimintamalleja on pystyttävä muuttamaan uudenlaisiksi.

Tämä opinnäytetyö käsittelee maa-ainesten uusiokäyttöä ja sen lisäämisen mahdollisuuksia kadun rakentamisen näkökulmasta. Työ on tehty tilaus-

työnä Tampereen Infran rakentamispalveluiden yksikölle ja se on toteutettu osana rakentamispalveluiden vuoden 2013 ympäristötavoitetta. Opinnäytetyö jakautuu neljään osaan. Työn alussa käsitellään luvussa 2 maa-ainesten käyttöä Suomessa. Toisessa osassa luvussa 3 esitellään rakentamispalveluiden yksikön toiminta maa-aineshuollon ja maa-ainesten uusiokäytön osalta. Kolmannessa osassa tarkastellaan luvuissa 4 – 7 kirjallisuuslähteisiin perustuen jätteiden uusiokäyttöä rakentamisen materiaalina, maa-ainesten uusiokäyttöön liittyvää lainsäädäntöä sekä lupa- ja ilmoitusmenettelyä, materiaalien hyödyntämisen mahdollisuuksia kadun rakentamisessa, toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia sekä maa-ainesten uusiokäytön tulevaisuuden näkymiä. Neljännessä osassa luvuissa 8 - 9 esitetään opinnäytetyöhön tehdyn kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun toteutus ja tulokset. Lisäksi opinnäytetyön kokonaisuuden yhteenvetona esitetään sekä kirjallisuuden että kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun pohjalta tehdyt johtopäätökset ja suositukset rakentamispalveluiden ympäristötavoitteen näkökulmasta maa-ainesten uusiokäytön lisäämiseksi.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli kartoittaa Tampereen Infran rakentamispalveluiden nykyinen toiminta maa-ainesten uusiokäytön näkökulmasta. Kartoitus toteutettiin perehdytyksen ja kohdekäyntien avulla. Työn ensimmäisenä tavoitteena oli koostaa yhteenveto materiaalien uusiokäyttömahdollisuuksista kadun rakentamisessa. Tarkoituksena oli selvittää eri mahdollisuudet ja vaihtoehdot, joiden avulla voidaan lisätä maa-ainesten uusiokäyttöä rakentamispalveluissa. Toisena tavoitteena oli tarkastella ja koostaa yhteen maa-ainesten uusiokäyttöön liittyvä lainsäädäntö sekä siihen kuuluva lupa- ja ilmoitusmenettely. Kummatkin koosteet on toteutettu perehtymällä asiaan liittyvään kirjallisuuteen ja lähdeaineistoihin. Tulokset on käsitelty sanallisesti raportin tekstiosuudessa ja esitetty taulukkomuotoisina koosteina raportin liitteinä 1 ja 2.

Työn kolmantena tavoitteena oli toteuttaa maa-ainesten uusiokäytön lisäämiseen liittyvä kustannus- ja ympäristökuormitusvertailu, jossa tarkastellaan maa-ainesten uusiokäytön lisäämisen vaikutuksia eri uusiokäyttöasteiden ja kahden eri varastointivaihtoehdon kautta. Vertailussa tarkastellaan rakentamispalveluiden tuotantoa kokonaisuudessaan sekä kahta erillistä työmaata esimerkkikohteina. Tulokset sisältävät määrälliset ja kustannuksiin liittyvät arvot uuden materiaalin hankinnan, loppusijoitettavan ylijäämämaan sekä kuljetusten osalta. Kuljetusten kohdalla tarkastellaan lisäksi uusiokäytön lisäämisen vaikutuksia kuljetusten vaatimaan ajoaikaan ja kuljetuskilometreihin. Ympäristökuormituksen osalta vertailuun on otettu vaikutusluokista mukaan ilmastonmuutos, luonnonvarojen käyttö sekä suorat terveysvaikutukset. Lisäksi tarkastellaan erikseen hiilidioksidipäästöjen muodostumista. Vertailu on toteutettu elinkaariarvioinnin menetelmää soveltaen. Tuloksien kautta saadaan selville materiaalimäärien, kustannusten, kuljetusten ja ympäristökuormitusten suuruusluokat maa-ainesten uusiokäytön eri uusiokäyttöasteille. Vertailussa käytetyt lähtötiedot esitetään liitteessä 3 ja tulokset liitteissä 4 – 6.

Työn tavoitteisiin liittyviä tuloksia ja niiden pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä ja suosituksia voidaan käyttää hyväksi maa-ainesten uusiokäytön li-

säämisen suunnittelussa ja siihen liittyvien asioiden viestinnässä sekä sisäisille että ulkoisille toimijoille.

2 MAA-AINESTEN KÄYTTÖ SUOMESSA

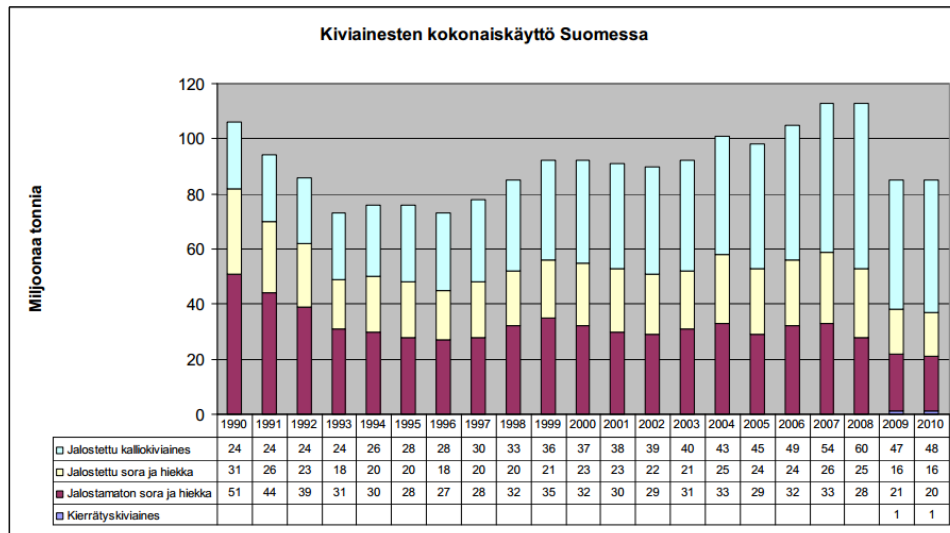
Maaperä on arvokasta. Se on elinympäristö, kulttuuriperintö ja luonnonvara. Ekologisina toimintoinaan maaperä tuottaa biomassaa, suodattaa aineita ja energiaa, toimii puskurina ja muuntajana sekä tarjoaa ja turvaa elinympäristön, geenireservin ja leviämisreittejä. Ihminen tarvitsee maaperää toimintojensa fyysiseksi pohjaksi, raaka-aineiden lähteeksi ja kulttuuriperinnön sekä luonnonhistorian säilyttämiseksi. (Häkkinen, Huovila, Tattari, Vares, Seppälä, Koskela, Leivonen & Pylkkö 2002, 54-55.)

Maaperän säästeliäs ja kestävä käyttö on tärkeää, kun hyödynnetään uusiutumattomia tai hitaasti uusiutuvia luonnonvaroja. Rakentamisen seurauksena maaperä muuttuu usein lopullisesti, jolloin se heikkenee toimintoiltaan. Myös rakentamattoman maan voidaan ajatella uusiutuvan ja palautuvan vaurioista hitaasti. Maaperän kestävästä käytöstä huolehtiminen on erityisesti maankäytön suunnittelun ja kaavoituksen asia. Kestävän käytön mukainen toiminta edellyttää maankäytön periaatteiden määrittämistä, luonnonsuojelullisesti ja maisemallisesti arvokkaiden kohteiden selvittämistä, asioiden tutkimista ja luokittelua, rajoitusten ja ohjeiden suunnittelua sekä niiden toteutusta ohjeistuksien ja kaavoituksen kautta. Lainsäädännön ja kaavoituksen määrittelemien rajojen sisällä rakentamiselle jää aina vaihtoehtoja, joista toiset ovat maan käytön ja ympäristövaikutusten osalta parempia kuin toiset. (Häkkinen ym. 2002, 54-55.)

2.1 Neitseelliset kiviainekset

Ympäristöhallinnon (2013b) mukaan sora, hiekka ja kalliokivi ovat Suomen eniten hyödynnetyt uusiutumattomat luonnonvarat. Näitä aineksia käytetään vuosittain arviolta 20 tonnia jokaista suomalaista kohti. Suomessa on tällä hetkellä 20 000 - 30 000 soran- ja hiekanottoaluetta ja reilu 1 000 kalliokiven ottamisaluetta. Soran- ja hiekanottoalueita oli aktiivisessa käytössä vuonna 2010 runsaat 2 700 ja kalliokiven ottoalueita noin 700 kappaletta.

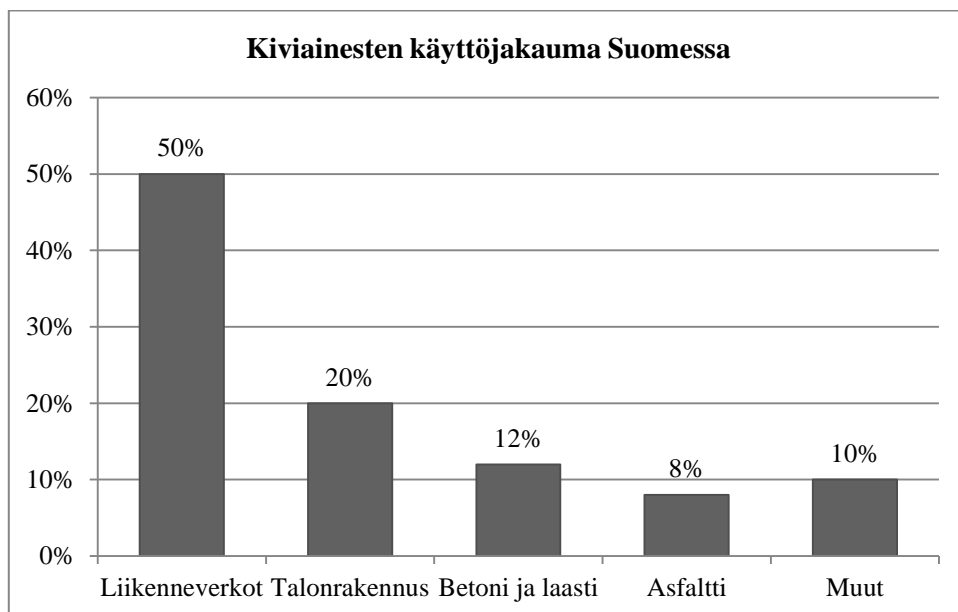
Kiviainesten käytössä Suomi on Euroopan kärkimaita, kun kulutus suhteutetaan asukaslukuun. Runsas käyttö johtuu suuresta pinta-alasta, monipuolisesta infrastruktuurista, paksummista teiden ja katujen rakennekerroksista sekä vilkkaasta rakentamisesta. Kiviainesten runsaaseen käyttöön on vaikuttanut myös materiaalien helppo saatavuus sekä niiden edullinen hinta. Vuosittaisen maa-ainesten kokonaisottomäärien arvioidaan olevan yli 100 miljoonaa tonnia (kuvio 1). Jalostettujen kiviainesten osuus kokonaiskäytöstä on noin 60 – 70 miljoonaa tonnia. (Valtiovarainministeriö 2012, 6-7.)



Kuvio 1. Kiviainesten kokonaiskäyttö Suomessa (Valtiovarainministeriö 2012, 7).

Suomen kiviainesten arvioidaan riittävän valtakunnallisesti vielä vuosisatojen ajan, mutta alueellisesti erot ovat suuria sekä kiviainesvarantojen laadussa että niiden riittävydessä. Nykyisillä käyttömäärillä voimassa olevien lupien kattamat kiviainekset riittävät noin 15 – 25 vuodeksi. (Valtiovarainministeriö 2012, 6.)

Ympäristöhallinnon (2013b) mukaan merkittävimmät kiviainesten käyttökohteet ovat tie- ja katuverkoston rakentaminen ja kunnossapito sekä talonrakennus (kuvio 2). Tiehallinnon (2007, 12) mukaan luonnon kiviaineksia käytetään Suomessa noin 100 miljoonaa tonnia vuodessa. Tästä määrästä 20 % saadaan rakennuskohteista ja 80 % tuodaan maa-ainesten ottopaikoilta. Valtiovarainministeriön (2012, 22) mukaan 70 – 80 % kiviaineksen kulutuksesta kohdistuu valtion ja kuntien tekemään rakentamiseen.



Kuvio 2. Kiviainesten käytön jakautuminen Suomessa vuonna 2010 (Valtiovarainministeriö 2012, 9).

2.2 Uusiomateriaalit

Kadun rakentamisessa käytettäviin uusiomateriaaleihin kuuluvat ylijäämämaat, vanhojen maarakenteiden materiaalit, teollisuuden sivutuotteet sekä pilaantuneet maa-ainekset. Ylijäämämaita kertyy vuosittain arviolta 20 - 30 miljoonaa tonnia, jonka lisäksi niitä on olemassa määrittelemätön määrä läjitettynä ja varastoituna. Vanhojen maarakenteiden osalta tietoa on olemassa lähinnä asfalttimurskeen ja -rouheen osalta. Tiehallinnon arvio näiden vuosittaisesta kokonaiskäytöstä on noin 250 000 tonnia. Teollisuuden sivutuotteita ja niihin luettavia materiaaleja on käytettävissä vuosittain noin 22 miljoonaa tonnia. Pilaantuneita maita kaivetaan Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia. (Lahtinen & Maijala 2010, 16,18.)

Maa-ainesten otto maarakentamisen yhteydessä ei ole maa-aineslain mukaisen ilmoitusmenettelyn piirissä. Ylijäämämaan muodostumisen määriä ei tiedetä tarkasti eikä niiden käyttöä tilastoida keskitetysti. Hyödyntämisen tehokkuus myös vaihtelee paljon kunnittain. Taulukossa 1 esitetään arvioihin perustuvia ylijäämämaan muodostumismääriä ja uusiokäyttöprosentteja Ruokosen tekemän koosteen (2009) mukaan. (Härmä, Kuula-Väisänen, Pokki, Ikävalko, Pullinen, Leveinen, Sahala & Räisänen 2010a, 4; Koivuniemi & Söderholm 2013, 9.)

Taulukko 1. Ylijäämämaiden vuosittaiset muodostumismäärät ja uusiokäyttöprosentit (Koivuniemi & Söderholm 2013, 9).

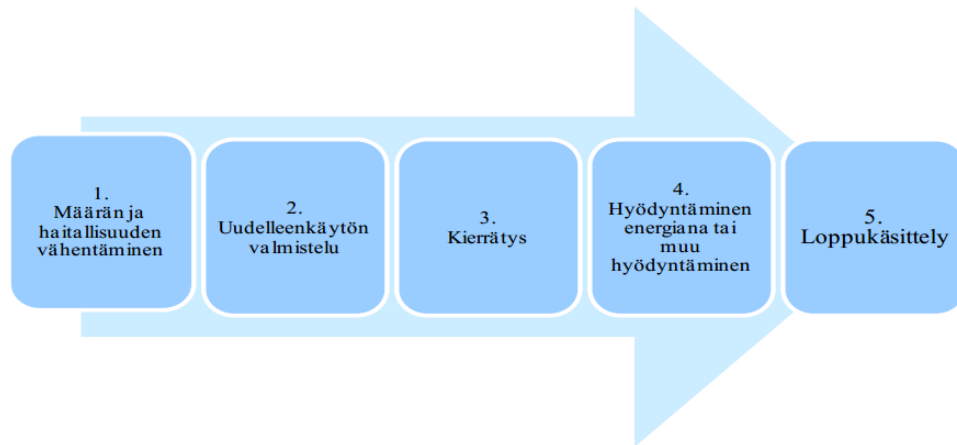
Kaupunki	Ylijäämämassa m ³ /v	Uusiokäyttö %
Helsinki	1 000 000	50-30
Espoo	800 000	ei tietoa
Turku	300 000	25
Oulu	300 000	17-30
Vaasa	300 000	35
Jyväskylä	120 000	13
Pori	80 000	10

Härmän ym. (2010a, 23-25; Härmä, Pokki, Ikävalko, Pullinen, Leveinen, Sahala & Räisänen 2010b, 36) teettämän kyselytutkimuksen mukaan kuntien arviot ylijäämäkiviaineksen uusiokäytöstä vaihtelevat 10 – 100 % välillä keskiarvon ollessa noin 65 %. Ylijäämämaiden osalta uusiokäyttöaste vaihteli 0 - 100 % kesken ja keskiarvo oli noin 25 %. Yrityksissä ylijäämäkiviaineksen ja -maan hyödyntäminen on huomattavasti tehokkaampaa kuin kunnissa.

2.3 Tavoitteita kestäväälle maaperän ja materiaalien käytölle

Maaperän kestävään käyttöön, ekotehokkaaseen rakentamiseen ja maa-ainesten määrrien hyödyntämiseen liittyviä tavoitteita on määritetty monelta tasolta aina Euroopan unionista valtakunnalliseen, alueelliseen, kunnalliseen ja hankekohtaisiin tavoitteisiin saakka. Osa tavoitteista on kirjattu lainsäädäntöön ja osa perustuu kestävä kehityksen mukaisiin periaatteisiin.

Jätelain tavoitteena on ensisijaisesti vähentää jätteen määrää ja sen haitallisuutta (kuva 1). Jos jätettä syntyy, on jätteen haltijan valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti huolehdittava sen kierrättämisestä. Jos kierrättäminen ei ole mahdollista, on jäte hyödynnettävä toisella tavoin, esimerkiksi energian tuotannossa. Viimeisenä vaihtoehtona on jätteen sijoittaminen vastaanottoalueille. Tämä etusijajärjestys sitoo ammatillaisia toimijoita kuten kuntaa ja muita julkisia tahoja. Etusijajärjestyksen noudattamisessa huomioidaan tuotteen ja jätteen elinkaaren aikaiset vaikutukset, ympäristönsuojelun varovaisuus- ja huolellisuusperiaate sekä taloudelliset ja tekniset edellytykset. (Ympäristöministeriö 2012b, 8.)



Kuva 1. Jätehuollon etusijajärjestys (Ympäristöministeriö 2012b, 8).

Jätelain tavoitteena on saada vähintään 70 painoprosenttia rakennus- ja purkujätteestä hyödynnettäväksi materiaalina vuoden 2020 alusta lähtien. Tämä tavoite ei kuitenkaan koske maa- tai kallioperästä irrotettua maa- ja kiviainesta. (VNa 179/2012, 16.3 §.)

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa linjataan Suomen jätehuollon kehittämiselle määritellyt tavoitteet ja toimet niiden saavuttamiseksi. Sen keskeisinä päämäärinä ovat jätteen synnyn ehkäiseminen, jätteiden materiaallikierrätyksen ja biologisen hyödyntämisen lisääminen, kierrätykseen soveltumattoman jätteen polton lisääminen, jätteiden haitattoman käsittelyn ja loppusijoituksen turvaaminen sekä jätehuollosta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen pienentäminen. Valtioneuvosto on hyväksynyt jätesuunnitelman vuonna 2008 ja se on voimassa vuoteen 2016 saakka. Valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteena on maarakentamisen osalta saada vuonna 2016 korvattua luonnonsoraa ja kalliomursketta 5 % eli noin 3 - 4 miljoonan tonnin verran teollisuuden ja kaivannaistuotannon jätteillä. (Ympäristöministeriö 2012c, 28; Ympäristöministeriö 2013.)

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten laatimissa alueellisissa jätesuunnitelmissa esitetään tarkemmin ne toimenpiteet, joita alueellisesti on tarpeen tehdä valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa määriteltyjen tavoitteiden saavuttamiseksi. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelman ensimmäisenä tavoitteena on vähentää maarakentamisen jätettä vuoteen 2020 mennessä 10 % vuoden 2007 määrästä. Toisena tavoitteena on lisätä maamassojen uusiokäyttöä osoittamalla alueita maa-ainespankkien perustamiseksi sekä tiedottamalla niiden toiminnasta laajemmin. (Hämeen,

Kaakkois-Suomen, Lounais-Suomen, Länsi-Suomen, Pirkanmaan ja Uudenmaan ympäristökeskus 2009, 46-58; Ympäristöministeriö 2013.)

Ympäristöministeriön käynnistämällä Infrarakentamisen uusi materiaali-teknologia UUMA – kehityshankkeella pyritään kehittämään ja lisäämään uusiomateriaalien käyttöä. Infrarakentamisen uudella materiaaliteknologialla tarkoitetaan heikkolaatuisten ylijäämämaiden ja -kiviainesten, teollisuuden sivutuotteiden, pilaantuneiden maiden ja vanhojen maarakenteiden hyödyntämistä. Ohjelman tavoitteena on vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maarakentamisessa. Huomiota kiinnitetään erityisesti soravarojen käytön vähentämiseen sekä pohjavesien ja maisemallisesti tärkeiden soraharjujen säästämiseen. (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 3; Pajukallio, Alasaarela & Inkeröinen 2010, 9.)

UUMA –kehityshankkeen tavoitteena on saada korvattua uusiomateriaaleilla 10 % maarakentamiseen käytetystä neitseellisestä materiaalista vuoteen 2015 mennessä vuoden 2005 tilaan verrattuna. Tavoitteeseen päästään tehokkaimmin hyödyntämällä teollisuuden sivutuotteita ja huonolaa-tuisia maa-aineksia. (Pajukallio ym. 2010, 10,15).

3 MAA-AINESTEN UUSIOKÄYTTÖ TAMPEREEN INFRAN RAKENTAMISPALVELUISSA

Tampereen kaupunki on ympäristöjohtamisessaan (kuva 2) sitoutunut toimimaan kestävän kehityksen periaatteiden mukaan. Vuosittain kerätään ja julkaistaan useita ympäristön tilaan, ympäristöasioihin ja kestävään kehitykseen liittyviä raportteja, joista koottavan kestävän kehityksen indikaattoriseurannan avulla arvioidaan, kehittykö Tampereen kaupungin toiminta kestävään suuntaan. (Tampereen kaupunki 2013c, 26.)

Uusi ympäristöpolitiikka 2020 hyväksyttiin kaupunginvaltuustossa joulukuussa 2012. Siinä korostetaan entistä enemmän prosessien läpi ulottuvia toimintatapoja ja ympäristönhallintaa. Tuotannon ja tilaajan välisissä palvelusopimuksissa sekä ulkoisissa tilauksissa tullaan jatkossa määrittelemään ympäristöasioiden hallinnan tavat indikaattorien kautta. Lisäksi organisaation sisällä toteutetaan sisäisiä arviointeja. (Tampereen kaupunki 2013c, 3,6.)



Kuva 2. Ympäristöjohtaminen Tampereella (Tampereen kaupunki 2013c, 7).

Tampereen Infran ympäristöohjelmaan vuodelle 2013 on määritetty jokaiselle liikelaitoksen yksikölle oma tavoitteensa ympäristövaikutusten arvioinnin perusteella. Tavoitteiden toteutumista seurataan vuosittain yksiköiden päälliköistä muodostuvassa ympäristöryhmässä sekä erikseen myös kaupungin johtoryhmässä, joka käsittelee ympäristöohjelman toteutumista kahdesti vuodessa. Tavoitteista ja niiden toteutumisesta viestitään henkilöstölle ja sidosryhmille sopivilla tavoilla. Rakentamispalveluiden yksikön ympäristötavoitteeksi vuodelle 2013 on määritetty maa-ainesten uusiokäytön lisääminen, mikä esitetään taulukossa 2.

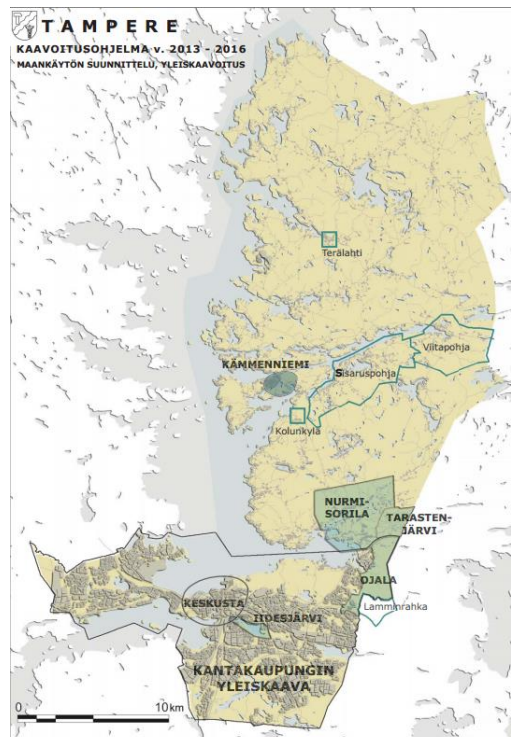
Taulukko 2. Rakentamispalveluiden ympäristötavoite vuodelle 2013.

Maa-ainesten uusiokäytön lisääminen	
Tavoitteeseen liittyvät ympäristöpäämäärät	Luonnonmateriaalien ja raaka-aineiden käyttötarpeen vähentäminen Kuljetustarpeen ja kaluston määrän optimointi ja vähentäminen työmailla Maa-ainesten uudelleen hyödyntäminen
Tavoitteen saavuttamisen kriittiset tekijät	Uusiokäytön lisääminen, välivarastointi- ja kierrätyspaikat, sijainti ja saavutettavuus Suunnitelmallisen uusiomateriaalien käytön hallintajärjestelmän kehittäminen, uusien tekniikoiden soveltaminen Maiden vastaanottoaikan kaavoitusvalmistelu Teiskoon Tilaja- ja kiinteistötoimen yhteistyö rakentamispalveluiden kanssa Yhteistyön kehittäminen kaikkien työmaan osapuolien ja urakoitsijoiden kanssa Suunnittelun ja tuotannon yhteistyön laatu, ennakointi Työmaapäälliköiden innovointi ja osaaminen
Tavoitteen seuranta ja mittarit	Uusiokäytön määrä (m ³ , tn, %) Taloudellinen hyöty (€)
Toimenpiteet	Uusiokäytön määrän seuranta ja seurantajärjestelmän kehittäminen Kaupunkialueella olevien välivarastopaikkojen kartoitus; olemassa olevat sekä uudet Logistiikkaketjujen mallinnus ja vertailu

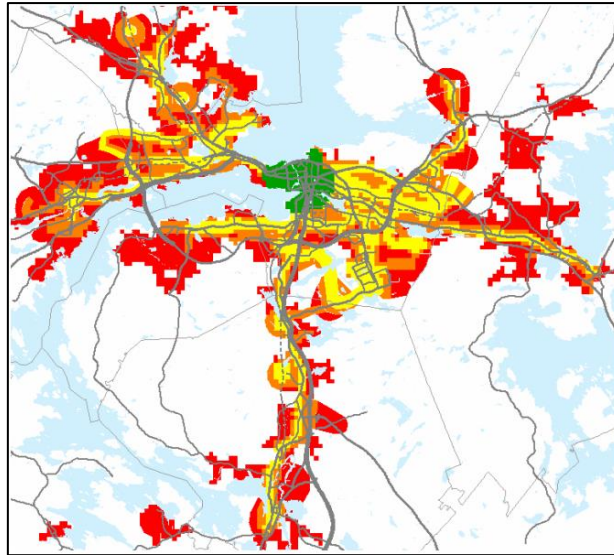
3.1 Rakentamisen näkymät

Vuonna 2030 Tampereen seudulla arvioidaan asuvan 435 000 asukasta, mikä tarkoittaa noin 90 000 asukasta nykyistä enemmän. Puolet tästä kasvusta sijoittuu Tampereen alueelle, mikä tarkoittaa uusien asuntojen, päiväkotien, koulujen ja terveystalujen tarpeen kasvua. Uusia työpaikkoja syntyy ja sitä kautta liikkuminen ja seudun sisäisten matkojen määrä tulee kasvamaan. Kasvuksi arvioidaan 43 % nykyisestä. (Tampereen kaupunkiseutu 2010, 3.)

Kunnossapito- ja saneeraustarpeiden lisäksi uusia alueita (kuva 3) ja liikenneverkkoja (kuva 4) rakennetaan. Tampereen rakenneseudun kaupunkisuunnitelman mukaan rakentamisella pyritään ensisijaisesti tiivistämään nykyistä yhdyskuntarakennetta uusien alueiden rakentamisen sijaan. Tiivis kaupunkirakenne mahdollistaa tehtyjen investointien tehokkaamman käytön ja samalla palveluiden tuottaminen ja ylläpitäminen on edullisempää. Liikkumiskustannuksissa säästetään, kun etäisyydet pysyvät lyhyempinä. Liikennejärjestelmän kehittämisinvestoinnit ovat silti merkittäviä. Kokonaisuudessaan niitä arvioidaan muodostuvan 900 miljoonaa euron verran, joista reilu kolmannes kohdistetaan tie- ja katuverkkoon ja loput joukko- liikennejärjestelmän kehittämiseen. (Tampereen kaupunkiseutu 2010, 20-21.)



Kuva 3. Tampereen kaupungin yleiskaavoitusohjelma vuosille 2013 - 2016 (Tampereen kaupunki 2013b).



Kuva 4. Liikennevyöhykkeet vuonna 2030 (Tampereen kaupunkiseutu 2010, 23).

Katujen rakentamisen ja kunnossapidon tarpeen arvioidaan rakentamispalveluissa pysyvän tulevana vuosina samalla tasolla kuin nyt. Saneerauskohteita ja uusia kohteita on tällä hetkellä suunnilleen yhtä paljon. Kunnossapidon tarve tulee kuitenkin lähitulevaisuudessa nousemaan suuremmaksi katujen kunnan heikentyessä.

Syntyvän korjaustarpeen lisäksi katujen rakenteita uusitaan mahdollisimman paljon myös viemäri- ja vesijohtoverkoston kunnossapitotöiden yhteydessä. Työkohteiden keskinäiseen priorisointiin ja rakennustöiden aloitusajankohtaan vaikuttavat kunnossapitotarpeiden lisäksi myös taloudellinen tilanne. Tänä vuonna on jouduttu osittain siirtämään suunniteltuja työkohteita myöhemmin toteutettaviksi rahan puutteen takia.

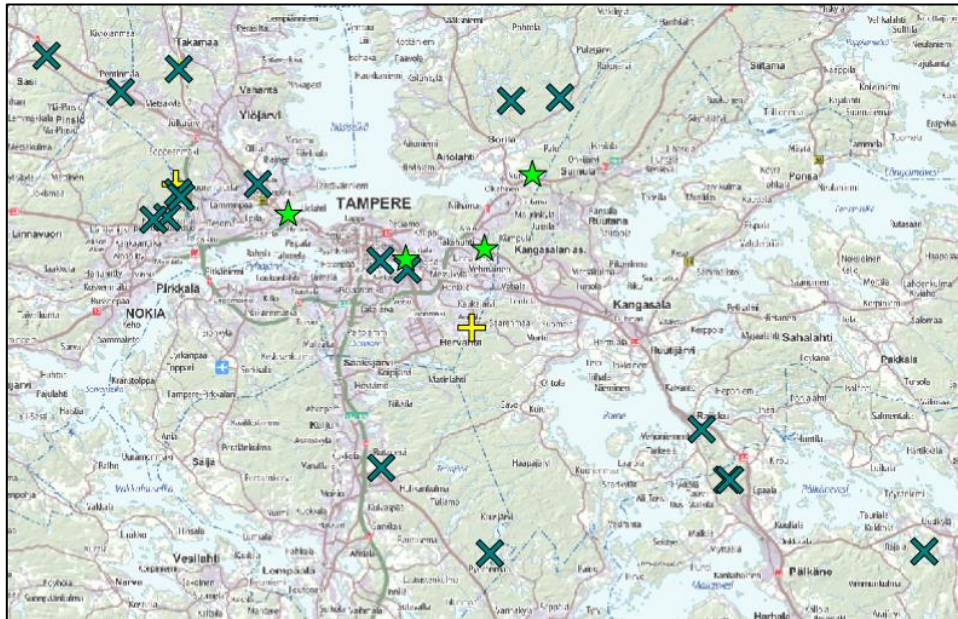
3.2 Maa-aineshuollon toiminnot

Suurin osa rakentamispalveluiden käyttämästä hiekasta ja sorasta saadaan omilta ottoalueilta Ylöjärveltä ja Pälkäneeltä. Kalliokiviainesta saadaan ulkopuoliselta toimittajalta Nokialta ja Ylöjärveltä. Päällystemateriaali toimitetaan työmaille Lempäälästä. Keskimääräiset kuljetusetäisyydet rakentamiskohteisiin ovat kalliokiviainekselle 20 kilometriä, hiekalle ja soralle 30 kilometriä ja päällystemateriaalille 25 kilometriä.

Tampereella on tällä hetkellä käytössä kaksi maanvastaanottoaluetta, Ruskonperä ja Myllypuro. Uutta maanvastaanottoaluetta suunnitellaan rakennettavaksi kaupungin koillisosaan. Lisäksi nykyistä Myllypuron aluetta laajennetaan lähivuosien aikana. Myös varastointi- ja jalostusalueena toiminutta Tarastenjärven aluetta laajennetaan sekä pinta-alaltaan että toimintojensa suhteen.

Kuvassa 5 esitetään Tampereen Infran maa-aineshuollon toimintojen sijainnit. Keltaiset rastit ovat maanvastaanottoalueita, vihreät tähdet varastointialueita ja tumman vihreät rastit kallio- ja sora-ainesten ottoaikkoja

sekä asfalttiasema. Ulkopuolisten kiviainestoimittajien ottopaikkoja ei ole merkitty kuvaan näkyviin.



Kuva 5. Maanvastaanottoalueet, varastointialueet, asfalttiasema sekä kallio- ja sora-ainesten ottoalueet (kuva Maapankki).

3.3 Materiaalien määrät ja niiden riittävyys

Neitseellistä materiaalia käytettiin vuonna 2012 Tampereen Infran rakentamispalveluiden ja kunnossapidon yksiköiden tarpeisiin yhteensä 450 000 tonnia ja asfalttipäällystettä 30 000 tonnia. Vuoden 2012 hankintamäärät rakentamispalveluiden yksikön osalta olivat hiekalle ja soralle 56 000 tonnia, kalliokiviainekselle 320 000 tonnia ja päällystemateriaalille 20 000 tonnia. Uusi-asfalttia käytettiin 5 000 tonnin verran.

Vuonna 2012 rakentamispalveluiden yksikön toiminnasta muodostuvia ylijäämämaita toimitettiin loppusijoitettavaksi maanvastaanottoaikoille yhteensä 277 200 tonnia. Ylijäämämaan uusiokäyttöasteen arvioidaan olevan 20 %, jonka perusteella ylijäämämaata on käytetty kadun rakentamisessa hyödyksi 94 000 tonnin verran. Ylijäämämaa on hyödynnetty pääosin sellaisenaan. Kaiken kaikkiaan ylijäämämaata on toimitettu maanvastaanottoaikoille yhteensä 613 800 tonnia. Ylijäämämaata arvioidaan muodostuvan jatkossa enemmän, sillä rakennettavien alueiden maapohja heikkenee ja massanvaihtojen tarve kasvaa.

Uusiokäytön määrän arvio on likimääräinen. Työmailla suoraan käyttöön ohjattuja sekä täyttöihin ja maisemointeihin käytettyjä ylijäämämaita ei kirjata eikä tilastoida erikseen. Maanvastaanottoaikoille varastoitavien ja käsittelyä odottavien materiaalien määrää on myös vaikea arvioida. Lisäksi uusiokäytön määrä vaihtelee paljon työmaiden välillä. Tähän vaikuttavat kohteesta muodostuvan materiaalin laadun määrittäminen ja määrä sekä kohteen rakennustekniset vaatimukset.

Materiaalien hinnat ovat nousseet hieman normaalin hintakehityksen mukaan. Hintakehitys on viime aikoina ollut kuitenkin maltillista. Uuden materiaalin hankinta on Tampereen seudulla vielä edullista, sillä tuotantopaikkoja on useita ja kuljetusetäisyydet ovat kohtuulliset.

Materiaalien riittävyys on tällä hetkellä hyvällä tasolla. Kallioainesta on saatavilla rakentamisen tarpeisiin vielä pitkäksi aikaa. Hiekan arvioidaan riittävän noin 10 vuodeksi. Hintojen noustessa on tarpeellista luopua hiekan käytöstä ja siirtyä käyttämään suodatinkankaita. Tällä hetkellä suodatinkankaiden käyttö on ollut vähäistä niiden kalliin hinnan vuoksi. Päällysteihin tarvittavien kiviainesten saatavuuden arvioidaan myös heikentyvän tulevaisuudessa.

3.4 Maanvastaanotto- ja varastointialueet

Tampereella maanvastaanottoalueet sijaitsevat Ruskonperässä ja Myllypurossa. Ne on luokiteltu puhtaan maa- ja kiviaineksen kaatopaikoiksi. Alueille toimitettu maa-aines on pääosin uusiokäyttöön kelpaamatonta savea ja silttiä, moreenimaata sekä isokokoisia kiviä ja lohkareita. Orgaanista ainesta ei pintamaan joukossa olevaa humusta lukuun ottamatta saa maanvastaanottoalueille tuoda. Maa-ainesta ei lajitella erikseen vaan se luokitellaan läjityksen yhteydessä ylijäämämaaksi. Alueille toimitettu hyödynnettäväksi soveltuva ylijäämää päätyy loppusijoitukseen eikä sitä oteta käyttöön enää uudelleen, vaikka soveltuvia käyttökohteita ilmenee. Maa-aines sijoitetaan alueelle siten, että sen koostumus saadaan hyödynnettyä alueen rakenteita ja täyttömääriä ajatellen mahdollisimman hyvin.

Pilaantuneita tai pilaantuneiksi epäiltyjä maita ei Myllypurossa eikä Ruskonperässä oteta vastaan. Maa-aines tarkistetaan vastaanottovaiheessa silmämääräisesti, jos epäilystä sen pilaantuneisuudesta ei ole. Epäilyksen alaisista pilaantuneista maista vaaditaan tutkimustulokset haitattomuuden todistamiseksi ennen vastaanottoa. Kaupunkialueella sijaitsevat pilaantuneet alueet ja kohteet ovat rakentamispalveluissa hyvin tiedossa. Massoja muodostuu vuosittain vaihtelevasti. Lievästi pilaantuneet maat toimitetaan Pirkanmaan Jätehuollon käsiteltäväksi Tarastenjärven jätteenkäsittelykeskukseen. Pahemmin pilaantuneet massat viedään joko Riihimäelle tai Forssaan käsiteltäviksi ja loppusijoitettaviksi. Pilaantunutta maa-ainesta ei ole uusiokäytetty kadun rakentamisessa eikä suunnitelmia sen hyödyntämisestä ole tehty.

Loppusijoitettavan ylijäämääman hinta nousi reilusti vuoden 2013 alusta 2,0 eurosta 3,4 euroon tuhatta kiloa kohti. Hinnan nousu aiheuttaa merkittävän kustannusten nousun loppusijoitettavan ylijäämääman osalta. Tämän vuoden hintatasolla ja viime vuoden loppusijoitusmäärillä hinnan nousun aiheuttamaksi lisäkustannukseksi tulee rakentamispalveluiden yksikön osalta 388 000 euroa.

Yksityisten tahojen, yritysten ja urakoitsijoiden lisäksi myös muut kunnat toimittavat ylijäämämaitaan Myllypuron ja Ruskonperän alueille. Virallisia seudullisesti yhteistyössä toimivia maanvastaanottoalueita ei Tampereen ja lähikuntien alueilla ole käytössä.

3.4.1 Ruskonperä

Ruskonperän alue sijaitsee Hervannassa kaupungin eteläpuolella Tampereen ja Kangasalan rajan tuntumassa. Alue on ollut käytössä vuodesta 2008 lähtien. Ruskonperään otetaan tällä hetkellä vastaan ylijäämäämaa lisäksi myös louhetta ja betonijätettä (kuva 6). Alueelle saa vuosittain sijoittaa 150 000 m³ pilaantumaton maa- ja kiviainesta (PYKp PIR-2005-Y-241-111, 15). Nykyisellä täyttömäärällä Ruskonperä on käytettävissä enää muutaman vuoden ajan. Vastaanoton päätyttyä alue tullaan maise- moimaan virkistyskäyttöä varten.



Kuva 6. Ylijäämäämaata Ruskonperän maanvastaanottoalueella (valokuva Kirsi Lehtonen).

3.4.2 Myllypuro

Myllypuron alue sijaitsee kaupungin länsipuolella Tampereen ja Nokian rajalla. Alue on ollut käytössä kesästä 2010 lähtien. Vuonna 2012 myönnettiin ympäristölupa Myllypuron laajennusosalle. Laajennusosan rakentaminen on tarkoitus aloittaa mahdollisimman pian, jotta täyttökapasiteettia saadaan lisättyä.

Myllypurossa otetaan vastaan puhtaita ylijäämäämaita varastointia ja lopusjoi- tusta varten (kuva 7). Nykyisen toiminta-alueen osalta alueelle saa sijoittaa vuosittain 150 000 m³ pilaantumaton maa- ja kiviainesta ja alueen kokonaistäyttö saa olla noin 570 000 m³ (PYKp PIR-2008-Y-346-111, 19). Tulevaan laajennusosaan voidaan ottaa vastaan vuosittain 150 000 m³ maa- ja kiviainek- sia kokonaistäytön ollessa 1 710 000 m³ (LSSAVIp 91/2012/1, 31). Käytön päättymisen jälkeen alue kunnostetaan virkistyskäyttöön.

Laajennusosan täyttökapasiteetin ja nykyisen täyttömäärien perusteella Myllypuro on käytettävissä vielä noin 10 vuoden ajan. Toiminnan loppuminen Ruskonperässä saattaa tosin nopeuttaa Myllypuron täyttymistä.



Kuva 7. Myllypuron maanvastaanottoalue (valokuva Kirsi Lehtonen).

3.4.3 Uusi maanvastaanottoalue

Tampereen kaupungilla on parhaillaan käynnissä selvitystyö, jossa selvitetään uuden maanvastaanottoalueen sijainnin mahdollisuuksia ja rakentamisen sekä käyttöönoton suunnitelmia. Uusi maanvastaanottoalue tarvitaan nopealla aikataululla käyttöön nykyisten alueiden täytyessä. Uuden alueen avulla pyritään myös parantamaan ylijäämämaiden hyödyntämistä ja maa-ainesten uusiokäyttöä. Hanke on parhaillaan kiinteistötoimella harkinnassa. Tavoitteena on saada uusi maanvastaanottoalue käyttöön muuttaman vuoden kuluttua.

Kaikki ehdotetut maanvastaanottoalueet sijaitsevat kaupungin koillisosassa Aitolahden ja Teiskon alueella, josta etäisyys keskustaan on pidempi kuin nykyisiltä alueilta. Riittävän isoja ja vapaita alueita ei keskustassa ja sen läheisyydessä ole enää käytettävissä. Uusi maanvastaanottoalue tulee palvelemaan hyvin Nurmi-Sorilaan rakennettavaa uutta asuinalueita ja se helpottaa ylijäämämaan loppusijoitustarvetta, mutta kuljetusetäisyydet ja -reitit voivat kokonaisuuden kannalta tulla ongelmallisiksi. (Koivuniemi & Söderholm 2013, 11.) Keskimääräinen kuljetusetäisyys työmaiden ja maanvastaanottoalueiden välillä on tällä hetkellä noin 7 kilometriä ja enimmillään 15 kilometriä.

3.4.4 Väliaikainen varastointi

Työmaan väliaikaiseen varastointi- ja jalostustarpeeseen osoitettuja pidentäjäikäiseen varastointiin tarkoitettuja keskitettyjä varastointialueita ei ole tällä hetkellä käytettävissä. Rakentamisen yhteydessä muodostuvat hyödyntämiseen soveltuvat ylijäämämaat varastoidaan tällä työmaa-alueelle tai sen lähiympäristöön myöhemmin työmaan tarpeisiin käytettäväksi tai ne kuljetetaan maanvastaanottoalueille loppusijoitettavaksi. Ylijäämämaata ei ole vielä hyödynnetty muilla työmailla rakennusmateriaalina.

Väliaikaisen varastointialueen tulee olla kooltaan 1 000 – 2 000 m², jotta siihen saadaan sijoitettua tarvittavat toiminnot työmaan maa-aineshuollon tarpeisiin lajittelun, varastoinnin ja jalostuksen mahdollistamiseksi. Varastointitilaa tarvitaan sekä ylijäämämaalle että muille rakennustarvikkeille (kuva 8). Varastointialueen tulee myös sijaita riittävän lähellä työmaata.



Kuva 8. Materiaalien ja ylijäämämaan varastointia työmaan yhteydessä (valokuva Kirsi Lehtonen).

Pidempiaikaiseen varastointiin tarkoitettun varastointialueen tulee olla kooltaan vähintään hehtaarin kokoinen. Tarastenjärvelle rakennettava pidempiaikaiseen varastointiin suunniteltu alue on kooltaan noin 4,5 hehtaaria.

Tarastenjärven varastointialueelle on saatu ympäristölupapäätös helmikuussa 2013 sen nykyisen toiminnan muuttamiseksi. Alueelle rakennettavan Tammervoiman jätteenpolttolaitoksen vuoksi Tampereen Infran käytössä ollut nykyinen varastoalue täytyy siirtää. Siirtämisen lisäksi varastoalueelle tullaan lisäämään uusia toimintoja ja kasvattamaan nykyisten osalta tuotantomääriä.

Tarastenjärven varastointialueelle tullaan ottamaan vastaan pääosin kaupungin omilta työmailta muodostuvaa puhdasta maa- ja kiviainesta enintään 100 000 tonnia vuodessa. Ylijäämämaata on suunniteltu hyödynnettäväksi kadun rakentamisessa penkereisiin, suodatinkerrokseen ja jakaviin kerroksiin. Varastoinnin lisäksi alueella tehdään myös louhitun kiviaineksen murskausta. Toimintojen käyttöönoton myötä saadaan myös maa- ja kiviaineksia koskeva kirjanpito käyntiin. (LSSAVIp 18/2013/1, 10, 38.)

Ympäristöluvan kautta nykyisiä tuotantomääriä nostetaan asfalttijätteen vastaanoton, murskauksen ja hyödyntämisen sekä maa- ja kiviainesten varastoinnin ja hyödyntämisen osalta. Sadekaivojen pohjahiekan käsittelylle osoitetaan oma käsittelyalueensa. Uusina toimintoina alueella ovat betoni- ja tiilijätteen sekä kantojen vastaanotto ja murskaus. Lisäksi alueella on mahdollista valmistaa reunakiviä ja varastoida erilaisia rakennusmateriaaleja (kuva 9), joiden toiminnan kohdalla erillistä ympäristölupaa ei vaadita. (LSSAVIp 18/2013/1, 1.)



Kuva 9. Materiaalien varastointia Tarastenjärvellä (valokuva Kirsi Lehtonen).

3.5 Maa-ainesten ja materiaalien uusiokäyttö

Tampereella rakentamisessa muodostuva ylijäämämaa koostuu pääosin moreenista, savesta, siltistä, kivistä ja isoista lohkarista. Saven ja siltin osuus on Pirkanmaalla pääkaupunkiseutua vähäisempi ja maanvastaanottoalueita täyttävätkin ensisijaisesti kalliokiviainekset sekä moreenimaalajit. (Härmä ym. 2010b, 34).

Materiaalien uusiokäyttöasteen arvioidaan olevan 20 %. Hyödynnetty ylijäämämaa on käytetty pääosin sellaisenaan katujen ja meluvallien rakentamisessa. Jalostusta tehdään Tampereella tällä hetkellä vähän.

3.5.1 Materiaalijakeet

Moreenia on uusiokäytetty sellaisenaan toisarvoisissa rakennuskohteissa kuten luiskissa ja kaivantojen täytöissä. Se on pyritty hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti työmaalla tehtävän lajittelun avulla. Murskeen, soran ja hiekan kohdalla vain puhdasta materiaalia on käytetty rakentamisessa uudelleen.

Louheen kohdalla materiaali otetaan talteen ja käytetään joko sellaisenaan tai murskattuna. Räjätys- ja louhintakohteissa isokokoinen maa-aines voidaan murskata paikan päällä. Useimmiten louhe kuitenkin hyödynnetään sellaisenaan erilaisissa rakenteissa. Isot kivet ammutaan työmaalla pienemmiksi ja niitä käytetään täytöissä pohjamateriaaleina (kuva 10).



Kuva 10. Kiviä ja lohkareita (valokuva Kirsi Lehtonen).

Savea on hyödynnetty jonkun verran luiskissa ja erilaisissa täytöissä sellaisenaan (kuva 11). Pääosin kaikki savi päättyy loppusijoitukseen läjitettäväksi. Liejusavi läjitetään maanvastaanottoalueella erillisiin altaisiin valumisen estämiseksi, joten sitä ei voida hyödyntää kaatopaikkarakenteissa.

Pilaantuneita maita ei ole uusiokäytetty rakentamisen materiaaleina eikä suunnitelmia niiden käyttöönottamiseksi ole tehty.

Turvetta käytetään mullan valmistuksen materiaalina, jolloin turpeen sekaan sekoitetaan pienikokoista moreenia. Leikkikenttähiekkä hyödynnetään tähän tarkoitukseen. Multa käytetään taimistojen, viheralueiden, leikkipuistojen ja nurmikoiden rakentamisessa. Multaa valmistetaan Nekalan ja Vilusen vanhoilla kaatopaikka-alueilla ja lisäksi Ruskonperän maanvastaanottoalueella pienimuotoisesti.

Jäteasfalttia muodostuu kunnallisteknisten töiden ja katujen kunnossapitotöiden yhteydessä. Tarastenjärven uudella varastointialueella jalostettavasta asfalttimurskeesta (kuva 11) käytetään 50 % uusioasfaltin valmistukseen ja 50 % teiden, katujen ja kunnallistekniikan rakentamiseen. Suurin osa jäteasfaltista tuodaan alueelle palasina ja pieni osa jyrstäröuheena. Vastaanotettava materiaali murskataan asfalttimurskeeksi. (LSSAVIp, 18/2013/1, 10, 38.)

Betonia varastoidaan tällä hetkellä Ruskonperän maanvastaanottoalueelle. Tulevaisuudessa betonia on mahdollista murskata ja varastoida myös Tarastenjärvellä. Betoni jalostetaan murskeeksi ja se hyödynnetään mahdollisimman hyvin jakavan kerroksen materiaalina. Betoni- ja tiilijätettä muodostuu pääosin kaukolämmön suojakansista sekä katu- ja vihertuotannon työmaiden vanhoista betonikaivoista ja -viemäreistä.

Uusiokäytettävää tiiltä ei rakentamispalveluiden toiminnassa tällä hetkellä muodostu. Tarastenjärven varastoalueella on mahdollista varastoida ja jalostaa tiilijätettä tulevaisuudessa.

Rakentamisessa ylimääräiseksi jääviä reunakiviä on hyödynnetty uudelleen (kuva 11). Saneerauskohteissa kivet pyritään sijoittamaan takaisin paikoilleen, mutta muuten hyödyntämiseen kelpaamattomat reunakivet murskataan ja murske hyödynnetään eri kohteissa.



Kuva 11. Materiaaleja uusiokäyttöön: hienoainesta, reunakiviä ja asfalttimurskettä (valokuvat Kirsi Lehtonen).

Katujen hiekoituksessa käytettyä sepeliä ei tällä hetkellä hyödynnetä, sillä sepelin puhdistaminen on osoittautunut liian kalliiksi. Tampereella on selvitetty ja kokeiltu erilaisia puhdistusvaihtoehtoja ja -laitteistoja, mutta toistaiseksi niiden käyttö ei ole vastannut tarvetta ja odotuksia.

Teollisuuden sivutuotteita ei ole uusiokäytetty rakentamisen materiaaleina eikä suunnitelmia niiden käyttöönottamiseksi ole tehty.

Rakennuskohteilta kaadettavat puut myydään metsäosaston toimesta. Kannot ja risut kerätään pois ja toimitetaan eteenpäin käsiteltäväksi ja loppusijoitettavaksi. Tarastenjärvellä on jatkossa mahdollista ottaa vastaan myös kantoja varastointia ja jalostusta varten.

Tarastenjärven ympäristöluvassa kuvataan uusia toimintoja materiaalien uusiokäytön lisäämiseksi. Alueella tehtävän asfaltin ja uusioasfaltin valmistuksessa syntyvää pölyä voidaan hyödyntää prosessin aikana täyteaineena sekä maarakentamisessa. Lisäksi sadevesihiekka voidaan hyödyntää, jos se haitta-ainepitoisuuksiltaan ei ylitä valtioneuvoston asetuksen kynnys- ja ohjearvoja. Muutoin pesty hiekka täytyy toimittaa kaatopaikalle pilaantuneena maana. (LSSAVIp, 18/2013/1, 11,21.)

3.5.2 Jalostus

Maa-ainesten ja materiaalien jalostusta tehdään hyvin vähän. Käsittelymuotoina ovat murskaus ja seulonta. Hiekoitussepeliä on yritetty hyödyntää pesemällä siitä haitta-aineita pois, mutta toistaiseksi kustannukset ovat vielä liian suuret.

Työkohteessa muodostuva ja uusiokäytettävä ylijäämämaa jalostetaan osittain työmaalla tai sen läheisyydessä siirrettävien murskainten avulla. Jotta murskauksen tekeminen on kannattavaa, on murskattavaa materiaalia oltava määrällisesti paljon ja sen on oltava laadultaan hyvää. Murskattu materiaali hyödynnetään silloin pääosin työkohteessa.

Murskausta tehdään keskitetysti louheen ja betonin osalta Ruskonperän maanvastaanottoalueella sekä asfaltin osalta Tarastenjärvellä. Murskauksen yhteydessä materiaali usein myös seulotaan. Käsittelyn lisäksi materiaaleja myös varastoidaan näille alueille. Varastoinnin avulla saadaan tasattua materiaalien tarjontaa ja kysyntää. Lisäksi jalostuksesta saadaan kustannustehokkaampaa, kun pystytään käsittelemään suurempia määriä yhdellä kertaa. Murskaus toteutetaan urakoitsijoiden laitteistolla siirrettävien murskainten avulla.

Materiaalien jalostukseen liittyvät kustannukset eivät ole merkittävästi muuttuneet viime aikoina. Lievä hintojen nousu on noudatellut normaalia hintakehitystä. Polttoaineen hintojen nousulla on ollut suurempi vaikutus.

3.6 Kuljetukset

Suurin osa kuljetuksista toteutetaan urakoitsijoiden tekemänä. Lisäksi käytetään Tampereen Infran liikennepalvelujen henkilöstöä ja kalustoa. Kaiken kaikkiaan kuljettajien määrä ja käytettävä kalusto ovat riittävät tällä hetkellä. Kuljetuksien logistiikkaa ja käyttöastetta on tarve tehostaa nykyisestä. Kokonaisuuden hallinnan näkökulmasta useiden toimijoiden, työmaiden ja toimitusten aikataulujen sekä materiaalinhallinnan organisointi on haastavaa. Kuljetuksia tehostamalla pystytään säästämään sekä työajassa että kuljetuskustannuksissa ja kuljetuksista aiheutuvissa ympäristöhaitoissa.

Ajoreitit pyritään suunnittelemaan siten, että ajoa keskusta-alueella tulee mahdollisimman vähän. Tampereen sijoituksessa kahden järven väliin kaapeleille kannakselle on osa kuljetuksista ajettava vilkkaiden keskusta-alueiden liikennereittien kautta, jotta kuljetusmatkoista ei tule liian pitkiä. Materiaalikuljetukset tehdään päiväaikaan, jolloin liikenne on vilkkainta. Maanvastaanottoalueet sijoittuvat eri puolille kaupunkia lähelle naapurikuntien rajoja, joten ajoreitit suunnitellaan työmaiden ja lähimmän maanvastaanottoalueen välille. Tarastenjärven varastointialueen sijainti ainoana varastointialueena on haaste kuljetuksien näkökulmasta.

3.7 Ympäristövaikutusten seuranta

Rakentamispalveluissa ei erikseen seurata omasta toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja päästöjä. Liikennepalveluiden yksikössä seurataan polttoaineen kulutuksen määriä, mutta näkökulma on taloudellinen. Kaupungin tasolla ympäristökuormituksia seurataan useiden eri indikaattoreiden ja mittareiden kautta. Kestävän kehityksen edistämiseksi onkin käynnistetty useita eri hankkeita ja ohjelmia, joilla parannetaan asukkaiden

viihtyvyyttä ja ympäristön tilaa sekä vähennetään toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Kasvihuonekaasupäästöjä seurataan vuositasolla. Tampereen kaupunki on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään yli 20 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä (Tampereen kaupunki 2013c, 16). Kaupunkiseudun ilmastostrategian visiona on saada hiilidioksidipäästöjä vähennettyä 40 % asukasta kohden ja kokonaisuutena 30 %. Tavoitteen toteutumista tuetaan maankäytön ja liikenteen yhteensovittamisella. (Tampereen kaupunkiseutu 2010, 19.)

Ilmanlaatumittareilla valvotaan säännöllisesti kaupunkialueen ilman puhtautta sekä teollisuudesta ja liikenteestä aiheutuvia päästöjä. Ympäristön tilaa seuraavissa raportoinneissa keskeisiä aihealueita ovat ilmanlaadun seurannan ohella melu, jätevesikuormitus, pinta- ja pohjavesien laatu, vedenhankinta, jätehuolto, jätemäärien kehitys sekä pilaantuneet maa-alueet. Luontoinventointien kautta seurataan luonnon monimuotoisuudessa tapahtuvia muutoksia. (Tampereen kaupunki 2013c, 19.)

Rakentamisen ja maankäytön energiatehokkuuden edistämiseksi on käynnistetty ECO₂- ekotehokas Tampere 2020 –hanke. Hankkeen tavoitteiksi on määritelty ilmastositoumusten toteuttaminen sekä vähähiilisen kaupunkikehityksen ja ympäristöliiketoiminnan kehittäminen. Tampere haluaa olla edelläkävijä ilmastoasioiden alalla. (Tampereen kaupunki 2013a.)

3.8 Maapankki

Tampereen kaupungin käyttöön kehitetään parhaillaan paikkatietopohjais- ta järjestelmää Maapankkia. Maapankin avulla toteutetaan ylijäämämaiden muodostumis- ja käyttömäärien seuranta ja tiedonhallintaa niin, että tieto tarvittavista ja saatavilla olevista materiaaleista on reaaliaikaisesti saatavilla. Järjestelmään tallennetaan tiedot maanvastanottoalueista, varastointialueista, työmaista sekä materiaalin toimittajista (kuva 5). Ylijäämämaat luokitellaan materiaalityypeittäin ja järjestelmästä löytyy myös tiedot muiden rakennusmateriaalien kuten reunakivien ja kaivojen osalta. Maapankki tulee toimimaan määrällisen seurannan lisäksi myös suunnittelun ja maa-ainesten uusiokäytön lisäämisen työkaluna.

Maapankin tietojen päivitys toteutuu osittain manuaalisesti järjestelmästä vastaavan henkilön ja työmaapäälliköiden toimesta. Osa tiedoista tulee siirtymään kuljettajien käyttöön otettavan langattoman tiedonsiirron kautta. Tampereella on parhaillaan käynnissä kehitystyö sähköisten ajopäiväkirjojen ja tuntiseurannan toteuttamiseksi. Tiedot tehdyistä materiaalien siirroista otetaan samalla tähän sovellukseen mukaan. Laitteisto tulee mahdollistamaan paikannuspalvelujen käytön myös kuljettajille, jolloin hyödynnettävien ylijäämämaiden ja materiaalien kuljetuksia voidaan nykyistä paremmin kohdentaa suoraan työkohteelta toiselle tarpeen mukaan.

Maapankin kehitystyö kuuluu yhtenä osana rakentamispalveluiden vuoden 2013 ympäristötavoitteeseen. Järjestelmän käyttöönotolle ei ole asetettu sitovaa päivämäärätavoitetta, mutta se pyritään saamaan testikäyttöön lop-

pusyksystä 2013. Langattomaan tiedonsiirron osalta laitteiston ja järjestelmän testikäytön aloittamista on suunniteltu keväälle 2014.

3.9 Haasteet

Uusiomateriaalien ja jalostuksen hinta suhteessa neitseellisen materiaalin hankinta- ja toimitushintoihin hidastaa uusiokäytön lisäämistä. Yleisesti uusiokäyttöön ja uusiomateriaaleihin suhtaudutaan vielä epäilevällä ja kielteisellä asenteella. Tietoa ja kokemusta ei ole tarpeeksi. Uusiomateriaalien tuotteistamisen kautta kynnys niiden käyttöön madaltuu, kun materiaalien laadusta ja niiden sisältämistä riskeistä saadaan parempi varmuus. Ylijäämämaan paremman hyödyntämisen osalta tulee materiaalin soveltuvuuden arvioiminen saada nykyistä hallitummaksi kokonaisuudeksi yhteisten toimintamallien ja –tapojen käyttöönoton kautta. Tällä hetkellä yhteisesti sovittua toimintatapaa ei ole, vaan työmaapäällikön vastuulla on tehdä tarvittavat mittaukset sekä arvioida ja tarkistaa materiaalin soveltuvuus käyttökohteeseen.

Kaupungilla käytössä oleva tilaaja-tuottaja –malli koetaan tällä hetkellä enemmän haitaksi kuin hyödyksi uusiokäytön lisäämistä ajatellen. Uusiokäyttöä ei huomioida riittävästi kilpailutusvaiheessa eikä lopullisia päätöksiä tehtäessä. Vastakkainasettelu taloudellisten ja ympäristön kannalta edullisempien tavoitteiden välillä kääntyy yleensä taloudellisten seikkojen puolelle. Näkökulmaerot myös hidastavat yhteistyön edistymistä ja uusien toimintamallien käyttöönottoa.

4 JÄTTEESTÄ RAKENNUSMATERIAALIKSI

Euroopan unionin säädösten mukaan materiaalit ovat aina jätteitä tai tuotteita. Kun jätteitä hyödynnetään uudelleen, tulee lainsäädännön velvoitteiden aina toteutua. Käyttö ei saa aiheuttaa vaaraa maaperän tai pohjaveden pilaantumiselle eikä se saa muuten vaarantaa terveyttä tai ympäristöä. Siksi käyttöketjun koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset täytyy huomioida. (Inkeröinen & Alasaarela 2010, 3; Pajukallio ym. 2010, 9,14.)

4.1 Jätteen ja sivutuotteen määritelmä

Jätelain mukaan jäte on aine tai esine, jonka sen haltija on poistanut, aikoo poistaa tai on velvollinen poistamaan käytöstä (JL 5.1 §).

Uudessa jätelaissa (JL 5.2 §) on täydennetty jätteen määritelmää kuvaamalla tarkemmin sitä, milloin aine tai esine ei ole enää jätettä vaan sivutuote. Sivutuote syntyy sellaisessa tuotantoprosessissa, jonka ensisijaisena tarkoituksena ei ole aineen tai esineen valmistaminen ja

- aineen tai esineen jatkokäytöstä on varmuus
- ainetta tai esinettä voidaan käyttää suoraan sellaisenaan tai sen jälkeen, kun sitä on muunnettu enintään tavanomaisen teollisen käytännön mukaisesti
- aine tai esine syntyy tuotantoprosessin olennaisena osana
- aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Jätelain (5.3-4 §) mukaan valtioneuvoston asetuksella jätteistä annetaan tarkempia säännöksiä sivutuotteeksi luokittelun edellytyksistä sivutuotteittain ja jätelajeittain. Aine tai esine ei ole enää jätettä, jos

- se on läpikäynyt hyödyntämistoimen
- sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti
- sillä on markkinat tai kysyntää
- se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen
- sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Toiminnanharjoittaja määrittelee ensisijaisesti toiminnassaan syntyvät jätteet. Jätteen määrittely perustuu edellä mainittuihin jätteen yleiseen määritelmään sekä sitä täydentävien sivutuotteiden ja jäteominaisuuksien päättymistä koskeviin perusteluihin. Viranomaisen päättää jätteen määrittelystä lupakäsittelyn yhteydessä. (Levinen 2012, 12.)

Jos tuote määritetään sivutuotteeksi tai sen jäteominaisuuden päättymistä haetaan, tulee perusteluiden pohjautua jätelakiin tai EU-asetuksien kriteereihin. Euroopan unionin lainsäädännössä jätedirektiivissä määritellään sivutuotekriteerit, joiden täytyessä materiaali voidaan suoraan luokitella sivutuotteeksi. End of Waste -kriteereitä sovelletaan silloin, kun jäteluokittelusta halutaan päästä eroon. Sivutuotekriteerejä voidaan soveltaa tapauskohtaisesti, mutta End of Waste -kriteerit ovat aina materiaalikohtaisia. Näissä tapauksissa perustelut vaaditaan sekä toiminnanharjoittajalta että viranomaisilta. (Dahlbo 2010, 81; Levinen 2012, 12.)

4.2 Hyödyntämisen tarve

Maa-ainesten hyödyntämiselle tulee olla selkeä tarve. Jos ylijäämämaan uusiokäyttö on varmaa ja suunnitelmallista eikä muuntamistoimia vaadita, voidaan ylijäämämaa hyödyntää materiaalina eikä se silloin täytä jätteen tunnusmerkkejä. Ympäristölupaa ei tarvita. Hyödyntämisen tulee perustua johonkin suunnitelmaan kuten esimerkiksi kaavaan tai katusuunnitelmaan (taulukko 3). Puhtaan maa-aineksen hyödyntämiseen liittyvät tarkastelupe-

rusteet on pystyttävä perustelevaan ja esittämään viranomaisten pyynnös-
tä. (Levinen 2012, 13-14; Ympäristöministeriö 2012b, 3-4.)

Ympäristöministeriön (2012b, 3-4) ohjeistuksena tarkasteluperusteiksi on
se, että

- hyödyntämistä ei voida pitää varmana, jos maa-ainesta varastoidaan
pitkään, pääsääntöisesti yli kolmen vuoden ajan
- suunnitelmallisuus voidaan osoittaa ja hyödyntämisen edellytykset
määritellä erilaisten suunnitelmien ja viranomaislupien yhteydessä
- muuntamistoimia voivat olla esimerkiksi fysikaalinen, kemiallinen tai
biologinen käsittely.

Mekaanista käsittelyä, jossa maa-aines lajitellaan tai seulotaan, ei katsota
muuntamistoimeksi. Kaivettu maa-aines taas on kokonaisuudessaan jätet-
tä, jos se pitää sisällään merkittävän määrän muuta jätettä eikä puhdasta
maa-ainesta saada eroteltua. Merkittävyuden raja riippuu jätteen ominai-
suuksista ja se tulee arvioida aina tapauskohtaisesti. (Ympäristöministeriö
2012b, 4.)

Taulukko 3. Pilaantumattoman maa-aineksen hyödyntämistä ja suunnitelmallista
käyttöä todentavia asiakirjoja (Pajukallio 2013; Ympäristöministeriö 2012b,
4).

Pilaantumattoman maa-aineksen hyödyntämistä ja suunnitelmallista käyttöä todentavia asiakirjoja	
Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)	
asemakaava	
katusuunnitelma	
yleisen alueen toteuttamissuunnitelma	
rakennuslupa	
toimenpidelupa	
purkamislupa	
maisematyölupa	
maisematyöilmoitus	
Kaivannaisjätteistä annettu asetus (190/2013)	
jätehuoltosuunnitelma	
Maa-aineslaki (555/1981)	
maa-aineslupa	
Ympäristönsuojelulaki (86/2000)	
ympäristölupa	
ilmoitus	
Maantielaki (503/2005)	
tiesuunnitelma	
Ratalaki (110/2007)	
ratasuunnitelma	
Vesilaki (587/2011)	
vesilupa	
Kaivoslaki (621/2011)	
jätehuoltosuunnitelma	

4.3 Edellytykset jätteen uusiokäytölle

Jätteen käyttö materiaalina edellyttää materiaali-
jakeiden keräystä, lajitte-
lua sekä teknisten ja mahdollisten vaaraominaisuuksien arviointia ennen
jätteen hyödyntämistä uudessa käyttökohteessaan.

4.3.1 Lajittelu

Valtioneuvoston asetuksessa jätteistä (VNa 179/2012, 15-16 §) velvoitetaan rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimaan siitä, että toiminnassa syntyy mahdollisimman vähän haitatonta rakennus- ja purkujätettä. Käytökelpoiset esineet ja aineet tulee ottaa talteen ja käyttää uudelleen. Eriliskeräys täytyy järjestää

- betoni-, tiili-, kivennäislaatta- ja keramiikkajätteille
- kipsipohjaisille jätteille
- kyllästämättömille puujätteille
- metalli-, lasi- ja muovijätteille
- paperi- ja kartonkijätteille
- maa- ja kiviainesjätteille.

Rakennusjätteet velvoitetaan hyödynnettäviksi myös rakennusjätteitä koskevan valtioneuvoston päätöksen mukaan. Uusiokäyttöä varten on lajiteltava edellä mainittujen materiaali- ja kiviaineksen lisäksi myös ruoppausjätteet. (VNp 295/1997, 5 §).

4.3.2 Materiaalin ominaisuudet

Kaivetun maa-aineksen jätteen vaarallisuus arvioidaan sen sisältämien aineiden pitoisuuksien ja niistä aiheutuvien vaaraominaisuuksien perusteella. Euroopan unionin jäteluettelon ja vaarallisten jätteiden luokituksen ja siihen liittyvien vaaraominaisuuksien uusiminen on parhaillaan käynnissä ja ne pyritään saamaan voimaan 1.6.2015. Uudistaminen tulee aiheuttamaan myös muutoksia pilaantuneiden maa-ainesten osalta. Kallio- tai maaperästä irrottamaton ja pilaantunut maa-aines ei kuulu jätelain eikä jätedirektiivin piiriin. (Levinen 2012, 13; Ympäristöministeriö 2012b, 4.)

Maa-aineksen ominaisuuksien ja hyödyntämiskelpoisuuden määrittämiseksi tarvitaan riittävä määrä edustavia näytteitä sekä tehtävien tutkimusten laadunvarmistusta. Tehtävien tutkimusten ja mitattavien asioiden laajuuteen vaikuttavat suunnitellut käsittelymenetelmät sekä maamassojen loppusijoitus- ja hyödyntämiskohteet. Haitta-ainepitoisuuksien lisäksi vaaditaan usein myös hienoaineksen ja orgaanisen aineksen pitoisuuksien sekä liukoisuuksien selvittämistä. Tutkimus- ja arviointimenetelmät vaihtelevat sen mukaan onko kyseessä pilaantunut vai pilaantumaton maa. Arviointien tavoitteena on varmistaa, että suunniteltu käsittelymenetelmä soveltuu hyödynnettäville maamassoille ja että maa-ainekset eivät pilaa ympäristöä hyödyntämiskohteessaan. Valtioneuvoston asetuksessa annetut maaperän haitta-aineksen ohjearvot on tarkoitettu pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin, joten niitä ei voi sellaisenaan käyttää kaivetun maa-aineksen käsittely- tai uusiokäyttökelpoisuuden arvioimiseksi. (Ympäristöministeriö 2012b, 9-10.)

Ympäristölainsäädännössä ei ole velvoitteita materiaalien teknisille ominaisuuksille. Niiden soveltuvuus käyttökohteisiin tulee kuitenkin teknisten ominaisuuksien osalta huomioida, sillä huonolaatuisten tuotteiden on vaikeaa kilpailla markkinoilla vastaavien luonnonmateriaaleista valmistettujen tuotteiden rinnalla. Huonolaatuiset materiaalit aiheuttavat myös kus-

tannuksia ja kuormittavat ympäristöä, jos rakennetta joudutaan uusimaan suunniteltua aikaisemmin. Uusiomateriaalien tekniset ominaisuudet tuleekin aina ottaa mukaan hyödyntämiskelpoisuuden arviointiin. Ympäristökelpoisuutta voidaan siten tarkastella lupa- ja ilmoitusmenettelyn lisäksi myös tuotteistamisen näkökulmasta. (Pajukallio ym. 2010, 14.)

4.3.3 MARA-asetus

Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (VNa 591/2006, 5 §) eli niin sanotussa MARA-asetuksessa määritetään myös jätteen hyödyntämiseen liittyviä asioita. Ympäristönsuojelu- ja jätelain vaatimusten ohella on huolehdittava siitä, että

- jätteen haitallisten aineiden pitoisuus ja liukoisuus eivät ylitä säädettyjä raja-arvoja eikä jäte sisällä epäpuhtauksina haitallisia aineita niin, että sen hyödyntämisestä voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle
- haitallisten aineiden liukeneminen ja muut ympäristölle tai terveydelle haitalliset päästöt eivät lisäänty, kun jätteitä sekoitetaan keskenään teknisten ominaisuuksien parantamiseksi tai kun jätteisiin lisätään kalkkia, sementtiä tai vastaavia sideaineita
- käytetään maarakenteen tasauksen, kantavuuden ja kestävyuden kannalta tarpeellinen määrä jätettä niin, että jätettä sisältävän rakenteen paksuus on enintään 150 cm
- jätettä sisältävä rakenne ei joudu kosketuksiin pohjaveden kanssa
- jätettä sisältävän rakenteen etäisyys talousvesikäyttöön tarkoitettusta kaivosta tai lähteestä on vähintään 30 m
- jätettä sisältävä rakenne peitetään tai päällystetään
- jätteen väliaikainen varastointi ja muu toiminta hyödyntämispaikalla järjestetään siten, että jätteen joutuminen ympäristöön estyy eikä toiminnasta aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle
- jätteen varastointi hyödyntämispaikalla aloitetaan aikaisintaan neljä viikkoa, tai jos jäte varastoidaan suojattuna, kymmenen kuukautta ennen hyödyntämistä.

4.3.4 Tuotteistaminen

Tuotteistamisen kautta saadaan hyödyntämiskelpoisia jätemateriaaleja pois jättesäätelyn piiristä, kun materiaaleja voidaan hyödyntää nimettyinä tuotteina. Samalla noudatetaan vaadittavia jättesäännöksiä ja laatukriteereitä. Tuotteistamisena voidaan pitää myös niitä toimenpiteitä, joilla jätemateriaalien hyödyntämistä saadaan helpotettua. Tuotteistuksen kautta uusiomateriaalien laatu paranee ja käyttäjät saavat lisää tietoa niiden tarjoamista käyttömahdollisuuksista. Aine tai esine siirtyy silloin tuotesäätelyn piiriin, jolloin sen valmistukseen tai käyttöön voidaan soveltaa kemikaalilainsäädäntöä. Tuotetta voi koskea myös Euroopan unionin asettama REACH –asetus. (Pajukallio ym. 2010, 14; Makkonen, Angerman, Rova & Tanskanen 2010, 43.)

Pajukallion ym. (2010, 14) mukaan uusiomateriaalit voidaan luokitella tuotteistamisen suhteen neljään ryhmään, joita ovat

- jo valmiina olevat tai pitkälle tuotteistetut materiaalit, joiden uusiokäytölle ei ole esteitä ja joiden käyttö on ohjeistettu ja tuotteenomainen
- lähellä tuotteistamista olevat materiaalit, joille tuotteistamisen edellyttämää tutkimus- ja kehitystyötä on tehty varsin pitkälle
- materiaalit, joille on tehty tuotteistamistutkimuksia, mutta joiden tuotteistaminen vaatii edellistä ryhmää pidemmän ajan
- materiaalit, joiden tuotteistaminen vaatii erityisen paljon panostusta tai joiden tuotteistamisen edellytykset nähdään tässä vaiheessa vähäisiksi.

Kiviaineksiin kohdistuvien tuotteistamisen vaatimusten osalta nykyohjeistus koostuu rakentamismääräyskokoelmasta, kiviaineksen tuotestandeista ja niihin liittyvistä testausmenetelmästandardeista, kansallisista soveltamisstandardeista, InfraRYL:sta, asfalttinormeista, betonin kiviainesohjeista sekä hankekohtaisista vaatimuksista. (Kuula-Väisänen 2012, 22.)

4.3.5 CE -merkintä

Suomessa ovat käytössä eurooppalaiset kiviainesstandardit, jotka perustuvat Euroopan unionin rakennustuotedirektiiviin. Tuotestandeissa esitellään testausmenetelmät eri ominaisuuksien määrittelemiseksi. Lisäksi jalostusprosessien aikainen laadunvalvonta on määritetty. Niissä on myös ohjeet CE -merkintää varten. CE -merkinnän avulla vakuutetaan, että kiviaines täyttää standardeissa määritellyt vaatimukset. Kiviaineshuollon näkökulmasta CE -merkinnän saaminen voi kuitenkin olla hankalaa, jos muodostuvat määrät ovat pieniä eikä niitä pystytä lajittelemaan muodostumispaikkansa mukaisesti. Jos aines on laadultaan hyvää, saattaa CE -merkinnän hankkiminen pienellekin määrälle olla kannattavaa. (Pokki, Rekola, Härmä, Kuula-Väisänen, Räisänen & Tiainen 2009, 15-16.)

Euroopan unionin rakennustuoteasetus astuu voimaan 1.7.2013. CE -merkinnästä tulee pakollinen silloin, kun rakennustuote saatetaan markkinoille ja sille on olemassa harmonisoitu tuotestandardi, jonka siirtymäaika on päättynyt. (Kuula-Väisänen 2012, 3,8.)

4.4 Lupa- ja ilmoitusmenettely lainsäädännössä

Maa-ainesten hyödyntämistä ja uusiokäyttöä koskevat useat eri lait ja asetukset lupa- ja ilmoitusmenettelyineen. Näistä tehty kooste esitetään liitteessä 1.

4.4.1 Ympäristölupa

Yleisenä periaatteena on, että jätteen hyödyntäminen maarakentamisessa tarvitsee ympäristösuojelulain mukaisen ympäristöluvan. Poikkeuksena tästä ovat ne jätteet, jotka on vapautettu lupavelvollisuuden piiristä erilli-

sellä luvalla. Kaivettuun maa-ainekseen sovelletaan jätteen yleistä määritelmää riippumatta siitä, onko kaivettu maa-aines pilaantunutta vai puhdasta. Puhdas maa-aines on siten jätettä, jos se kuljetetaan maanvastaanottopaikalle loppusijoitukseen. Jos puhdas maa-aines hyödynnetään varmasti ja suunnitelmallisesti ilman muuntamistoimia, sen ei katsota olevan jätettä eikä sen hyödyntämiseen silloin tarvita lupaa. (Levinen 2012, 13-14; Makkonen ym. 2010, 43.)

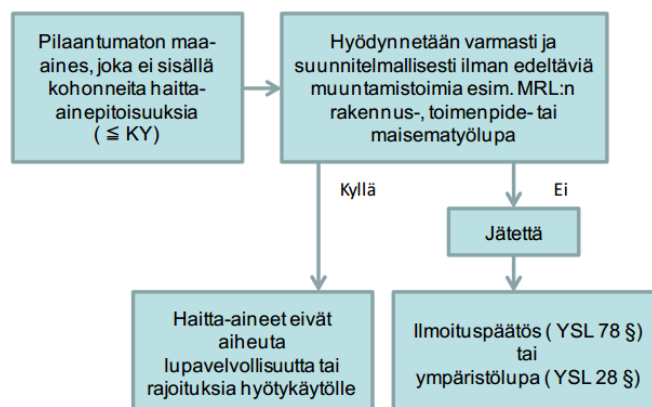
Pilaantuneen maan osalta ympäristölupaa ei tarvita, jos pilaantumaton maa käsitellään ja hyödynnetään ottamispaikalla tai jollain muulla rakentamispaikalla jätelain hyväksymän suunnitelman tai luvan mukaisesti (Ympäristöministeriö 2007, 102-103).

Kiviaineksen murskaus rakennuspaikalla edellyttää ympäristöluvan saamista, jos murskaus kestää vähintään 50 vuorokautta. Lyhyemmässä ajassa suoritettuna riittää meluilmoitus. (Härmä ym. 2010a, 5.)

Suuren betonimäärän käsittelyyn ja sijoittamiseen tarvitaan ympäristölupa tai ilmoitus alueelliselle elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle. Betonimurskeen hyödyntämiseen sovelletaan valtioneuvoston asetusta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. (Gull 2011, 28; VNa 591/2006, liite 1.)

4.4.2 MARA-asetuksen mukainen ilmoitus

Valtioneuvoston asetuksessa eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa määritetään ne perusteet, joiden täytyessä asetuksessa tarkoitettujen jätteiden ammattimaiseen tai laitospäiniseen käyttöön ei tarvita ympäristölupaa (kuva 12). Ympäristöluvan sijaan jätteen hyödyntäjä tekee ilmoituksen jätteen hyödyntämisestä alueelliselle elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle ympäristönsuojelun tietojärjestelmään merkitsemistä varten. Hyödyntäminen voidaan aloittaa, kun tieto rekisteröinnistä on saatu. Jos asetuksen velvoitteet eivät täyty, voidaan materiaalien hyödyntämiselle vielä erikseen hakea ympäristölupaa. Osa kuonista ja mineraalisista jäännösmateriaaleista tarvitsee aina luvan uusiokäyttöä varten. (Makkonen ym. 2010, 43; Ympäristöhallinto 2013a.)



Kuva 12. Kaivettua ja pilaantumatonta maa-ainesta koskevat hallintomenettelyt (Ympäristöministeriö 2012b, 6).

Ilmoitusmenettely koskee betonimurskeen, leijupetihiekan sekä kivihiekan, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkien ammatti- ja laitosmaista hyödyntämistä rakennuskohteissa, joita ovat yleiset tiet, kadut, pyörätiet ja jalkakäytävät sekä niihin välittömästi liittyvät tienpitoa tai liikennettä varten tarpeelliset alueet. Menettelyn ulkopuolelle jäävät melusteet, pysäköintialueet, urheilukentät, virkistys- ja urheilualueiden reitit, ratapihat sekä teollisuus-, jätteenkäsittely-, ja lentoliikenteen alueiden varastointikentät ja tiet. (Ympäristöhallinto 2013a.)

Asetusta sovelletaan silloin, kun se toteutetaan maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitetun katusuunnitelman, yleisen alueen toteuttamissuunnitelman, luvan tai ilmoituksen tai maantielaissa tarkoitetun tiesuunnitelman mukaan muualla kuin tärkeillä ja muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla. (Ympäristöhallinto 2013a.)

4.4.3 Maa-ainesten ottolupa

Maa-aineslaissa säädetään maaperän aineiden hyödyntämisestä. Lupa maa-ainesten ottoon tarvitaan muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta aina, kun kiveä, soraa, hiekkaa, savea tai multaa otetaan maaperästä pois kuljettamista, varastointia tai jalostamista varten. Rakentamisen yhteydessä irrotettuun maa-ainekseen ja sen uusiokäyttöön ei lupaa kuitenkaan vaadita, kun toimenpide perustuu viranomaisen antamaan lupaan tai hyväksymään suunnitelmaan. (MAL 1.1-2 §.)

4.4.4 Rakennus- ja maisematyölupa

Maankäyttö- ja rakennuslain sekä –asetuksen mukainen rakennuslupa oikeuttaa maa-ainesten poistamiseen ja niiden hyödyntämiseen rakennuspaikalla rakentamista valmistelevana toimenpiteenä. Maisematyöluvalla mahdollistetaan maisemaa muuttavien toimenpiteiden kuten louhinnan, kaivuun ja puiden kaadon toteuttaminen. Jos rakennuslupaa ei ole, voidaan asemakaavan mukaiseen valmistelevaan rakentamiseen kuuluvat louhintatyöt hoitaa maisematyöluvan perusteella. (Härmä ym. 2010a, 7.)

4.4.5 Siirtoasiakirja

Maa-ainejätteiden tuottajan ja haltijan on oltava selvillä jätteen määrästä, sen laadusta ja ominaisuuksista, alkuperästä sekä luokittelusta. Vastaanottajan tulee puolestaan huolehtia siitä, että vastaanotettava jäte on ympäristöluvan mukaisen käsittelytavan mukaista jätettä. Laadunhallintajärjestelmän on oltava ajan tasalla. (Ympäristöministeriö 2012b, 8.)

Jätelaki edellyttää jätteen haltijan laatimaan siirtoasiakirjan jätteen ammattimaista kuljetusta varten. Se laaditaan kuljetettaessa vaarallista jätettä, sako- ja umpikaivolietteitä, rakennus- ja purkujätettä, hiekka- ja rasvakaivojen lietteitä sekä pilaantunutta maa-ainesta. Jätteen haltijan on huolehdittava siitä, että asiakirja on mukana jätteen siirron aikana ja että se toimitetaan jätteen vastaanottajalle. (Pirkanmaan Jätehuolto 2013.)

4.4.6 Ympäristövaikutusten arviointi

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA) sovelletaan hankkeisiin, joista aiheutuu merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Kiven, soran tai hiekan otto vaatii YVA -menettelyn, kun louhinta- tai kaivualueen pinta-ala on yli 25 hehtaaria tai otettava ainesmäärä on vähintään 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa. YVA -menettelyn piiriin kuuluvat myös ne jätteiden fysikaaliskemialliset käsittelylaitokset, joissa käsitellään yli 100 tonnia jätettä vuorokaudessa. (Härmä ym. 2010a, 7.)

4.5 Jätteisiin liittyvät maksut

Jäteveroa sovelletaan kaatopaikalle sijoitettavien jätteiden osalta silloin, kun jätteiden hyödyntäminen on teknisesti mahdollista ja ympäristönsuojelun kannalta perusteltua. Jäteverolla pyritäänkin vaikuttamaan jätteen taloudelliseen hyödynnettävyyteen. Ongelmajätteet, hyödyntämättömäksi luokitellut jätteet ja kaatopaikan rakenteissa hyödynnettävät jätteet ovat verovapaita. Veron piiriin kuuluvat kaikki kaatopaikat, joille sijoitetaan verotettavaa jätettä. Veron ulkopuolelle jäävät kuitenkin alle kolmen vuoden varastointia varten perustetut varastointialueet, jätteiden kompostointi- ja hyödyntämisalueet sekä maanvastaanottoalueet. Kaatopaikalle toimitettavasta jätteestä peritään veroa vuoden 2013 alusta 50 € jätetonnin kohti. (Ympäristöministeriö 2012a.)

Suomessa ei ole vielä käytössä maa-aineksiin liittyvää verotusta. Sen käyttöönottoon liittyviä mahdollisuuksia ja tarkoituksenmukaisuutta selvitetään parhaillaan. Ehdotuksena on, että maa-ainesvero kohdistetaan maa-aineksen oton lupiin, jolloin kotitarvekäyttö jää verotuksen ulkopuolelle. Veron avulla pyritään vähentämään luonnonvarojen käyttöä ja tukemaan kestävästä kehityksestä. Maa-ainesvero koskevaa Euroopan unionin lainsäädäntöä ei ole, mutta vastaavanlainen vero on käytössä jo Ruotsissa, Iso-Britanniassa ja Tanskassa. (Valtiovarainministeriö 2012, 1, 17-19.)

Kunnan vastuulla olevan jätehuollon kustannuksia katetaan kunnallisilla jätemaksuilla. Kustannuksia muodostuu jätteiden kuljetuksesta, käsittelypaikkojen perustamisesta, ylläpidosta, käytöstä poistamisesta ja jälkihoitosta, rekisterien ylläpidosta sekä jäteneuvonnasta. Erillistä perusmaksua voidaan vielä periä rekisterien ylläpidosta ja siihen liittyvästä neuvonnasta. Jättemaksujen suuruudella vaikutetaan jätteiden määrän muodostumiseen, hyödyntämiseen ja lajitteluun. Usein uusiokäytettävästä jätteestä peritäänkin pienempi käsittelymaksu. Jättemaksu peritään jätteen haltijalta ja sen määräytymisen perusteet löytyvät kunnittain hyväksytyistä jätetaksoista. (Ympäristöministeriö 2012a.)

5 MATERIAALIEN HYÖDYNTÄMINEN KADUN RAKENTAMISESSA

Maa-ainesten ekologisesti kestävä käyttö tavoitteena on vähentää luonnon kiviainesvarojen käyttöä ja samalla edistää kiviainesten kierrätystä ja uusiokäyttöä. Pääosa kadun rakentamisessa käytetyistä rakennusmateriaa-

leista on luonnosta saatavia materiaaleja, jotka ovat hyvin tutkittuja ja joiden käytöstä on olemassa paljon kokemusta (taulukko 4). Sora ja hiekka ovat näistä tärkeimmät ja parhaiten rakentamiseen soveltuvat, mutta niiden tarve on myös suurin. Sora- ja hiekkavarantojen määrien vähentyminen, kuljetusmatkojen pidentyminen ja luonnonsuojelulliset näkökohdat ovat kasvattaneet korvaavien materiaalien käyttöönottarvetta. (Eskola, Mroueh, Juvankoski & Ruotoistenmäki 1999, 26; Ympäristöhallinto 2013b.)

Taulukko 4. Katurakenteissa käytettäviä perinteisiä materiaaleja (Eskola ym. 1999, 29).

Perinteiset materiaalit	
Käyttötapa	Materiaali
Sideaine	Sementti, kalkki
Runkomateriaali	Sora, karkea hiekka, soramoreeni, murske
Täyteaine	Hieno hiekka, karkea siltti, hiekkamoreeni
Muu materiaali	Silttimoreeni, savi, hieno siltti, lieju

Sivutuotteita, uusiomateriaaleja ja puhdasta ylijäämämaata voidaan käyttää kadun rakentamisessa joko sellaisenaan tai eri tavoin jalostettuna. Materiaalien syntyävän ja ominaisuuksien perusteella niiden käyttökohteet valitaan vastaavien luonnonmateriaalien ominaisuuksiin ja käyttökohteen vaatimuksiin verraten. Materiaaleja voidaan käyttää sekä sitomattomina että sidottuina. Käyttökohteita ja käyttötarkoituksia voivat olla

- kantava ja jakava kerros
- suodatinkerros; lämpöeriste ja salaojituserros
- päällyste; kiviaines, uusiopäällyste, täyteaine
- pengertäyte
- meluvallit
- maisemointitäytöt
- kevennys- ja tiivistemateriaalit
- sideaine. (Ympäristögeotekniikan luentomateriaali n.d., 6.)

Korvaavia materiaaleja löytyy heikkolaatuisiksi luokitelluista maalajeista kuten savesta, siltistä, moreenista ja turpeesta. Sellaisenaan näitä materiaaleja voidaan käyttää erilaisissa täytöissä, tiivistyksissä ja suojausrakenteissa kohteen vaatimien kriteerien mukaan. Niitä täytyy kuitenkin käsitellä jollain tapaa ennen niiden käyttämistä kuormitusta vaativissa rakenteissa. Käsitelytarve ei kuitenkaan saa olla este, koska perinteisiäkin materiaaleja täytyy sitoa ja stabiloida, murskata sekä seuloa, jotta ne vastaavat kohteelle määritettyjä vaatimuksia. (Eskola ym. 1999, 26-27.)

Maarakennuskohteita korjattaessa ja uusittaessa saadaan kaivantojen vanhoista maarakenteista käyttöön materiaaleja, joita voidaan hyödyntää uudelleen. Niitä voidaan vaihtaa tai käsitellä kierrätystä ja uudelleenkäyttöä varten kohteen ylläpitotoimintojen yhteydessä. Massojen vaihdossa poistettua massaa läjitetään tai hyödynnetään kaatopaikoilla. Jalostuksen kautta voidaan materiaaleja hyödyntää esimerkiksi jyrskinnän ja murskauksen jälkeksi murskattuna asfalttina, rouheina ja betonimurskeina. (Ramboll 2008; UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia 2013c.)

Inkeröisen ja Alasaarelan (2010, 3.) mukaan uusiokäytön kannalta keskeisiä uusiomateriaaleja maarakentamisessa ovat edellä mainittujen lisäksi teollisuuden sivutuotteet sekä rakennusteollisuudessa ja rakennusten purussa syntyvät erilaiset jätteet (kuva 13).



Kuva 13. Purkujätettä varastointialueella (valokuva Kirsi Lehtonen)

Uusiokäyttö ja hyödyntäminen edellyttävät maan rakenteen tuntemista sekä rakenteen pohjalta laadittujen teknisten suunnittelu- ja rakentamisohjeiden tarkastelua. Ohjeiden tulee huomioida pohjamaan geotekninen laatu sekä pohjaviesiolosuhteet. Ensimmäinen alustava arvio maa-aineksen soveltuvuudesta tehdään yleensä raekokojakauman perusteella. (Ympäristöministeriö 2012b, 11.)

5.1 Maalajien luokittelu ja kelpoisuus

Maalajien luokittelussa on siirrytty käyttämään aiemman geoteknisen maalajiluokituksen sijaan Euroopan unionin jäsenmaiden yhteisen Eurokoodin mukaiseen luokitukseen, jossa ovat käytössä normit EN ISO 14688 - 1 ja EN ISO 14688 – 2.

ISO -luokituksessa maa-aines jaetaan maaryhmiksi rakeisuuden, plastisuuden, humuspitoisuuden ja syntyvän perusteella (taulukko 5). Karkeat ja erittäin karkeat maa-ainekset luokitellaan pelkän raekokojakauman perusteella. Maalajitteet jaotellaan lähes samoilla raesuuruuksilla kuin ennenkin (taulukko 6). Moreenia ei enää tunneta. Hienorakeisten maalajien osalta käytettävä plastisuusominaisuuksiin perustuva luokittelu antaa eriäviä tuloksia aiempaan luokitteluun verrattuna. (Sassali 2008, 2,5,13.)

Maa-ainesten uusiokäyttö kadun rakentamisessa

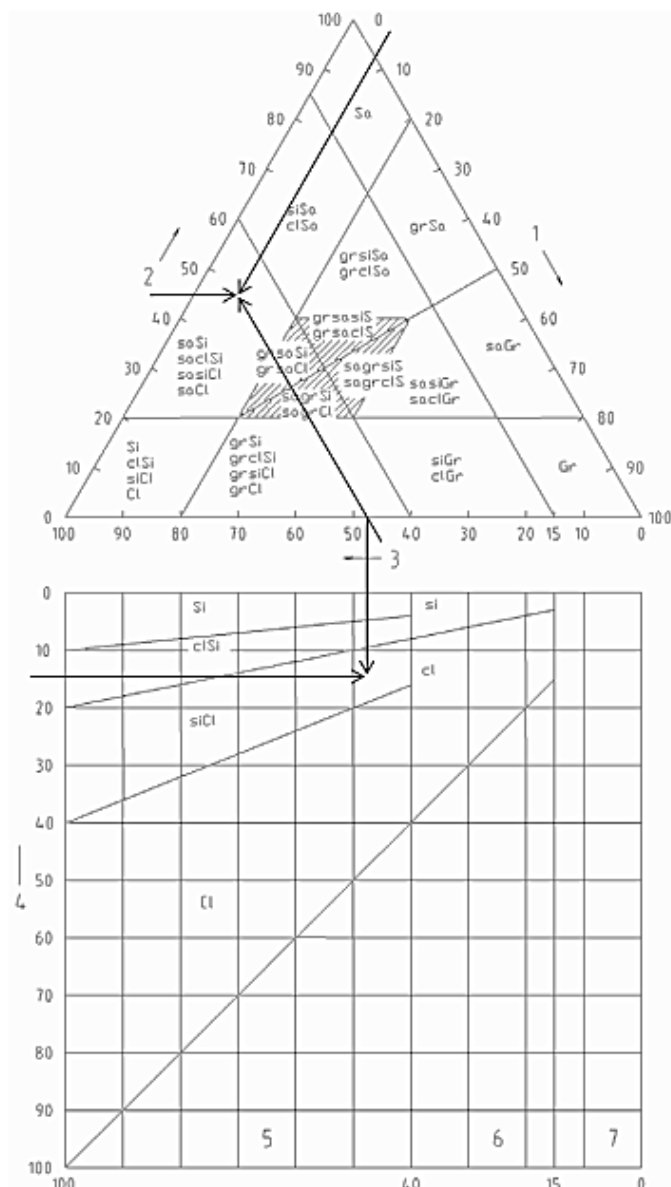
Taulukko 5. Maan luokituksen periaatteet EN ISO 14668 – 1 –normin mukaan (Sasali 2008, 13).

Kriteeri	Maa-ainesryhmä	Määrän määrittäminen	Nimeäminen saman ominaisuuden omaaviin	Alaluokituksen käytön tarve	
Kostean maa-aineksen rakeet eivät tartu toisiinsa	hyvin karkea	useimmat rakeet > 200 mm useimmat rakeet > 63 mm	Bo xBo boCo coBo Co saCo, sagrCo	edellyttää erityistä harkintaa	
	karkea	useimmat rakeet > 2 mm useimmat rakeet > 0,063 mm	Gr cosaGr coGr saGR, sasiGr, grsiSa Sa siGR, clGr siSa, clSa, saclGr orSa	raekoko (rakeisuus) rakeisuuskäyrän muoto suhteellinen tiiviys läpäisevyys (mineralogia) (raemuoto)	
Kostean maa-aineksen rakeet tarttuvat toisiinsa	hieno	alhainen plastisuus, paisuva plastinen, ei paisuva	Si saSi sagrSi saclSi clSi, siCl Cl sagrCl orSi, orCl	plastisuus vesipitoisuus lujuus, sensitiivisyys kokoontuuvuus, (savimineralogia)	
Tumma väri, alhainen tiheys	orgaaninen		Or saOr, slOr clOr	edellyttää erityistä harkintaa	
Ei luonnollinen	keinotekoinen maapohja	rakennettu täyte	Mg xMg	tehty aines	edellyttää erityistä harkintaa
				uudelleen sijoitetut luonnonainekset	kuten luonnon maa-aineksille
Tunnusten tulkinta-avain	<u>Päänimike</u>	<u>Toinen tai kolmas ainesosa</u>			Tapaukset, jotka vaativat erityistä harkintaa, tulisi luokitella kansallisten tai hankekohtaisten vaatimusten mukaisesti
Maa-aines					
Lohkareet	Bo	bo			
Kivet	Co	co			
Sora	Gr	gr	Gr (gr) ja Sa (sa) voidaan jakaa hienoon F (f), keski- M (m) tai karkeaan C (c)		
Hiekka	Sa	sa			
Siltti	Si	si			
Savi	Cl	cl			
Humus/org.	Or	or			
Keinotekoinen maa	Mg	- x			
			mikä tahansa osien yhdistelmä		

Taulukko 6. Raekokolajitteet EN ISO 14688-2 –normin mukaan (Ronkainen 2012, 13).

Maalajitteet	Alalajitteet	Tunnukset	Raekoot (mm)
Hyvin karkea maa	Suuret lohkareet	LBo	> 630
	Lohkareet	Bo	> 200 - 630
	Kivet	Co	> 63 - 200
Karkea maa	Sora	Gr	> 2,0 - 63
	Karkea sora	CGr	> 20 - 63
	Keskisora	MGr	> 6,3 - 20
	Hieno sora	FGr	> 2,0 - 6,3
	Hiekka	Sa	> 0,063 - 2,0
	Karkea hiekka	CSa	> 0,63 - 2
	Keskihiekka	MSa	> 0,2 - 0,63
Hieno hiekka	FSa	> 0,063 - 0,2	
Hieno maa	Siltti	Si	> 0,002 - 0,063
	Karkea siltti	CSi	> 0,02 - 0,063
	Keskisiltti	MSi	> 0,0063 - 0,02
	Hieno siltti	FSi	> 0,002 - 0,0063
	Savi	Cl	> 0,002

Suurimpana erona aiemmin käytetyn geoteknisen ja nykyisen ISO -luokituksen välillä on maalajien nimeäminen rakeisuuden perusteella, jolloin ISO -luokituksessa käytetään kolmiota geoteknisen maalajiluokituksen rakeisuuskäyrien sijaan. Kuvassa 14 esitetään esimerkkinä hiekkaisen silttisen saven nimeäminen. Asteikolla 1 ilmenee soralajitteen osuus, asteikolla 2 hiekkalajitteen osuus ja asteikolla 3 hienoaineksen osuus. Lajitepitoisuuksien mukaan akseleilta piirretään suorat kolmion keskustaa kohden, jolloin saadaan määritettyä maalaji. Kolmion alapuolelta olevasta ruudukosta määritetään savipitoisuuden perusteella hienoaineksen koostumuksesta määräytyvä nimi. Lyhenteinä käytetään englanninkielisiä nimiä. Maalaji saa nimensä päälajitteen mukaan ja se kirjoitetaan lyhenteessä isolla alkukirjaimella. (Sassali 2008, 13-14; Tiehallinto 2008, 3.)



Kuva 14. EN 14688 – 2 –normin mukainen rakeisuuden perusteella tehtävä maalajimäärittäminen (Tiehallinto 2008, 3).

Kelpoisuusluokitus kuvaa maa-aineksen soveltuvuutta kadun rakenteeseen tai penkereeseen (taulukko 7). Luokittelussa määritetään maa-aineksen

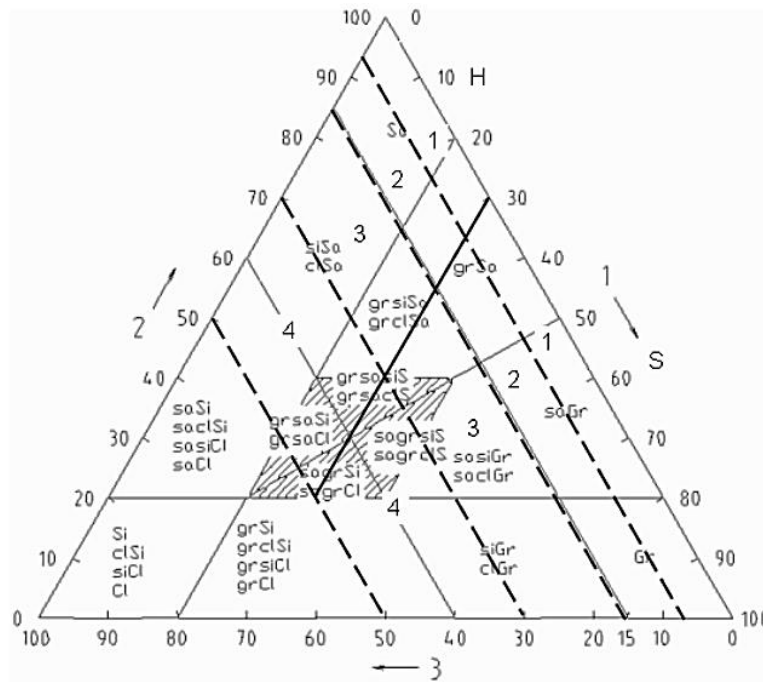
mahdolliset käyttökohteet kadun rakenteissa sekä sen routivuus. (Tiehallinto 2008, 10.)

Taulukko 7. Kadun pohjamaan ja alusrakenteen kelpoisuusluokat ja mitoitusominaisuudet kelpoisuusluokittain (Tiehallinto 2004, 35).

Kelpoisuusluokka	Läpäisy-% pesuseulonta		Routaturpoama t (%)		E-moduuli (MPa)		Informatiivisia tietoja		
	0,063 mm seula	2 mm seula	Kuiva	Märkä	Kuiva	Märkä	Geo-maalajiluokka	Routivuus	Mahdollinen käyttökohte
S1	alle 7	alle 70	0	0	100	100	Sr, srHk (SrMr, srHkMr)	routimaton	jakava kerros
S2 ¹⁾	7 - 15	alle 70	0	3	70	50	SrMr, srHkMr	lievästi routiva	pengerrakenteet, stabilointi
S3	16 - 30	alle 70	3	6	50	35	SrMr, srHkMr	routiva	pengerrakenteet, kuivana
S4	31 - 50	alle 70	6	12	35	20	sisrHk Mr	routiva	pengerrakenteet, kuivana
H1	alle 7	yli 70	0	0	70	70	Hk (HkMr)	routimaton	suodatinturpoama
H2 ²⁾	7 - 15	yli 70	3	3	50	50	Hk, HkMr	lievästi routiva	suodatinturpoama
H3	16 - 30	yli 70	6	12	35	20	Hk, HkMr	routiva	pengerrakenteet, kuivana
H4	31 - 50	yli 70	6	12	35	20	siHk, siHkMr	routiva	pengerrakenteet, kuivana
U1	yli 50		12	16	20	20	Si, SiMr, kerrall. SA/Si ³⁾	erittäin routiva	maaston muotoilu, läjitys
U2	yli 50			6 ⁴⁾		35	jäykkä Sa ⁵⁾	routiva	
U3	yli 50			6 ⁴⁾		10	pehmeä Sa ⁵⁾	routiva	
U4				6		10	Lj	routiva	

1) Kuuluu luokkaan S1, jos läpäisyprosentti 0,02 mm kohdalla on alle 3.
 2) Kelpoisuusluokan H2 hiekka, joka täyttää suodatinkerroksen laatuvaatimukset ja näytteet tutkitaan ohjeen TYLT Kerros- ja pengerrakenteet mukaisesti: E = 70 MPa, t = 0 % (vaikka muuten E olisi pienempi ja t olisi suurempi).
 3) Kerrallinen savi/siltti (Sa/Si) on maata, jossa saven joukossa on ainakin paikoin silttikerroksia ja sitäkin karkeampia vettä johtavia kerroksia.
 4) Saven paikallinen routaturpoama voidaan määrittää myös takaislaskennalla lähistön olemassa olevan tien routanousuhavainnoista.
 5) Savi (Sa) on jäykkä, kun siipikairalla määritetty leikkauslujuus on vähintään 40 kPa ja pehmeä, kun leikkauslujuus on alle 40 kPa.

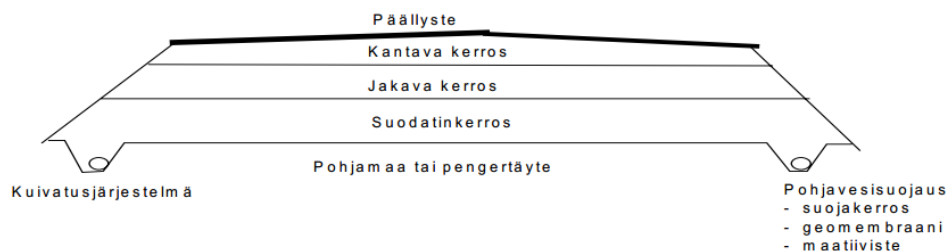
Kelpoisuusluokituksissa käytetyt S- ja H- rajat eroavat ISO -luokituksen rajoista huomattavasti. Hienoaikaisen 15 % osuus on määritelty samoin 2- ja 3- luokkien välillä, mutta muuten rajat ovat erilaiset (kuva 15). ISO -luokituksessa ei siten esiinny lainkaan täysin routimattomia maalajeja. (Tiehallinto 2008, 10.)



Kuva 15. Kelpoisuusluokitusten S- ja H -luokkien vertailu ISO -luokitukseen (Tiehallinto 2008, 10).

5.2 Kadun rakennekerrokset

Katu jakautuu rakenteensa perusteella päällyys- ja alusrakenteeseen (kuva 16). Alusrakenteeseen kuuluvat pohjamaa, mahdolliset pengertäytteet sekä erilaiset pohjavahvistukset. Päällysrakenteeseen kuuluvat suodatinkerros, jakava ja kantava kerros sekä kulutuskerros. Se ottaa vastaan liikenteen jakaman kuormituksen ja jakaa sen alusrakenteelle. Kaikkien päällysrakenteeseen kuuluvien kerrosten täytyy olla routimattomia. Kerroksia koskevat laatuvaatimukset kasvavat alhaalta ylöspäin mentäessä, jolloin alemmissä kerroksissa voidaan käyttää heikompia materiaaleja kuin ylemmissä. Päällysrakenteet voivat olla joustavia, puolijäykkiä tai jäykkiä rakenteita tai kiveys- ja sorapäällysteisiä rakenteita. (Ehrola 1996, 138; Hartikainen 2003, 79-81.)



Kuva 16. Kadun rakennekerrokset (Eskola ym. 1999, 22).

Penger materiaaleina voidaan käyttää kaikkia kivennäismaalajeja savea ja hienoja moreeneja lukuun ottamatta. Penger voidaan rakentaa myös louheesta tai kivistä. (Hartikainen 2003, 80.)

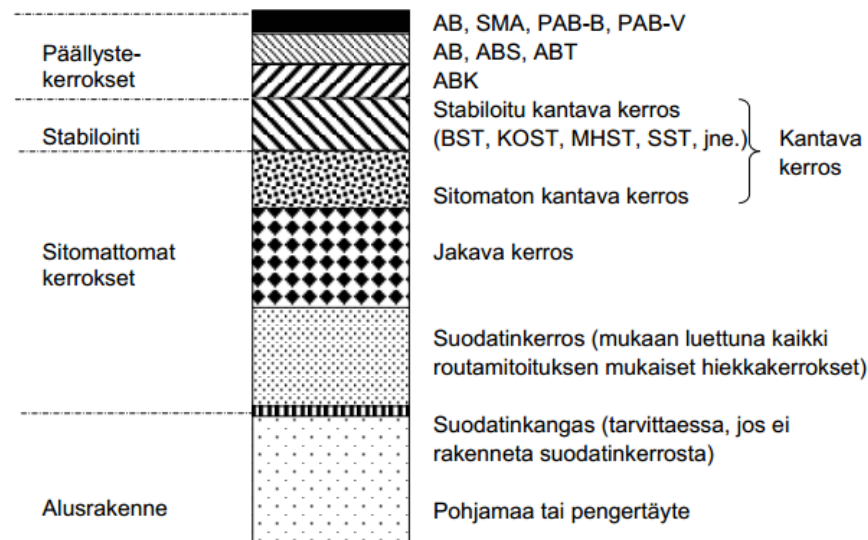
Suodatinkerros estää hienorakenteisen pohjamaan pääsyn ylempiin rakenteisiin, vähentää routivuutta, lisää kadun kantavuutta ja katkaisee kapillaarisen vedennousun. Se rakennetaan yleensä luonnonhiekestä, jonka kivien raekoko on alle 50 mm ja joka ei sisällä savea eikä humusmaata. Suodatinkerros voidaan korvata geotekstiileillä, jos muiden rakennekerrosten ominaisuudet täyttävät vaadittavat routa- ja kantavuusmitoitukset. (Ehrola 1996, 139; Hartikainen 2003, 81-82.)

Jakava kerros lisää kadun kantavuutta jakamalla kuormituksen edelleen alempana olevalle rakenteelle. Se pienentää roudan vaikutusta, kuivattaa kadun rakennetta ja toimii alustana kantavalle kerrokselle. Käytetty kiviaines voi olla peräisin suoraan luonnosta tai se voi olla murskattua. Yleensä materiaalina käytetään soraa tai murskeita ja raekoko on 45 – 90 mm välillä. Materiaali ei saa sisältää liikaa hienoainesta eikä kiviä, joiden läpimitta on yli puolet kerroksen paksuudesta. Maksimiläpimitta kiville on 150 mm. Jakava kerros voi olla ohut, jos kantavuus on muuten riittävä eikä routimista ole. Sitä ei tarvitse rakentaa ollenkaan, jos alusrakenne on jakavan kerroksen materiaalia karkeampaa ja routimatonta. Jakava kerros voidaan myös rakentaa kantavan kerroksen kiviaineksesta ja samaan aikaan kantavan kerroksen kanssa. (Ehrola 1996, 140; Hartikainen 2003, 82.)

Kantava kerros lisää nimensä mukaisesti kadun kantavuutta ja toimii alustana kulutuskerrokselle tai mahdolliselle sidekerrokselle. Se rakennetaan kaikkiin katurakenteisiin joko jakavan kerroksen tai suoraan alusrakenteen päälle. Kantava kerros voidaan rakentaa yhtenä tai kahtena kerroksena. Usein alaosa on sitomatonta materiaalia ja yläosassa käytetään asfalttibetonia tai bitumilla tai sementillä stabiloitua materiaalia. Kerros voidaan rakentaa myös kokonaan sidottuna. Käytetty kiviaines on yleensä murskattua kalliokiviainesta tai soraa ja on raekooltaan 32 – 63 mm väliltä. (Hartikainen 2003, 83.)

Ylintä kerrosta, joka on kosketuksissa liikenteen kanssa, kutsutaan kulutuskerrokseksi. Sen tehtävänä on muodostaa väylälle pinta, joka on turvallinen, miellyttävä ja taloudellinen ajaa. Lisäksi se estää veden pääsyn katurakenteeseen. Sidotun kantavan kerroksen ja kulutuskerroksen väliin voidaan raskaimmin liikennöidyillä kaduilla asentaa vielä erillinen sidekerros. Sorateillä kulutuskerroksen vähimmäispaksuus on 35 - 50 mm ja kiviaineksen maksimiraekoko on 12 - 18 mm. Kerroksen paksuus kasvaa raekoon suuretessa. Paras kulutuskerros saadaan aikaan materiaalista, joka sisältää luonnostaan riittävän määrän hienoja aineksia. (Ehrola 1996, 142; Hartikainen 2003, 83.)

Kuvassa 17 esitetään kadun rakenteessa käytettäviä kerroksia. Kaikkia kuvassa olevia kerroksia ei yleensä ole samassa rakenteessa.



Kuva 17. Kadun rakennekerroksia (Tiehallinto 2004, 28).

5.3 Materiaalijakeet ja niiden uusiokäyttö

Liitteeseen 2 on koottu yhteen alla olevissa kappaleissa esiintyvä tietoa ylijäämämaan ja uusiomateriaalien uusiokäyttömahdollisuuksista kadun rakentamisessa.

5.3.1 Ylijäämäkiviainekset ja -maa

Suomen kiviaineshuolto perustuu useisiin pieniin maa-ainesten ottoalueisiin sekä rakentamisen yhteydessä vapautuviin ylijäämäkiviaineksiin. Ylijäämäkiviaines on kiviainesta, joka on poistettu sen alkuperäiseltä paikaltaan eikä sille ole poiston yhteydessä välttämättä osoitettu uutta käyttötarkoitusta tai lopullista sijoituspaikkaa. Enimmäkseen se muodostuu routivasta moreenista, isokokoisista kivistä tai lohkeista tai uusiokäyttöön kelpaamattomasta hienojakoisesta koheesiomaasta kuten savesta ja siltistä. (Härmä ym. 2010b, 34; Koivuniemi & Söderholm 2013, 2.)

Ylijäämämaat ovat luonnon materiaaleja, joista on muodostunut ylijäämämaita maarakentamisen yhteydessä (kuva 18). Ne ovat yleensä läjitettäviä, kaatopaikkarakentamisessa tai sekundäärisissä täytoissa käytettävissä olevia maa-aineksia. Uusiomateriaaleina käytettyjä ylijäämämaita ovat savet ja sora-moreenit, hieno hiekka, humus- ja turvemaat, kaivosten sivukivet, kalliolouhe, kivituhka, moreeni, ruoppausmassat, siltit sekä sivukivet. Myös ensiluokkainen maa-aines voi olla ylijäämämaata, mikäli sille ei ole käyttöä lähialueella ja lähiaikoina. Ylijäämäkiviaineksesä ja -maassa haitta-ainepitoisuudet ovat niin pieniä, etteivät ne aiheuta haittaa ympäristölle. Ne ovat siten puhdasta ja luonnollista materiaalia. (Koivuniemi & Söderholm 2013, 2; Ramboll 2008; UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia 2013d.)

Antikaisen (2011) tekemän tutkimuksen mukaan Tampereen seudulla eri kunnat ovat käyttäneet ylijäämämaata rakennusmateriaalina meluvallien

rakentamiseen, asukkaiden tonttien täyttöön, uusien alueiden luiskatäyttöihin ja pengerrakentamiseen, vanhan kaatopaikan maisemointiin, vanhan soranottopaikan täyttöön ja maisemointiin, virkistysalueen pengerrykseen, hiihtolatureittien rakenteen parantamiseen, kasvualustan valmistukseen sekoittamalla moreenista seulottua hiekkaa turpeeseen ja kompostiaineeseen sekä yritystonttien esirakentamiseen. (Koivuniemi & Söderholm 2013, 7).



Kuva 18. Hyödynnettävää ylijäämämaata työmaa-alueelle varastoituna (valokuvat Kirsi Lehtonen).

5.3.2 Louhe ja murske

Louhetta syntyy kallion porauksen, räjäytyksen ja rikkomisen yhteydessä. Syntynyttä louhetta voidaan käyttää joko sellaisenaan tai sitä voidaan murskata haluttuun raekokoon. (Jantunen 2012, 10-11.)

Louhe soveltuu käytettäväksi kadun rakenteissa silloin, kun päällysrakenteen paksuus on vähintään metrin verran. Suurin suositeltava louhekkoko on 600 mm ja maksimissaan louhetta saa olla 2/3 tiivistettävän rakennekerroksen paksuudesta. Louheella voidaan korvata kadun rakenteen jakava kerros. Hienorakenteisilla alusrakenteilla se tarvitsee alapuolelleen rakennettavan suodatinkerroksen, jotta se ei sekoitu alusrakenteeseen. Louhetta käytettäessä on huomioitava roudannousun mahdollisuus, sillä roudan aiheuttamat epätasaisuudet jäävät usein pysyviksi. Louhe soveltuu käytettäväksi myös rakennusten pohjamateriaalina tai katujen ja rautateiden pengermateriaalina. (Ehrola 1996, 142-143.)

Luonnonkiviaineksesta ja keinotekoisesta kiviaineksesta murskatuista tuotteista käytetään yhteisnimitystä murske (kuva 19). Murskeet jaotellaan niiden raaka-aineen perusteella muun muassa kallio-, sora-, moreeni- ja kuonamurskeisiin. Murskeiden kohdalla käytetään myös nimityksiä karkea kiviaines (raekoko ≥ 2 mm) ja hieno kiviaines (raekoko ≤ 2 mm). Hienoaineksesta on kyse silloin, kun materiaali läpäisee 0,063 mm seulan. (Tielaitos 1999, 7.)



Kuva 19. Mursketta kadun rakenteissa (valokuva Kirsi Lehtonen).

Sepeli on louheesta tai karkeasta harjukiviaineksesta seulotuista kivistä murskattua ja seulonnalla lajiteltua kiviainesta. Siitä on seulottu hienoin kiviaines kokonaan pois. Sepeli läpäisee hyvin vettä. Riittävän paksuna kerroksena sepeli estää maaperästä nousevan kosteuden pääsyn rakenteisiin. Sepeliä käytetään salaojiin, rakennusten alapohjiin ja täyttöihin sekä katujen hiekoitukseen. Hiekoitukseen käytettyä sepeliä ei sellaisenaan voida käyttää uudelleen liukkauden torjunnassa tai katujen rakentamisessa, sillä se sisältää haitta-aineita. Sepeli voidaan pestä, mutta pesusta syntyvät kustannukset voivat olla miltei kaksinkertaiset uuden sepelin hankintaan nähden. (Insinööritoimisto Paavo Ristola 2005, 8; Lemminkäinen 2013b.)

Rakentamisessa kalliomurskeen käyttö on lisääntynyt viime vuosina jatkuvasti. Harjuista otettavan soran määrä tulee tulevaisuudessa vähenevän, jolloin kallioiden kiviainesta ja moreenimuodostumia hyödynnetään nykyistäkin enemmän. Suomessa on käynnissä luonnon- ja maisemansuojelun kannalta arvokkaiden kallioalueiden ja kiviainesten inventoinnit, joiden tavoitteena on valtakunnan tasolla löytää ne kallioalueet, jotka eivät sovellu kalliomurskaus- tai maa-ainesten ottotoimintaan. (Häkkinen ym. 2002, 56.)

5.3.3 Sora ja hiekka

Soran raekoko on ISO -luokituksen mukaan 2,0 – 63 mm. Se on hienoista lajitteista puhtaaksi huuhtoutunutta maa-ainesta. Rakennusteknisesti sora soveltuu betonin runkoaineeksi sekä katujen ja penkereiden päällystys- ja rakennemateriaaliksi. Hiekan raekokojakauma vaihtelee 0,063 – 2,0 mm välillä. Rakeet ovat selvästi erotettavissa. Maa-aines on yleensä löyhää ja se läpäiseekin hyvin vettä. Hiekkaa käytetään rakennusmateriaalina katujen päällysteisiin ja penkereisiin sekä rakenteiden suodatinaineksena. (Haavisto- Hyvärinen & Kutvonen 2007, 43; Ronkainen 2012, 13.)

Sora ja hiekka ovat kalliokiviaineksen ohella Suomen eniten hyödynnetyt uusiutumattomat luonnonvarat. Korvaavien materiaalien osalta rakentami-

nessa voidaan soran ja hiekan sijaan käyttää jättemateriaaleja kuten rakennuskivilouhimoiden sivukiveä sekä energiantuotantolaitosten tuhkaa ja kuonaa. Soraa korvataan myös murskaamalla kalliota louheeksi ja murskeeksi, jolloin korvaava materiaali on laadultaan hyvää ja riittävän karkearakeista. Viime vuosien aikana luonnonsoraa onkin korvattu yhä enemmän kalliokiviaineksella, mikä on vähentänyt tarvetta soranotolle harju-alueilta. (Eskola ym. 1999, 26; Ympäristöhallinto 2013b.)

5.3.4 Moreeni

Suomen yleisin kivilaji on moreeni, joka on parhaimmillaan erittäin kantava ja pitkäikäinen materiaali. Suuret kivet ja korkea hienoainespitoisuus kuitenkin heikentävät moreenin laatua lisäämällä sen herkkyyttä olosuhteiden muutoksille. Kadun rakentamisen tarpeisiin moreenin ominaisuuksia voidaan mekaanisesti parantaa vähentämällä hienoainespitoisuutta tai kemiallisesti stabiloimalla. Hienoaineksen vähentyessä moreenista saadaan routimatonta ja samalla parannetaan sen kantavuutta ja pysyvyyttä märkänä. Mekaanisen käsittelyn avulla päästään haluttuun raekokojakautumaan. (Korkiala-Tanttu, Eskola, Juvankoski, Kivikoski & Kiviniemi 2010, 23, 30.)

Käyttökelpoisimmat menetelmät moreenin jalostuksessa ovat murskaus, sekoittaminen, kivien poisto ja stabilointi. Muita menetelmiä ovat lisäksi erottelu, pesu, seulonta, välppäys ja pelletointi. Pohjamaana olevaa moreenia voidaan lisäksi jalostaa homogenisoimalla. Sekoituksessa käytettyjä yhdistelmiä ovat olleet moreeni ja sora, moreenimurske ja soramurske sekä moreenimurske ja kalliomurske. (Korkiala-Tanttu, Eskola, Juvankoski, Kivikoski & Kiviniemi 2010, 23, 25.)

Sunin & Salmenkaidan (1996) mukaan hyvissä olosuhteissa moreenin murskaus onnistuu kaikenlaisilla murskaamoilla. Ongelmia kuitenkin ilmenee korkean hienoainespitoisuuden ja suuren kosteuspuiteisuuden kautta. Ne alentavat tehoja ja nostavat käsittelyn kustannuksia. Murskauksen yhteydessä voidaan tehdä seulontaa ja välppäystä haluttuun raekokoon pääsemiseksi, jolloin saadaan lisättyä etumurskaajan kapasiteettia, estetään murskaimen tukkiutumista ja vähennetään murskaimen leukojen kulumista. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 25.)

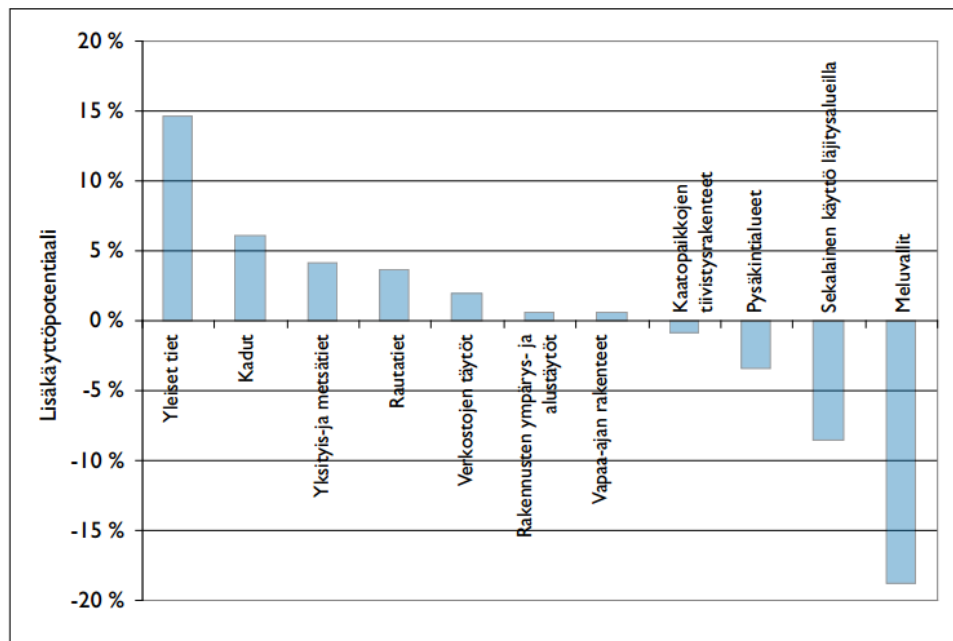
Moreenin stabiloinnissa käytetään sementtiä ja bitumia karkeahkolle maa-ainekselle ja kalkkistabilointia taas hienolle ja silttiselle maa-ainekselle. Pienillä sideainepitoisuuksilla parannetaan moreenin stabiilisuutta ja pienennetään routivuutta kun taas suuret pitoisuudet lisäävät kantavuutta. Sideainemäärä vaihtelee 3 - 12 % välillä sideainekohtaisesti vaihdellen. Stabiloitua moreenia voidaan käyttää kadun kaikissa rakennekerroksissa pysyvää kulutuskerrosta lukuun ottamatta. Sementti- ja bitumistabiloidut moreenit soveltuvat jakavaksi ja kantavaksi kerrokseksi vähäliikenteisille kaduille. Kalkkistabiloitu moreeni käy myös vilkasliikenteisille kaduille alusrakenteeksi. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 26.)

Pohjamaan homogenisointi soveltuu moreenin käsittelymuodoksi hyvin. Pohjamaasta poistetaan suuret kivet routimissyvyyteen saakka ja käsitel-

lyn maan pinta tiivistetään ennen muiden kerrosten rakentamista. Työ tehdään kaivinkoneella paikan päällä, joten menetelmä on edullinen, massataloudellinen ja helppo tapa rakenteen parantamiseksi. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 26-27.)

Lievästi routivia moreeneja voidaan käyttää kadun rakennekerroksissa, jos riittävästä kuivatuksesta huolehditaan. Rakenteiden käyttöikä voidaan edelleen lisätä asentamalla erilaisia raudotteita ja käyttämällä lujitteita. Ympäristöministeriön UUMA –kehitysohjelman HUUMA –projektissa Tampereen Vuoreksen aluerakentamiskohteen kohdalla todettiin, että kiviä ja routivia moreeneja voidaan jalostamattomana käyttää esimerkiksi sekalaisissa täydyissä, meluvälleissä ja luiskatäydyissä. Suurten kivien poistamisen avulla jalostamaton moreeni soveltuu myös kohteisiin, joissa vaaditaan kantavuutta mutta ei ehdotonta routimattomuutta. Kivet ja lohkat saadaan hyödynnettyä käyttöön rikkomisen ja räjäyttämisen avulla. Jalostettu moreeni soveltuu rakennusmateriaaliksi tonttien piharakenteisiin, kevyenliikenteen väylien täydyihin ja niiden kerrosrakenteisiin. Jalostustoimenpiteet tosin vaativat erillisen jalostus- tai käsittelyalueen. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 28, 30.)

Moreenin jalostuksen kautta sen käyttöä uusiomateriaalina pystytään lisäämään eniten yleisillä teillä. Kuviossa 3 esitetään moreenin uusiokäytön lisäämisen arvioitu lisäpotentiaali.



Kuvio 3. Moreenin jalostamisen kautta saavutettavissa oleva lisäpotentiaali (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 29).

Tärkeimmät esteet moreenin käytölle uusiomateriaalina ovat käyttökokeusten puutteet sekä toimivuusriskit. Maarakenteiden käyttöikä on pitkä eikä niihin liittyviä pitkäaikaisia riskejä haluta ottaa. Ilman riskinottoa ei kokemusta materiaalista kuitenkaan saada ja käyttö keskittyy vain toissijaisiin kohteisiin. Toimivuuden osoittamiseksi tarvitaankin lisää koeraken-

tamista sekä käyttökohteiden pitkäaikaista seuranta. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31.)

Moreenirakenteiden on todettu olevan kustannustehokkaampia, toimivampia ja ympäristöystävällisempiä kuin tavanomaisesti käytettyjen murskerakenteiden. Rakenteiden kesken on vertailtu niiden tuotannollisia seikkoja, taloudellisuutta, ympäristövaikutuksia ja toimivuutta. Rakenteet, joissa on käytetty teräsverkkoa ja moreenia jakavassa kerroksessa ovat noin 10 % edullisempia kuin vastaavat murskerakenteet. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 29.)

5.3.5 Savi ja siltti

Saveksi määritellään kooltaan alle 0,002 mm rakeet. Siltin raekoko on välillä 0,002 – 0,063 mm. Kujansuun ja Niemelän (1984) mukaan saven ja siltin osuus Suomen maa-alasta on 8,3 % mikä vastaa 25 100 km². Saven hyviä ominaisuuksia ovat pieni vedenläpäisevyys ja haitallisten kemikaalien leviämisen estäminen. Kuormitettuna nämä ominaisuudet paranevat entisestään. Lisäksi savea on saatavissa paljon, jolloin se on materiaalina halvempaa kuin synteettiset eristysmateriaalit. (Härmä ym. 2010a, 19-20; Ronkainen 2012, 11, 13.)

Savea voidaan käyttää tiivistysrakenteissa, mutta yleensä sen vedenjohtavuusominaisuudet ovat esteenä käyttökohteen vaatimuksien kannalta. Käsittely-, kuljetus- ja läjitysvaiheessa ongelmia aiheuttaa saven käyttäytyminen nesteen tavoin. Sen hyödyntäminen rakenteissa on vaikeaa, koska tiivistäminen ei ole mahdollista. Ravaskan (2008) mukaan savesta saadaan kuitenkin kilpailukykyistä eristemateriaalia, kun käsittelyongelmat ratkaistaan stabiloinnin avulla. Lisäksi säästetään kuljetuskustannuksissa, kun ylijäämäsavea ei tarvitse kuljettaa loppusijoitettavaksi. (Härmä ym. 2010a, 19; Härmä ym. 2010b, 37.)

Massastabiloinnin avulla on mahdollista saada savesta aikaan massa, jonka käsittely maanrakennuskoneilla on helpompaa. Pientä vedenläpäisevyyttä voidaan hyödyntää tiivistysrakenteissa esimerkiksi kaatopaikoilla. Ylijäämäsavia hyödyntämällä pystytään vähentämään sijoituspaikoihin kohdistuvaa kuormitusta ja sitä kautta säästämään uusiutuvia sora- ja hiekkavarantoja. Savea voidaan läjittää korkeammiksi kasoiksi ja siten säästää tilaa läjitysalueiden pinta-alassa. (Härmä ym. 2010a, 20.)

Ravaskan ym. (2003) mukaan stabiloitua savea voidaan kaatopaikkatiivistyksen lisäksi käyttää myös pilaantuneen maan kapseloinnissa, täyttömateriaalina sekä kadun rakentamisessa pohjamateriaalina. Se soveltuu myös kantavien työpetien rakentamiseen, kaivantojen tukemiseen sekä eroosion estämiseen. Suomessa savea on käytetty tiivistysrakenteissa edellä mainituilla tavoilla. (Härmä ym. 2010a, 20-21.)

5.3.6 Turve ja lieju

Turve on syntynyt kasvien jätteistä ja on suurimmalta osaltaan eloperäistä ainetta. Se luokitellaan uusiutuvaksi luonnonvaraksi, vaikka kasvu on erittäin hidasta, vuosittain noin yhden millimetrin verran. Turvetta löytyy Suomen maaperästä paljon, sillä 31 % Suomen pinta-alasta on luokiteltu suoksi. Suomi onkin pinta-alaansa suhteutettuna maailman soisin maa. Turve luokitellaan maatumisasteensa perusteella kolmeen luokkaan, jotka ovat raakaturve, keskinertaisesti maaton turve ja maaton turve. (Jääskeläinen 2011, 27.)

Lieju on sekoitus eloperäistä ainesta sekä hienoa kiviainesta, savea tai silttiä. Mineraaliainesta on yleensä eniten. Lieju on lujuudeltaan erittäin heikkoa ja painuu voimakkaasti kuormitettaessa. Kuivuessaan se kutistuu paljon. (Jääskeläinen 2011, 27.)

Pehmeät turve- ja liejukerrokset voidaan saveen tapaan hyödyntää kantavana rakennuspohjana stabiloinnin avulla. (Härmä ym. 2010a, 20.)

5.3.7 Asfaltti

Asfaltti on yleisin Suomessa käytetty teiden ja katujen päällystemateriaali. Se on kiviaineksen ja bitumisen sideaineen seos. Asfalttityypit ovat koostumuksiltaan ja toimintatavoiltaan erilaisia päällysteitä. Erilaisia asfalttilaatuja ovat asfalttibetoni (AB), pehmeä asfalttibetoni (PAB), kivimastik-siasfaltti (SMA), valuasfaltti (VA), kantavan kerroksen asfaltti (ABK) ja avoin asfalttibetoni (AA). (Ehrola 1996, 141; Hartikainen 2003, 94-99; Lemminkäinen 2013a.)

Asfalttijätettä syntyy rakennuskohteissa katu-, tie- ja piharakenteita purettaessa sekä kaivantojen ja päällystystöiden tekemisen yhteydessä. Jäteasfalttia ja varsinkin murskattua asfalttia on käytetty sellaisenaan maarakennuskohteissa (kuva 20). Pääkäyttö on ollut tie- ja katurakenteissa. Se soveltuu hyvin kantaviin rakenteisiin käytettäväksi, sillä vanha asfaltti sitoutuu ajan kanssa uudelleen. Puolisidottuna rakenteena se onkin usein kiviainesta parempi materiaali. (Forstén 2013, 2, 9; Tiehallinto 2007, 37.)



Kuva 20. Asfalttimursketta (valokuvat Kirsi Lehtonen).

Uusioasfaltissa on käytetty vähintään 20 % vanhaa asfalttia rouheena. Kulutuskerroksessa voidaan käyttää enimmillään 50 % ja muissa sidotuissa kerroksissa 70 % uusioasfalttia. Kierrättämätön osa asfalttirouheesta ajetaan yleensä kaatopaikalle tai se käytetään sellaisenaan alempiarvoisten katujen ja täyttöjen materiaalina. Rouheen osuus massasta on aina ilmoitettava. Uusioasfaltit ovat asfalttibetoneita ja pehmeitä asfalttibetoneita. Laatuvaatimukset ovat samat kuin asfalttipäällysteilläkin. Uusioasfaltissa käytetään sideaineena pehmeitä bitumilaatuja, jotka pehmentävät vanhan asfaltin vanhentunutta ja kovettunutta sideainesta uudelleen. (Eskola ym. 1999, 36; Forstén 2013, 15; Hartikainen 2003, 100.)

Uusiokäytön lisäksi jäteasfalttia läjitetään varastoihin ja sitä käytetään erilaisiin täyttöihin. Pitkäaikaista varastointia ei suositella, koska materiaali jähmettyy ja sen sitoutuvuus heikkenee. Osa asfaltista päätyykin aina lopulta kaatopaikalle. (Forstén 2013, 10; Tiehallinto 2007; 37.)

Jäteasfalttia muodostuu Suomessa vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia. Sitä syntyy eniten tiheimmin asutuilla alueilla. Pääkaupunkiseudulla arvioidaan muodostuvan noin puolet koko maassa syntyvästä määrästä. Määrät vaihtelevat vuosittain rakentamisen vilkkauten ja rakentamiskohteissa käytettävien päällysteiden mukaan. Asfalttiteollisuus on pitkään kierrättänyt asfalttijätettä ja kehittänyt uusiokäytön menetelmiä ja tuotteita systemaattisesti. Suomi onkin tässä toiminnassa yksi maailman parhaista tekijöistä. (Forstén 2013, 2; Lemminkäinen 2011, 2.)

Jäteasfaltti voidaan käyttää uudelleen kokonaan. Uusiokäytön avulla pystytään korvaamaan neitseellisten kiviainesten määrää sekä alentamaan hiilidioksidipäästöjä. Jäteasfaltin ympäristövaikutuksia on selvitetty laajasti eikä sillä ole todettu olevan jätteenä luokitteluun vaadittavia haitallisia ympäristövaikutuksia. (Lemminkäinen 2011, 2.)

Asfaltin murskaus ja jäteasfaltin vastaanotto vaativat ympäristöluvan. Kierrätettävää asfalttia ei myöskään saa myydä tai luovuttaa muille kuin

luvanvaraisen käytön omaavalle taholle. Asfalttimursketta ei saa sellaiseenaan sitomattomana käyttää maarakentamisessa, sillä se tulkitaan jätteeksi. Jäteasfaltin käyttö maarakenteissa onkin luvanvaraista. (Forstén 2013, 9; Lemminkäinen 2011, 3.)

Asfaltin uusiokäyttöä ja asfalttiasemien toimintaa säätelee vuoden 2013 alussa voimaan astunut valtioneuvoston asetus asfalttiasemien ympäristönsuojeluasetuksista. Uusioasfaltin laadunvarmistamiseen liittyvät laatumääräykset ja suoritettavat tutkimukset määrittellään Asfalttinormit 2011 – julkaisussa sekä SFS-EN 13108-8 standardissa. Asfalttimurske on standardeilla määritelty yhdeksi asfaltin valmistuksessa käytettävistä raaka-aineista. Asfalttirouheen osalta CE -merkintää ei vielä voida tehdä. Asfalttimassojen kohdalla käytetään standardien mukaisia materiaaleja, joista osa on CE -merkittyjä. (Forstén 2013, 11, 13-14.)

5.3.8 Betoni

Infra ry:n (2013) mukaan betonia valmistetaan Suomessa vuosittain noin 700 000 – 1 000 000 tonnia ja arviolta 70 - 80 % tästä päätyy uusiokäyttöön. Hakarin (2007) mukaan betonijätettä saadaan rakennus- ja purkutyömailta ja betonielementtitehtailta. Betonijäte täytyy lajitella eikä se saa sisältää epäpuhtauksia kuten muovia, eristeitä, bitumia tai puuta (kuva 21). Betonijäte, jossa on ongelmajätteitä tai muita haitallisia aineita kuten asbestia, öljyä tai raskasmetalleja ei hyväksytä uusiokäytettäväksi. (Gull 2011, 27.)



Kuva 21. Varastoitua betonijätettä Ruskonperän maanvastaanottoalueella (valokuva Kirsi Lehtonen).

Betonimursketta voidaan käyttää kaikissa päällys- ja alusrakenteen kerroksissa pengertäytteestä ja suodatinkerroksesta kantavaan kerrokseen saakka korvaamaan sora- ja kalliomursketta. Taloudellisesti ja teknisesti paras käyttökohte on kantava kerros, jolloin sen alapuolista jakavaa kerrosta voidaan ohentaa betonin hyvien kantavuusominaisuuksien vuoksi. Se soveltuu myös erilaisiin täyttöihin ja putkijohtokaivantojen täytteeksi. Betonimurskassa on vielä jäljellä sitoutumiskykyä, jolloin siitä tehty rakenne

lujittuu entisestään käyttökohteessaan. Jos betonin lujittumisominaisuutta ei haluta hyödyntää, voidaan sitä käyttää myös sellaisenaan korvaamaan jakavan ja kantavan kerroksen kallio- ja soramursketta. Hotasen (2005) mukaan betonimurskeen käytölle on olemassa mitoitus- ja työohjeita Tielaitoksen ja Kuntaliiton toimittamina. Talonrakentamisen tarpeisiin löytyy myös oma ohjeistuksensa. (Gull 2011, 43; Eskola ym. 1999, 36; Ramboll 2008, 15; Tielaitos 2000, 8.)

Betonimursketta voidaan käyttää myös uuden betonin raaka-aineena. Silloin hienoaines täytyy seuloa pois, jotta vettä ja sementtiä ei kuluisi niin paljon. Infra ry:n (2013) mukaan on ekologisempaa käyttää murskattua betonia maarakentamisessa kuin betonin valmistuksessa. Betonimurskeen tuotannossa noin puolet syntyvästä materiaalista on hienoainesta, joka soveltuu hyvin maarakennuskäyttöön tiiviyn lisäämiseksi ja uudelleenkovettumisen aikaansaamiseksi. (Gull 2011, 27.)

Hotasen (2005) mukaan betonia voidaan käyttää myös asfaltin runkoaineena, sillä betonimurske täyttää asfaltin runkoaineen vaatimat tekniset laatuvaatimukset. Murske on seulottava useaan eri raekokoon, jotta lopullinen materiaali saadaan suhteutettua halutunlaiseksi. Vilkkaasti liikennöidyille kaduille ei tällainen päällyste sovi betonin huonomman kulutuskestävyyden vuoksi. Hienoaineksen ominaisuuksien vuoksi massan hinta saattaa muodostua kalliiksi. Lisäksi lisäkäsittelyt saattavat nostavat hintaa entisestään ja samalla muodostuu käyttökeltotonta jätettä loppusijoitukseen. (Gull 2011, 42-43.)

Betonimurske on teknisesti ja ympäristöominaisuuksiltaan melko turvallinen materiaali. Sen laatua ja haitta-ainepitoisuuksia arvioidaan erillisellä laatuluokituksella. Kadun rakenteissa suositellaan käytettäväksi BEM I-luokan betonimursketta, joka ei roudi ja kantaa hyvin. BEM I- ja BEM II-luokan murskeet soveltuvat päällystettävillä kaduilla kantavan ja jakavan kerroksen materiaaleiksi. BEM III-luokan mursketta voi käyttää päällystetyillä kaduilla jakavassa kerroksessa ja BEM IV-luokan murskeita pengermateriaaleina hankekohtaisesti tarkasteltuna. (Tiehallinto 2007, 35.)

Hartikaisen (2003, 86) mukaan uusiokäytettävän betonin määrät ovat kadun rakentamisen tarpeisiin nähden kuitenkin pieniä, joten betonin käyttö ja sen keräilyn järjestäminen on suuressa osassa Suomea kannattamatonta.

5.3.9 Tiili

Rakennustoiminnassa syntyvää tiilijätettä voidaan käyttää kadun rakenteissa joko kokonaisuina tai murskattuna. Se voidaan myös kierrättää uudelleen rakennustiilenä. Tiilimurskeen sisältämät haitta-aineet ovat yleensä peräisin jätteen muista komponenteista kuten laastista ja purkujätteistä. Tiilimurske soveltuu parhaiten käytettäväksi suodatin- tai eristyskerrokseen. Tiilimurskeen käytöstä ei Suomessa ole paljoa kokemusta. (Eskola ym. 1999, 36; Tiehallinto 2007, 48.)

5.3.10 Yhdyskuntajätteet

Yhdyskuntajätteistä lasia, muoveja ja renkaita voidaan hyödyntää kadun rakennusmateriaalina.

Renkaista voidaan valmistaa hienojakoista kumipulveria, jota käytetään routaeristeenä tai pehmeän asfaltin ainesosana. Hienoksi jauhettua kumi-rouhetta voi käyttää myös hiekkaan sekoitettuna. Kokonaisia auton renkaita voi sijoittaa penkereisiin, luiskiin ja tukimuureihin. Rengastuotteet ovat ominaisuuksiltaan stabiileja, mutta niiden joustavuuden vuoksi rakenteen päälle on tehtävä paksut rakennekerrokset. (Eskola ym. 1999, 37; Tiehallinto 2007, 44.)

Muovia voidaan käyttää osana asfalttia lisäämään asfaltin muokkaantuvuus- ja kylmänkestävyysominaisuuksia. Kuumennettaessa siitä erittyy kuitenkin höyryjä, jotka rajoittavat muoviasfaltin käyttöä. Lasia on käytetty rakennusmateriaalina kaatopaikkarakenteissa ja arvioidaan, että se voisi soveltua myös suodatinkerrokseen ja stabiloituna muihinkin kadun rakennekerroksiin kuten siirtymäkiiloihin. Muovin sekä lasin osalta käyttömahdollisuuksia kadun rakentamisessa vielä tutkitaan. (Eskola ym. 1999, 37; Tiehallinto 2007, 44.)

5.3.11 Teollisuuden sivutuotteet

Teollisuuden ja energian tuotannossa syntyy erilaisia sivutuotteita (taulukko 8), joita voidaan käyttää kadun rakentamisessa uusiomateriaaleina. Niiden ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia on maarakentamisen näkökulmasta tutkittu ja selvitetty paljon. Teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat rakenteet sisältävät keskimäärin 30 % vähemmän luonnonkiviaineksia kuin teknisesti vastaavat murskerakenteet. (Ramboll 2008, 68.)

Taulukko 8. Luonnonkiviaineksia korvaavia sivutuotteita (Tiehallinto 2007, 50-51).

Luonnonmateriaalien korvaaminen sivutuotteilla
Pengermateriaaleiksi soveltuvat
rakennuskivilouhimoiden sivukivet
malmikaivosten sivukivet
kivihiihen lentotuhka (kuivat penkereet)
puupohjaiset tuhkat ja turvetuhkat (kuivat penkereet)
Hiekkaa korvaavat
kivihiihen pohjatuhka
masuunihiekka
OKTO-eriste
OKTO-kevytkivi
kaivosteollisuuden ympäristökelpoinen rikastushiekka
Mursketta korvaavat
betonimurske
masuunikuonamurske
kappalekuona
teraskuonamurske
OKTO-murske
OKTO-kevytkivi (jakava kerros)
masuunihiekka
asfalttimurske
rakennusteollisuuden sivukivet
Stabiloitua kerrosta korvaavat
asfalttimurske ja -rouhe
lentotuhka
Stabiloinnin sideaineeksi soveltuvat
masuunihiekka
OKTO-filleri
lentotuhka
Päällystemassaa korvaavat
asfalttirouhe
tuhka täyteaineena
hematiittifilleri
OKTO-filleri
Kevennysrakenteisiin soveltuvat
rengasrouhe, rengaspaalit
kokonaiset renkaat maisemointitäytöissä ja meluvalleissa
OKTO-kevytkivi
masuunihiekka

Kerrosstabilointia pidetään tehokkaana ja turvallisena menetelmänä ja sen avulla on pystytty säästämään luonnon kiviaineksia jopa 80 - 90 %. Lentotuhkarakenteita on toteutettu jo pitkään ja niiden soveltuvuudesta on olemassa paljon tietoa. Loput materiaalit ovat hyviä ja lupaavia, mutta niiden osalta tarvitaan vielä tuotekehitystä sekä lisäkokemuksia rakentamisen kautta. Kaiken kaikkiaan maarakennuskäyttöön soveltuvia teollisuuden sivutuotteita muodostuu vuosittain runsaasti. Näiden materiaalien käytössä korostuvat stabiloinnin merkitys ja toimivuus sekä mahdollisuudet toteuttaa tavanomaista ohuempia rakenteita, jotka täyttävät kohteelle asetetut tekniset vaatimukset. (Lahtinen & Majjala 2010, 19; Ramboll 2008, 67-68.)

Sideaineita sisältävien sivutuotteiden edullisuus on arvioitava rakenne- ja hankekohtaisesti kuljetusmatkat huomioiden. Kustannukset ja ympäristövaikutukset saattavat nousta helpostikin luonnonmateriaaleja suuremmiksi. (Motiva 2010, 6.)

5.3.12 Pilaantuneet maat

Lievästi pilaantuneita maita pystytään niiden käsittelyn jälkeen ottamaan uudelleen käyttöön maarakentamisessa. Massojen käyttömahdollisuuksiin vaikuttavat niiden pilaantuneisuus ja materiaalien geotekniset ominaisuudet. Monet materiaalit ovat rakentamisen kannalta rinnastettavissa joko ylijäämämaihin tai vanhojen maarakenteiden materiaaleihin. Esimerkkeinä näistä on mainittu savet, hieno hiekka, humus- ja turvemaat, moreeni, ruoppausmassat ja siltit. Lisähaasteena pilaantuneita maa-aineksia käytettäessä on niiden puhdistaminen ja haitta-aineiden stabilointi. Suunnitelmallista käyttöä vaikeuttavat lisäksi materiaalin saatavuuden ennakoimattomuus sekä sen nopea käsittelytarve. (Eskola ym. 1999; 38; Ramboll 2008; UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia 2013a.)

Pilaantuneita maita on käytetty rakennusmateriaalina pääosin kaatopaikkarakenteissa. Muita kohteita ovat olleet melusteet sekä katu- ja kenttärakenteet, joissa pilaantunutta maata on hyödynnetty joko sellaisenaan tai käsiteltynä. Uusiokäyttö on toistaiseksi ollut vielä tapauskohtaista eikä yleisiä käytäntöjä ole olemassa. Materiaalin ympäristökelpoisuuden osoittamisen lisäksi on selvitettävä myös materiaalin tekniset ominaisuudet ja sen toimivuus käyttökohteessa. Uusiokäytön ympäristö- ja terveyshaittoja voidaan rajoittaa erilaisilla teknisillä keinoilla kuten suojauksella ja erityisrakenteilla tai suotovesien käsittelyllä. (Ympäristöministeriö 2007, 104.)

5.4 Jalostusmenetelmät

Kiviainesten jalostus- ja käsittelymenetelmät jaetaan mekaanisiin, kemiallisiin ja näitä yhdistäviin menetelmiin (taulukko 9). Mekaanisilla menetelmillä parannetaan materiaalien ominaisuuksia muuttamalla niiden rakeisuutta seulonnan, kuivauksen, murskauksen, karkean kiviaineksen lisäyksen tai hienon kiviaineksen pois pesemisen avulla. Kemiallisilla menetelmillä kasvatetaan materiaalien lujuutta ja jäykkyyttä sekä vähennetään niiden herkkyyttä olosuhteiden vaihdellessa. Käytettävät sideaineet voivat olla hydraulisia tai bitumisia tai erilaisten materiaalien käsittelyaineita. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 25.)

Taulukko 9. Eri materiaalien jalostusmenetelmiä (Korkiala-Tanttu, Juvankoski, Kivikoski, Eskola & Kiviniemi 2008, 16).

Materiaali	Parannettava ominaisuus	Menetelmät
Vesipitoiset ylijäämämaat	Huono tiivistyminen, olosuhdeherkkyyks, routivuus, painumat	Kuivatusmenetelmät, stabilointi
Hienorakeiset ja eloperäiset ylijäämämaat	Huono tiivistyminen, olosuhdeherkkyyks, routivuus, painumat	Stabiloinnit
Moreenit	Olosuhdeherkkyyks, routivuus, painumat	Murskaus, seulonta, sekoitus, käsittelyaineet, pelletointi
Teollisuuden sivutuotteet	Laadun vaihtelu (ajallinen, paikallinen, tuotantolaitoskohtainen)	Homogenisointi, lajittelu, reseptointi, seostaminen, stabilointi, lisäaineet, murskaus, seulonta, kuivatus
Vanhat maarakennemateriaalit		Käyttö sellaisenaan, jalostaminen alkuperäisellä paikalla, materiaalin siirtäminen ja jalostaminen muualla, mekaaninen käsittely ja stabilointi
Pilaantuneet maat	Päästöjen ehkäisy	Haitta-aineiden poisto pesulla (märkäerotus), huokoskaasukäsittelyllä, biologisella tai termisellä käsittelyllä, seulonta, murskaus, stabilointi ja kiinteytys

5.4.1 Mekaaniset menetelmät

Tielaitoksen (1993) mukaan erottelu voidaan toteuttaa välppäyksen, seulonnan tai pesun avulla. Erottelussa kiviaineksesta poistetaan joko liian suuret kivet tai ylimääräinen hienoaines. Haluttuun lopputulokseen päästään eri erotusmenetelmiä yhdistelemällä. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 25.)

Kiviaineksen raejakaumaa saadaan muutettua sekoituksen avulla. Menetelmä on taloudellinen tapa materiaalin rakeisuuden muuttamiseksi, kun sopivia materiaaleja on saatavilla. Oletuksena on, että sekoituksessa saatavan materiaalin ominaisuudet ovat paremmat kuin lähtömateriaalien. Yleensä kahden eri materiaalin sekoittaminen keskenään riittää. Sekoittamista voidaan tehdä paikan päällä joko erilaisten sekoituslaitteiden tai kairinkoneen kauhauksen avulla. Aumasekoituksessa materiaalit levitetään kerroksittain päällekkäin ja sekoitetaan paikalla keskenään. Paras sekoitustulos saadaan yhdistämällä sekoittaminen seulontaan. Tosin seulonnan tuottavuus on silloin hieman alhaisempi ja läpimenevien ja käsittelyalueille päätyvien materiaalien määrä on suurempi. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 25.)

Seulonnan avulla saadaan kiviainesmateriaali lajiteltua haluttuun ja käyttötarkoituksensa mukaiseen raekokoon. Usein seulonta yhdistetään murskauksen yhteyteen, jolloin hienempi aines saadaan eroteltua pois heti sen muodostuttua. (Hartikainen 2003, 148.)

Välppäyksen avulla erotetaan maa-aineksesta siivilän avulla suurikokoiset materiaalit kuten kivet ja kannot. Välppä toimii samalla suodattimena murskauksen yhteydessä tehtynä.

Murskauksessa kiviaines pienennetään mekaanisesti raekooltaan pienemmäksi puristusta ja iskuja käyttäen. Raekoko vaihtelee 1 – 100 mm välillä. Murskeet jaetaan alkuperänsä perusteella kallio-, sora-, moreeni- ja kuonamurskeisiin. Myös kierrätysmateriaaleja kuten betoni- ja asfalttijätettä murskataan pienemmän raekoon ja materiaalin tasalaatuisuuden aikaansaamiseksi (kuva 22). Murskaus tapahtuu vaiheittain. Yleensä tarvitaan kahdesta neljään eri vaihetta, joita ovat esi- ja välimurskaus sekä jälki- ja hienomurskaukset. Murskattava aines voidaan välpätä tai seuloa ennen murskauksen aloittamista, jolloin välpän tai seulan läpäisemätön materiaali murskataan uudelleen ja läpäissyt materiaali siirretään murskattavaksi joko myöhempisiin vaiheisiin tai lopputuotteeseen. (Hartikainen 2003, 146; Tolppanen 1998, 6.)



Kuva 22. Asfaltin murskausta Tarastenjärvellä (valokuva Kirsi Lehtonen).

5.4.2 Stabilointi

Stabilointi tarkoittaa lujittamista. Sen avulla parannetaan maan lujuusominaisuuksia erilaisten sideainesten avulla. Maa-aineksesta saadaan karkeampaa ja rakeet kiinnittyvät toisiinsa paremmin. Lisäksi maa-aineksen kantavuus paranee ja routivuus vähenee. Stabilointia tarvitaan silloin, kun halutaan käyttää hyväksi rakennuspaikan omia maa-aineksia tai säästää luonnon kallio-, sora- ja hiekkavaroja. (Hartikainen 2007, 121; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 25)

Stabilointiaineena voidaan käyttää sementtiä, bitumia, kalkkia ja maasuunihiekkaa sekä erilaisia teollisuuden sivutuotteita. Kalkki soveltuu hienojen ja savisten maa-ainesten lujittamiseen katujen alusrakenteissa. Sementillä lujitetaan karkeita maalajeja teiden, katujen, lentokenttien ja rautateiden päällysrakenteiden yläosissa. Bitumia on käytetty kadun kantavan kerroksen stabilointiin. (Hartikainen 2007, 121, 132; Härmä ym. 2010a, 20.)

Massastabilointi voidaan tehdä kohteessa paikan päällä sekoittamalla käytettävä sideaine luonnontilaiseen maa-ainekseen. Jelisicin (2000), Ideachip Oy:n (2006) ja Rekosen (1993) mukaan stabiloitavan maakerroksen paksuus voi olla jopa viisi metriä. Mäkelän ym. (2000) mukaan sideaineen se-

koittamisen jälkeen maa-aines voidaan kaivaa ylös ja kuljettaa varastoon tai suoraan käyttökohteeseen. Stabiloitu maa-aines voidaan tiivistää suoraan paikalleen. Massastabilointi voidaan myös tehdä muualla, jolloin maa-aines kaivetaan ylös ja kuljetetaan käsiteltäväksi käsittelyalueelle. (Härmä ym. 2010a, 20.)

Kerrosstabilointi on turvallinen ja tehokas ratkaisu eriasteisten katujen ja rakenteeltaan vastaavien kenttien peruskorjaukseen. Kerrosstabilointirakenteen tekniset ominaisuudet ja rakenteen odotettavissa oleva pidempi kestoikä tekevät kerrosstabiloinnin useimmiten kilpailukykyiseksi ratkaisuksi verrattuna perinteiseen murskerakenteeseen, kun huomioon otetaan rakenteen koko elinkaaren aikaiset kunnossapitokustannukset. Ympäristövaikutukset ovat myös pienemmät, sillä kerrosstabiloinnissa selvittää useimmiten oleellisesti vähemmällä massojen kuljetuksilla, ohuemmilla rakennepaksuuksilla ja pienemmällä kiviainesmäärällä. Energian kulutus on merkittävästi pienempi mahdollisesta sementin tarpeesta huolimatta. Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö on myös vähäisempi. (Lahtinen & Majjala 2010, 19; Ramboll 2008, 74-75.)

Korkiala-Tantun ym. (2010, 27) mukaan pohjamaan ja heikkolaatuisten materiaalien stabilointi parantaa rakenteiden pitkäaikaista käyttäytymistä. Menetelmä voi kuitenkin lisätä ympäristövaikutuksia sideaineiden valmistuksen ja kuljettamisen kautta. Sideaineiden hinnat ovat myös viime aikoina nousseet. Rakennekerrosten stabilointi voi jonkin verran vaikeuttaa katurakenteiden purkamista ja kerrosten alla olevien putkien korjausta tulevaisuudessa.

5.5 Materiaalivirtojen hallinta

Materiaalivirtojen hallinta on sekä fyysisen materiaalin hallintaa että tiedon hallintaa. Maa-aineksia käsitellään, jalostetaan, varastoidaan ja loppusijoitetaan niitä varten perustetuille alueille, joiden toiminnot saattavat poiketa suurestikin toisistaan. Määrään, lajitteluun, laatuun ja käyttötarkoitukseen liittyviä tietoja taas hallinnoidaan erilaisten järjestelmien ja paikkatiedon avulla. Tiedonhallinnan järjestelmiä ei ole tällä hetkellä kovinkaan montaa käytössä. Härmän ym. (2010a, 30.) teettämän kyselyn mukaan vain kahdessa kyselyyn vastanneessa kunnassa ja neljän yrityksen toiminta-alueella on käytössä toimiva materiaalipankki. Opinnäytetyön yhteydessä on esille noussut kuntien käyttämistä sovelluksista ainoastaan Tampereen kaupungille kehitettävän Maapankin ohella Helsingin kaupungille kehitettävä vastaavanlainen Absoils –sovellus.

5.5.1 Maa-aineshuollon alueet

Maanvastaanottoalueet ovat yleensä kuntien ylläpitämiä alueita, joilla ei ole maanvastaanoton lisäksi muita toimintoja. Ne ovat täyttömäkiä, jotka käytön päättymisen jälkeen muunnetaan maa- ja metsätalouden käyttöä tai virkistyskäyttöä varten. Etäisyys ylijäämämaiden muodostumiskohteille on lyhyt (kuva 23). Suuren tilantarpeen, ympäristövaikutusten ja lähiasukkaiden asenteen vuoksi näitä alueita joudutaan kuitenkin sijoittamaan kau-

emmaksi kohteistaan. Maanvastaanottoalueista ei aiheudu pinta- tai pohjaviesihaittoja, kun alueelle tuodaan vain puhtaita maa-aineksia. (Härmä ym. 2010a, 25.)



Kuva 23. Näkymä Ruskonperän täyttömäen päältä Hervannan suuntaan (valokuva Kirsi Lehtonen).

Kiviainesten jalostusalueet sijaitsevat usein lähempänä ylijäämäkiviainesten muodostumiskohteita kuin maanvastaanottoalueet, sillä materiaalien kuljetuksia tehdään kahteen suuntaan. Jalostusalueille toimitetaan murskattavaksi, seulottavaksi ja varastoitavaksi ylijäämälouhetta sekä usein myös kierrätysasfalttia ja betonimurskettä. Yleensä yritykset vastaavat näiden alueiden toiminnoista. (Härmä ym. 2010a, 25.)

Keskitettyillä kiviainesalueilla on monipuolisia toimintoja. Niillä voidaan toteuttaa neitseellisen kiviaineksen oton ja sen jalostustoiminnan lisäksi ylijäämäkiviainesten ja -maiden, kierrätysasfaltin ja -betonin vastaanottoa, varastointia ja jalostusta. Alueella voidaan myös valmistaa multaa kantojen haketuksen ja humusmaiden jalostuksen kautta. Monet tällaiset keskitetyt alueet toimivat seudullisesti palvelen usean kunnan tarpeita. (Härmä ym. 2010a, 25.)

Ylijäämämaiden varastointi- ja käsittelyalueet sijaitsevat monessa kunnassa vanhalla kaatopaikka-alueella. Yritysten operoimat toiminnot sijoittuvat muun muassa maa-ainesten ottopaikoille, kiviainesten jalostuslaitoksiin, kiviainestoimipisteisiin, työmaille ja kierrätyskeskuksiin. (Härmä ym. 2010a, 26.)

Maanvastaanottoalueet, varastointi- ja jalostusalueet voivat olla kunnan tai yksityisen tahon omistuksessa. Kahden tai useamman kunnan omistamat alueet ovat jo selvästi harvinaisempia. Härmän ym. teettämän kyselytutkimuksen mukaan yritykset käyttävät pääsääntöisesti omia alueitaan omassa toiminnassaan. (Härmä ym. 2010a, 26.)

5.5.2 Tiedonhallintajärjestelmät

Ympäristöhallinto ja Geologinen tutkimuskeskus ovat yhteistyössä kehittäneet kiviainesten tilinpitopalvelun (KITTI) helpottamaan kiviainestiedon löytyvyyttä. Kiviainesten tilinpitojärjestelmä on muodostettu yhdistämällä maa-aineslain mukaiset otto- ja seurantatiedot ympäristöhallinnon NOTTO -tietokannasta Geologisen tutkimuskeskuksen varantorekisteritietojen kanssa. Siten on saatu selville tieto jäljellä olevista kiviaineksista. Palveluun on lisäksi liitetty ympäristöhallinnon pohjavesialuetiedot ja luonnonsuojeluaineistot sekä maanmittauslaitoksen pohjakartta-aineistot sekä hallinnollisia rajoja. Tällä hetkellä palvelun kiviainestilinpidon piirissä on mukana pääkaupunkiseutu. Varanto-, lupa- ja seurantatietoja löytyy jo koko maan osalta. Geologinen tutkimuskeskus päivittää varantotietoja aktiivisesti ja kaikkien keskeisten kulutusalueiden tilinpidon on tarkoitus olla palvelun piirissä muutamien vuosien kuluessa. Tarkoituksena on myös lisätä ylijäämämaiden sekä louhosten ja kaivosten sivukivien seuranta järjestelmään mukaan. (GTK 2013; Härmä ym. 2010a, 31; Härmä ym. 2010b, 38; Ramboll 2008, 12.)

Rakentamisen yhteydessä syntyviä ylijäämäkaita ei kirjata tällä hetkellä keskitetysti mihinkään järjestelmään, koska niiden ottaminen ja hyödyntäminen eivät ole maa-ainesluvan alaista toimintaa. Infra ry kerää ottotietoja suoraan kiviainestoimittajilta. Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämään valvonta- ja kuormitustietojärjestelmään (VAHTI) kirjataan ympäristöluvallisille maanvastaanotto- ja jalostusalueille tuotujen kiviainesten määrät ja laatutiedot. (Härmä ym. 2010a, 30.)

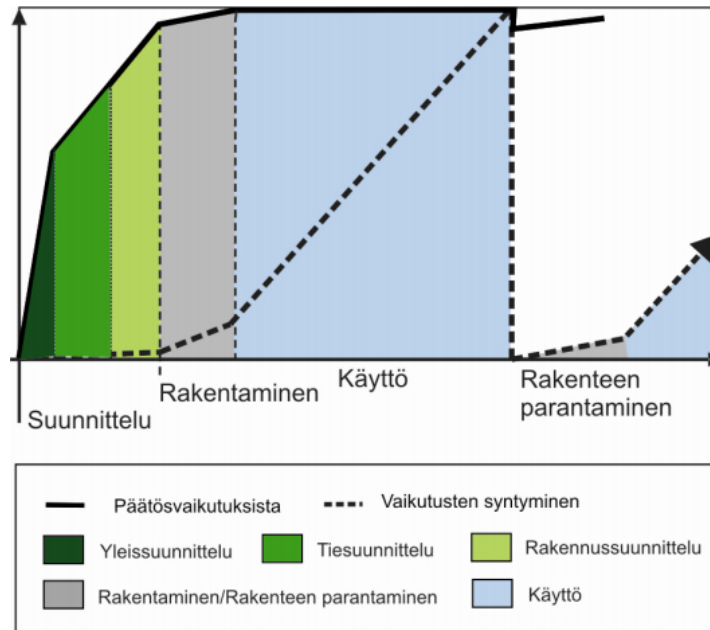
UUMA -materiaalien inventaarin yhteydessä on luotu uusiomateriaalien paikannusta varten teemakartasto ja internetpalvelu. Palvelussa on teollisuuden sivutuotteiden tuotantolaitokset sijoitettu Suomen kartalle. Muut materiaalit on toistaiseksi jätetty palvelun ulkopuolelle, koska niitä syntyy hajanaisesti eri tuotantopaikoissa. Paikkatietoa on mahdollista täydentää esimerkiksi erilaisten ylijäämäkaita varastoivien alueiden tiedoilla. Muut kehitettävät ja kehittyvät massapankit ja tietojärjestelmät kuten edellä mainittu kiviainesten tilinpitopalvelu täydentävät järjestelmää tulevaisuudessa. (Ramboll 2008, 11-12.)

Maapörssi on ylijäämäkaita välittävä verkkopalvelu, jonka kautta yritykset ja yksityiset henkilöt voivat kierrättää ja hankkia tarvitsemiaan ylijäämäkaita. Palvelun rekisteröidytään verkkosivujen kautta. Ilmoitusten jättäminen on ilmaista. Lukuaikaa on tarpeen ostaa silloin, kun haluaa nähdä yhteystietoja jätettyjen ilmoitusten osalta. Palvelun kautta voi myös pyytää tarjouksia kuljetuksista, konepalveluista ja maa-aineksista. (Maapörssi 2013.)

6 VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN JA IHMISIIN

Ekotehokkuuteen vaikuttavat merkittävät ratkaisut tehdään katuhankkeen suunnitteluvaiheessa (kuvio 4). Silloin päätetään maa- ja kallioleikkausmassoista, rakenteista ja materiaalitaloudesta. Hankkeen laajuuden mukaan määrittyy myös ympäristövaikutusten suuruusluokka. Rakentamis-

vaiheessa voidaan rakentamisen ratkaisulla ja toteutustavoilla vielä vaikuttaa ympäristövaikutuksiin ja niiden suuruuteen. (Motiva 2010, 1.)



Kuvio 4. Periaatekuva ympäristövaikutusten syntyisestä ja niiden päätöksentekovaiheesta (Korkiala-Tanttu, Tenhunen, Eskola, Häkkinen, Hiltunen & Tuominen 2006, 7).

6.1 Ympäristövaikutusluokat ja painoarvot

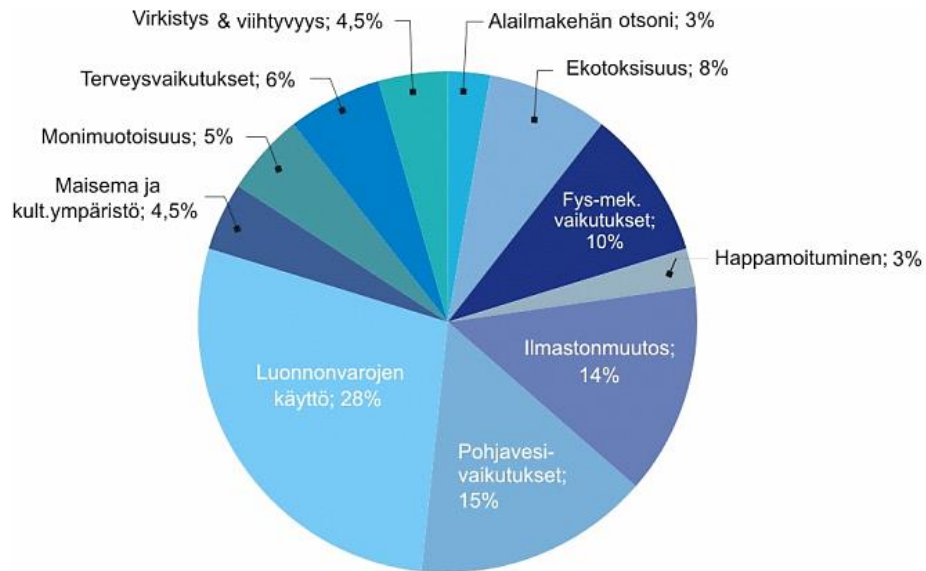
Kadun rakentamisesta ja liikenteestä syntyy ympäristövaikutuksia, jotka kohdistuvat sekä kansalliselle että kansainväliselle tasolle. Vaikutukset maisemaan, kulttuuriympäristöön, virkistysmahdollisuuksiin, viihtyvyyteen ja pohjaveteen korostuvat paikallisesti. Alueellisia ja globaaleja vaikutuksia ovat ilmansaasteiden aiheuttamat ilmastonmuutos, happamoituminen, rehevöityminen ja luonnonvarojen käytön lisääntyminen. (Kilpinen 2008, 12.) Taulukossa 10 esitetään merkittävimmät kadun rakentamisesta muodostuvat ympäristövaikutukset ja niiden aiheuttajat.

Taulukko 10. Kadun rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset ja niiden aiheuttajat (Korkiala-Tanttu, Eskola, Valkeisenmäki, Antila & Mutanen 2007, 18).

Ympäristövaikutus	Aiheuttajat	Ympäristöongelmaluokka
Luonnonvarojen käyttö	Kallioaines, sora ja hiekka, ylijäämämateriaalit, läjitettävät massat, kaatopaikalle menevät jätteet, uusiutumattomat energiaressit	Luonnonvarojen käyttö
Päästöt ilmaan	Kuljetusajoneuvot ja työkoneet, työnaikaiset liikennejärjestelyt, räjähdyskaasut, materiaalien (kuten asfaltin ja sementin) valmistus	Ilmastomuutos, alailmakehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, rehevöityminen, paikallinen ilman laatu, suorat terveysvaikutukset
Pölypäästöt	Kiviainesten louhiminen, maa-ainesten kaivu, kuormausta ja kuljetus, rakentaminen	Paikallinen ilman laatu, suorat terveysvaikutukset
Päästöt maaperään ja veteen	Teollisuuden sivutuotteet, bitumipohjaiset materiaalit, kemikaali-/polttoainevuodot	Ekotoksisuus, laadulliset pohjavesivaikutukset
Melu ja värinä	Kuormausta ja kuljetustoiminta, louhintaporaukset ja räjäytykset, murskaus ja rikotus, roudan rikkominen, paalutus sekä rakennusten ja rakenteiden purkaminen	

Suomessa käynnistettiin vuoden 2004 lopussa väylärakentamisen ympäristöarvot ja ekoindikaattorit -tutkimusprojekti, jonka aikana kehitettiin arviointimenetelmä (EIMI) väylien rakentamishankkeiden aiheuttamien ympäristökuormitusten arvioimiseksi. Tavoitteena oli määrittellä väylärakentamisen ympäristövaikutuksia sitä arvioivien työkalujen kehittämistä varten sekä luoda luotettavia ja alan yhteisesti hyväksymiä indikaattoreita. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 7,9.)

Väylärakentamisen indikaattorijärjestelmä EIMI:ssä käytetään edellistä esimerkkiä useampia ympäristövaikutusluokkia, joille alan asiantuntijat ovat myös määritelleet painoarvot kunkin ympäristövaikutuksen merkittävyyden mukaan väylärakentamista ajatellen (kuvio 5). Merkittävimmät ympäristövaikutukset ovat luonnonvarojen käyttö, pohjavesivaikutukset ja ilmastonmuutos.



Kuvio 5. Väylärakentamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 34).

6.2 Maaperä ja pohjavesi

Kadun rakentaminen kuluttaa suuria määriä erilaisia luonnonvaroja; kalliainesta, soraa ja hiekkaa, muuta maa-ainesta ja raaka-aineita, pohjavesivaroja sekä uusiutumattomia energiaraaka-aineita. Maaperään kohdistuvaa ympäristövaikutusta voidaan osittain käsitellä myös ilmaan ja veteen kohdistuvien kuormitusten ja jätekuormitusten kautta. Esimerkiksi happamoitavat päästöt ilmassa kuormittavat samalla myös maaperää. (Häkkinen 2005, 55; Kilpinen 2008, 41).

Pohjavedet ovat Suomessa herkkiä ympäristömuutoksille. Muodostumat ovat yleensä pieniä ja niitä suojaavat maakerrokset ohuita. Raakavesilähteitä suojellaan välttämällä rakentamista ja raaka-aineiden ottoa herkillä pohjavesialueilla sekä kehittämällä rakennettujen alueiden hule- ja jätevesien käsittelytapoja. Pohjavesien likaantumisvaara on suurinta hiekka- ja soramailla. (Häkkinen 2005, 57; Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Maaperän peittymistä katujen ja rakennusten alle kuvataan termillä sulkeutuminen. Suomessa suurten kaupunkialueiden laajentuminen vaikuttaa jo merkittävästi maaperän ekologiseen toimintakykyyn. Maaperän vesitalouden muutoksina voidaan huomata muun muassa pohjaveden pinnan lasku ja pohjaveden heikkeneminen. Maaperä ei pysty enää yhtä tehokkaasti välittämään aineiden ja energian kiertoa, tulvaherkyys kasvaa, maaperän eliöstö taantuu eikä se toimi enää eliöiden leviämisreitteinä yhtä tehokkaasti kuin aikaisemmin. (Häkkinen 2005, 56, 60.)

6.3 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutosta edistäviä kasvihuonekaasupäästöjä hiilidioksidia (CO₂), typpioksiduulia (N₂O) ja metaania (CH₄) muodostuu materiaalien tuotannossa, kuljetuksissa ja työkalujen käytössä. Asfaltin ja sementin valmis-

tuksen yhteydessä niitä syntyy huomattavasti. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Kasvihuonekaasujen päästöjen yhteismäärä ilmaistaan hiilidioksidiekvivalentteina, jolloin päästöinä huomioidaan hiilidioksidipäästöt sellaisenaan, metaanipäästöt kerrottuna luvulla 21 ja typpioksiduulipäästöt kerrottuna luvulla 310. Käytetyt kertoimet kuvaavat kyseisten yhdisteiden vaikuttavuutta kasvihuoneilmiöön hiilidioksidiin verrattuna. (Lipasto 2013b.)

6.4 Päästöt

Otsonia muodostuu hiilivedyistä ja typen oksideista voimakkaassa auringonvalossa. Korkeina pitoisuuksina esiintyessään se on haitallinen kaasu, joka hengitettynä lamauttaa keuhkojen toimintaa ja aiheuttaa yskää ja hengenahdistusta. Se vaurioittaa kasvien solukkoa ja heikentää niiden kasvua. Alailmakehän otsonia muodostavia päästöjä (typen oksidit NO_x, haihtuvat orgaaniset yhdisteet NMVOC ja hiilimonoksidi CO) syntyy materiaalien tuotannosta, kuljetuksista ja työkoneiden käytöstä sekä asfaltin ja sementin valmistuksen yhteydessä. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Työkoneiden käyttö ja kuljetukset aiheuttavat päästöjä, jotka voivat vaikuttaa ympäristöön ekotoksisesti. Lisäksi kiviaineksista ja uusiomateriaaleista voi liueta raskasmetalleja, hiilivetypäästöjä sekä kloori- ja sulfaattipäästöjä. Ekotoksisuus tarkoittaa ihmistoiminnasta peräisin olevien yhdisteiden haitallisia vaikutuksia luonnon eliöissä, eliöyhteisöissä ja ekosysteemeissä. Ekotoksiset vaikutukset voivat johtaa kuolemaan tai kasvu-, kehitys- ja lisääntymishäiriöihin. Vaikutukset voivat olla kroonisia tai akuutteja. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Happamoitavia päästöjä syntyy materiaalien tuotannosta, kuljetuksista sekä työkoneiden käytöstä. Asfaltin ja sementin valmistuksessa niitä muodostuu myös paljon. Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon puskurikyvyyn heikentymistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Se vaikuttaa kasvien kasvuun ja vesiekosysteemien pH-tasoon. Hapan sade aiheuttaa materiaalivaurioita myös rakennetussa ympäristössä. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

6.5 Fysikaalimekaaniset vaikutukset

Fysikaalimekaanisilla vaikutuksilla tarkoitetaan suoria ympäristövaikutuksia, jotka aiheutuvat tärinästä, melusta tai häiriövalosta. Kadun rakentaminen, käyttö ja kunnossapito aiheuttavat paikallisesti näitä kaikkia. Melun osalta on olemassa vakiintuneita arviointi- ja laskentamenetelmiä, joissa melun indikaattorina käytetään valtioneuvoston ohjearvon määrittämää 55 dB päivämelun osalta. (Kilpinen 2008, 38; Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Liikenteestä aiheutuvan tärinän vaikutus vaihtelee maaperän laadun, raskaan liikenteen määrän, ajonopeuden ja kadun kunnan mukaan. Liikenteen tärinän vaikutusalue ulottuu kauimmaksi hienorakenteisilla ja pehmeillä

kivennäismaalajeilla sekä pehmeillä eloperäisillä maalajeilla. Kadun rakentaminen aiheuttaa myös väliaikaista haittaa alueen asukkaille. Työkaluja tieliikenteen tärinäarviointiin ei vielä ole olemassa, mutta niitä kehitetään parhaillaan. Ehdotetut tärinän suositusarvot asumisviihtyvyyden kannalta ovat 0,6 mm/s vanhoille ja 0,3 mm/s uusille asuinalueille. (Kilpinen 2008, 38.)

Häiriövalo tarkoittaa muualle kuin aiottuun kohteeseen suuntautuvaa keinovaloa, jolla voi olla haitallisia vaikutuksia sekä ihmisen terveydelle että ekosysteemien toiminnalle. Se aiheuttaa muutoksia hormonitoiminnassa ja altistaa sitä kautta erilaisille sairauksille, vaikeuttaa muuttolintujen suunnistamista, häiritsee kasvien vuorokausirytmiiä ja eläinten aktiivisuutta, ravinnonhakua sekä sosiaalisuutta. Suomessa häiriövalon pahimmat lähteet ovat palvelu- ja liikenneympäristöt. Häiriövalon osuus on kasvanut liikennemäärien, ajovalojen tehokkuuden ja valaistujen teiden ja katujen määrän mukana. Tieliikenteen hiukkaspäästöt vaikuttavat välillisesti voimistamalla valon siroamista ilmakehässä. (Kilpinen 2008, 39-40.)

6.6 Terveysvaikutukset

Suorat terveysvaikutukset ovat ihmisen terveyteen vaikuttavia tekijöitä, jotka syntyvät välittömästi altistumisen jälkeen. Yleensä ne ovat erilaisia akuutteja hengityselinoireita. Väylärakentamisessa muodostuu paljon pienhiukkasia ja pölyä, jotka heikentävät ilman laatua. Niitä muodostuu myös kuljetuksista ja työkoneiden käytöstä. Kuormitustekijöinä mitattavia päästöjä ovat rikkidioksidi (SO₂), typen oksidit (NO_x), hiilimonoksidi (CO), hiukkaset ja pöly. (Kilpinen 2008, 41; Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

6.7 Monimuotoisuus

Luonnon monimuotoisuus eli biodiversiteetti tarkoittaa lajien sisäistä perinnöllistä vaihtelua, lajien runsautta ja elinympäristöjen monimuotoisuutta. Se turvaa elämän jatkumisen ja säilymisen maapallolla ja siitä on hyötyä ihmiselle raaka-aineiden, virkistykseen ja ekosysteemipalveluiden muodossa. Katuhankkeiden ensisijaisia ekologisia vaikutuksia ovat elinympäristöjen väheneminen ja pirstoutuminen, eläinkuolleisuuden nousu ja erilaiset este-, reuna- ja häiriövaikutukset. (Kilpinen 2008, 29.)

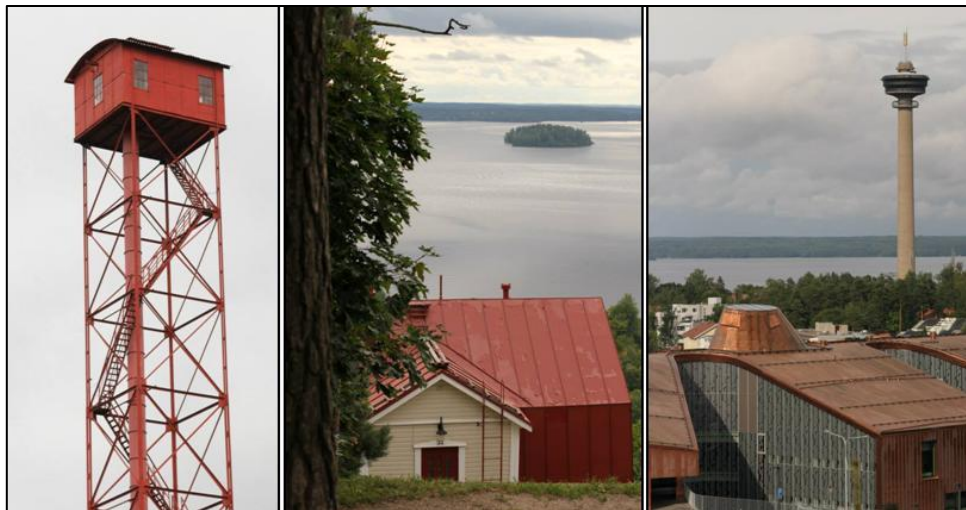
Alueiden pirstoutuminen on keskeinen ympäristövaikutus rakentamisessa. Pirstoutuminen eristää alueita toisistaan, lisää reunavaikutuksen määrää, vaikuttaa lajien leviämiseen ja sitä kautta myös monimuotoisuuden säilymiseen. Populaation yksilömäärällä ja elinalueen koolla on usein tietty suhde, jolloin elinalueen pirstoutuminen voi edesauttaa yksilömäärän vähentymisen elinalueen vähenemistä suuremmaksi. Rakentaminen voi vaikuttaa lajeihin myös välittömästi, jos rakennettavilla alueilla esiintyy uhanalaisia lajeja. Peruuttamattomat maankäytön muutokset eli peittymisen, pirstoutumisen ja maa-ainesten poiston merkitys kasvaa entisestään lajien uhanalaistumisen synä. (Häkkinen 2005, 56, 65.)

Taajama-alueella luonnonsuojelullisesti arvokkaimpia kohteita ovat metsien, soiden, vesistöjen, kallioiden ja perinnebiotooppien kriteerien mukaiset arvokkaat alueet sekä muut taajamien arvokkaat alueet kuten siirtolapuutarhat, vanhat puistot ja hautausmaat. Muut rakentamattomat ja lievästi hoidetut alueet voivat myös toimivat ekologisina käytävinä lajistolle. Lisäksi muut viheralueet kuten hoidettavat nurmikentät, yksittäiset puut ja puukujanteet edistävät monimuotoisuutta rakennetuilla alueilla osana kaupunkiympäristöä. (Häkkinen 2005, 59.)

6.8 Maisema, kulttuuri, virkistys ja viihtyvyys

Kadun rakentaminen muuttaa maisemaa. Kadun linjauksella ja rakenteiden valinnalla voidaan vaikuttaa sekä maisemaan että arvokkaiden kulttuuriympäristöjen säilymiseen. Maiseman kannalta suojeltavia kohteita ovat arvokkaat maisema-alueet, kansallismaisemat, perinnemaisemat ja -biotoopit. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

Kulttuuriympäristöllä tarkoitetaan yleensä rakennettua ympäristöä, perinnemaisemia ja muinaisjäännöksiä (kuva 24). Se voidaan jakaa maaseudun kulttuuri-maisemaan ja kaupunkimaisemaan. Historialliset alueet ja tietöön perustuvat arvokohteet ovat herkkiä väylien rakentamiselle. Uudella kulkuväylällä saatetaan rikkoa alkuperäisiä toimintayhteyksiä tai se saattaa vaikuttaa toiminnallisena, visuaalisena ja meluisana esteenä alueen käytölle. Jos väylä noudattaa historiallista kulkureittiä ja sen varressa on arvokkaita kohteita, voidaan tien ja kadun leventämisellä, liikennemäärien kasvattamisella, korkeustason nostolla ja muilla toimenpiteillä haitata kulttuuriympäristön toimintaa ja muuttaa sen piirteitä. Tieliikenteen päästöt myös nopeuttavat arvokohteiden kunnan alenemista. (Kilpinen 2008, 31-32.)



Kuva 24. Kulttuurimaisemia ja kaupunkiympäristöä Tampereelta (valokuvat Kirsi Lehtonen).

Katujen ja teiden rakentaminen vaikuttavat maaperään myös sen luonnonhistorian ja kulttuuriperinnön säilyttämisen näkökulmasta. Maaperässä säilyy muinaismuistoja, fossiileja ja tietoja syntyhistoriasta, luonnonmullistuksista sekä ympäristön muutoksista. Rakentamista tulee välttää näillä

etukäteen tiedossa olevilla alueilla. Uusien alueiden osalta tulee entuudestaan tuntemattomat luonnon- ja kulttuurihistoriallisesti arvokkaat tekijät selvittää. (Häkkinen 2005, 59.)

Väylärakentaminen aiheuttaa muutoksia maankäyttöön ja voi sitä kautta heikentää virkistysmahdollisuuksia ja viihtyvyyttä. Tähän liittyviä mitattavia kuormitustekijöitä ovat alueiden pirstoutuminen, maankäytön muutokset, maaperän peittyminen, luontokokemukset, maisema-arvo sekä arvokkaat kulttuuriympäristöt. Näiden tekijöiden arviointi tapahtuu aina paikallisesti alueen asukkaiden ja aluetta käyttävien ryhmien kokemuksien ja arvostuksien kautta. Maankäytön suunnittelussa pyritäänkin ottamaan huomioon ihmisten arvostuksia ja kokemuksia vuorovaikutteisen suunnittelun kautta. (Kilpinen 2008, 34; Korkiala-Tanttu ym. 2006, liite 1.)

6.9 Syntyvät jätteet

Kivenlouhinnan yhteydessä syntyy eniten jätteitä pintamaista ja jätekivestä. Yleensä nämä jätteet saadaan sijoitettua louhimoiden yhteyteen, jolloin ne voidaan hyödyntää sellaisenaan alueen maisemointiin. Jätekivi voidaan myös murskata murskeeksi. Porauksen ja murskauksen yhteydessä muodostuu myös metallijätettä. (Jäteluokitusopas 2005, 21.)

Pintamaat ja kivimateriaalit muodostavat myös suuria jäte-eriä hiekan-, soran- ja savenotossa. Hiekan ja soran kohdalla materiaali yleensä seulotaan ottopaikalla. Lisäksi ottamiseen voi liittyä myös kiviaineksen murskausta. Seuloista, kuljettimista ja murskainten kulutusosista syntyy silloin rauta- ja teräsromua. (Jäteluokitusopas 2005, 22.)

Rakennustoiminnassa muodostuu jätettä maansiirron yhteydessä, hukkaan jäävistä rakennusmateriaaleista sekä purkujätteestä. Volyymiltaan suurin määrä muodostuu maa-aineksesta. Muu jäte on puu-, kivi- tai metallimateriaalia, joka joko hyödynnetään, toimitetaan kaatopaikalle tai käytetään maantäytteenä. Rakentamisesta syntyy myös sekajätettä, joka sisältää esimerkiksi muoveja, likaista puuta sekä lastu- ja muita puulevyjä. Purkujätteestä jää kaatopaikalle loppusijoitettavaksi muun muassa asfaltti-, betoni- ja tiilijätettä, maa-aineksia, rauta- ja teräsjetettä, kaapeleita, muoveja ja eristeitä. Jotta kierrättäminen on mahdollista, täytyy alkuperäinen raaka-aine muuntaa toiseksi joko mekaanisesti tai kemiallisesti työstämällä. Useimmiten romu tai jäte murskataan, lajitellaan ja jauhetaan. (Jäteluokitusopas 2005, 123-124, 128.)

Maa-ainesjätteet sijoitetaan niiden pilaantumisen mukaisesti joko maanvastaanottopaikalle, tavanomaisen jätteen vastaanottopaikalle tai erityiskaatopaikoille kunkin ympäristöluvan mukaisesti. Maa-aineksen pilaantuneisuus, käsittelymenetelmä ja syntyvän jätteen laatu määrittävät jätteen tarkemman luokittelun. (Ympäristöministeriö 2012b, 4,7.)

Liikennettä syntyy sekä matkustajien sekä tavaroiden kuljettamisesta. Liikenteeseen kuuluvat myös erilaiset tukitoiminnot kuten terminaali- ja pysäköintipalvelut, lastinkäsittely sekä varastointi (kuva 25). Jätettä muodos-

tuu liikennevälineistä, niiden käytöstä sekä huollosta. (Jäteluokitusopas 2005, 135.)



Kuva 25. Asfalttimurskeen kuljetusta Tarastenjärvellä (valokuva Kirsi Lehtonen).

6.10 Uusiomateriaalien ja sivutuotteiden ympäristövaikutuksia

Uusiomateriaaleja käytettäessä energian kulutus on vähäisempää kuin käytettäessä neitseellistä luonnon kiviainesta. Suurin osa energian kulutuksesta syntyy materiaalien kuten kalliomurskeen tuotannossa ja massojen kuljetuksissa. Kuljetettavien massojen määrää voidaan vähentää merkittävästi käyttämällä teollisuuden sivutuotteita. (Ramboll 2008, 68.)

Motivan (2010, 6) mukaan sideaineiden käyttö sivutuoterakenteissa lisää energian kulutusta ja päästöjä huomattavasti luonnonmateriaaleja enemmän. Jos sivutuotetta voidaan käyttää sellaisenaan, ovat ympäristökuormitukset samaa suuruusluokkaa luonnonmateriaalien kanssa. Jos sideaine itsessään on sivutuote, sen valmistus ei enää kuormita ympäristöä. Katurakenteet eivät välttämättä ole kovin ympäristöystävällisiä, vaikka luonnonmateriaalien määrässä säästetäänkin. Arviot ympäristöystävällisyydestä tulee aina tehdä hankekohtaisesti eikä sivutuotteiden käytön kohdalla ole järkevää käyttää yleistyksiä.

Sivutuotteiden merkittävimpiä haitta-aineita ovat metallit, epäorgaaniset aineet sekä liukenevat suolat. Joissain tuotteissa on myös orgaanisia haitta-aineita. Haitta-aineet voivat vaikuttaa sekä kasveihin, eliöstöön että ihmisiin kulkeutuessaan maaperään, veteen ja ilmaan. (Tiehallinto 2007, 23.)

6.11 Ympäristökuormitus Suomessa

Taulukossa 11 esitetään väylärakentamisessa muodostuvien ympäristökuormitusten määriä ja niiden suhdetta Suomen kokonaispäästöihin. Suomea koskevat luvut ovat vuodelta 2003 ja väylärakentamisen kuormitustiedot vuodelta 2006. Luvut eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään uusiutumattomien luonnonvarojen määrien suhteen. Väylärakentamisen tiedoissa ovat mukana kaikki luonnon raaka-aineet kun Suomea koskevas-

sa luvussa on huomioitu vain maa- ja kalliokiviainekset. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 32.)

Taulukko 11. Tien-, kadun- ja radanrakentamisen ympäristökuormitukset sekä niiden osuus Suomen ympäristökuormituksista (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 32).

		Tie				Suomi	
		Tie	Katu	Rata	Yht.	osuus %	
Uusiutumaton energia	TJ	6300	4100	978	11400	1 130 000 1 %	
Uusiutumaton raaka-aine	milj. tonnia	40	6,7	5,1	52	92 56 %	
CO ₂	milj. tonnia	0,49	0,32	0,096	0,81	73 1,1 %	
SO ₂	tonnia	300	200	91	590	99 000 0,6 %	
NO _x	tonnia	710	290	277	1300	219 000 0,6 %	
CH ₄	tonnia	33	7	86	126	236 000 0,5 %	
NMVOC	tonnia	31	15	9,9	56	145 000 0,04 %	
PM10	tonnia	53	19	3520	3600	55 000 6,5 %	

Muiden kuormitustekijöiden kuin uusiutumattomien raaka-aineiden osalta väylien rakentamisesta tuleva ympäristökuormitus syntyy suurimmilta osin asfaltin valmistuksesta. Uusiutumattomien raaka-aineiden kokonaiskulutuksesta väylärakentamisen osuus on yli puolet, joten teiden, katujen ja ratojen luonnonvarojen kulutuksen määrä on merkittävä. Kaiken kaikkiaan väylärakentaminen kuluttaa noin 52 miljoonaa tonnia uusiutumattomia raaka-aineita ja aiheuttaa noin 0,8 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt. Energian, hiilen, rikin ja typen oksidien päästöistä osuudet ovat 0,6 - 1,1 % tasolla. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 30, 32.)

7 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Maa-ainesten uusiokäyttöä ja hyödyntämistä lisäämällä saadaan aikaan hyötyjä sekä ympäristön, talouden että ihmisen toiminnan kannalta. Uusiokäyttöasteen lisäämiseen liittyy kuitenkin esteitä ja haasteita, jotka hidastavat materiaalien ja toimintamallien käyttöönottoa. Keinoja, joilla nykytilannetta on mahdollista muuttaa uusiokäyttöä suosivammaksi, on olemassa useita. Syitä, seurauksia ja mahdollisuuksia löytyy sekä valtakunnalliselta tasolta lainsäädännöstä ja lupamenettelystä alkaen aina paikalliselle tasolle kuntien ja kiviainesalan yrittäjien näkökulmiin ja tarpeisiin saakka. Loppujen lopuksi vaikutukset kohdistuvat aina yksittäisiin ihmisiin ja ympäristöön ympäristövaikutusten ja kustannusten muodossa.

Alla oleviin kappaleisiin ja taulukoihin on koottu yhteen eri kirjallisuuslähteissä esille nostettuja asioita ja perusteluita uusiokäytön muodostamista hyödyistä, sen lisäämiseen liittyvistä haasteisiin sekä keinoista, joiden avulla nykyistä tilannetta saadaan parannettua. Yleisiä hyötyjä esitetään taulukossa 12 ja elinkaarihankinnan kautta saatavia hyötyjä taulukossa 13. Koetut haasteet on koottu yhteen taulukkoon 14 ja keinovalikoima maa-

ainesten uusiokäytön lisäämiselle esitetään taulukossa 15. Tekstiosuudessa kuvataan joitakin tutkijoiden mainitsemia tekijöitä vielä erikseen.

7.1 Hyödyt

Honkasalon ja Pajukallion (2010, 91) mukaan uusiomateriaalien ja maa-ainesten hyödyntämisellä on mahdollista parantaa yhdyskuntarakentamisen ekotehokkuutta koko elinkaaren ajalle ja sitä kautta edistää kestävä kehitystä. Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö vähenee erityisesti sohararjujen osalta. Energiaa säästyy ja materiaalitehokkuus paranee. Hiili-dioksidipäästöjen vähentyessä pystytään hillitsemään ilmastovaikutuksia. Lisäksi maahan ja vesistöihin kohdistuu vähemmän päästöjä. Maanvastaanottoaikkujen rakentamistarve myös pienenee.

Taulukko 12. Maa-ainesten uusiokäytön kautta saatavia hyötyjä (Dahlbo 2010, 82; Härmä ym. 2010a, 9, 28-29, 31-33; Härmä ym. 2010b, 36-38; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31; Pajukallio ym. 2010, 9-10; Ramboll 2008, 67).

Maa-ainesten uusiokäytön kautta aikaansaatuja hyötyjä	
Hallinta & suunnittelu	Kiviaineshuollon kokonaisuuden hallinta alueellisesti ja seudullisesti Materiaalivirtojen hallinta suunnitteluvaiheesta loppusijoitukseen Muodostumis- ja käyttömäärien seuranta, tilastointi Kiviainesyrittäjien toiminnan helpottuminen ja tehostuminen
Hyötykäyttö & jalostus	Jalostusmenetelmien kehittyminen ja yleistyminen Osaamisen ja tietotaidon kehittyminen Kuljetusmatkojen ja -kustannusten vähentyminen
Laadun- & riskienhallinta	Ympäristö- ja laatuksiteereiden yhdenmukaistuminen Tuotteiden ja menetelmien tuotteistaminen
Ilmapiiri & asenteet	Yhteistyön parantuminen eri toimijoiden kesken Ennakkoluulojen väheneminen tiedon ja kokemusten lisääntyessä
Ympäristövaikutukset	Maisemansuojelu Ekosysteemien ja luonnon monipuolisuuden suojeleminen Luonnonvarojen vähäisempi käyttötarve Kaato- ja läjitysalueiden pienentynyt tarve Tehokkaampi logistiikka Päästömäärien pieneminen Vaikutukset ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen

Korkiala-Tantun, Törnqvistin, Eskolan, Pienimäen, Spoofin ja Mrouehin ym. (2005, 15) mukaan elinkaaritarkastelujen tavoitteena on soveltaa kestävän kehityksen periaatteita tienpidon hankinnoissa. Tiehallinnon (2004) tavoitteena onkin toteuttaa hankintoja yhä enemmän elinkaariajatteluun pohjautuen hyödyntämällä elinkaarikustannuksia ja ekotehokkuutta valintaperusteena. Menetelmä mahdollistaa pitkäaikaisen käytettävyyden sekä taloudellisen, sosiaalisen, kulttuurisen ja ekologisesti kestävän kehityksen tavoitteiden toteutumisen.

Dahlbo (2010, 83) korostaa lisäksi sitä, että elinkaariarvioinnin avulla on mahdollista ottaa huomioon hankkeen aikana ilmenevien ympäristövaikutusten lisäksi myös ne ympäristövaikutukset, jotka saadaan aikaan, kun neitseellisiä raaka-aineita jätetään käyttämättä. Jättemateriaalien uusiokäytöstä saadaan houkuttelevampaa, kun ympäristö- ja kustannushyödyillä osoitetaan vaikutukset kokonaisuudessaan.

Taulukko 13. Elinkaarihankinnan kautta saavutettavia yhteiskunnallisia vaikutuksia ja hyötyjä (Korkiala-Tanttu ym. 2005, 40).

Kadun rakentamisessa sovellettavan elinkaariperusteisen hankinnan hyödyt		
Hyöty	Vaikutuskohde	Vaikutukset
Optimaalinen tierakenne	Kansantalous Kadun käyttäjät Ympäristö	Hyvä kate
		Kestävä rakenne, pienempi korjaustarve, lisääntynyt turvallisuus, ajan ja rahan säästö
		Päästö- ja kulutusmäärät
		Pienentyneet kustannukset
Innovaatioiden kehittäminen	Toimiala Tutkimus	Alan tuottavuuden kasvu
		Suunnittelun arvostuksen ja merkityksen kasvu
Materiaalivalintojen ohjaus	Toimiala	Luonnonvarojen vähentynyt käyttö
Pitkän ajan kustannustaso	Hankintamenettely Tilajat ja tuottajat	Uusiomateriaalien käytön tehostaminen
		Säästöjen muodostuminen pitkän ajan tarkastelussa
Elinkaariarviointimenetelmän kehittyminen	Yhteiskunta Toimiala	Prosessien ympäristövaikutukset tietoon
		Yhteiset ympäristöarvot
Kestävän kehityksen edistäminen	Yhteiskunta Toimiala	Ekoindikaattorijärjestelmä
		Pienemmillä kustannuksilla enemmän ja parempaa
		Laadun parantuminen

7.2 Haasteet

Merkittävimpinä haasteina esille nousevat varastointi- ja jalostusalueiden puute, toiminnan heikko kannattavuus, asenneongelmat sekä saatavuus- ja laatuongelmat. Materiaalijakeiden vähäinen kertymä pidentää varastointiaikoja erityisesti pienissä kunnissa. Lisäksi kysyntä ja tarjonta eivät kohtaa, kun tietojärjestelmiä ja tiedonkulkua ei ole. (Härmä ym. 2010a, 28.)

Neitseellisten materiaalien vaihtoehtona käytettävien uusiomateriaalien saatavuus ja kuljetusmatkat sekä tarvittava kuljetusten määrä vaikuttavat merkittävästi siihen, onko niiden käyttö taloudellisesti järkevää. Uusiomateriaaleja käytettäessä tarvitaan perinteisen rakentamisen tapaan myös kuljetuksia, varastointia, kaupallisten materiaalikomponenttien toimituksia sekä sideaineseoksen sekoittamista ja koneiden käyttöä työmailla. Pelkki- en rakentamiskustannusten vertaaminen ei saisi olla ainoana vertailukriteerinä, vaikka sen painoarvo onkin suuri. Elinkaaren tai tietyn elinkaari- jakson aikaiset muut kustannukset olisi myös otettava huomioon. Näihin kustannuksiin vaikuttavat rakenteiden kestoikä, kunnossapidon tarve ja jaksotus sekä käytetyt kunnossapidon menetelmät. (Ramboll 2008, 68.)

Nykyisin kiviainesten hinnasta jo noin puolet koostuu kuljetuskustannuk- sista, vaikka kiviainesten kuljetusmatkat ovat keskimäärin vain muutamia kymmeniä kilometrejä. Neitseellisen kiviaineksen saatavuus on monin paikoin heikentynyt, jolloin materiaalia täytyy kuljettaa pitkienkin etä- syyksien päästä. Kasvukeskuksissa rakentaminen painottuu entistä enem- män maanalaisiin kohteisiin sekä alueille, joissa ei ole kantavia maalajeja. Maarakentamisen ja kallion louhinnan yhteydessä saadaan käyttöön erilaa- tuista ylijäämäkiviainesta, jonka osalta kuljetusmatkat pitenevät ja ympä- ristövaikutukset kasvavat, kun maanvastaanottoalueet sijaitsevat kaukana. Kuljetusmatkojen pituutta tulevaisuudessa on vaikeaa arvioida, sillä uu-

siomateriaalien käytön lisääntymisellä on oma vaikutuksensa kuljetusmatkoihin. Kaiken kaikkiaan kiviainesten käyttötarve on kasvussa ja niiden saatavuus vaikeutuu etenkin suurten kasvukeskuksien osalta. (Härmä ym. 2010a, 23-24; Härmä ym. 2010b, 34; Valtiovarainministeriö 2012, 9.)

Merkittävä määrä käsitellyistä ylijäämämaista on teknisesti heikkolaatuista luonnonmateriaalia kuten routivaa moreenia ja silttiä. Näiden materiaalien hyödyntäminen on vaikeaa ja työlästä ja usein sitä pidetään kalliina vaihtoehtona. Uusiokäyttöä ja siihen liittyvää teknologiaa on kehitetty Suomessa viimeisten vuosien aikana paljon ja lupaavia tuloksia ja hyviä kokemuksia on saatu. Menetelmät eivät ole silti yleistyneet. Parempilaatuisten materiaalien saatavuus on vielä helpompaa ja hinta on edullisempi. Suuri osa hyödynnettävistä massoista kuljetetaankin läjitettäväksi maanvastaanottoalueille. Tilanne on ongelmallinen, sillä paikoitellen on jo pulaa hyvälaatuisista murske- ja luonnonmateriaaleista sekä läjitykseen soveltuvista alueista. Riskien jakamisen periaatteiden, kilpailuttamisvaatimusten sekä ympäristöllisten ja taloudellisten kannusteiden puuttuminen hidastaa ylijäämämaiden uusiokäyttöä. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 23, 31; Pajukallio ym. 2010, 9-10.)

Katu- ja maarakenteiden purkujätteiden ympäristökelpoisuus on yleensä hyvä (kuva 26). Niiden käyttöä hankaloittaa materiaalien sekoittuminen purku- ja korjaustöiden yhteydessä. Sitomattomat materiaalit voidaan helpommin palauttaa takaisin käyttöön runko- ja täyteaineina joko sellaisenaan tai käsittelyn kautta. Tämä edellyttää kuitenkin mahdollisuutta materiaalien jalostukselle ja käyttökohteelle lähellä jätteiden syntypaikkaa. (Eskola ym. 1999, 36.)



Kuva 26. Jäteasfalttia (valokuva Kirsi Lehtonen).

Sivutuotteiden käyttöä edistää niiden hyvä tuotteistus. Hankekohtaisesti ne eivät välttämättä silti ole realistisia vaihtoehtoja luonnonmateriaaleihin verrattuna. Taloudelliset, tekniset ja ympäristöön liittyvät rajoitteet tuleekin aina tarkastella erikseen. (Tiehallinto 2007, 13.)

Myös ympäristölupiin liittyvät toimenpiteet, aikaviiveet ja kustannukset samoin kuin logistiset ongelmat, puuttuvat ohjeistukset suunnittelulle ja puuttuvat laatuvaatimukset rakenteiden toteutukselle koetaan haasteiksi. (Pajukallio ym. 2010, 9-10).

Taulukko 14. Haasteita maa-ainesten uusiokäytön lisäämiselle (Dahlbo 2010, 82; Eskola ym. 1999, 36; Härmä ym. 2010a, 9, 23-24, 28-29, 31-33; Härmä ym. 2010b, 34, 36-38; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 23, 31; Pajukallio ym. 2010, 9-10; Ramboll 2008, 67-68; Valtionvarainministeriö 2012, 9).

Maa-ainesten uusiokäytön haasteita	
Hallinta & suunnittelu	Lainsäädäntö ja lupamenettelyt, niiden hitaus ja hinta Kaavoitus ja suunnittelu Nykyiset hankintamenettelyt ja kilpailuttamis vaatimukset Reaaliaikaisten saatavuustietojen puuttuminen Tilastoinnin vähyys Ympäristöllisten ja taloudellisten kannustimien puute Yleisesti hyväksytyjen mitoitus-, suunnittelu ym. perusteiden vähyys
Hyötykäyttö & jalostus	Saatavuuteen liittyvät kapasiteettiongelmat Tuotantoketjujen riittämätön kehittyminen Välivarastojen ja jalostusalueiden vähäisyys/puute Osaamisen vähyys, tiedon puute, tiedon heikko jakaminen Toiminnan heikko kannattavuus Jalostuksen ja jalostetun materiaalin hinta Pitkät etäisyydet, kuljetuskustannukset
Laadun- & riskienhallinta	Laatuongelmat, puuttuvat laatuvaatimukset Riskien jakamisen periaatteiden puuttuminen Puuttuvat työkalut elinkaariarviointiin liittyen Hankala ja aikaa vievä ympäristöhyväksyntä Tuotteistamisen puutteet; työtekniikat, tuotteet, menetelmät, materiaalit
Ilmapiiri & asenteet	Kuntien vastahakoisuus, vastakkainasettelut Riittämätön yhteistyö eri tahojen kesken Vähäinen mielenkiinto uusiokäyttöä kohtaan Ennakkoluulot, pelot Omasta toiminnasta huolehtiminen kokonaisuuden sijaan

7.3 Keinot

Keinoja uusiokäytön lisäämiselle ja maa-ainesten hyödyntämiselle on onneksi monia. Härmä ym. (2010a, 29) nostavat esille tärkeimpinä seikkoina suunnittelun merkityksen kustannusten ja kokonaisuuden hallinnan kannalta, lupaprosessien kehittämisen, tiedotustoiminnan uudistamisen ja parantamisen, jalostusasteen nostamisen sekä käyttökohteiden lisäämisen.

Alueiden osoittamista kaavoituksessa pidetään mahdollisena, jos siihen on olemassa selkeä tarve. Seudullinen ja mittava toiminta voidaan merkitä maakuntakaavoihin ja kuntakohtaisen toiminnan aluevaraukset yleiskaavoihin. Tiheään asutulla alueella maa-aineshuolto koskettaa usean kunnan toimintaa, joten maakuntakaavalla tai yhteisellä yleiskaavalla voidaan vaikuttaa kiviainesten käsittelyalueisiin paremman kokonaisuuden hallinnan kautta. Maankäsittelytoiminnoille sekä määräaikaiselle varastoinnille tulee osoittaa alueet jo kaavoitusvaiheessa, jolloin lupaongelmien määrä vähenee työn toteutusvaiheessa. Suunnittelussa tulee pyrkiä logistisesti hyviin sijainteihin, jotta kuljetuskustannukset eivät kohoa liian suuriksi. Pysyvän toiminnan mahdollistaminen helpottaa myös kiviainesyritysten toimintaa, jolloin he pystyvät tekemään pitkäikäisempiä ja suurempia investointeja oman toimintansa kehittämiseksi. (Härmä ym. 2010a, 9; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31.)

Toimintatavan muutos vaatii uutta osaamista kaavoittajille, jotta mahdolliset virheet eivät toimi perusteina kaavavalituksille. Myös kunnissa esiin-

tynyt vastahakoisuus käsittelyalueiden perustamiseksi estää toiminnan kehittämistä. Haasteena ovat lisäksi rakentamisalueilla yhtä aikaa työskentelevät useat eri toimijat, joiden toiminta perustuu taloudellisen näkökulman kautta oman työn optimointiin. Tonttien luovutusehtoihin tuleekin harkita lisättäväksi vaatimukset alueelliseen massojen käsittelyyn osallistumisesta ja vaatimusten tulee koskea myös julkisten alueiden urakointia. (Härmä ym. 2010a, 9; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31.)

Myös kilpailutus aiheuttaa ongelmia uusiokäytölle. Heikkolaatuisten maa-ainesten jalostamista ja uusiokäyttöä voidaan edistää urakoita kilpailuttaessa, jos julkinen sektori valitsee kokonaistaloudellisemman tarjouksen ja ottaa laatutekijöiden pisteytyksessä huomioon luonnonmateriaalien käytön sekä tarjotun vaihtoehdon edellyttämän kuljetustarpeen. Toisena vaihtoehtona toimivat maamassojen vastaanottomaksut ja jäteverot. Niiden avulla saadaan ohjattua toimintaa haluttuun suuntaan, vaikka ne saattavat lyhyellä aikavälillä nostaa kustannuksia. Hankintamenettelyihin tulee sisällyttää enemmän mukaan ympäristökriteereitä, jolloin uusiomateriaaleista saadaan kilpailukykyisempiä vaihtoehtoja. (Dahlbo 2010, 82; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31.)

Tiehallinto ja Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus nostavat katuhankkeen ekotehokkuuden parantamistoimenpiteistä esille hankekohtaisen valmistelun ja tilaajan osaamisen ja asiaan perehtymisen tärkeinä uusiokäyttöä edistävinä asioina. Tilaajan ohjausta ja suosituksia tarvitaan urakoitsijoiden toimintatapojen arvioimiseksi ympäristöasioiden suhteen, purkumateriaalin kierrätettävyyden arviointiin, kone- ja kuljetuskaluston ympäristöystävällisyyden huomiointiin, pohjanvahvistusmenetelmien valintaan sekä korvaavien materiaalien käyttöön. Korvaavien materiaalien käyttö voidaan sitouttaa toimintaan mukaan esimerkiksi bonusjärjestelyjen kautta. (Motiva 2010, 2-3, 7-8.)

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa nostetaan esille edellä mainittujen keinojen lisäksi maa-ainesten välityspalvelut sekä maa-ainesvero. (Kautto, Mela & Mickwitz 2006, 19.)

Maarakentamisen vuosittain käyttämistä materiaaleista on Rambollin (2008, 67.) arvion mukaan mahdollista korvata merkittävä osa uusiomateriaaleilla, kun maarakennuskäyttöön kelpoisten teollisuuden sivutuotteiden volyyymiin lisätään varastoidut ja vuosittain muodostuvat ylijäämät, lievästi pilaantuneet maamassat sekä olemassa olevien maarakenteiden sisältämät maamassat. Tässä tapauksessa uusiutumattomien, neitseellisten luonnonvarojen käyttö keskittyy kohteisiin, joissa uusiomateriaalien käyttö ei ole taloudellisesti ja/tai teknisesti järkevää. Toiminnalla pystytään vaikuttamaan positiivisesti maisemaan, ekosysteemeihin ja biologiseen monimuotoisuuteen. Uusiomateriaalien käyttö on silloin yhteiskunnallisesti myös edullista, kun maankäytön ja jätehuollon toimintojen muuttuessa kaatopaikkojen ja maanvastaanottoalueiden tarve vähenee (kuva 27).



Kuva 27. Myllypuron maanvastaanottoalue (valokuva Kirsi Lehtonen).

Ylijäämäkiviaineksen jalostuksen on todettu olevan yhtä elinkaaritehokasta kuin vastaavan neitseellisen kiviaineksen jalostamisen. Säästöjä kustannuksiin ja ympäristövaikutuksiin saavutetaan ensisijaisesti paluukuljetuksien kautta. Säästöt eivät riitä kattamaan pitkiä kuljetusmatkojen pidentymistä, joten kannattavuuden varmistamiseksi tulee mursketuotanto ja ylijäämäkiviaineksen vastaanotto sijoittaa samalle alueelle. Jalostuksen toimivuus ja kannattavuus vaikeutuu, jos kiviaineksiä tuodaan jalostusalueelle useasta eri paikasta ja toimitettavat määrät ovat pieniä. Niiden lajittelu muodostumispaikkansa mukaisesti on silloin mahdotonta eikä materiaalille ole mahdollista hakea CE -merkintää. Ainekset voidaan kuitenkin murskata ja käyttää hyödyksi kohteissa, joissa ei CE -merkintää vaadita. Jos kiviaines on korkealaatuista, saattaa CE -merkinnän hankkiminen pienellekin määrälle olla kuitenkin kannattavaa. (Härmä ym. 2010a, 25; Härmä ym. 2010b, 37-38.)

Uusiomateriaalien osalta niiden kilpailukykyyn vaikuttavat merkittävästi logistiikkaan liittyvät asiat kuten tuotanto- ja varastointipaikkojen sijainti suhteessa käyttöpaikkaan, tiedot materiaalien ominaisuuksista ja saataavuudesta sekä eri materiaalien ja niiden seoksien teknisistä ja ympäristöllisistä ominaisuuksista. Kokemuksia ja lisätutkimuksia sekä kehitystyötä tarvitaan eri rakennetyyppien lisäksi myös erilaisista jalostusmenetelmistä. Jotta uusiomateriaalien käyttöä saadaan lisättyä, tarvitaan aktiivisempaa yhteistyötä rakennuttajien, urakoitsijoiden, materiaalien tuottajien, viranomaisten, suunnittelijoiden ja tutkijoiden välille. (Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31; Pajukallio ym. 2010, 10.)

Materiaalipankkien käyttöönottoa tulee lisätä. Toimivien materiaalipankkien kautta ylijäämämateriaalien hyödyntäminen tehostuu ja ne ovat hinnaltaan kilpailukykyisempiä kuljetuskulujen ja varastoinnista aiheutuvien kulujen vähentyessä. Käytetyn tiedonhallintajärjestelmän tulee olla monipuolinen, selkeä ja kiinnostava. Tiedot pitää saada helposti käyttöön reaaliajassa ja niiden tulee olla luotettavia. Ylijäämämateriaalien riittävän tarkka laadullinen erittely on oleellista. Tehokkaimmillaan järjestelmä on silloin, kun sillä on paljon käyttäjiä. (Härmä ym. 2010a, 30.)

Elinkaariarviointi soveltuu hyvin yhdyskuntarakentamisen prosesseihin sekä laajempaan että sovellettuna versioon. Laskentamenettely vaatii pohjatiedoksi hanke- ja rakennussuunnitelman sekä rakentamisen massa- ja resurssitietoja. Erityisesti suunnitteluvaihetta ajatellen tietoa on tarpeeksi, kun tiedot materiaaleista, massoista ja rakenteista ovat selvillä ja niitä vertaillaan. Alustavia laskelmia voidaan tehdä jo hankesuunnitteluvaiheessa helpottamaan materiaalivalintoja ja mitoitusta. Elinkaariarvioinnin tuloksia voidaan käyttää hyväksi myös tarjouskilpailussa eri vaihtoehtojen ympäristövaikutuksien vertailemiseksi. Menetelmän tarkkuus paranee koko ajan, kun sen sisältämiä indikaattoreita ja niiden laskentamenetelmiä kehitetään. (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 15.)

Koska katu- ja väylärakenteiden, materiaalien ja tuotteiden käyttöikä on yleensä pitkä, on tärkeää ottaa tarkasteluihin mukaan myös ylläpidon ja korjausten aiheuttamat kustannus- ja ympäristövaatimukset. Käyttöikää voi olla vaikea määrittää, sillä peruserän- ja kunnostustyötä tehdään jatkuvasti (kuva 28). Vanhat kadut voidaan jättää rinnakkaiskaduiksi, jolloin rakenteita ei poisteta lainkaan. Parannustoimenpiteiden ympäristövaikutukset myös eroavat uuden väylän rakentamisen ympäristövaikutuksista. Lisäksi liikennejärjestelmät ja -käyttäytyminen voivat muuttua ajan kuluessa. Väylärakentamisessa elinkaaritarkastelut koskevatkin harvoin koko rakenteen elinikää. Poikkeuksena voivat olla kadun päällysmateriaalit, joita voidaan kierrättää useainkin kertaan. (Kilpinen 2008, 14; Korkiala-Tanttu ym. 2005, 14.)



Kuva 28. Kadun ja vesijohtoverkoston saneerausta (valokuva Kirsi Lehtonen).

Taulukko 15. Keinoja maa-ainesten uusiokäytön lisäämiselle (Dahlbo 2010, 82; Härmä ym. 2010a, 9, 25, 28-33; Härmä ym. 2010b, 36-38; Kautto ym. 2006, 19; Korkiala-Tanttu ym. 2006, 15; Korkiala-Tanttu ym. 2010, 31; Motiva 2010; 2-3; Pajukallio ym. 2010, 9-10; Ramboll 2008, 67).

Keinoja maa-ainesten uusiokäytön lisäämiseksi	
Hallinta & suunnittelu	Kaavoitus ja suunnittelu; yhtenäinen ohjeistus Materiaalivirtojen seuranta ja tilastointi; ohjeistus, keskitetty hallinnointi Maa-ainesten välitystoiminta Materiaalivirtojen kohdentaminen työkohteisiin Välivarastojen ja jalostusalueiden lisääminen Lainsäädännön ja lupamenettelyn selkiyttäminen Hankinta- ja kilpailumenetelmien selkiyttäminen Ympäristöllisten ja taloudellisten kannusteiden luominen Maa-ainesvero Sitovat tavoitteet julkisille toimijoille
Hyötykäyttö & jalostus	Neuvonnan ja tiedottamisen lisääminen, koulutus Rakennustapaohjeet, työselostukset, toimintaohjeet Hyötykäyttö- ja jalostusasteen nostaminen Laitteiston kehitys ja sen saatavuuden parantaminen Kiviainesten jalostuksen muuttaminen pysyväksi teollisuustoiminnaksi Hinnoittelun kilpailukyvyyn parantaminen Lajittelu, lajitteluohjeet Alueelliset keräys-, lajittelu- ja käsittelyverkot
Laadun- & riskienhallinta	Laadun parantaminen tavoitteiden, määrittelyjen ja mittareiden avulla Yhtenäiset toimintamallit ja -ohjeet valtakunnallisella tasolla Ylijäämäkiviaineksen jätestatuksen poistaminen Tuotteistamisen kautta uusia tuotteita markkinoille Arviointimenetelmien kehittyminen ja yhdenmukaistuminen CE-merkinnät Elinkaariarviointit
Ilmapiiri & asenteet	Seudullisen yhteistyön edistäminen Avoin keskustelu ja kehitystyö Innovointi, koerakentamiskohteet Tiedottaminen Käyttö- ja seurantakokemusten hankkiminen, tutkimus
Ympäristövaikutukset	Logistiikan tehostaminen, kuljetusten määrällinen vähentyminen Ympäristötekijöiden korostaminen

8 KUSTANNUS – JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILU

Kustannus- ja ympäristökuormitusvertailu esittää konkreettisten lukujen avulla maa-ainesten uusiokäytön lisäämisen vaikutuksia kadun rakentamisesta syntyviin kustannuksiin, ajan- ja materiaalien säästöihin sekä ympäristön kannalta haitallisiin päästöihin ja vaikutuksiin. Laskelmissa on käytetty lähtötietoina Tampereen Infran rakentamispalveluiden sekä kahden työmaan tietoja (kuva 29). Osa lähtötietoista on kerätty erilaisista tilastoista ja katusuunnitelmista. Osa tiedoista perustuu arvioihin niiden tekijöiden osalta, joista tilastoitua tietoa ei ole olemassa.



Kuva 29. Pohtolan ja Leinolan työmaiden, maanvastaanottoalueiden sekä Tarastenjärven varastointialueen sijainnit (kuva Kirsi Lehtonen).

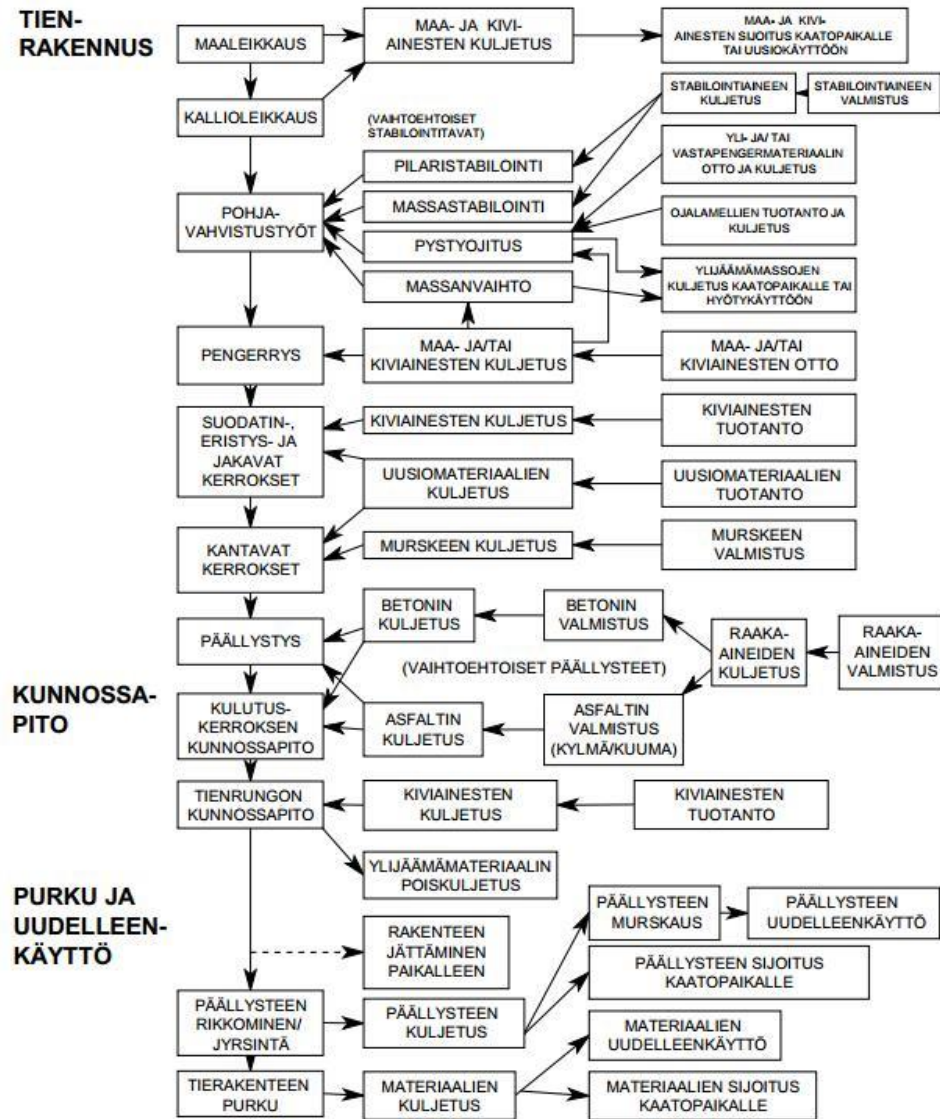
Laskelmissa verrataan maa-ainesten eri uusiokäyttöasteita keskenään. Lisäksi tarkastellaan varastoinnin etäisyyden vaikutusta kahden eri varastointipaikan vaihtoehdon kesken. Rakentamispalveluiden tuotannon kokonaislukujen kautta saadaan selville materiaalien määrien, kustannuksien ja ympäristökuormitusten suuruusluokat. Työmaiden tulosten kautta konkretisoituu paremmin varastoinnista aiheutuvien etäisyyksien vaikutus ja merkitys.

Eskolan ym. (1999, 13) mukaan elinkaariarviointi on menetelmä, jonka tavoitteena on saada selville tuotteen tai toiminnon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. Elinkaariarvioinnin tuottamia tietoja käytetään hyväksi tuotteita, prosesseja tai toimintoja vertailtaessa esimerkiksi päätöksenteon, markkinoinnin, menetelmien ympäristöoptimoinnin ja parannustarpeiden arvioinnin yhteydessä. Yhteiskunnan päätöksenteon kannalta se voikin olla yksi perustietoja tuottavista menetelmistä.

Laajasti toteutettuna elinkaariarvioinnissa määritetään materiaali- ja päästövirrat koko elinkaaren ajalle sekä tunnistetaan merkittävimmät haittavaikutukset ja niihin vaikuttavat tekijät. Usein on perusteltua yksinkertaistaa elinkaariarviointia ja toteuttaa se kevyempänä versiona. Arviointia voidaan yksinkertaistaa eri työvaiheiden aikana, jolloin käytetään esimerkiksi korvaavaa tietoaineistoa, vähennetään tutkittavien resurssien, päästöjen tai ympäristövaikutusten määrää, vähennetään tutkittavien prosessien määrää, karsitaan pois yksityiskohtaista vaikutusten arviointia tai korvataan numeerinen tieto laadullisella. (Antikainen & Seppälä 2012, 17; Eskola ym. 1999, 13.)

Laskelmissa ei huomioida kadun koko elinkaarta (kuva 30) eikä kaikkia kadun rakentamisen kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Tarkastelun kohteena tässä työssä ovat kadun rakentamisen aikana tarvittavien neit-

seellisen hiekan ja kallioaineksen, uuden asfaltin, uusioasfaltin sekä työmaalla muodostuvan ylijäämämaan määrät ja hinnat sekä materiaalien kuljetuksiin liittyvät kuljetusmatkat ja -ajat. Muut rakennusmateriaalit ja kustannukset sekä kunnossapidon, purkamisen ja uudelleenkäytön vaiheet on jätetty työn ulkopuolelle. Myös energian kulutus on jätetty työstä pois.

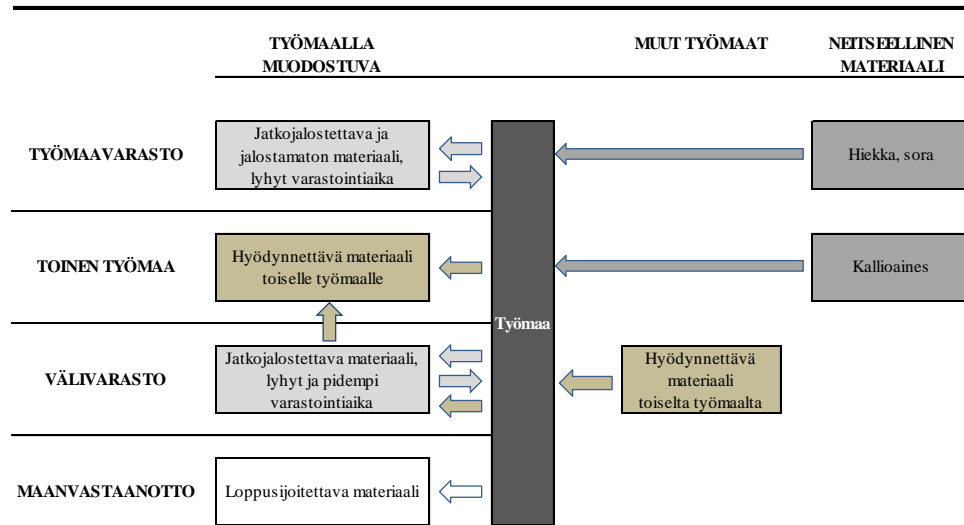


Kuva 30. Tien ja kadun rakentamisen elinkaaren vaiheet (Eskola ym. 1999, 101).

Ylijäämämaan materiaalivirrat esitetään kuvassa 31. Työmaalle toimitetaan neitseellistä materiaalia ja työmaalta poistuu rakentamisen aikana muodostuvia ylijäämämaita, joista osa toimitetaan varastoille myöhemmin hyödynnettäväksi ja osa maanvastaanottoalueille loppusijoitettavaksi.

Rakentamisessa hyödynnettävää ylijäämämaata on mahdollista saada käyttöön suoraan toisilta työmailta kuljetettuna ja vastaavasti sitä voidaan heille toimittaa loppusijoittamisen sijaan. Osa pidempiaikaiseen varastointiin toimitetusta ylijäämämaasta voi päätyä rakennusmateriaaliksi toisiin rakennuskohteisiin. Työmaiden keskinäistä materiaalien vaihtoa ja toisiin rakennuskohteisiin varattua maa-ainesta ei ole tähän vertailuun otettu mukaan.

YLIJÄÄMÄMAAN MATERIAALIVIRRAT



Kuva 31. Ylijäämämaan materiaalivirrat (kuva Kirsi Lehtonen).

8.1 Lähtötiedot ja oletukset

Lähtötietoina on käytetty vuoden 2012 materiaalien määriä ja hintoja. Uusiokäyttöaste on arvioitu 20 % vuodelle 2012. Vertailussa tarkastellaan maa-ainesten uusiokäyttöä 0 – 70 % uusiokäyttöasteilla. Uusiokäyttöasteiden tuloksia ja vaikutuksia verrataan 0 % uusiokäytön vaihtoehtoon, jossa ylijäämämaata ja uusioasfalttia ei käytetä lainkaan. Uusiokäytön 0 % vaihtoehtoon pohjana olevat luvut on laskettu 20 % uusiokäytön lähtötietojen perusteella.

Suurin osa kadun rakentamisen kustannuksista syntyy kuljetusten kautta, joten varastointialueen sijainnilla ja etäisyydellä merkitystä. V1 -vaihtoehdolla tarkoitetaan työmaan läheisyydessä sijaitsevaa varastoa, jonne etäisyyttä on oletettu olevan 0,5 kilometriä. V2 -vaihtoehdossa varastoitava materiaali kuljetetaan Tarastenjärven varastointialueelle.

Toiminnalliseksi yksiköksi on määritetty 1 000 kiloa eli yksi tonni (tn) materiaalia. Osa lähtötiedoista on tilastoitu kuutiometreinä. Näiden tietojen osalta on laskelmissa käytetty kertoimena 1,65 tonnia materiaalia yhtä kuutiometriä kohden.

Laskelmat ja rajaukset perustuvat tiettyihin oletamuksiin ja yleistyksiin. Tämä tulee ottaa huomioon lukuja vertailtaessa muihin tilastoihin, tutkimuksiin tai elinkaariarviointeihin. Ympäristökuormituksen laskelmissa normalisointi on tehty suhteuttamalla, joten kokonaishaitan osalta tuloksia voidaan verrata keskenään. Ne eivät kuitenkaan ole vertailukelpoisia muiden elinkaariarviointien suhteen. Vertailussa käytetyt lähtötiedot esitetään koosteena liitteessä 3.

8.1.1 Materiaalien määrät

Materiaalien määrien lähtötietojen osalta neitseellisen materiaalin hankintamäärät sekä loppusijoitetun ylijäämämaan määrät ovat todellisia ja toteutuneita lukuja (taulukko 16). Varastoidun materiaalin määrästä ei ole olemassa tilastoitua tietoa ja sen arvioiminen on hankalaa, joten se on jätetty laskemista pois.

Ylijäämämaan uusiokäyttöasteeksi on arvioitu 20 %, jonka pohjalta on laskettu ylijäämämaan uusiokäytön ja muodostumisen määrät sekä käytetyn uusioasfaltin määrä. Ylijäämämaa oletetaan hyödynnettäväksi sellaisenaan ilman jalostusta. Hyödyntämätön ylijäämämaa kuljetetaan maanvastaanottoaikoille loppusijoitettavaksi.

Ylijäämämaalla korvataan neitseellisen hiekan ja murskeen osuutta ja uusioasfaltilla uuden asfaltin hankintamääriä. Korvattavan ja uusiokäytettävän materiaalin määrä lasketaan vertailtavan uusiokäyttöasteen perusteella 0 % uusiokäytön materiaalimääristä.

Taulukko 16. Tampereen Infran rakentamispalveluiden materiaalimäärät vuodelta 2012.

Rakentamispalvelut / vuosi 2012		tn/v	m ³ /v
Neitseellinen materiaali	Hiekka ja sora	56 000	
	Kalliokiviaines	320 000	
Asfaltti	Uusi	20 000	
	Uusiokäyttö	5 000	
Hyödynnetty ylijäämämaa	Jalostamaton	94 000	
	Jalostettu	0	
Uusiokäyttöaste		20 %	
Loppusijoitus	Myllypuro	41 250	25 000
	Ruskonperä	235 950	143 000
	yhteensä	277 200	168 000

Kahdeksi esimerkkikohteeksi valittiin Pohtolasta kaupungin länsipuolelta Ihaistenkadun saneerauskohteeksi sekä Leinolasta kaupungin itäosasta Mikkolankadun saneerauskohteeksi (kuva 29). Katujen rakenteisiin liittyvät tiedot perustuvat katusuunnitelmaan ja ne esitetään taulukossa 17.

Taulukko 17. Pohtolan ja Leinolan työmaiden tiedot.

Pohtola, Ihaistenkatu			
Rakenne pituus 400 m Leveys 6,5 m	Rakenneosan paksuus, m	Materiaali	Materiaalin määrä, tn
Päällyste	0,05	AB	325
Kantava kerros	0,15	Murske	2 360
Jakava kerros	0,4	Murske	
Suodatinkerros	0,4	Hiekka	1 716
Penger	0		0
Kaivettu maa-aines			4 950

Leinola, Mikkolankatu			
Rakenne pituus 570 m Leveys 6,0 m	Rakenneosan paksuus, m	Materiaali	Materiaalin määrä, tn
Päällyste	0,05	AB	430
Kantava kerros	0,15	Murske	3 104
Jakava kerros	0,4	Murske	
Suodatinkerros	0,4	Hiekka	2 257
Penger	0		0
Kaivettu maa-aines			10 725

8.1.2 Kustannukset

Uuden asfaltin, hiekan ja murskeen hankintahinnat perustuvat todellisiin ja keskimääräisiin hintoihin (taulukko 18). Uusiopäällysteen hinta on arvioitu noin 20 % edullisemmaksi uuden päällysteen hintaan verrattuna.

Uusiokäytettävän ylijäämämaan hinnat ovat arvioita sekä jalostamattoman että jalostetun maa-aineksen osalta. Loppusijoitettavan ylijäämämaan hinta perustuu maanvastaanottoalueella perittävään maksuun. Kaikissa hinnoissa on kuljetusten ja tehdyn työn osuudet mukana.

Taulukko 18. Vertailussa käytetyt materiaalien ja kuljetusten hinnat.

Materiaalit	€/tn
Päällyste, uusi	65
Murske, uusi	8,5
Hiekka, uusi	6
Päällyste, uusiokäyttö	55
Ylijäämämaa, V1	2
Ylijäämämaa, V2	2,6
Ylijäämämaa, jalostettu	5,6
Ylijäämämaa, loppusijoitus	2,6

Kuljetukset	€/km
Kuorma-auto + perävaunu, 40 tn	0,4344
Kuorma-auto, 19 tn	0,3377
Matka-aikasäästö, raskas ajoneuvo (€/h)	58,91

Kuljetuksien kustannuksia tarkastellaan myös erikseen, sillä kuljetusten merkitys kustannusten ja ympäristökuormituksen muodostumisessa on suuri. Kirjallisuudessa mainitaan, että kuljetuskustannukset muodostavat nykyisin noin puolet materiaalien hinnoista. Kuljetuskustannuksien arvot on poimittu Tiehallinnon julkaisusta Tieliikenteen ajokustannusten yksik-

köärvot vuodelle 2010, jonka yksikköarvoja käytetään yleisesti tienpidon hankkeiden vaikutusten arvioinnissa (Tervonen & Ristikartano 2010, 8,10). Vertailussa käytetyt arvot ovat vuoden 2010 keskimääräisiä arvoja. Niihin on sisällytetty mukaan polttoainekustannukset sekä huolto-, rengas- ja korjauskustannukset. Tässä vertailussa kuljetuksien tarkasteluissa käytettyihin hintoihin ei ole huomioitu mukaan veroja, kuljettajan työn kustannuksia eikä pääomakustannuksia. Siten kuljetuskustannusten osuus materiaalikustannuksista on kirjallisuudessa arvioitua osuutta pienempi.

Neitseellisen hiekan ja murskeen osalta laskelmissa käytetään kuorma-auton ja perävaunun käyttökustannuksena 0,4333 €/km. Päällysten ja ylijäämämaan kohdalla lasketaan käyttökustannus kuorma-auton yksikköarvon 0,3377 €/km perusteella. Käyttökustannuksissa ovat mukana polttoainekulut sekä muut käyttökulut kuten huolto- ja korjauskulut.

Matka-aikasäästöllä kuvataan kuljetusten ajallisen lyhentymisen tuottamaa hyötyä kadun käyttäjille. Laskelmissa käytetään raskaalle ajoneuvolle määritettyä yksikköarvoa 58,91 €/h.

8.1.3 Kuljetukset ja etäisyydet

Vertailussa käytetyt kuljetusetäisyydet ja -ajat esitetään taulukossa 19. Keskimääräinen kuljetusetäisyys maanvastaanottoalueen ja työmaan välillä on arvioitu 7 kilometriksi ja ajoaika 15 minuutiksi. Ruskonperästä ja Myllypurosta on matkaa kaupungin keskustaan enimmillään 15 kilometriä. Keskimääräistä kuljetusmatkaa käytetään rakentamispalveluiden kokonaistuotannon laskelmissa.

Neitseellisen materiaalin ja päällystemateriaalin kuljetuksien osalta on käytetty keskimääräisiä kuljetusetäisyyksiä ja niihin perustuvia ajoaikoja sekä rakentamispalveluiden tuotantolukujen että työmaiden laskelmien yhteydessä. Kuljetuksiin kuluvana aikana on huomioitu ainoastaan ajamisen vaatima aika. Kuorman lastaamiseen, tyhjentämiseen ja muihin kuljetuksiin liittyviin tehtäviin kuluvaan aikaan ei ole otettu laskelmissa huomioon.

Työmaan läheisyydessä sijaitsevalle varastointialueelle (V1) on etäisyysdeksi oletettu 0,5 kilometriä. Materiaalin pidempiaikainen varastointi tehdään Tarastenjärvellä (V2). Tarastenjärven varastointialueelle ja maanvastaanottoalueille määritetyt etäisyydet ja ajoajat on mitattu osoitteisiin perustuen todennäköisimmän ajoreitin perusteella. Loppusijoitettava ylijäämämaa toimitetaan työmaata lähimpänä olevalle maanvastaanotto paikalle. Pohtolassa lähin maanvastaanottoalue on Myllypuro ja Leinolassa Ruskonperä.

Taulukko 19. Kuljetusetäisyydet ja kuljetusten ajoajat Pohtolan ja Leinolan työmailta.

ETÄISYYDET & AJOAIKA	Työmaat			
	Pohtola	Leinola	Pohtola	Leinola
	Etäisyydet, km		Ajoaika, min	
Välivarastot				
Työmaa, V1	0,5	0,5	3	3
Tarastenjärvi, V2	22,9	11	24	11
Maanvastaanottoalueet				
Myllypuro	9,8	27,9	16	21
Ruskonperä	21,2	8,7	26	15
Neitseellisen materiaalin toimitus				
Hiekka	30	30	40	40
Kallioaines	20	20	30	30
Päällystemateriaalin toimitus				
Uusi asfaltti	25	25	35	35
Uusioasfaltti	25	25	35	35

Kuljetuksien osalta huomioidaan sekä meno- että paluumatkat kilometrimäärissä sekä ympäristökuormituksen muodostumisessa. Neitseellisen materiaalin toimitukset oletetaan tehtävän yhdistelmäajoneuvolla, jonka kantavuus on 40 tonnia. Ylijäämää ja päällystemateriaalit kuljetetaan kuorma-autolla tai maansiirtoautolla, jonka kantavuus on 19 tonnia.

8.1.4 Ympäristökuormituksen arviointi

Eri uusiokäyttövaihtoehtojen muodostamat ympäristökuormitukset saadaan laskettua käytettyjen materiaalien ja tehtyjen kuljetusten määrien perusteella.

Laskelmissa mitattaviksi vaikutusluokiksi valittiin ilmastonmuutos, luonnonvarojen käyttö sekä suorat terveysvaikutukset. Ilmastonmuutokseen vaikuttavia kuormitustekijöitä ovat hiilidioksidi (CO₂), ilokaasu (N₂O) ja metaani (CH₄). Luonnonvarojen käytössä tarkastellaan käytetyn kallioaineksen sekä loppusijoitukseen päätyvän jätteen määriä. Suorien terveysvaikutusten kuormitustekijöinä mitataan hiukkasten (PM), typen oksidien (NO_x) ja rikkidioksidin (SO₂) määrät.

Karakterisointi toimii kuormitusarvioinnin perustana, sillä sen avulla lasketaan kutakin vaikutusluokkaa kuvaavat indikaattorit luokkien sisäisten kuormitustekijöiden yhteismitallistamisen kautta (Antikainen & Seppälä 2012, 17). Kuormitustekijöiden karakterisoinnissa käytetyt kertoimet on ilmastonmuutoksen ja suorien terveysvaikutusten osalta poimittu kirjallisuudesta. Luonnonvarojen käytön kertoimet kallioainekselle ja loppusijoitettavalle jätteelle määritettiin rakentamispalveluiden toimesta.

Eri vaihtoehtojen paremmuusvertailussa voi olla hankalaa selvittää ympäristövaikutusten kannalta parasta vaihtoehtoa. Tämän takia elinkaariarvioinnissa voidaan käyttää tulosten normalisointia. Normalisoinnilla suhteutetaan karakterisoinnissa saadut tulokset keskenään vertailukelpoisiksi, jolloin eri vaikutusluokkien indikaattorituloksia voidaan verrata toisiinsa. Normalisointitekijänä voi olla esimerkiksi koko maailman tai Euroopan

päästöt. Normalisointi voidaan toteuttaa myös suhteuttamalla, jolloin eri vaihtoehtojen aiheuttamien ympäristövaikutusten suhteellisia eroja verrataan keskenään. Saatuja tuloksia ei voi silloin verrata muiden laskelmien kesken. (Antikainen & Seppälä 2012, 17; Korkiala-Tanttu ym. 2006, 28).

Tässä vertailussa ympäristövaikutusluokkien painoarvot määritettiin rakentamispalveluiden toimesta. Normalisointi on toteutettu suhteuttamalla vertaamalla kunkin ympäristövaikutusluokan indikaattoriarvoa suurimpaan saman luokan indikaattoriarvoon.

Kokonaishaittaa kuvaava arvo saadaan selville kertomalla normalisoidut indikaattoriarvot ympäristöongelmaluokille määritetyillä painoarvoilla. Nämä luvut lasketaan yhteen, jolloin vertailtavasta vaihtoehdosta aiheutuvaa ympäristövaikutusta voidaan kuvata yhdellä arvolla. (Kilpinen 2008, 16.)

Kuljetusten osalta käytettyjen ympäristöprofiilien päästökertoimet on poimittu Valtion Teknillisessä Tutkimuskeskuksessa toteutetun Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energian kulutuksen laskentajärjestelmän LIPASTO:n tiedoista. LIPASTO on alueittaisten päästöjen inventointimalli, jonka tuloksia käytetään Suomen virallisina liikenteen päästölukuina (Korkiala-Tanttu ym. 2006, 14). Ylijäämämaan ja päällystemateriaalin osalta käytetään maansiirtoautolle ilman perävaunua laskettuja arvoja. Neitseellisen hiekan ja murskeen osalta arvot on poimittu varsinaisella perävaunulla varustetun yhdistelmän tilastoista. Lähtötiedot perustuvat katuajoon ja ympäristökuormituksen arvioinnin osalta on kuljetuksen ympäristöprofiileissa huomioitu sekä tyhjä että täysi kuorma.

Hiekan, murskeen ja päällysteen osalta on käytetty väylärakentamisen elinkaariarvioinneissa käytettyjä soran, murskeen ja asfalttikonin ympäristöprofiileja. Uusioasfaltin ympäristöprofiili on tätä vertailua varten muokattu ympäristökuormituksiltaan Forsténin (2013, 16) arvion perusteella siten, että päästöjen osuus on 10 % ja kallioaineksen ja loppusijoitettavien jätteiden määrä 40 % vähäisempi kuin asfalttikonilla. Ylijäämämaan osalta oletetaan, että hyödynnettävä maa-aines on kelvollista rakentamiseen sellaisenaan ilman jalostusta. Hyödynnettävälle ylijäämämaalle muodostuu siten ympäristökuormitusta pelkästään kuljetuksien osalta.

Ympäristökuormituksen arvioinnissa käytetyt ympäristöprofiilit ja niiden sisältämät arvot esitetään liitteessä 3.

8.2 Tulokset

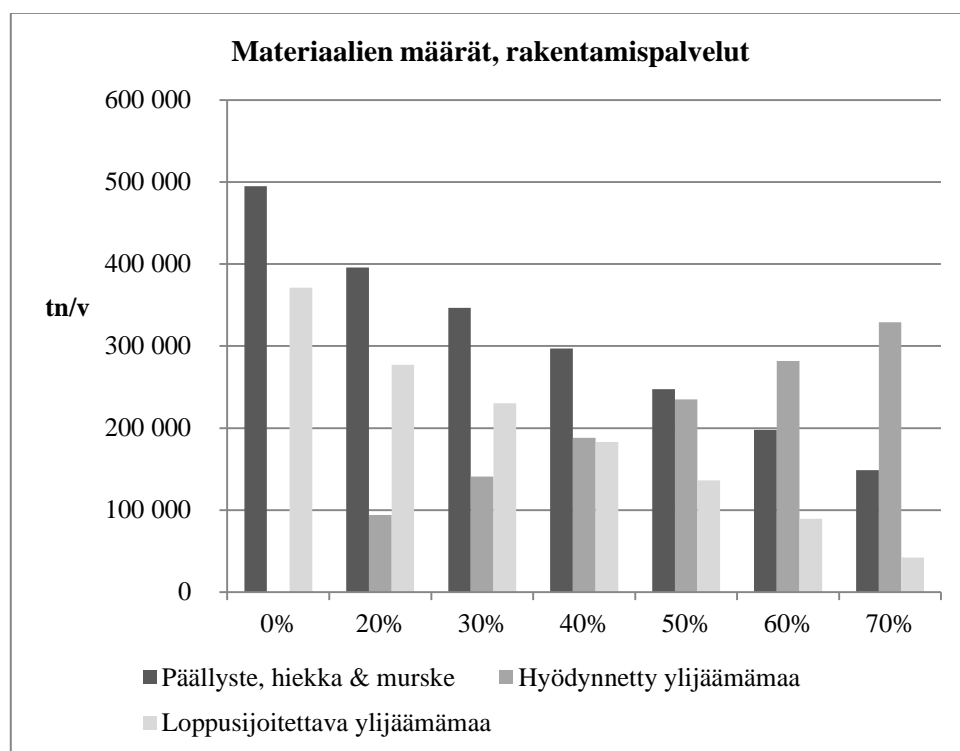
Alla olevissa taulukoissa esitetään vertailun tulokset. Tuloksien kohdalla ilmoitetut vaihteluvälit kuvaavat aikaansaatuja vaikutuksia eri uusiokäyttöasteiden kesken. Laskelmien tulokset esitetään tarkemmin taulukkomuodossa rakentamispalveluiden osalta liitteessä 4 ja Pohtolan sekä Leinolan työmaiden osalta liitteissä 5 ja 6.

Maa-ainesten uusiokäytön uusiokäyttöasteeksi arvioidaan tällä hetkellä 20 %. Vuonna 2012 hankitun neitseellisen hiekan ja kallioaineksen sekä pääl-

lystemateriaalin määrien perusteella on ylijäämämaata uusiokäytetty rakentamisessa 94 000 tonnia ja uusioasfalttia käytetty 5 000 tonnin verran. Näillä uusiokäyttömäärillä ja vertailussa käytettyjen lähtötietojen perusteella voidaan laskea, että rakentamispalveluissa on säästetty keskimäärin materiaalien hankintakustannuksissa 1 089 000 euroa, loppusijoituskuluissa 244 000 euroa ja matka-aikasäästönä 145 000 euroa. Materiaalien kuljetuksiin kulunut aika on lyhentynyt 2 500 tunnin verran. Kuljetuskilometrejä on kertynyt 101 000 kilometriä vähemmän. Ympäristökuormituksen osalta ovat kasvihuonekaasujen päästöt olleet 444 tonnia pienemmät ja luonnonvaroja on käytetty 353 tonnia vähemmän. Terveysvaikutusten näkökulmasta päästömäärät ovat olleet 241 g vähäisemmät, mikä tarkoittaa 12,1 % parannusta lähtötilanteeseen.

8.2.1 Materiaalien hankinta- ja loppusijoitusmäärät

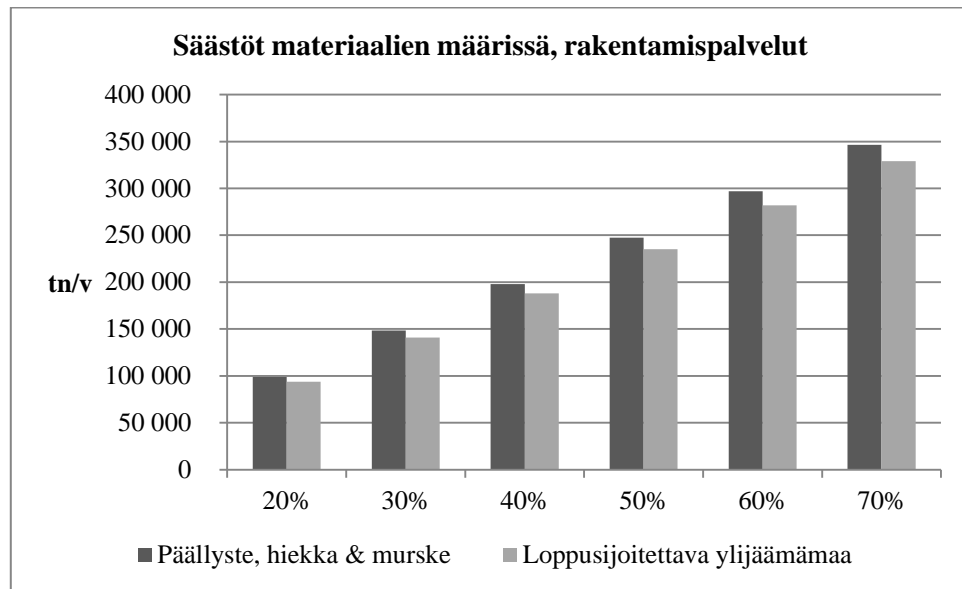
Materiaalien hankintamäärät rakentamispalveluiden tuotannossa ovat eri uusiokäyttöasteilla päällysteen, hiekan ja murskeen osalta 149 000 - 495 000 tonnia vuodessa (kuvio 6). Materiaalien kokonaistarpeesta päällysteen osuus on 5,1 %, hiekan osuus on 14,1 % ja murskeen osuus 80,8 %. Ylijäämämaata on hyödynnetty enimmillään 329 000 tonnin verran, mikä muodostaa 66,5 % osuuden vuosittaisesta materiaalien kokonaistarpeesta. Loppusijoitettavan ylijäämämaan määrä vaihtelee 42 000 – 371 000 tonnin välillä.



Kuvio 6. Materiaalien määrät rakentamispalveluiden osalta eri uusiokäyttöasteilla tarkasteltuna.

Uusiokäytön lisäämisellä voidaan säästää uuden materiaalin hankintamäärissä 99 000 – 347 000 tonnin verran (kuvio 7). Rakentamispalveluiden osalta uuden materiaalin kokonaishankintamäärä on ollut suurempi kuin

loppusijoitettavan ylijäämämaan määrä, jolloin materiaaleissa saatavat säästötkin ovat suuremmat.



Kuvio 7. Säästöt materiaalien määrissä rakentamispalveluiden osalta.

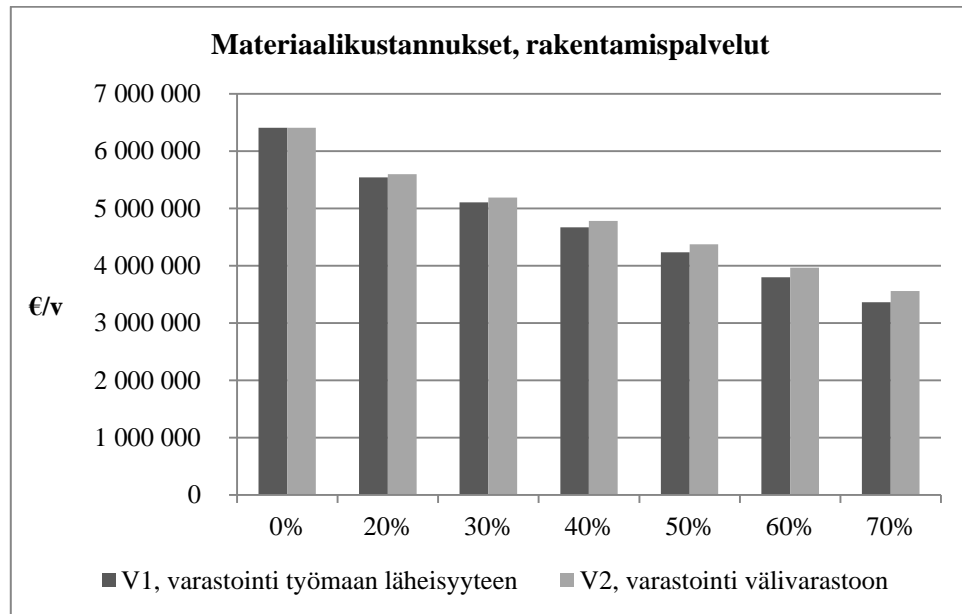
Pohtolan työmaalla uuden materiaalin hankintatarve on 1 300 – 4 400 tonnia. Materiaalitarpeesta päällysteen osuus on 7,4 %, hiekan 39,0 % ja murskeen 53,6 %. Uusiokäyttöä lisäämällä materiaalien hankinnassa säästetään 900 – 3 100 tonnia enemmän luonnonvaroja. Loppusijoitettavan ylijäämämaan määrä vaihtelee 2 100 – 5 000 tonnin välillä. Ylijäämämaata voidaan käyttää 2 900 tonnin verran, mikä vastaa 64,8 % materiaalien kokonaismäärästä.

Leinolassa rakentamisesta muodostuvan ylijäämämaan määrä on reilusti suurempi uuden materiaalin hankintatarpeeseen verrattuna, joten loppusijoitettavan materiaalin säästötkin ovat suuremmat. Materiaalien määrästä päällysteen osuus on 7,4 %, hiekan 39,0 % ja murskeen 53,6 %. Uuden materiaalin hankintatarve vaihtelee 1 700 – 5 800 tonnin välillä ja uusiokäytön lisäämisellä näitä materiaaleja voidaan korvata 1 100 - 4 100 tonnilla. Loppusijoitukseen toimitetaan ylijäämämaata 6 900 – 11 000 tonnin verran, mistä ylijäämämaata hyödyntämällä voidaan säästää 3 800 tonnia. Se on 64,8 % materiaalien kokonaistarpeesta.

8.2.2 Materiaalikustannukset

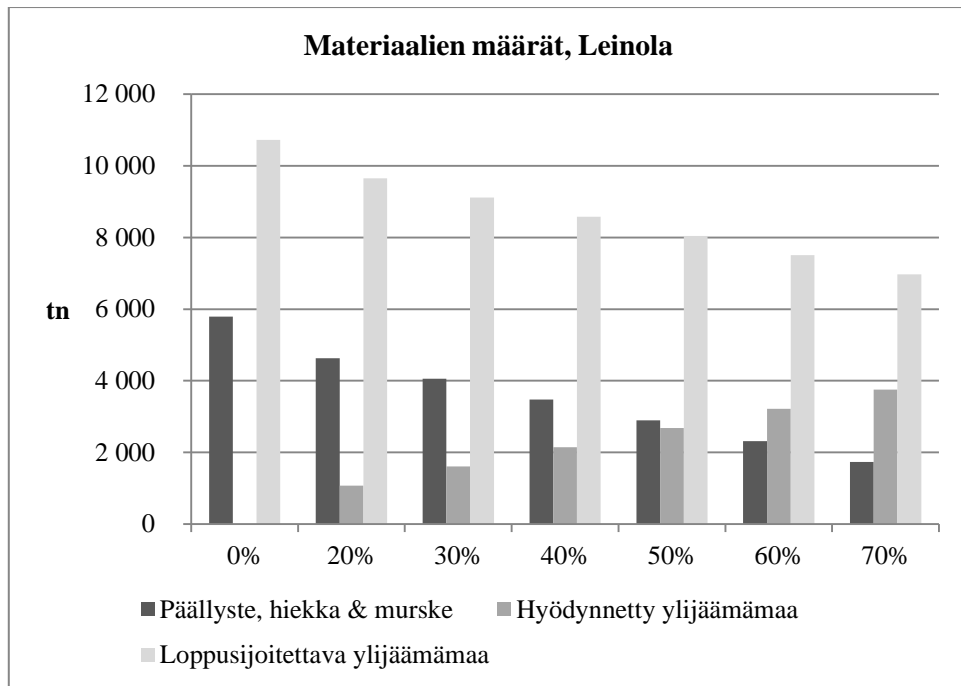
Kustannukset muodostuvat uusien materiaalien sekä loppusijoitettavan ylijäämämaan kustannuksista. Niissä ovat kuljetuksen, varastoinnin ja hallinnoinnin kulut mukana. Päällystemateriaalien hinnat ovat korkeat, mutta materiaalitarve on määrällisesti pienempi. Murskeen toimitusmäärät taas ovat suuret hinnan ollessa alhaisempi. Verratessa kustannusten muodostumista eri uusiokäyttöasteiden kesken pysyvät päällystemateriaalin ja murskeen kustannukset siksi keskenään samalla hintatasolla. Vertailussa käytetyt hinnat esitetään taulukossa 18.

Rakentamispalveluiden osalta materiaalikustannukset vaihtelevat 3 300 000 – 6 400 000 euron välillä (kuvio 8). Hyödynnettävän ylijäämään osuus on enimmillään 24,0 % ja loppusijoitettavan ylijäämään osuus vaihtelee 3,1 – 15,1 % välillä. Pohtolassa materiaalikustannukset ovat 39 000 – 65 000 euroa, mistä uusiokäytetyn ylijäämään osuus on 18,2 % ja loppusijoitetun ylijäämään 13,4 – 20,0 %.



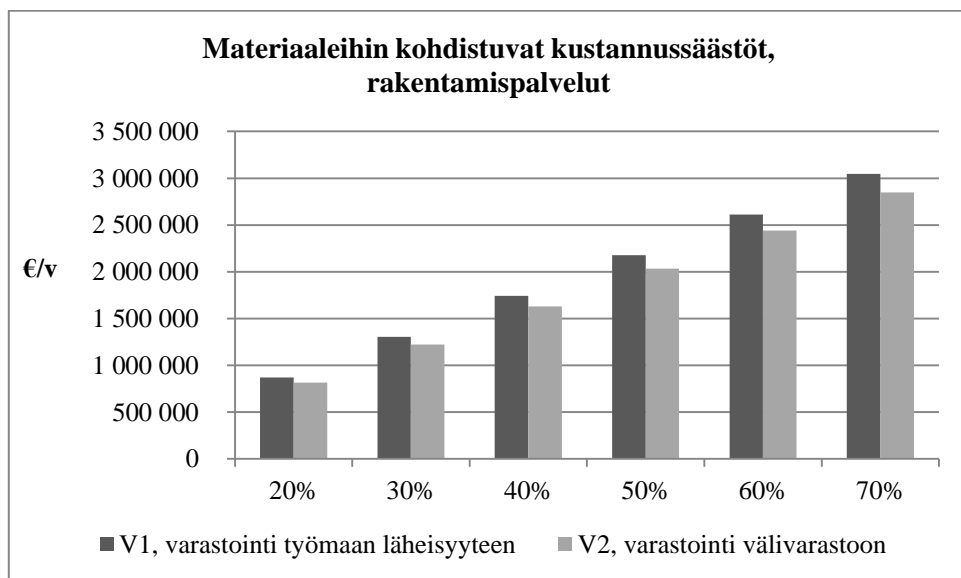
Kuvio 8. Kustannukset rakentamispalveluiden tuotannossa.

Leinolan työmaalla materiaalikustannukset vaihtelevat 62 000 - 96 000 euron välillä. Uusiokäytetyn ylijäämään osuus on suurimmillaan 15,1 %. Loppusijoitettavan ylijäämään osuus materiaalikustannuksista pysyy Leinolassa 28,0 - 29,0 % välillä kaikissa uusiokäytön ja varastoinnin vaihtoehtoissa. Leinolassa loppusijoitettavan ylijäämään määrä on miltei kaksinkertainen materiaaliarpeeseen verrattuna (kuvio 9), joten loppusijoitettavan ylijäämään kustannukset pysyvät suurina koko ajan.



Kuvio 9. Materiaalin määrät Leinolan työmaalla.

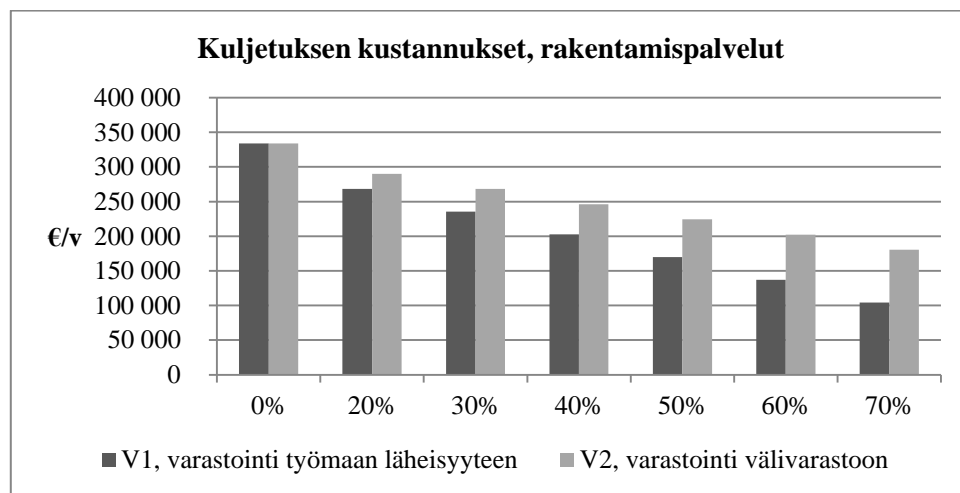
Uusiokäyttöä lisäämällä saadaan materiaalikustannuksissa säästettyä 814 000 – 3 050 000 euron verran (kuvio 10). Pohtolassa uusiokäytön vaikutus kustannuksiin on 6 700 – 25 300 euroa ja Leinolassa 8 800 - 33 200 euroa. Prosenteiksi muutettuina nämä säästö määrät vastaavat rakentamispalveluissa 47,5 %, Pohtolassa 39,2 % ja Leinolassa 34,6 % materiaalien hankintakustannuksista.



Kuvio 10. Uusiokäytön lisäämisen vaikutukset kustannuksiin rakentamispalveluiden osalta.

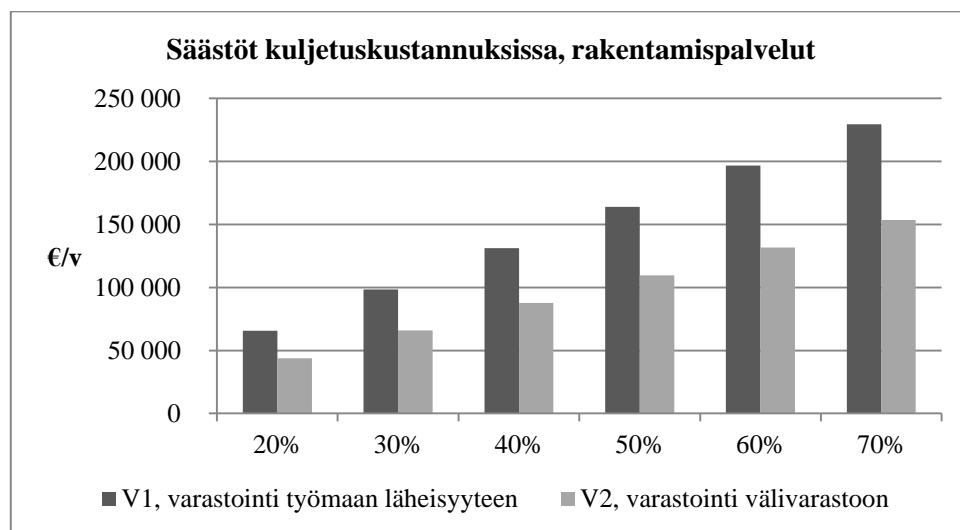
8.2.3 Kuljetuskustannukset

Tarkasteltaessa kuljetuksia erikseen kertyy niistä rakentamispalveluiden osalta kuluja 104 000 – 334 000 euron verran (kuvio 11). Pohtolassa kuljetuskulujen määrä on 1 700 – 4 200 euroa ja Leinolassa 3 500 – 6 600 euroa. Kuljetusten osuus kokonaiskustannuksista vaihtelee 3,1 – 5,2 % välillä rakentamispalveluiden kokonaistuotannon lukujen osalta. Pohtolassa vaihteluväli on 4,5 – 9,9 % ja Leinolassa 5,6 – 7,5 %.



Kuvio 11. Kuljetusten kustannukset rakentamispalveluiden osalta.

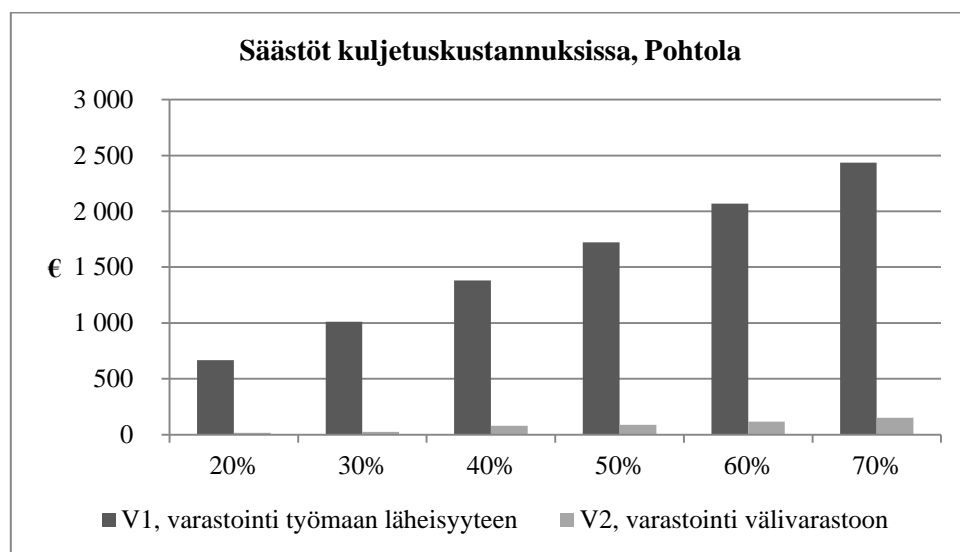
Uusiokäyttöä lisäämällä saadaan kuljetuskustannuksissa säästöä aikaan rakentamispalveluiden osalta (kuvio 12) 43 000 - 230 000 euroa vuodessa, mikä vastaa 68,7 % kuljetuskustannuksista. Pohtolassa säästöä kertyy 17 – 2 500 euroa ja Leinolassa 430 – 3 100 euroa. Säästön osuus kuljetuskustannuksista on Pohtolassa 58,3 % ja Leinolassa 46,9 %.



Kuvio 12. Kuljetuskustannuksien säästöt rakentamispalveluiden osalta uusiokäytön määrän lisääntyessä.

Pohtolan osalta säästön määrä on hyvin pieni silloin, kun varastointi toteutetaan kauempana työmaasta. Se vaihtelee 17 – 151 euron välillä, mikä vastaa 3,6 % kuljetuskustannuksista. Pohtolassa merkittävää säästöä saa-

daan kuljetuskustannusten osalta aikaan vain silloin, kun ylijäämää varastoidaan työmaan lähelle (kuvio 13).

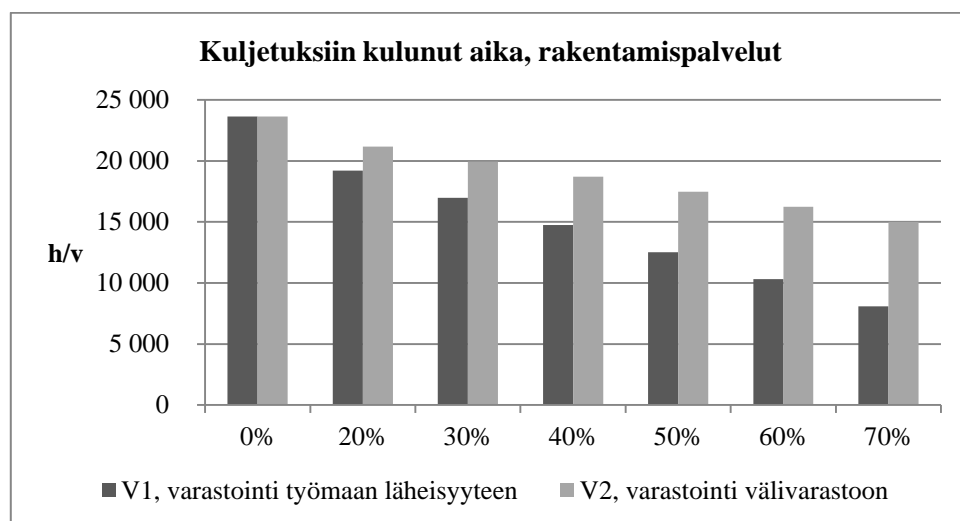


Kuvio 13. Uusiokäytön lisäämisestä aiheutuvat kuljetuskustannusten säästöt Pohtolan työmaalla.

Matka-aikasäästön vaikutus kustannussäästöihin on teoreettinen. Rakentamispalveluiden osalta matka-aikasäästöä voi muodostua 917 000 euron, Pohtolassa 8 600 euron ja Leinolassa 11 000 euron verran.

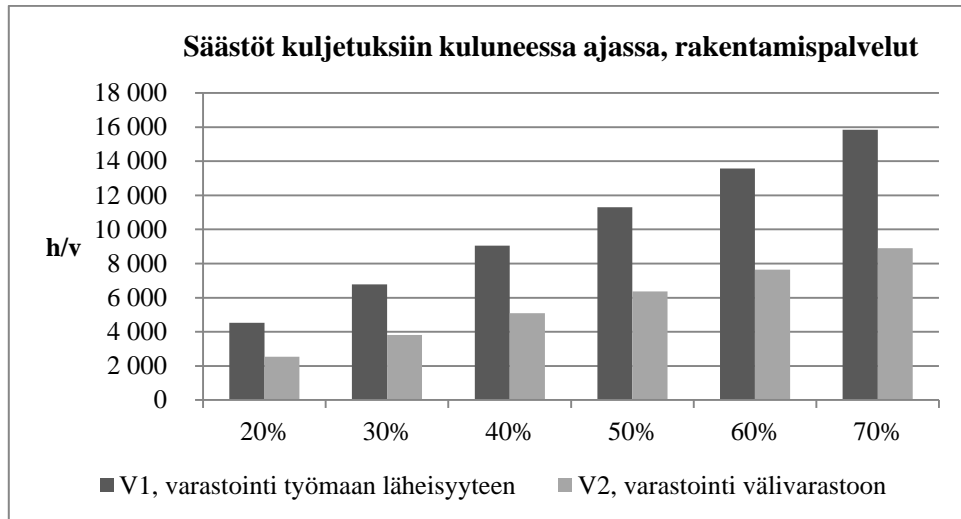
8.2.4 Kuljetuksiin kuluva aika

Kuljetuksiin kuluu aikaa rakentamispalveluiden osalta 8 000 – 24 000 tuntia (kuvio 14).



Kuvio 14. Kuljetuksiin kulunut aika rakentamispalveluiden osalta.

Ajassa on mahdollista säästää 2 400 – 16 000 tuntia (kuvio 15). Tämä vastaa 65,8 % kuljetusten vaatimasta kokonaisajasta. Jos oletetaan keskimääräisen vuosittaisen työtuntimäärän olevan 1 715 tuntia, vastaa ajallinen säästö yhdeksän henkilön vuosittaista työaikaa.

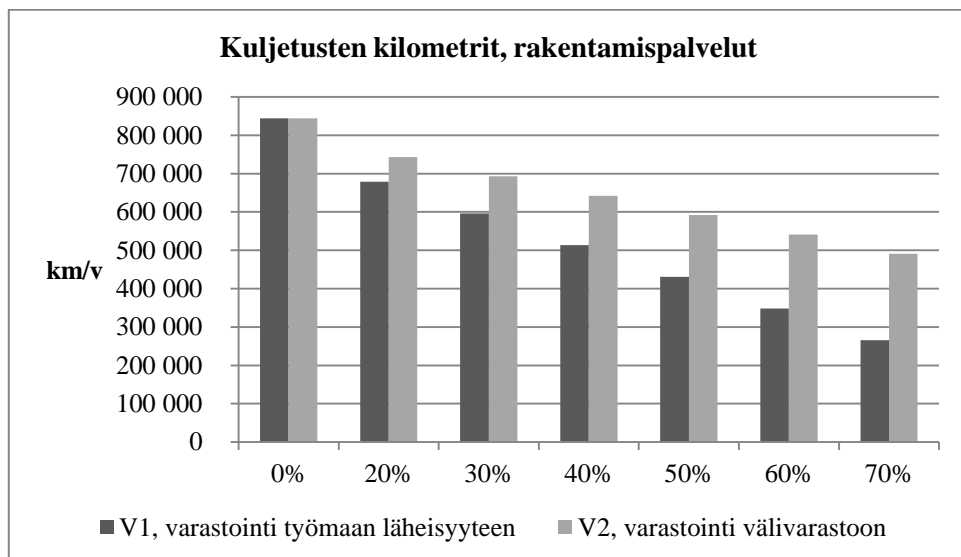


Kuvio 15. Kuljetuksissa säästetty aika rakentamispalveluiden osalta.

Pohtolassa kuljetuksiin kuluu aikaa 131 – 277 tunnin verran. Ajallista säästöä on mahdollista kerryttää 10 - 146 tuntia, jolloin tunteja säästyy 52,7 %. Leinolassa kuljetuksiin kuluu aikaa 277 – 463 tuntia ja aikaa säästyy 36 - 187 tunnin verran. Säästetty aika on 40,4 % kuljetusten kokonaisajasta.

8.2.5 Kuljetusmatkat

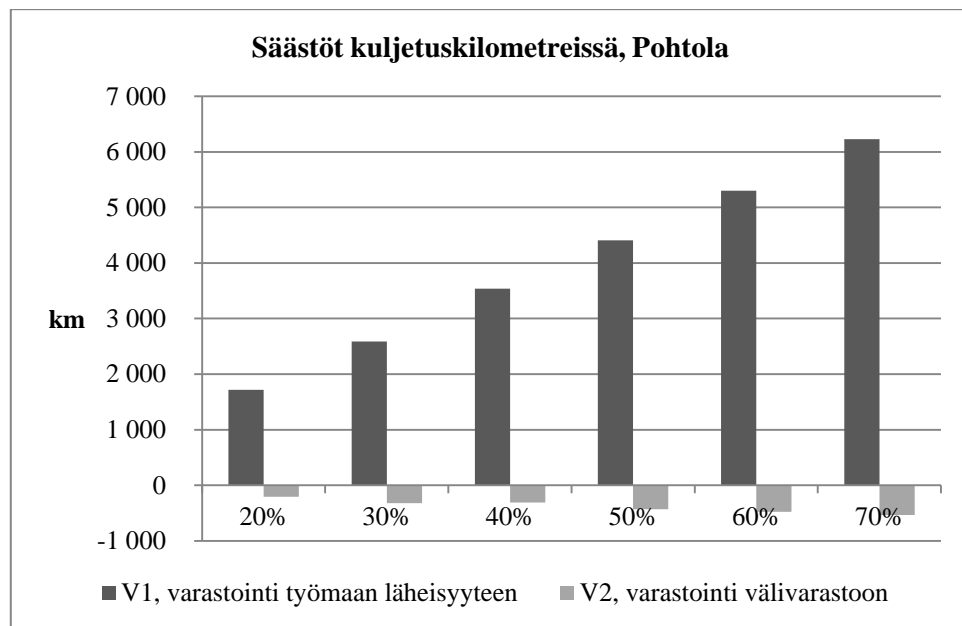
Ajokilometrejä muodostuu rakentamispalveluiden tuotannossa 265 000 – 844 000 kilometrin verran (kuvio 16). Uusiokäyttöä lisäämällä voidaan säästää 101 000 – 579 000 kilometriä, mikä vastaa enimmillään 68,5 % osuutta kokonaiskilometrimäärästä.



Kuvio 16. Kuljetuskilometrit rakentamispalveluiden osalta.

Pohtolassa kuljetuksia kertyy 4 700 – 11 000 kilometrin verran. Ajokilometreissä säästetään 1 700 – 6 300 kilometrin verran silloin, kun varasto

sijaitsee työmaan läheisyydessä. Tämä vastaa 56,9 % kokonaiskilometri-
määrästä. Jos materiaali varastoidaan kauemmaksi, muodostuu ajokilomet-
rejä 4,9 % enemmän kuin vertailun kohteena olevassa 0 % uusiokäytön
vaihtoehdossa (kuvio 17). Näiden lisäkilometriä määrä vaihtelee 207 –
536 kilometrin välillä. Pohtolan työmaalla uusiokäytön lisääminen ei kan-
nata kuljetuskilometriä määrään näkökulmasta tarkasteltuna, jos varastoin-
tia ei toteuteta työmaan läheisyydessä. Negatiivinen vaikutus kuljetuski-
lometriä määrään vaikuttaa myös kustannuksiin, ajoaikaan ja ympäristö-
kuormitukseen.

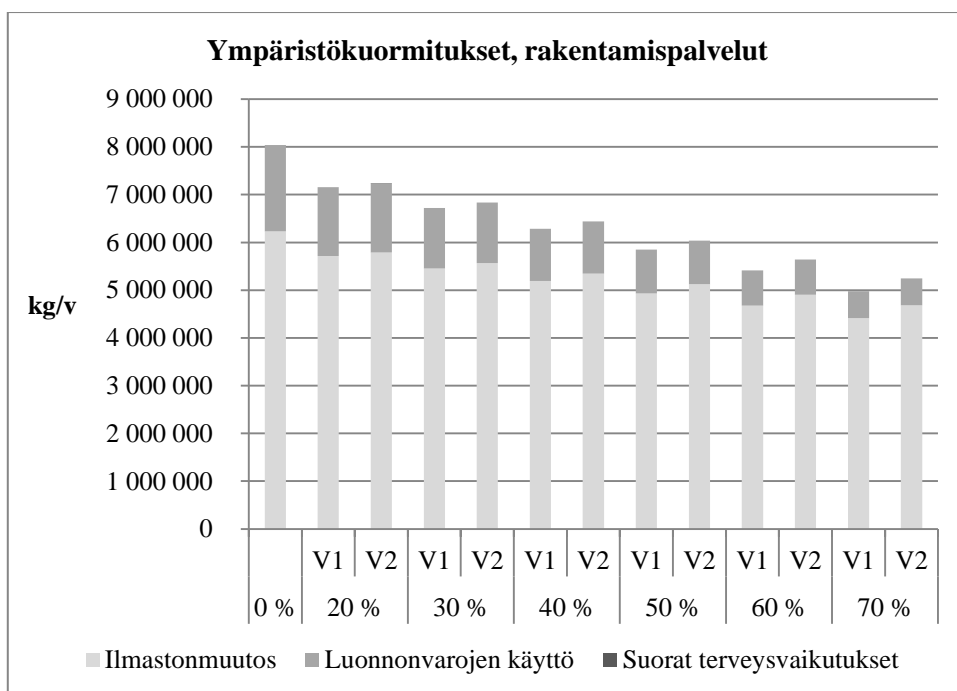


Kuvio 17. Säästöt kuljetuskilometreissä Pohtolan työmaalla.

Leinolassa ajokilometrejä kertyy 9 700 – 18 000 kilometriä. Uusiokäyttöä
lisäämällä saadaan säästöjä aikaan 930 – 7 800 kilometrin verran. Säästön
osuus kokonaiskilometriä määrästä on 44,6 %.

8.2.6 Ympäristökuormitukset

Ympäristökuormituksen kokonaismäärä vaihtelee rakentamispalveluissa
5 000 – 8 000 tonnin välillä materiaalien uusiokäyttöasteen ja varastoinnin
etäisyyden mukaan (kuvio 18).



Kuvio 18. Ympäristökuormitukset rakentamispalveluiden osalta.

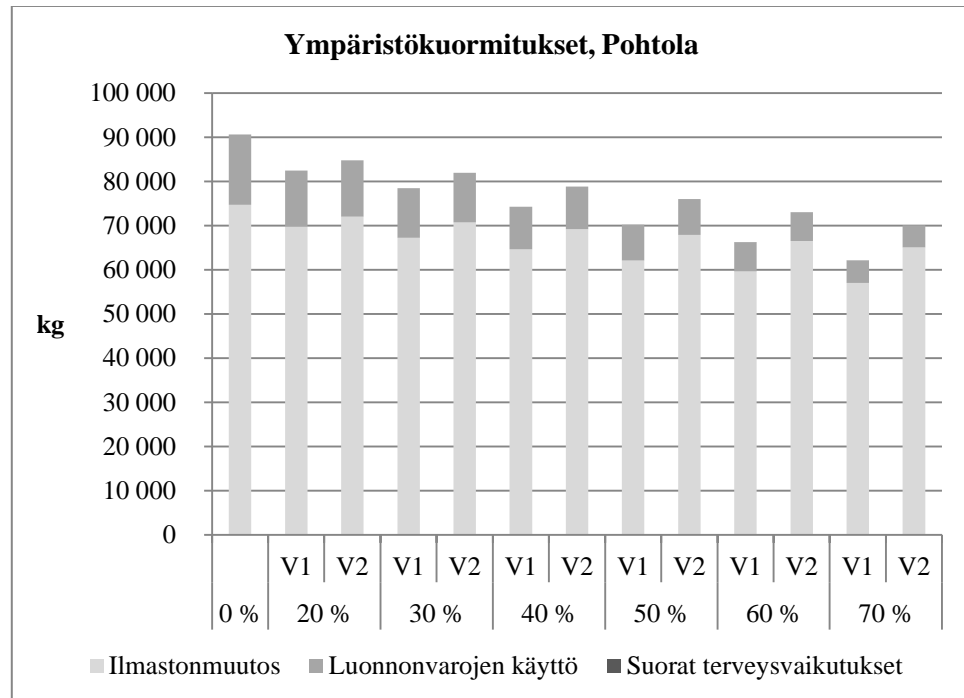
Kadun rakentaminen vaikuttaa syntyneiden kuormitusten määrässä eniten ilmastonmuutokseen ja kasvihuonekaasujen määrään. Hiilidioksidiä, typioksiduulia ja metaania syntyy eniten asfaltin valmistuksessa ja vähiten soran tuotannossa. Kasvihuonekaasujen määrän osuus kokonaiskuormitusmäärästä on 77,6 %. Ilmastonmuutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasujen määrät vaihtelevat 4 400 – 6 300 tonnin välillä. Uusiokäytön määrän kasvaessa kasvihuonekaasujen määrä vähenee 29,2 %, mikä vastaa 1 820 tonnia päästöjä.

Luonnonvarojen käyttöä kuvaavia kuormitustekijöitä ovat kallioaineksen kulutus sekä muodostuvien jätteiden määrä. Hiekka, murske, asfalttibetoni ja uusioasfaltti kuluttavat keskimäärin kilon verran kallioainesta yhtä materiaalitonna kohti. Jätteitä syntyy hiekan ja murskeen tuotannossa noin 10 kiloa ja asfalttibetonin ja uusioasfaltin tuotannossa 3 - 5 kiloa yhtä materiaalitonna kohti. Kuljetuksien ympäristöprofiileissa ei ole mukana näitä kuormitustekijöitä, joten luonnonvarojen käytön määrät ovat suhteessa ilmanpäästöihin siten pienemmät. Rakentamispalveluissa luonnonvarojen kulutetaan 562 – 1 800 tonnin verran. Kokonaiskuormituksesta luonnonvarojen kulutuksen osuus on 22,4 %. Neitseellisiä materiaaleja on mahdollista säästää 1230 tonnin verran, mikä vastaa 68,7 % niihin kohdistuvasta materiaaltarpeesta.

Suoriin terveysvaikutuksiin vaikuttavia hiukkasia, typen oksideja ja rikki-dioksidiä muodostuu eniten asfaltin valmistuksessa ja vähiten soran tuotannossa. Suorien terveysvaikutusten osuus ympäristökuormituksesta on hyvin pieni, vain 0,000025 % kuormituksen kokonaismäärästä. Määrä vaihtelee yhden ja kahden kilon välillä rakentamispalveluiden osalta. Uusiokäytön lisääminen vaikuttaa suoriin terveysvaikutuksiin kuitenkin merkittävästi, sillä päästöjen määrä on mahdollista puolittaa 52,4 % verran.

Pohtolan työmaalla ympäristökuormituksen kokonaismäärä vaihtelee 62 - 91 tonnin välillä (kuvio 19). Ilmastonmuutoksen osuus kuormituksesta on 82,5 %, luonnonvarojen käytön osuus on 17,5 % ja suorien terveysvaikutusten osuus on 0,000024 %. Kasvihuonekaasuja muodostuu 57 – 75 tonnia. Luonnonvarojen kulutus vaihtelee 5 – 16 tonnin välillä ja suoriin terveysvaikutuksiin vaikuttavien päästöjen määrä on 12 – 22 grammaa.

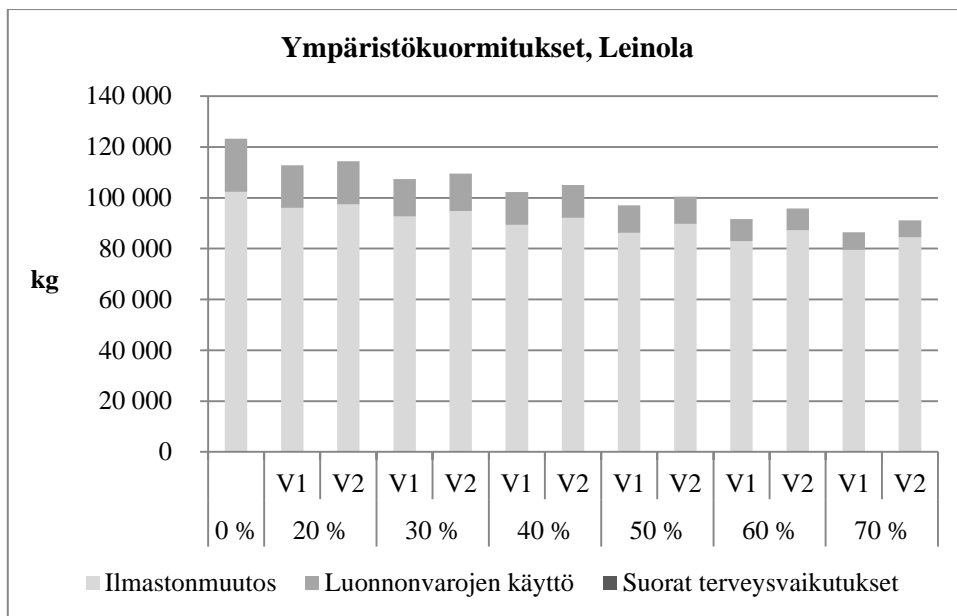
Ympäristökuormituksen määriä on mahdollista vähentää kasvihuonekaasujen osalta 23,7 %, luonnonvarojen kulutuksessa 68,1 %, suorissa terveysvaikutuksissa 44,2 % ja hiilidioksidipäästöjen määrässä 23,2 %.



Kuvio 19. Ympäristökuormitukset Pohtolan työmaan osalta.

Leinolan työmaalla ympäristökuormituksen määrä on 86 – 123 tonnia (kuvio 20). Ilmastonmuutoksen vaikutus on 83,1 %, luonnonvarojen käytön 16,9 % ja suorien terveysvaikutuksien 0,000026 % kokonaiskuormituksesta. Kasvihuonekaasuja muodostuu 79 – 103 tonnia, luonnonvaroja kulutetaan 6 – 21 tonnia ja suoriin terveysvaikutuksiin kohdistuvia päästöjä kertyy 19 – 32 grammaa.

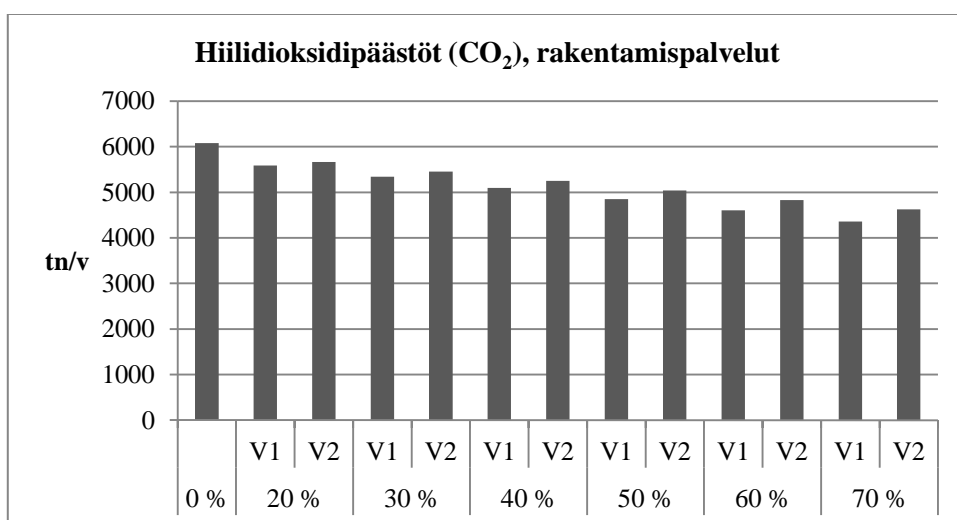
Kasvihuonekaasujen päästö määrässä voidaan säästää 22,3 %. Luonnonvarojen kulutusta saadaan 68,1 % pienemmäksi ja suorat terveysvaikutukset vähenevät 39,3 %. Hiilidioksidia muodostuu 21,8 % vähemmän.



Kuvio 20. Ympäristökuormitukset Leinolan työmaan osalta.

Hiilidioksidipäästöt ovat suurin yksittäinen kuormitustekijä. Sen osuus vaihtelee 75,7 – 88,2 % välillä kokonaisympäristökuormituksesta rakentamispalveluiden osalta. Pohtolassa vaihteluväli on 81,3 – 92,1 % ja Leinolassa 81,9 % - 92,0 %. Hiilidioksidipäästöjen määrä vähenee uusiokäytön lisääntyessä, mutta samalla sen suhteellinen osuus kokonaisympäristökuormituksesta kasvaa. Tämä johtuu kuljetusten sekä neitseellisen materiaalin määrien vähenemisestä, jolloin luonnonvarojen kulutus on vähäisempää ja jätteitä muodostuu vähemmän.

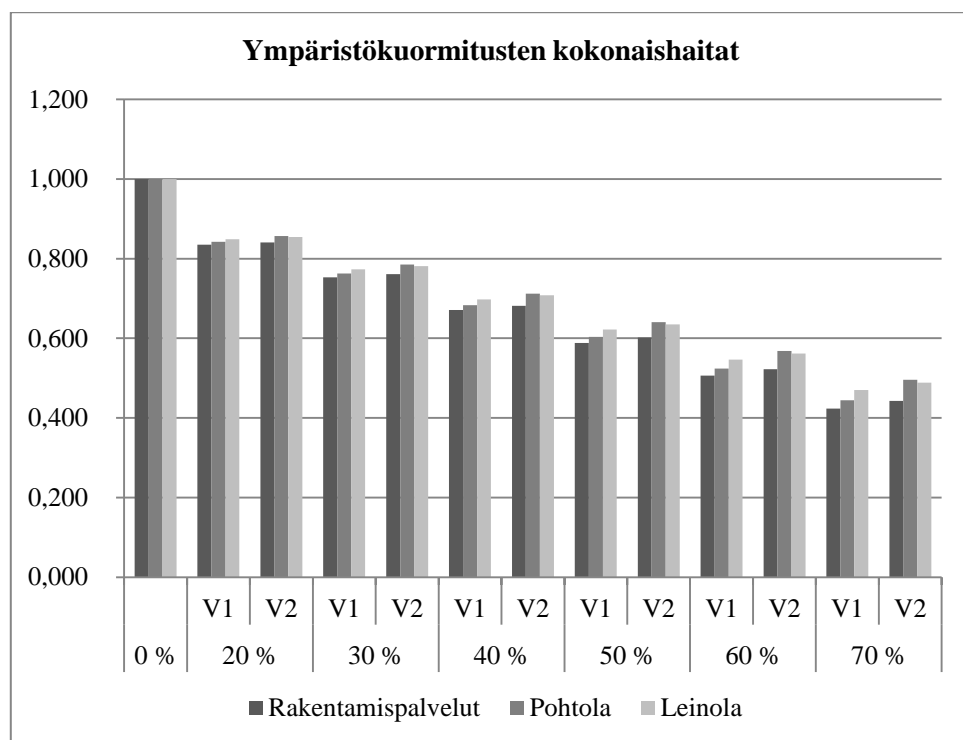
Rakentamispalveluissa hiilidioksidipäästöjen määrä vaihtelee 4 300 – 6 100 tonnin välillä (kuvio 21). Pohtolassa päästöjen määrät sijoittuvat 57 – 74 tonnin ja Leinolassa 79 – 101 tonnin välille. Maa-ainesten uusiokäyttöä lisäämällä hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää rakentamispalveluissa 1 720 tonnin ja 28,2 %, Pohtolassa 17 tonnin ja 23,2 % ja Leinolassa 22 tonnin ja 21,8 % verran.



Kuvio 21. Muodostuvat hiilidioksidipäästöt rakentamispalveluiden osalta.

Kokonaishaitta kuvaa tarkasteltavan vaihtoehdon ympäristökuormitusta yhteen lukuarvoon perustuen. Kukin kuormitustekijä on ensin yhteismitallistettu vaikutusluokan muiden kuormitustekijöiden suhteen karakterisointikertoimia käyttämällä. Näin aikaan saadut vaikutusluokkaindikaattorit on normalisoitu keskenään suhteuttamalla indikaattoreiden arvot kunkin vaikutusluokan suurimpaan arvoon nähden.

Vertailussa eri vaihtoehtojen suuret kasvavat ja vähenevät lineaarisesti, jolloin suurin kokonaishaitta 1,000 on 0 % uusiokäytön vaihtoehdolla. Pienin kokonaishaitta 0,425 löytyy rakentamispalveluiden tuloksista 70 % uusiokäyttöasteella työmaan läheisyyteen varastoitaessa (kuvio 22). Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että maa-ainesten uusiokäytön lisääminen voi pienentää ympäristökuormituksen kokonaishaittaa enimmillään 57,5 % verran.



Kuvio 22. Kokonaishaitat rakentamispalveluiden tuotannon sekä Pohtolan ja Leinolan työmaiden osalta.

Esimerkkeinä käytettyjen Pohtolan ja Leinolan työmaiden ympäristökuormitusten kokonaishaitat ovat rakentamispalveluiden kokonaishaittoja suuremmat. Rakentamispalveluiden tulokset pohjautuvat keskimääräisiin kuljetusetäisyyksiin kun taas työmaiden kohdalla osa käytetyistä etäisyydestiedoista on laskettu todellisten sijaintien mukaan. Kuljetusten vaikutus ympäristökuormitukseen konkretisoituu siten enemmän työmaiden laskelmien kautta. Pohtolan työmaalta etäisyydet ovat pidemmät sekä maanvastaanotto paikalle että varastointialueelle, jolloin kuljetusten määrä on merkittävämpi tekijä myös ympäristökuormituksen kannalta. Leinolan työmaalla materiaalien määrät ovat suuremmat, jolloin ympäristökuormitusta aiheutuu enemmän materiaalien tuotannosta.

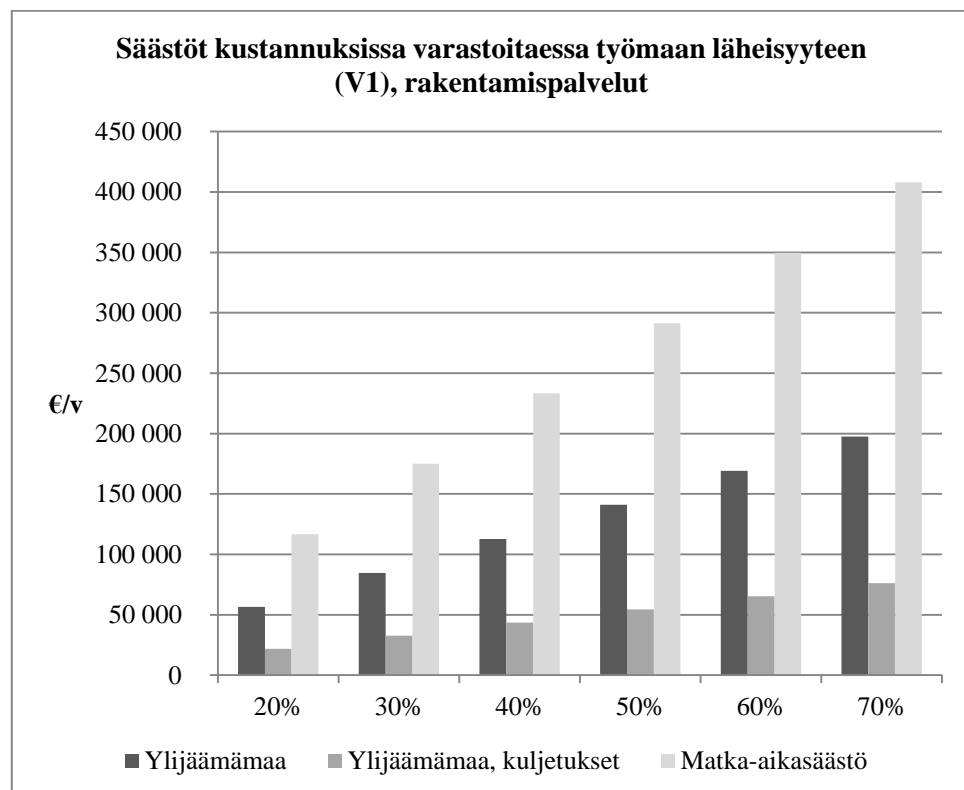
8.2.7 Varastointialueen etäisyyden vaikutukset

Varastointialueen sijainnilla on merkitystä. Rakentamispalveluissa voi säästää kertyä uusiokäytettävän ylijäämämaan osalta 198 000 euroa (kuvio 23), kun rakentamisessa käytettävää materiaalia ei tarvitse kuljettaa kauas. Säästön osuus on 3,1 % materiaalikustannuksista. Kuljetuskustannukset pienenevät 76 000 eurolla, mikä vastaa 22,8 % säästöä.

Pohtolan työmaalla etäisyys varastointialueelle on pitkä. Uusiokäytettävän ylijäämämaan osalta saadaan kustannuksia pienennettyä 1 700 euron verran, mikä vastaa 2,7 % materiaalikustannuksista. Kuljetuksiin käytetään 2 300 euroa vähemmän rahaa, mikä aiheuttaa jo 54,7 % säästövaikutuksen kuljetuskustannuksiin.

Leinolassa uusiokäytettävän ylijäämämaan kustannussäästö voi olla 2,4 % materiaalikustannuksista, mikä vastaa 2 300 euroa. Kuljetuskustannukset alenevat 1 400 eurolla ja 21,5 %.

Matka-aikasäästö kasvaa uusiokäyttöasteen noustessa ja on suurimmillaan silloin kun hyödynnettävä ylijäämämaa varastoidaan työmaan lähelle. Jos varastointi toteutetaan kauempana sijaitsevalla alueella, menetetään matka-aikasäästöissä 408 000 euron verran. Pohtolan työmaan osalta vastaava luku on 6 300 euroa ja Leinolassa 3 100 euroa.

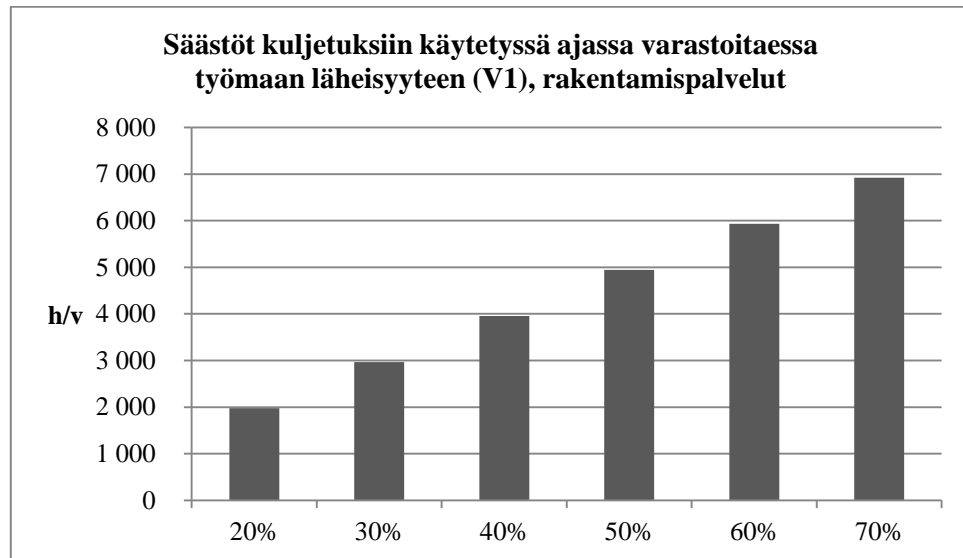


Kuvio 23. Varastoinnin läheisestä sijainnista muodostuvat kustannussäästöt rakentamispalveluiden osalta.

Lyhyt etäisyys varastolle vaikuttaa kuljetuksiin kuluvaan aikaan. Rakentamispalveluiden osalta ajallinen säästö vaihtelee vuositasona 1 900 – 7

000 tunnin välillä (kuvio 24). Se vastaa neljän henkilön vuosittaista työ-aikaa ja 29,3 % kuljetusten kokonaisajasta.

Pohtolan työmaan kohdalla kuljetuksissa voidaan säästää 38,3 %, mikä vastaa 30 – 106 tuntia. Leinolassa säästöä muodostuu 15 – 53 tunnin ja 11,4 % verran.



Kuvio 24. Kuljetusten kautta saavutettava ajallinen säästö varastoitaessa työmaan läheisyyteen Tarastenjärven sijaan.

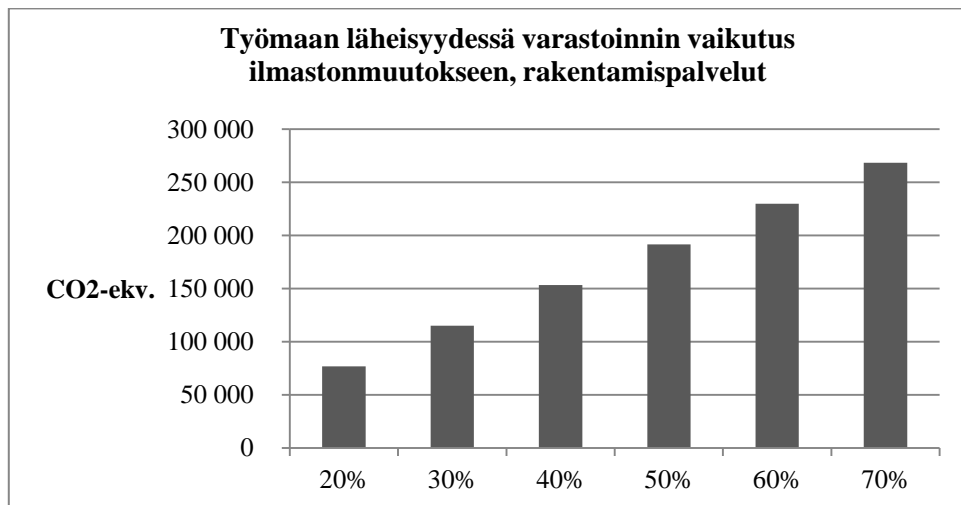
Ajettavia kilometrejä säästyy rakentamispalveluiden osalta 64 000 – 226 000 verran (kuvio 25). Tämä vastaa 26,7 % kokonaiskilometrimäärästä. Pohtolan työmaalla kilometrejä säästyy paljon varastoinnin sijaitessa lähellä. Säästön osuus on 61,7 % määrien vaihdellessa 1 900 – 6 800 kilometrin välillä. Leinolalan työmaan osalta säästön osuus on 23,7 % vaihteluvälillä ollessa 1 200 – 4 200 kilometriä.



Kuvio 25. Säästöt kuljetuskilometreissä varastoitaessa työmaan läheisyyteen rakentamispalveluiden osalta.

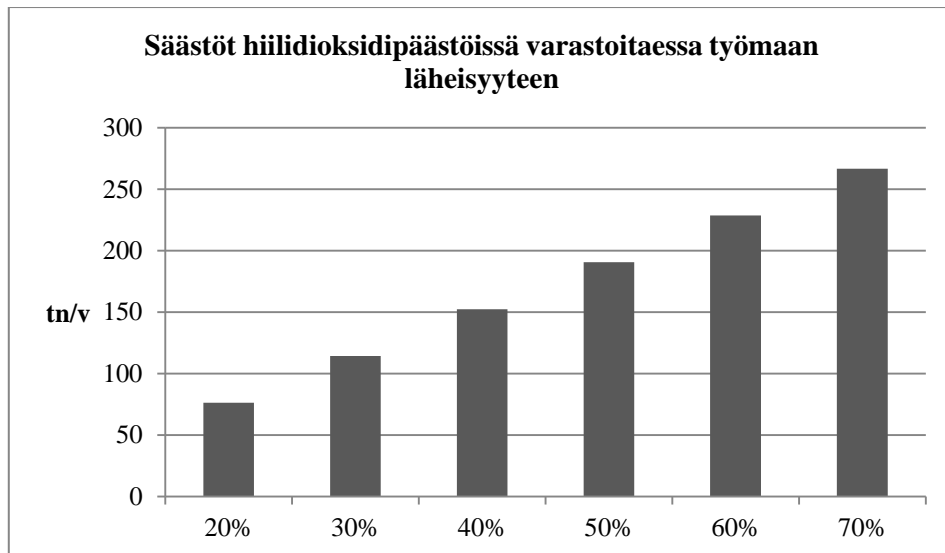
Lyhyt etäisyys varastointialueelle vaikuttaa myös ympäristökuormituksen määrään positiivisesti. Rakentamispalveluiden osalta ilmastonmuutokseen vaikuttavat päästöt pienenevät 76 – 269 tonnin verran (kuvio 26), mikä vastaa 4,3 % vähennystä kasvihuonekaasujen osalta. Luonnonvarojen kulutus pysyy samana, mutta terveysvaikutuksia aiheuttavien päästöjen määrä on 10,0 % pienempi päästöjen vaihdellessa 57 – 200 gramman välillä.

Pohtolan työmaan osalta kasvihuonekaasujen määrä on 2,3 – 8,1 tonnia ja 10,8 % pienempi, kun varastointi toteutetaan työmaan lähellä. Terveysvaikutuksia aiheuttavien päästöjen osuus jää 2 – 6 gramman vähennyksillä 27,3 % vähäisemmäksi. Leinolassa kasvihuonekaasujen määrä pienenee 4,8 % ja 1,4 – 5,0 tonnin verran. Suoriin terveysvaikutuksiin kohdistuvat päästöt ovat 1 – 4 grammaa ja 12,5 % pienemmät.



Kuvio 26. Rakentamispalveluissa muodostuvat säästöt ilmastonmuutokseen vaikuttavassa kuormituksessa varastoitaessa työmaan läheisyyteen.

Hiilidioksidipäästöjen määrä vähenee rakentamispalveluissa (kuvio 27) 76 – 267 tonnia, Pohtolassa 2,3 – 8,0 tonnia ja Leinolassa 1,4 – 5,0 tonnia. Vastaavat prosenttiluvut pienentyneelle hiilidioksidimäärälle ovat rakentamispalveluissa 4,4 %, Pohtolan työmaalla 10,9 % ja Leinolassa 4,9 %.



Kuvio 27. Työmaan läheisyyteen varastoinnin vaikutus hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen rakentamispalveluiden osalta.

Ympäristökuormituksen kokonaishaittoja varastointi työmaan läheisyyteen pienentää rakentamispalveluiden osalta 1,9 %. Pohtolassa kokonaishaitta on 5,0 % ja Leinolassa 2,2 % pienempi.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tampereen Infran rakentamispalveluiden yksikön ympäristötavoitteeksi vuodelle 2013 on määritetty maa-ainesten uusiokäytön lisääminen. Tavoitteen saavuttamiseksi on tunnistettu useita kriittisiä tekijöitä ja määritetty mittareita tuloksien seuraamiseksi. Useita toimenpiteitä on jo käynnistetty. Uusi maanvastaanottoalue pyritään saamaan toimintaan muutamien vuosien aikana ja Myllypuron aluetta laajennetaan. Tarastenjärvelle rakennetaan varastointialue pitkäaikaisempaa varastointia ja materiaalien jalostusta varten. Maapankki –sovelluksen kehitystyö on käynnissä ja sovellus on tällä hetkellä testausvaiheessa. Langattomaan tiedonsiirtoon perustuva kuljetuksien ja materiaalien tiedonsiirto-sovelluksen käyttöönotto etenee. Maa-aineshuoltoon liittyvä varastointi ja kirjanpito ovat myös kehitystyön alla.

Maa-ainesten uusiokäytön uusiokäyttöasteeksi arvioidaan tällä hetkellä 20 %. Vuonna 2012 hankitun neitseellisen hiekan ja kallioaineksen sekä päällystemateriaalin määrien perusteella on ylijäämämaata uusiokäytetty rakentamisessa 94 000 tonnia ja uusioasfalttia käytetty 5 000 tonnin verran. Näillä uusiokäyttömäärillä on säästetty keskimäärin materiaalien hankintakustannuksissa 1 089 000 euroa, loppusijoituskuluissa 244 000 euroa ja matka-aikasäästönä 145 000 euroa. Materiaalien kuljetuksiin kulunut aika on lyhentynyt 2 500 tunnin verran. Kuljetuskilometrejä on kertynyt 101 000 kilometriä vähemmän. Ympäristökuormituksen osalta ovat kasvihuonekaasujen päästöt olleet 444 tonnia pienemmät ja luonnonvaroja on käytetty 353 tonnia vähemmän. Terveysvaikutusten näkökulmasta päästömäärät ovat olleet 241 g vähäisemmät, mikä tarkoittaa 12,1 % parannus-

ta lähtötilanteeseen. Maa-ainesten hyödyntäminen ja uusiokäytön lisääminen kannattaa.

Uusiokäyttöaste on kuitenkin arvio. Toiminnan kehittäminen ja materiaalien hyödyntämisen lisääminen edellyttää yhteisten tavoitteiden ja niiden edistymistä seuraavien mittareiden määrittelyä. Tällä hetkellä työmailla muodostuvan ja hyödynnettävän ylijäämämaan määriä ja laatua on hankala arvioida, mitata tai seurata. Kuljetuksien langattoman tiedonsiirron sovelluksen, Maapankki –sovelluksen ja materiaalien kirjanpidon käyttöön oton myötä saadaan tieto koottua yhteiseen paikkaan hallinnoitavaksi. Sitä ennen on kuitenkin sovittava yhteisistä toimintamalleista, luotava ohjeita ja järjestettävä koulutusta, selvitettävä nykyisiä käytäntöjä ja seurattava toiminnan kehittymistä. Tälle työlle on hyvä määrittää vastuuhenkilö ja toiminnan koordinoija, jotta muutoksia saataisiin aikaan.

Ylijäämämaan uusiokäyttöä voidaan lisätä käynnistämällä työmaiden välinen materiaalien vaihto. Työmaat ovat etukäteen tiedossa, joten aikataulullisesti rakentamisen vaiheita pystytään suunnittelemaan ja sovittamaan yhteen. Muodostuvan ylijäämämaan laadunmäärittely vaatii kuitenkin lisää ohjeistusta ja yhteisiä toimintatapoja, jotta ylijäämämaa saadaan tehokkaammin kiertämään. Toimintamallia muuttamalla osa loppusijoitukseen päätyvästä hyödyntämiskelpoisesta materiaalista saadaan käyttöön. Ylijäämämaan kierrättäminen työmaalta toiselle voidaan huomioida esimerkiksi bonusjärjestelmissä ja tulospalkkioissa, jolloin se motivoi enemmän. Maa-ainesten uusiokäyttöä on mahdollista lisätä myös tehostamalla nykyisiä uusiokäytön hyödyntämisen tapoja sekä ottamalla uusia materiaaleja ja rakentamismenetelmiä käyttöön. Hiekkaa korvataan jo osittain suodatinkankaita käyttämällä. Toistaiseksi hiekan hinta on vielä riittävän edullinen ja kankaiden hinta riittävän korkea pitämään hiekan pääasiallisena rakennusmateriaalina suodatinkerroksessa. Kankaiden käyttöä kannattaa kuitenkin lisätä mahdollisuuksien mukaan.

Uusiomateriaalien osalta savimaita ja heikkolaatuisempia ylijäämäkaita on mahdollista hyödyntää kadun rakenteissa, täytöissä ja toissijaisissa rakennuskohteissa stabiloinnin avulla. Rakentamispalveluilla ei ole ollut suunnitelmia materiaalien stabiloimiseksi, mutta sen mukaan ottoa uutena jalostusmuotona uusiokäytön lisäämiseksi kannattaa ainakin pohtia. Kokemuksia eri sideaineista, niiden ominaisuuksista sekä toimivuudesta maarakenteissa on jo olemassa. Sideaineiden saatavuus ja hinta vaihtelee käytetyn sideaineen mukaan, mikä tulee huomioida toimintaa suunniteltaessa. Osa maarakentamisessa käytetyistä sideaineista ja teollisuuden sivutuotteista on jo tuotteistettu ja osa on lähellä tuotteistamista, joten valikoimasta löytyy turvallisia, tutkittuja ja CE –merkittyjä vaihtoehtoja. Stabiloinnin etuna on myös materiaalin jalostamismahdollisuus suoraan työmaalla erillisen jalostusalueen lisäksi.

Ylijäämämaan ja rakennusmateriaalien osalta niiden uusiokäyttöä voidaan tehostaa ohjaamalla materiaaleja ja massoja niitä tarvitseville. Kierrätyspankin avulla voivat yksityiset henkilöt ilmoittaa materiaalityypistään ja kun materiaalia on saatavilla, se toimitetaan sovitulle alueelle noudetta-

vaksi. Kierrätyksen ja uusiokäytön tulee kuitenkin olla suunniteltua, jotta materiaaleja eivät koske jätelainsäädännön velvoitteet.

Uusia rakennusmateriaaleja ja jalostusmuotoja voidaan kokeilla toteuttamalla kaupunkialueella erilaisia pilottikohteita. Käytännön tekemisen kautta karttuu kokemusta ja osaamista ja samalla parannetaan yhteistyötä eri toimijoiden kesken. Heikkolaatuisten materiaalien osalta työtekniikoita, laitteistoa, tuotteita ja menetelmiä ei tällä hetkellä ole riittävästi. Koulutusta ja tiedotusta onkin hyvä lisätä. Laadun- ja riskienhallinnan näkökulmasta tietoa ja osaamista tarvitaan myös lisää, jotta yhtenäisiä toimintamalleja ja tavoitteita saadaan luotua ja kehitettyä eteenpäin.

Uusiokäytettävien materiaalien lajittelun ja toimivan varastoinnin toteuttaminen ovat edellytyksinä materiaalien jalostamiselle ja maa-ainesten uusiokäytön tehokkuudelle myös kustannusten ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Varastojen vähäinen määrä ja niiden puuttuminen aiheuttavat työmaille ongelman. Kaavoituksessa ei ole varattu riittävästi alueita maa-massojen väliaikaista sijoittamista ja jalostusta varten työmaiden läheisyyteen, vaan massoja joudutaan tilapäisesti varastoimaan ja jalostamaan joko työmaa-alueella ja sen lähiympäristössä tai kuljettamaan maanvastaanotto-alueelle loppusijoitusta varten. Jotta materiaalin jalostus olisi kustannustehokasta, tarvitaan jalostettavia materiaaleja saataville riittävän suurii määrii. Tampereen alueella esiintyy paljon moreenimaalajeja, jotka soveltuvat hyvin jalostukseen ja ovat laadultaan kestäviä ja muokattavia. Isot kivet ja lohkareet, louhe, vanhojen maarakenteiden materiaalit, kuten reunakivet, soveltuvat myös hyvin murskattaviksi. Uusiomateriaalien osalta betonia kerätään ja varastoidaan uusiokäytettäväksi. Murskausta ja seulontaa tehdään myös jonkun verran. Jalostuksen määrää ja menetelmiä lisäämällä on mahdollista saada suurempia materiaalimäärii hyödynnettäväksi.

Kaupungin alueella rakentamista toteuttaa monitahoinen toimijajoukko, mikä tuo oman haasteensa maa-aineshuollon kokonaisuuden hallintaan. Kohteita rakennetaan eri aikaan samalle alueelle ja jokaisella toimijalla on omat tapansa hoitaa massatalouttaan. Materiaalien hankinta, jalostus, logistiikka ja varastointi suunnitellaan yleensä kunkin toimijan omien tarpeiden mukaan. Yksittäisen kohteen, alueen ja kaupungin kannalta on tehokkainta toimia yhteistyössä, jolloin säästetään materiaalien määrissä, kuljetuksissa ja varastoinnissa sekä aikaa, rahaa että luonnonmateriaaleja ympäristövaikutuksia unohtamatta. Yhteistyötä kaikkien tahojen kesken on hyvä lisätä.

Kaupungin ollessa julkinen toimija nousee lupien hankinnan hallinta merkittäväksi tekijäksi. Kaavoista ja suunnitelmista valitetaan helposti ja usein valitusten käsittely kestää pitkään eikä varmuutta päätöksenteon ajankohdasta välttämättä ole. Maa-ainesten uusiokäyttöön liittyy useita eri lakeja, asetuksia ja päätöksiä, jotka tulee ottaa toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon.

Kunnan toiminnoissa maa-ainesten uusiokäytön lisäämistä ohjaavia tekijöitä ovat maanvastaanottoa paikkojen hintatason muutokset, erilaiset jäteverot, hankinta- ja kilpailutusmenettelyt, ympäristövaikutusten arvioinnit

sekä erilaiset suositukset maa-ainesten ja materiaalien käytölle. Tarvitaan selkeät tavoitteet ja mittarit sekä suunnitelma toiminnan käynnistämiseksi. Materiaalihankintojen ja varastoinnin huomiointi hankkeiden suunnittelu- ja kilpailutusvaiheessa vaikuttaa olennaisesti uusiokäytön toteutumisen mahdollisuuksiin. Materiaalien hyödyntämisen ja uusiokäytön tavoitteet voidaan sitoa mukaan kunnan muihin tavoitteisiin esimerkiksi taloudellisten tunnuslukujen, ilmanpäästöjen ja ympäristövaikutusten kautta. Kannustimien luomisen kautta saadaan lisättyä uusiomateriaalien käyttöä jo suunnitteluvaiheesta alkaen.

Rakentamispalveluiden osalta oman toiminnan ekotehokkuutta ja ympäristövaikutuksia on mahdollista seurata konkreettisesti soveltamalla elinkaarivaiheita ja ekotehokkuuteen liittyviä muita mittaamisen menetelmiä. Hyviä kohteita seurannalle ovat kuljetukset, käytetty työaika, polttoainekulut, materiaalien hankinta- ja varastointimäärät sekä niistä aiheutuvat kustannusvaikutukset.

Opinnäytetyössä toteutetun kustannus- ja ympäristökuormitusvertailun tuloksien pohjalta voidaan todeta, että maa-ainesten uusiokäytöllä voidaan rakentamispalveluiden toiminnassa säästää materiaaleja, rahaa, aikaa, kilometrejä ja ympäristökuormitusta merkittävästi. Materiaalihankintojen vuosittaiset säästöt ovat enimmillään 347 000 tonnia ja loppusijoitettavan ylijäämämaan määrä 329 000 tonnia. Ylijäämämaan hyödyntämisellä voidaan säästää luonnonvaroja 66,5 % verran. Materiaalien kustannuksissa säästöä muodostuu 3 050 000 euroa, mikä vastaa 47,5 %. Kuljetusten osalta säästöä kertyy 230 000 euroa. Sen osuus on 68,7 % kuljetusten kokonaiskustannuksista. Matka-aikasäästön määrä on 917 000 euroa.

Kuljetuksiin kuluva aika lyhenee 16 000 tunnilla, mikä vastaa yhdeksän henkilön vuosittaista työaikaa ja 65,8 % kuljetusten vaatimasta kokonaisajasta. Ajokilometreihin saadaan säästöä 68,6 % verran, kun kilometrejä kertyy 579 000 vähemmän.

Ympäristökuormituksen osalta kasvihuonekaasujen määrä vähenee 29,2 %, luonnonvaroja kulutetaan 68,7 % vähemmän ja suoriin terveysvaikutuksiin vaikuttavien päästöjen määrä on 52,4 % pienempi. Hiilidioksidipäästöt ovat 28,2 % pienemmät. Maa-aineksen uusiokäytön lisäämisellä on suhteellisesti suurin vaikutus luonnonvarojen kulutukseen. Ympäristökuormituksen kokonaishaitta pienenee 57,5 %.

Työmaan läheisyydessä sijaitsevalla varastointialueella on suuri merkitys säästöjen muodostumisessa kuljetusmatkojen pituuden ja määrien kautta. Vertailussa tämä kävi hyvin esille Pohtolan työmaan tulosten kautta. Jos kustannuksia ja ympäristövaikutuksia tarkastellaan pelkkien kuljetusten näkökulmasta, ei Pohtolan työmaan kohdalla maa-aineksen uusiokäyttö ole kannattavaa. Varastoja tarvitaankin useampi eri puolille kaupunkialuetta, jotta etäisyydet työmaiden ja varastointialueiden välillä pysyvät optimaalisina.

Varastoinnin toteutuessa lähellä työmaata saadaan rakentamispalveluissa säästettyä materiaalien osalta 198 000 euron verran, mikä vastaa 3,1 %

kokonaiskustannuksista. Kuljetuksista muodostuva kustannussäästö on 76 000 euroa ja matka-aikasäästön 408 000 euroa. Kuljetuksiin kuluva aika lyhenee 7 000 tunnilla, mikä vastaa neljän henkilön vuosittaista työaikaa ja 29,3 % kuljetuksiin kuluvasta ajasta. Kuljetuskilometrejä kertyy 26,7 % vähemmän, jolloin ajaminen vähenee 226 000 kilometrin verran. Ympäristökuormitus pienenee kasvihuonekaasujen osalta 4,3 % ja suorien terveysvaikutusten osalta 10 % verran. Luonnonvarojen kulutus pysyy samana. Ympäristökuormituksen kokonaishaitta pienenee 1,9 %.

Yhteenvetona opinnäytetyön tuloksista ja päätelmistä voidaan todeta, että maa-ainesten uusiokäyttöä ja hyödyntämistä lisäämällä on rakentamispalveluissa mahdollista saada aikaan merkittäviäkin hyötyjä sekä ympäristön, talouden että ihmisen toiminnan kannalta. Nykyisellä uusiokäyttöasteella on saatu aikaan jo tuntuvia säästöjä sekä vähennetty ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvia ympäristökuormituksia. Ympäristötavoitteen pohjalta määritelty työ on jo käynnissä ja halukkuutta nykyisen toimintatavan kehittämiseen riittää. Haasteita on tunnistettu ja osaan niistä on mahdollista vaikuttaa omien toimintamallien kehittämisen ja tehostamisen kautta. Keinoja tilanteen parantamiseksi on useita erilaisia. Kestävää kehitystä ajatellen suunta on oikea.

LÄHTEET

Antikainen, R. & Seppälä, J. 2012. Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksenteon tukena. FINLCA -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 10/2012. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, pdf-tiedosto. Viitattu 1.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135094&lan=fi>

Dahlbo, H. 2010. Metallinjalostusteollisuuden UUMA –materiaalien ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistäminen –työpajan yhteenveto. Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 78-85, pdf-tiedosto. Viitattu 5.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Ehrola, E. 1996. Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet. Tampere: Rakennustieto Oy.

Eskola, P., Mroueh, U-M., Juvankoski, M. & Ruotoistenmäki, A. 1999. Maarakentamisen elinkaariarviointi. VTT Tiedotteita 1962. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Viitattu 13.7.2013.

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

Forstén, L. 2013. Asfaltin uusiokäyttö. Vanha asfaltti – tuote vai jäte? Kierrätysmenetelmät. 6.2.2013 Helsinki. Viitattu 14.7.2013.

http://www.infrary.fi/files/4492_ForstenVanhaAsfaltti_TuotevaijeteLF2.pdf

GTK 2013. Kiviainestilinpito. Viitattu 3.7.2013. <http://www.geo.fi/kitti/>

Gull, M. 2011. Betonijätteen hyödyntäminen maarakentamisessa. Savonia ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäyte-työ, pdf-tiedosto. Viitattu 14.7.2013.

<https://publications.theseus.fi/handle/10024/37513>

Haavisto-Hyvärinen, M. & Kutvonen, H. 2007. Maaperäkartan käyttö-opas. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 27.8.2013.

http://nahkahiir.thps3.net/koulu/maaperakartan_kaytto-opas.pdf

Hartikainen, O. 2003. Tietekniikan perusteet. 5. painos. Helsinki: Otatieto.

Hartikainen, O. 2007. Maarakennustekniikka. 11. painos. Helsinki: Otatieto.

Honkasalo, A. & Pajukallio, A-M. 2010. UUMA –kehitysohjelma – mitä saatiin aikaan ja miten työtä jatketaan. Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 86-92 pdf-tiedosto. Viitattu 5.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Häkkinen, T. 2005. Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö- ja elinkaarimitarit. Helsinki: Rakennusteollisuuden kustannus RTK.

Häkkinen, T., Huovila, P., Tattari, K., Vares, S., Seppälä, J., Koskela, S., Leivonen, J. & Pylkkö, T. 2002. Rakennus- ja kiinteistöalan ekotehokkuus. Suomen ympäristö 580. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Hämeen ympäristökeskus, Kaakkois-Suomen ympäristökeskus, Lounais-Suomen ympäristökeskus, Länsi-Suomen ympäristökeskus, Pirkanmaan ympäristökeskus & Uudenmaan ympäristökeskus. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2020. Suomen ympäristö 43/2009. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus, pdf-tiedosto. Viitattu 13.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=114625&lan=fi>

Härmä, P., Kuula - Väisänen, P., Pokki, J., Ikävalko, O., Pullinen, A., Leveinen, J., Sahala, L. & Räisänen, M. 2010a. Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI – hanke). Loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus: Etelä-Suomen yksikkö. Viitattu 5.7.2013.
http://arkisto.gtk.fi/ka/ka_33_2010_6.pdf

Härmä, P., Pokki, J., Ikävalko, O., Pullinen, A., Leveinen, J., Sahala, L. & Räisänen, M. 2010b. Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI – projekti). Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 34-40, pdf-tiedosto. Viitattu 5.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Infra ry. 2013. Betonin kierrätys. Viitattu 14.7.2013.
<http://www.infrary.fi/index.php?m=4&s=2&id=2634>

Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.). 2010. Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, pdf-tiedosto. Viitattu 3.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Insinööritoimisto Paavo Ristola. 2005. Tampereen kaupunki – maanvastaanotto- ja jatkojalostusalueiden ympäristövaikutusten arviointiselostus. 18078. 13.10.2005, pdf-tiedosto. Viitattu 13.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=43210&lan=fi>

Jantunen, J. 2012. Kiviaineshankkeiden ympäristövaikutusten arviointi. Suomen ympäristö 27/2012. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy, pdf-tiedosto. Viitattu 27.8.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=138522&lan=fi>

JL, Jätelaki 646/2011 17.6.2011. Viitattu 1.7.2013.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Jäteluokitusopas 2005. Käsikirjoja 37. Ympäristöministeriö, Tilastokeskus ja Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Valopaino Oy.

Jääskeläinen, R. 2011. Geotekniikan perusteet. 3. painos. Tampere: Tammermekaniikka.

Kautto, P., Mela, H. & Mickwitz, P. 2006. Materiaalitehokkuuden edistämisen vaikutusten arviointi. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. Taustaselvitys osa II. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2006. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, pdf-tiedosto. Viitattu 16.7.2013.
http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Jatteet/Valtakunnallinen_jatesuunnitelma

Kilpinen, S. 2008. EIMI –indikaattorijärjestelmän käyttö tiehankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Tapaus Kaarinan läntinen ohikulkutie. Tiehallinnon selvityksiä 24/2008. Turku: Tiehallinto. Viitattu 10.7.2013.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201103-veimi_indikaattorijarjestelma.pdf

Koivuniemi, M. & Söderholm, D. 2013. Tampereen kaupunki. Maanvastaanottoalueiden selvitys. Ramboll. Viite 82131030. [Raporttiluonnos 18.1.2013].

Korkiala-Tanttu, L., Eskola, P., Juvankoski, M., Kivikoski, H. & Kiviniemi M. 2010. Heikkolaatuisten luonnonmateriaalien käytön tehostaminen – moreeni tehokkaaseen hyötykäyttöön. Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasara, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 23-33, pdf-tiedosto. Viitattu 3.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Korkiala-Tanttu, L., Eskola, P., Valkeisenmäki, A., Antila, R. & Mutanen, E. 2007. Ekotehokkuus investointien ST-hankinnoissa. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 49/2007. Helsinki: Tiehallinto. Viitattu 1.7.2013.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/4000592-v-ekotehokkuus_investointien_st-hankinnassa.pdf

Korkiala-Tanttu, L., Juvankoski, M., Kivikoski, H., Eskola, P. & Kiviniemi, M. 2008. Moreeni tehokäyttöön! HUUMA, Heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostaminen infrarakentamisessa. VTT tutkimusraportti VTT-R-07854-08, pdf-tiedosto. Espoo: VTT. Viitattu 18.7.2013.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=97432&lan=fi>

Korkiala-Tanttu, L., Tenhunen, J., Eskola, P., Häkkinen, T., Hiltunen, M.-R. & Tuominen, A. 2006. Väylärakentamisen ympäristövaikutukset ja ekoindikaattorit; ehdotus arviointijärjestelmäksi. Tiehallinnon selvityksiä 22/2006. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 31.7.2013.
http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200998-vaylarakentamisen_ymparistovaik_ekoindikaattorit.pdf

Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J., Eskola, P., Pienimäki, M., Spooft, H. & Mroueh, U-M. 2005. Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin. Kokeuksia kahdesta eri pilot-kohteesta. Tiehallinnon selvityksiä 13/2005. Helsinki: Oy Edita Ab. Viitattu 6.7.2013. <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200925-velinkaaritarkasthank.pdf>

Kuula-Väisänen, P. 2012. Mikä muuttuu kiviainesalalla 1.7.2013? Tampereen teknillinen yliopisto. [Luentomateriaali]. Viitattu 14.7.2013. http://www.infrary.fi/files/4273_CE-MerkinttilaisuusVaasa8.10.2012.pdf

Lahtinen, P. & Majjala, A. 2010. UUMA-materiaalien inventaari. Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006 - 2010. Ympäristöministeriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 16-22, pdf-tiedosto. Viitattu 3.7.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>

Lemminkäinen 2011. Kierrätysasfaltin vastaanotto, jalostus, varastointi ja käyttö. 27.10.2011. Viitattu 14.7.2013. <http://www.ygoforum.fi/sorri.pdf>

Lemminkäinen. 2013a. Asfaltti. Viitattu 10.7.2013. <http://www.lemminkainen.fi/Global/Brochures/Infrastructure%20construction/Paving/Asfaltti-esite.pdf>

Lemminkäinen. 2013b. Sepeli. Viitattu 18.8.2013. <http://www.lemminkainen.fi/Kuluttajat/Piharakentaminen/Kiviainekset/Sepeli/>

Levinen, R. 2012. Uudistunut jätelainsäädäntö kuntien kannalta. Ympäristönsuojelun ajankohtaispäivä 1.11.2012 Hämeenlinna. Ympäristöministeriö. [Luentomateriaali]. Viitattu 2.7.2013. http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/HameenELY/Ajankohtaista/tapahtumat/Aineistot/Documents/01112012/J%C3%84TELAKI_Levinen_01112012.pdf

Lipasto. 2013a. Liikennevälineiden yksikköpäästöt. Viitattu 31.7.2013. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm

Lipasto. 2013b. LIISA 2011. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä. Viitattu 21.7.2013. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2s.htm>

LSSAVI, Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston ympäristölupapäätös toiminnan olennaisesta muuttamisesta koskien Tampereen Infran jätteen hyödyntämis- ja käsittelytoimintaa sekä kallion louhintaa ja murskausta, kiinteää asfalttiasemaa sekä romuajoneuvojen esikäsitteilyä ja varastointia, Tarastenjärven varastoalue, Tampere. Nro 18/2013/1. Dnro LSSAVI/68/04.08/2011. Annettu 14.2.2013., pdf-tiedosto. Viitattu 11.7.2013.

<http://www.avi.fi/fi/virastot/lansijasisasuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Ymparistoluvat/Sivut/Ymparistolupapaatokset.aspx>

- Maapörssi 2013. Maapörssi.fi. Maa-ainesten kierrätystä netissä. Viitattu 6.7.2013. <http://www.maaporssi.fi/>
- Maijala, A. 2009. LIFE06 ENV/FIN/000195. Elinkaaritarkastelut. Viitattu 31.7.2013. <http://projektit.ramboll.fi/life/stable/sf/images/Elinkaaritarkastelut.pdf>
- Makkonen, H., Angerman, M., Rova, E. & Tanskanen, P. 2010. Mineralogiset tutkimukset teollisuuden jäännöstuotteiden ja jätteiden ympäristökel-
poisuuden arvioinnissa, kehittämisessä ja laadunvalvonnassa. Teoksessa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maara-
kentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöminis-
teriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 41-51, pdf-
tiedosto. Viitattu 3.7.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>
- MAL, Maa-ainelaki 555/1981. 24.7.1981. Viitattu 5.7.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555>
- Motiva. 2010. Taustatietoa ekotehokkaaseen katusuunnitteluun. Ohjeistus-
ta julkiselle tilaajalle. 18.2.2010. Viitattu 13.7.2013. http://www.motiva.fi/files/4881/Taustatietoa_ekotehokkaaseen_katusuunnitteluun_Ohjeistusta_julkisille_tilaajille.pdf
- Pajukallio, A-M., Alasaarela, E. & Inkeröinen, J. 2010. Infrarakentamisen
uusi materiaaliteknologia – UUMA –kehitysohjelma 2006-2010. Teokses-
sa Inkeröinen, J. & Alasaarela, E. (toim.) Uusiomateriaalien käyttö maara-
kentamisessa. Tuloksia UUMA -ohjelmasta 2006-2010. Ympäristöminis-
teriön raportteja 13/2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, 9-15, pdf-
tiedosto. Viitattu 3.7.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=359266&lan=FI>
- Pajukallio, A-M. 2013. Kaivetut maa-ainekset. Uusi jätelaki ja uudistuva
YSL. Hyötykäyttö. 14.2.2013. Ympäristöministeriö. [Luentomateriaali].
Viitattu 13.7.2013. https://syke.etapahtuma.fi/eTaika_Tiedostot/2/TapahtumanTiedostot/949/Pajukallio%20Maa-ainekset.pdf
- Pirkanmaan Jätehuolto. 2013. Jätelain uudistus laajentaa siirtoasiakirjan
käyttöä. Viitattu 16.8.2013. <http://www.pirkanmaan-jatehuolto.fi/docs/siirtoasiakirja>
- Pokki, J., Rekola, M., Härmä, P., Kuula - Väisänen, P., Räisänen, M. &
Tiainen, M. 2009. Maarakentamisen ja kalliolouhinnan yhteydessä muo-
dostuvien ylijäämäkiviainesten hyötykäytön nykytila Suomessa. Tutki-
musraportti 177. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. Viitattu 14.7.2013. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr177.pdf>

PYKp, Pirkanmaan ympäristökeskuksen ympäristölupaosaston ympäristölupapäätös Ruskonperän maankaatopaikkatoiminnasta ja jätteenkäsittelystä. Dnro PIR-2005-Y-241-111. Annettu 29.1.2008, pdf-tiedosto. Viitattu 11.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=80115&lan=fi>

PYKp, Pirkanmaan ympäristökeskuksen ympäristölupaosaston ympäristölupapäätös Myllypuron maankaatopaikkatoiminnasta. Dnro PIR-2008-Y-346-111. Annettu 27.5.2009, pdf-tiedosto. Viitattu 11.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=103770&lan=fi>

Ramboll 2008. UUMA –materiaalien ja rakenteiden inventaari. Raportti. Viitattu 3.7.2013. http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/UUMA-inv-raportti_%2812-2008%29.pdf

Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Suomen ympäristö 2/2012. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, pdf-tiedosto. Viitattu 27.8.2013.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=134704&lan=fi>

Sassali, J. 2008. Geoteknisestä maaluokituksesta euroluokitukseen. Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Rakennus- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Kandidaatin työ. Viitattu 29.8.2013. https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/rak-50.4100/materiaali/Rak-50_4100_maalajin_nimeaminen_eurokoodin_mukaan.pdf

Seppälä, J. 2001. Elinkaariarviointi ja luonnonvarat. Tutkimusraportissa Idman, H. & Rönkä, E. (toim.) Geological survey of Finland - report of investigation 153. Helsinki: Geologian tutkimuskeskus. 14-19. Viitattu 13.7.2013. http://arkisto.gtk.fi/tr/tr153/tr153_pages_14_19.pdf

Suomen ympäristökeskus. 2012. Maa-ainesten ottomäärä ja ottamislupatilanne. Ote julkaisusta Kivimieskalenteri 2012, pdf-tiedosto. Viitattu 18.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=137543&lan=fi>

Tampereen kaupunki. 2013a. ECO₂ -Ekotehokas Tampere. Viitattu 26.7.2013.

<http://www.tampere.fi/tampereinfo/projektit/kaupunkikonserninhankeet/co2-hanke.html>

Tampereen kaupunki. 2013b. Yleiskaavoitusohjelma vuosille 2013-2016. Maankäytön suunnittelu, yleiskaavoitus. Viitattu 27.7.2013.

http://www.tampere.fi/material/attachments/y/65WFhtWnc/YKA_tyooohjelma2013_2016.pdf

Tampereen kaupunki. 2013c. Ympäristön ja kestävä kehityksen katsaus 2013. Tampereen kaupunki. Kestävä yhdyskunta –yksikkö. Viitattu 26.7.2013.

http://www.tampere.fi/material/attachments/y/6H7IHCr0u/Ymparistokatsaus_2013_17_6_uusi.pdf

Tampereen kaupunkiseutu. 2010. Tampereen rakenneseudun kaupunki-suunnitelma 2030. Kuntajohtajakokous 12.2.2010. Seutuhallitus 24.3.2010. Viitattu 11.7.2013. http://tampereenseutu-fi-bin.directo.fi/@Bin/9d472a96afc2ba0d57bdc88200763cf9/1373529620/aplicati-on/pdf/1933606/Rakennesuunnitelma_SH_24.3_hyv%C3%A4ksym%C3%A4.pdf

Tervonen, J. & Ristikartano, J. 2010. Tieliikenteen ajokustannusten yksiköarvot 2010. Liikenneviraston ohjeita 21/2010. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 16.6.2013. http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-21_tieliikenteen_ajokustannusten_web.pdf

Tiehallinto. 2004. Tierakenteen suunnittelu. Suunnitteluvaiheen ohjaus. TIEH 2100029-04. Viitattu 8.7.2013. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100029-v-04tierakenteensuunn.pdf>

Tiehallinto. 2007. Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 14.7.2013. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>

Tiehallinto. 2008. GEO- ja ISO –maaluokitusten maalajimääritysten vertailu. Tietoa tiensuunnitteluun nro 88. Tiehallinto: Asiantuntijapalvelut. Viitattu 29.8.2013. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tts88_geo_iso_maaluok_maalajim_vertailu.pdf

Tielaitos. 1999. Murskaustyöt. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset. Tiehallinto. Tie- ja liikennetekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab. Viitattu 18.8.2013. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/3700_murskaustyot.pdf

Tielaitos. 2000. Betonimurskeen käyttö tien päällysrakennekerroksissa. Mitoitus- ja työohjeet. Tielaitoksen selvityksiä 5/2000. Tie- ja liikennetekniikka. Helsinki: Tiehallinto. Viitattu 14.7.2013. http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf2/tiel_3200594_betmurskeohje.pdf

Tolppanen, P. 1998. Louhitun kiven käyttökohteet ja murskaus. Työraportti 98-40. Helsinki: Posiva. Viitattu 14.7.2013. http://www.posiva.fi/files/2483/POSIVA-98-40_Tyoraportti_web.pdf

UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia 2013a. Lievästi pilaantuneet maamassat. Viitattu 3.7.2013. <http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/index.asp?fr=lie>

UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia 2013b. Teollisuuden sivutuotteet. Viitattu 3.7.2013. <http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/index.asp?fr=st>

UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia 2013c. Vanhojen maarakenteiden materiaalit. Viitattu 3.7.2013.

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

UUMA – Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia 2013d. Ylijäämämaat. Viitattu 3.7.2013.

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

Valtiovarainministeriö. 2012. Maa-ainesvero. Selvitys maa-ainesveron käyttöönoton mahdollisuuksista ja tarkoituksenmukaisuudesta. Maaliskuu 2012. Valtiovarainministeriö. Viitattu 20.7.2013.

http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/03_muut_asiakirjat/20120308Maaain/Maa-ainesveroselvitys060312_NETTI.pdf

VNa, Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 591/2006. 28.6.2006. Viitattu 14.7.2013.

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

VNa, Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. 19.4.2012. Viitattu 1.7.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>

VNp, Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä 295/1997. 3.4.1997. Viitattu 20.7.2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970295>

Ympäristögeotekniikan luentomateriaali. n.d. Sivutuotteet ja uusiomateriaalit maarakenteissa. Rak-50.3138. Ympäristögeotekniikka. Luento 13. Viitattu 14.7.2013. https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/yhd-33.../Yhd-33_3300_uusiomat.pdf

Ympäristöhallinto 2013a. Jätteiden hyödyntäminen maarakentamisessa. Viitattu 2.7.2013.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=19366&lan=fi>

Ympäristöhallinto. 2013b. Maa- ja kallioperän ekologisesti kestävä käyttö. Viitattu 5.7.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1121&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. Helsinki: Ympäristöministeriö, pdf-tiedosto. Viitattu 18.7.2013.

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=302022&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2012a. Jäteverot ja -maksut. Viitattu 20.7.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=180501>

Ympäristöministeriö 2012b. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Jäteosioita koskeva päivitysluonnos 11.5.2012. Viitattu 2.7.2013.

Ympäristöministeriö. 2012c. Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta. 1. väliraportti. Ympäristöministeriön raportteja 3/2012. Helsinki: Ympä-

ristöministeriö, pdf-tiedosto. Viitattu 26.7.2013. http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet/Valtakunnallinen_jatesuunnitelma

Ympäristöministeriö. 2013. Valtakunnallinen jättesuunnitelma – Kohti kierrätysyhteiskuntaa. Viitattu 16.7.2013. http://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Jatteet/Valtakunnallinen_jatesuunnitelma

MAA-AINESTEN UUSIOKÄYTTÖÄ JA HYÖDYNTÄMISTÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Alla olevaan taulukkoon on koottu yhteen maa-ainesten uusiokäyttöön ja hyödyntämiseen liittyvä lainsäädäntö, joka tulee huomioida maa-aineshuollon yhteydessä.

Taulukko 1. Maa-ainesten uusiokäyttöön ja hyödyntämiseen vaikuttava lainsäädäntö.

Laki	Maa-ainesten uusiokäyttö	
Jätelaki	646/2011	Jätteen ja sivutuotteen määritelmä, jäteominaisuuden päättymisen, hyödyntäminen, siirtoasiakirja, seuranta- ja tarkkailuasiakirja
Ympäristönsuojelulaki	86/2000	Ympäristö lupa, maanvastaanotto toiminta
Maankäyttö- ja rakennuslaki	132/1999	Kaavoitus, kadut ja muut yleiset alueet, suunnitelmat, luvat, ilmoitukset
Maa-aineslaki	555/1981	Maa-aineksen otto, varastointi ja jalostus
Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä	468/1994	Ympäristövaikutusten arviointi
Maantielaki	503/2005	Suunnitelmat, maankäyttö
Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta	669/1978	Kunnossapito
Luonnonsuojelulaki	1096/1996	Luonnon- ja maisemansuojelu
Vesilaki	587/2011	Pohjaveden suojeleminen, maa-ainesten ottaminen, maankäytön suunnittelu
Jäteverolaki	1126/2010	Soveltamisala
Asetus		
Valtioneuvoston asetus jätteistä	179/2012	Siirtoasiakirja, seuranta- ja tarkkailuasiakirja
Ympäristönsuojeluasetus	169/2000	Ympäristö lupa
Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa	591/2006	Ilmoitusmenettely määriteltyjen materiaalien kohdalla
Maankäyttö- ja rakennusasetus	895/1999	Katusuunnitelma, rakentamisen luvanvaraisuus ja lupamenettely
Valtioneuvoston asetus maa-ainesten ottamisesta	926/2005	Maa-ainelupa, ottamissuunnitelma
Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä	713/2006	Arviointimenettelyn soveltaminen
Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista	214/2007	Kynnys- ja ohjeavot
Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta	509/2005	Vaaralliset aineet
Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta	800/2010	Toiminnan vaatimukset
Valtioneuvoston asetus asfalttiasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista	846/2012	Toiminnan vaatimukset
Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä	190/2013	Jätehuolto suunnitelma, toiminnan vaatimukset
Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista	331/2013	Jätteiden kaatopaikkasijoitus
Päätös		
Valtioneuvoston päätös rakennusjätteistä	295/1997	Talteenotto, hyödyntäminen
Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista	861/1997	Menettelyt, perusteet, sivutuotteiden loppusijoitus
Euroopan unionin lainsäädäntö		
Jätedirektiivi	2008/98/EY	
Kaivannaisjätedirektiivi	2006/21/EY	
Kaatopaikkadirektiivi	1999/31/EY	
REACH-asetus	2006/1907/EY	
Kunnan asettamat		
Ympäristönsuojelumääräykset, jätehuolto määräykset, rakennusjärjestys		

KUSTANNUS- JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILUN LÄHTÖTIEDOT

Alla olevissa taulukoissa esitetään koosteena vertailun pohjana käytetyt lähtötiedot. Tiedot on eritelty omiksi taulukoikseen rakentamispalveluiden (taulukko 1) sekä Pohtolan (taulukko 2) ja Leinolan (taulukko 3) työmaiden osalta. Taulukossa 4 esitetään ympäristökuormituksen arvioinnissa käytetyt materiaalien ja kuljetusten ympäristöprofiilit, kuormitustekijöiden karakterisointikertoimet sekä vaikutusluokkakohtaiset painoarvot.

Taulukko 1. Lähtötiedot rakentamispalveluiden osalta.

INFRAN RAKENTAMISPALVELUIDEN TUOTANTOLUVUT								
Lähtötiedot v.2012 mukaan, (uusiokäyttö 20%)								
		Määrät		Hinta	Kuljetukset			
		tn/v	%	€/tn	km	tn/kuorma	€/km	min/matka
MATERIAALI	Yhteensä	495 000	100,0 %					
	Päällyste, uusi	20 000	4,0 %	65,00	25	19	0,3377	35
	Hiekka, uusi	56 000	11,3 %	6,00	30	40	0,4344	40
	Murske, uusi	320 000	64,6 %	8,50	20	40	0,4344	30
	Päällyste, uusiokäyttö	5 000	1,0 %	55,00	25	19	0,3377	35
	Ylijäämämaa, V1	94 000	19,0 %	2,00	0,5	19	0,3377	3
	Ylijäämämaa, V2		0,0 %	2,60	7	19	0,3377	15
	Ylijäämämaa, loppusij.	277 200		2,60	7	19	0,3377	15
Muuntokerroin	1 m ³ = 1,65 tn	1,65						
Matka-aikasäästö	€/h	58,91						

Taulukko 2. Lähtötiedot Pohtolan työmaan osalta.

POHTOLA, IHAISTENKATU								
		Määrät		Hinta	Kuljetukset			
		tn	%	€/tn	km	tn/kuorma	€/km	min/matka
MATERIAALI	Yhteensä	4 401	100,0 %					
	Päällyste, uusi	325	7,4 %	65,00	25	19	0,3377	35
	Hiekka, uusi	1 716	39,0 %	6,00	30	40	0,4344	40
	Murske, uusi	2 360	53,6 %	8,50	20	40	0,4344	30
	Päällyste, uusiokäyttö		0,0 %	55,00	25	19	0,3377	35
	Ylijäämämaa, V1		0,0 %	2,00	0,5	19	0,3377	3
	Ylijäämämaa, V2		0,0 %	2,60	22,9	19	0,3377	24
	Ylijäämämaa, loppusij.	4 950		2,60	9,8	19	0,3377	16
Muuntokerroin	1 m ³ = 1,65 tn	1,65						
Matka-aikasäästö	€/h	58,91						
Kuljetukset	Hiekka, murske	40						
	Ylijäämämaa, päällyste	19						

Tien mitat		m	m ²
		Pituus	400
Leveys	6,5		
Pinta-ala		2 600	
Päällyste	0,05		
Kantava & jakava	0,55		
Suodatinkerros	0,4		
Penger	0		

Taulukko 3. Lähtötiedot Leinolan työmaan osalta.

LEINOLA, MIKKOLANKATU								
MATERIAALI		Määrät		Hinta	Kuljetukset			
		tn	%	€/tn	km	tn/kuorma	€/km	min/matka
	Yhteensä	5 791	100,0 %					
	Päällyste, uusi	430	7,4 %	65,00	25	19	0,3377	35
	Hiekka, uusi	2 257	39,0 %	6,00	30	40	0,4344	40
	Murske, uusi	3 104	53,6 %	8,50	20	40	0,4344	30
	Päällyste, uusiokäyttö		0,0 %	55,00	25	19	0,3377	35
	Ylijäämämaa, V1		0,0 %	2,00	0,5	19	0,3377	3
	Ylijäämämaa, V2		0,0 %	2,60	11	19	0,3377	11
	Ylijäämämaa, loppusij.	10 725		2,60	8,7	19	0,3377	15
Muuntokerroin	1 m ³ = 1,65 tn	1,65						
Matka-aikasäästö	€/h	58,91						
Kuljetukset	Hiekka, murske	40						
	Ylijäämämaa, päällyste	19						

Tien mitat		m	m ²
		Pituus	570
Leveys	6		
Pinta-ala		3 420	
Päällyste	0,05		
Kantava & jakava	0,55		
Suodatinkerros	0,4		
Penger	0		

Taulukko 4. Ympäristökuormituksen arvioinnissa käytetyt ympäristöprofiilit, kertoimet ja painoarvot.

YMPÄRISTÖVAIKUTUS- LUOKAT	KUORMITUSTEKIJÄT	Kuljetukset g/km ⁽¹⁾				Sora ⁽²⁾ g/tn	Murske ⁽²⁾ g/tn	AB ⁽²⁾ g/tn	UusioAB ⁽³⁾ g/tn
		19 tn tyhjä	19 tn täysi	40 tn tyhjä	40 tn täysi				
Ilmastonmuutos	Hilidioksidi (CO ₂)	959	1 412	1 279	2 267	870	1 800	160 000	144 000
	Ilokaasu (N ₂ O)	0,026	0,04	0,024	0,04	0,04		0,3	0,27
	Metaani (CH ₄)	0,015	0,023	0,017	0,027	0,03	1,1	1,7	1,53
Luonnonvarojen käyttö	Kallioaines					1 010	1 010	1 000	600
	Loppusijoitettavat jätteet					10 000	10 000	4 900	2 940
Suorat terveysvaikutukset	Hiukkaset (PM)	0,19	0,2	0,21	0,22	0,1	1,2	7,7	6,93
	Typen oksidit (NO _x)	6,9	10	10	18	0,8	2,1	120	108
	Rikkidioksidi (SO ₂)	0,0065	0,0096	0,0087	0,015	0,4	1,3	100	90

YMPÄRISTÖVAIKUTUS- LUOKAT	KUORMITUSTEKIJÄT	Karakterisointi- kerroin ⁽⁴⁾	Luokkien painokertoimet ⁽⁵⁾
Ilmastonmuutos	Hilidioksidi (CO ₂)	1	0,25
	Ilokaasu (N ₂ O)	23	
	Metaani (CH ₄)	310	
Luonnonvarojen käyttö	Kallioaines	0,7	0,67
	Loppusijoitettavat jätteet	0,3	
Suorat terveysvaikutukset	Hiukkaset (PM)	0,0007	0,083
	Typen oksidit (NO _x)	0,000089	
	Rikkidioksidi (SO ₂)	0,000055	

Lähteet:

- 1) Lipasto 2013a
- 2) Korkiala-Tanttu ym. 2006, Liite 3; Majjala 2009, 34
- 3) Forstén 2013, 16
- 4) Korkiala-Tanttu ym. 2006, 25; Infra rakentamispalvelut
- 5) Infra rakentamispalvelut

KUSTANNUS- JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILUN TULOKSET:
TAMPEREEN INFRAN RAKENTAMISPALVELUT

Liitteessä olevissa taulukoissa esitetään vertailun tulokset rakentamispalveluiden osalta.

Taulukosta 1 nähdään materiaalien ja jätteiden määrät eri uusiokäyttöasteille sekä kahden varastointivaihtoehdon osalta materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten kustannusten määrät. V1 –vaihtoehto tarkoittaa varastointia työmaan läheisyyteen ja V2 –vaihtoehto varastointialueelle Tarastenjärvelle.

Taulukko 1. Materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten määrät sekä kustannukset Infran rakentamispalvelujen osalta.

MATERIAALIEN JA KULJETUSTEN MÄÄRÄT SEKÄ KUSTANNUKSET RAKENTAMISPALVELUT								
MATERIAALIT (tn/v)		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Neitseellisen materiaalin hankinta	Päällyste, hiekka & murske	495 000	396 000	346 500	297 000	247 500	198 000	148 500
Ylijäämämaa	Hyödynnetty ylijäämämaa	0	94 000	141 000	188 000	235 000	282 000	329 000
Jätteen määrä	Loppusijoitettava ylijäämämaa	371 200	277 200	230 200	183 200	136 200	89 200	42 200
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	5 445 000	4 356 000	3 811 500	3 267 000	2 722 500	2 178 000	1 633 500
	Päällyste, uusiokäyttö	0	275 000	412 500	550 000	687 500	825 000	962 500
	Ylijäämämaa	0	188 000	282 000	376 000	470 000	564 000	658 000
	Loppusijoitus	965 120	720 720	598 520	476 320	354 120	231 920	109 720
	yhteensä	6 410 120	5 539 720	5 104 520	4 669 320	4 234 120	3 798 920	3 363 720
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	241 593	193 278	169 129	144 964	120 797	96 648	72 482
	Päällyste, uusiokäyttö	0	4 458	6 670	8 899	11 111	13 340	15 568
	Ylijäämämaa	0	1 671	2 507	3 342	4 178	5 013	5 848
	Loppusijoitus	92 368	68 979	57 283	45 591	33 894	22 198	10 506
	yhteensä	333 961	268 386	235 589	202 796	169 980	137 199	104 404
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h/v)	23 637	19 193	16 970	14 748	12 523	10 302	8 079
	Ajokilometrit (km/v)	844 318	679 058	596 396	513 747	431 035	348 423	265 774
V2, varastointi väli-varastoon		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	5 445 000	4 356 000	3 811 500	3 267 000	2 722 500	2 178 000	1 633 500
	Päällyste, uusiokäyttö	0	275 000	412 500	550 000	687 500	825 000	962 500
	Ylijäämämaa	0	244 400	366 600	488 800	611 000	733 200	855 400
	Loppusijoitus	965 120	720 720	598 520	476 320	354 120	231 920	109 720
	yhteensä	6 410 120	5 596 120	5 189 120	4 782 120	4 375 120	3 968 120	3 561 120
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	241 593	193 278	169 129	144 964	120 797	96 648	72 482
	Päällyste, uusiokäyttö	0	4 458	6 670	8 899	11 111	13 340	15 568
	Ylijäämämaa	0	23 394	35 090	46 782	58 479	70 175	81 867
	Loppusijoitus	92 368	68 979	57 283	45 591	33 894	22 198	10 506
	yhteensä	333 961	290 109	268 172	246 236	224 281	202 361	180 423
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h/v)	23 637	21 172	19 939	18 706	17 471	16 239	15 006
	Ajokilometrit (km/v)	844 318	743 382	692 882	642 382	591 832	541 382	490 882

Taulukossa 2 verrataan materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten osalta muodostuvia säästöjä 0 % uusiokäytön määrään.

Materiaalien hinnoissa on kuljetusten osuus jo mukana. Kuljetusten osuutta kustannuksista tarkastellaan lisäksi erikseen. Matka-aikasäästön osuus on huomioitu kustannusten kokonaissäästöissä.

Taulukko 2. Maa-aineksen uusiokäytön eri uusiokäyttöasteilla muodostuvat säästöt.

SÄÄSTÖT RAKENTAMISPALVELUT							
MATERIAALIT (tn/v)		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Neitseellisen materiaalin hankinta	Päällyste, hiekka & murske	99 000	148 500	198 000	247 500	297 000	346 500
Jätteen määrä	Loppusijoitettava ylijäämää	94 000	141 000	188 000	235 000	282 000	329 000
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	1 089 000	1 633 500	2 178 000	2 722 500	3 267 000	3 811 500
	Päällyste, uusiokäyttö	-275 000	-412 500	-550 000	-687 500	-825 000	-962 500
	Ylijäämää	-188 000	-282 000	-376 000	-470 000	-564 000	-658 000
	Loppusijoitus	244 400	366 600	488 800	611 000	733 200	855 400
	yhteensä	870 400	1 305 600	1 740 800	2 176 000	2 611 200	3 046 400
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikasäästö	261 808	392 761	523 690	654 712	785 596	916 526
	Uudet materiaalit	48 315	72 464	96 629	120 796	144 945	169 111
	Päällyste, uusiokäyttö	-4 458	-6 670	-8 899	-11 111	-13 340	-15 568
	Ylijäämää	-1 671	-2 507	-3 342	-4 178	-5 013	-5 848
	Loppusijoitus	23 389	35 085	46 777	58 474	70 170	81 862
yhteensä	65 575	98 372	131 165	163 981	196 762	229 557	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h/v)	4 444	6 667	8 890	11 114	13 336	15 558
	Ajokilometrit (km/v)	165 260	247 922	330 571	413 283	495 895	578 544
V2, varastointi välivarastoon		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	1 089 000	1 633 500	2 178 000	2 722 500	3 267 000	3 811 500
	Päällyste, uusiokäyttö	-275 000	-412 500	-550 000	-687 500	-825 000	-962 500
	Ylijäämää	-244 400	-366 600	-488 800	-611 000	-733 200	-855 400
	Loppusijoitus	244 400	366 600	488 800	611 000	733 200	855 400
	yhteensä	814 000	1 221 000	1 628 000	2 035 000	2 442 000	2 849 000
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikasäästö	145 213	217 869	290 524	363 249	435 836	508 491
	Uudet materiaalit	48 315	72 464	96 629	120 796	144 945	169 111
	Päällyste, uusiokäyttö	-4 458	-6 670	-8 899	-11 111	-13 340	-15 568
	Ylijäämää	-23 394	-35 090	-46 782	-58 479	-70 175	-81 867
	Loppusijoitus	23 389	35 085	46 777	58 474	70 170	81 862
yhteensä	43 852	65 789	87 725	109 680	131 600	153 538	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h/v)	2 465	3 698	4 932	6 166	7 398	8 632
	Ajokilometrit (km/v)	100 936	151 436	201 936	252 486	302 936	353 436

Taulukossa 3 vertaillaan materiaalien kuljetuksista muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 3. Maa-aineksen uusiokäytöllä muodostuvat säästöt varastoitaessa työmaan läheisyyteen Tarastenjärven sijaan.

SÄÄSTÖT VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2) RAKENTAMISPALVELUT							
		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämää	56 400	84 600	112 800	141 000	169 200	197 400
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
	yhteensä	56 400	84 600	112 800	141 000	169 200	197 400
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikasäästö	116 595	174 892	233 166	291 463	349 760	408 034
	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämää, kuljetukset	21 723	32 583	43 440	54 301	65 162	76 019
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
yhteensä	21 723	32 583	43 440	54 301	65 162	76 019	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h/v)	1 979	2 969	3 958	4 948	5 937	6 926
	Ajokilometrit (km/v)	64 324	96 486	128 635	160 797	192 959	225 108

Taulukossa 4 näkyy kunkin uusiokäyttöasteen ja varastointivaihtoehdon aiheuttamat ympäristökuormitukset yksikössä kg/v. Yhteenlaskettu ympäristökuormitus on muunnettu yksikköön tn/v. Viimeisellä rivillä näkyy kunkin vaihtoehdon muodostama kokonaishaitta.

Taulukko 4. Ympäristökuormitukset eri uusiokäyttöasteilla.

YMPÄRISTÖKUORMITUKSET, RAKENTAMISPALVELUT (kg/v)		0 %	20 %		30 %		40 %		50 %		60 %		70 %	
			V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Ilmastonmuutos		6 235 061	5 714 748	5 791 431	5 454 553	5 569 578	5 194 373	5 347 725	4 934 119	5 125 813	4 673 983	4 904 019	4 413 804	4 682 166
77,6 %	Hiilidioksidi (CO ₂)	6 078 526	5 587 093	5 663 349	5 341 339	5 455 723	5 095 600	5 248 096	4 849 786	5 040 411	4 604 090	4 832 843	4 358 351	4 625 217
	Ilokaasu (N ₂ O)	866	727	776	657	730	587	685	517	639	448	594	378	549
	Metaani (CH ₄)	155 669	126 928	127 307	112 557	113 125	98 186	98 944	83 815	84 762	69 445	70 581	55 074	56 400
Luonnonvarojen käyttö		1 796 540	1 443 742	1 443 742	1 267 343	1 267 343	1 090 944	1 090 944	914 545	914 545	738 146	738 146	561 747	561 747
22,4 %	Kallioaines	349 790	281 932	281 932	248 003	248 003	214 074	214 074	180 145	180 145	146 216	146 216	112 287	112 287
	Loppusijoitus	1 446 750	1 161 810	1 161 810	1 019 340	1 019 340	876 870	876 870	734 400	734 400	591 930	591 930	449 460	449 460
Suorat terveysvaikutukset		1,992	1,693	1,750	1,544	1,630	1,395	1,509	1,246	1,388	1,096	1,267	0,947	1,147
0,000025 %	Hiukkaset (PM)	0,598	0,503	0,512	0,456	0,469	0,408	0,426	0,361	0,383	0,313	0,340	0,266	0,297
	Typen oksidit (NO _x)	1,227	1,032	1,080	0,935	1,007	0,837	0,934	0,740	0,860	0,643	0,787	0,545	0,714
	Rikkidioksidi (SO ₂)	0,167	0,158	0,158	0,154	0,154	0,149	0,149	0,145	0,145	0,140	0,141	0,136	0,136
Ympäristökuormitus yhteensä, tonnia		8 032	7 158	7 235	6 722	6 837	6 285	6 439	5 849	6 040	5 412	5 642	4 976	5 244
Kokonaishaitta		1,000	0,836	0,841	0,754	0,762	0,671	0,682	0,589	0,603	0,507	0,524	0,425	0,444

Taulukossa 5 vertaillaan ympäristökuormituksen osalta muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 5. Säästöt ympäristökuormituksessa varastoitaessa työmaan läheisyyteen.

SÄÄSTÖT YMPÄRISTÖKUORMITUKSISSA VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2), RAKENTAMISPALVELUT							
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	
Ilmastonmuutos	76 684	115 026	153 352	191 694	230 036	268 362	
Hiilidioksidi (CO ₂)	76 256	114 384	152 497	190 625	228 753	266 866	
Ilokaasu (N ₂ O)	49	73	98	122	146	171	
Metaani (CH ₄)	379	568	758	947	1 137	1 326	
Luonnonvarojen käyttö	0	0	0	0	0	0	
Kallioaines	0	0	0	0	0	0	
Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0	
Suorat terveysvaikutukset	0,057	0,086	0,114	0,143	0,171	0,200	
Hiukkaset (PM)	0,009	0,013	0,018	0,022	0,026	0,031	
Typen oksidit (NO _x)	0,048	0,072	0,096	0,121	0,145	0,169	
Rikkidioksidi (SO ₂)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Säästöt yhteensä, tonnia	76,7	115,0	153,4	191,7	230,0	268,4	
Kokonaishaitta	0,005	0,008	0,011	0,014	0,016	0,019	

KUSTANNUS- JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILUN TULOKSET: POHTOLA

Liitteessä olevissa taulukoissa esitetään vertailun tulokset Pohtolan työmaan osalta.

Taulukosta 1 nähdään materiaalien ja jätteiden määrät eri uusiokäyttöasteille sekä kahden varastointivaihtoehdon osalta materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten kustannusten määrät. V1 –vaihtoehto tarkoittaa varastointia työmaan läheisyyteen ja V2 –vaihtoehto varastointialueelle Tarastenjärvelle.

Taulukko 1. Materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten määrät sekä kustannukset Pohtolan työmaan osalta.

MATERIAALIEN JA KULJETUSTEN MÄÄRÄT SEKÄ KUSTANNUKSET POHTOLA								
MATERIAALIT		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Neitseellisen materiaalin hankinta (tn)	Päällyste, hiekka & murske	4 401	3 520	3 080	2 640	2 200	1 760	1 320
Ylijäämämaa	Hyödynnetty ylijäämämaa	0	815	1 223	1 630	2 038	2 445	2 853
Jätteen määrä (tn)	Loppusijoitettava ylijäämämaa	4 950	4 135	3 727	3 320	2 912	2 505	2 097
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	51 477	41 181	36 034	30 886	25 738	20 591	15 443
	Päällyste, uusiokäyttö	0	3 575	5 363	7 150	8 938	10 725	12 513
	Ylijäämämaa	0	1 630	2 445	3 260	4 076	4 891	5 706
	Loppusijoitus	12 870	10 751	9 691	8 631	7 572	6 512	5 453
	yhteensä	64 347	57 137	53 533	49 928	46 323	42 719	39 114
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	2 451	1 985	1 741	1 490	1 248	1 007	754
	Päällyste, uusiokäyttö	0	68	102	119	152	186	203
	Ylijäämämaa	0	15	22	30	37	44	51
	Loppusijoitus	1 728	1 443	1 304	1 159	1 020	874	735
	yhteensä	4 179	3 511	3 169	2 798	2 457	2 111	1 743
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	277	236	216	194	173	152	131
	Ajokilometrit (km)	10 956	9 236	8 366	7 416	6 546	5 656	4 727
V2, varastointi välivarastoon		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	51 477	41 181	36 034	30 886	25 738	20 591	15 443
	Päällyste, uusiokäyttö	0	3 575	5 363	7 150	8 938	10 725	12 513
	Ylijäämämaa	0	2 119	3 179	4 239	5 298	6 358	7 417
	Loppusijoitus	12 870	10 751	9 691	8 631	7 572	6 512	5 453
	yhteensä	64 347	57 626	54 266	50 906	47 546	44 186	40 826
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	2 451	1 985	1 741	1 490	1 248	1 007	754
	Päällyste, uusiokäyttö	0	68	102	119	152	186	203
	Ylijäämämaa	0	666	1 006	1 331	1 671	1 996	2 336
	Loppusijoitus	1 728	1 443	1 304	1 159	1 020	874	735
	yhteensä	4 179	4 162	4 153	4 099	4 091	4 063	4 028
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	277	266	261	254	249	243	236
	Ajokilometrit (km)	10 956	11 162	11 278	11 269	11 385	11 435	11 491

Taulukossa 2 verrataan materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten osalta muodostuvia säästöjä 0 % uusiokäytön määrään.

Materiaalien hinnoissa on kuljetusten osuus jo mukana. Kuljetusten osuutta kustannuksista tarkastellaan lisäksi erikseen. Matka-aikasäästön osuus on huomioitu kustannusten kokonaissäästöissä.

Taulukko 2. Maa-aineksen uusiokäytön eri uusiokäyttöasteilla muodostuvat säästöt.

SÄÄSTÖT POHTOLA							
MATERIAALIT		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Neitseellisen materiaalin hankinta (tn)	Päällyste, hiekka & murske	880	1 320	1 760	2 200	2 640	3 080
	Jätteen määrä (tn)	815	1 223	1 630	2 038	2 445	2 853
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	10 295	15 443	20 591	25 738	30 886	36 034
	Päällyste, uusiokäyttö	-3 575	-5 363	-7 150	-8 938	-10 725	-12 513
	Ylijäämämaa	-1 630	-2 445	-3 260	-4 076	-4 891	-5 706
	Loppusijoitus	2 119	3 179	4 239	5 298	6 358	7 417
	yhteensä	7 209	10 814	14 419	18 024	21 628	25 233
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikaa säästö	2 374	3 572	4 886	6 083	7 319	8 595
	Uudet materiaalit	466	710	961	1 203	1 444	1 697
	Päällyste, uusiokäyttö	-68	-102	-119	-152	-186	-203
	Ylijäämämaa	-15	-22	-30	-37	-44	-51
	Loppusijoitus	285	424	569	708	854	993
yhteensä	668	1 010	1 381	1 722	2 068	2 436	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	40	61	83	103	124	146
	Ajokilometrit (km)	1 720	2 589	3 540	4 409	5 299	6 229
V2, varastointi väli-varastoon		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	10 295	15 443	20 591	25 738	30 886	36 034
	Päällyste, uusiokäyttö	-3 575	-5 363	-7 150	-8 938	-10 725	-12 513
	Ylijäämämaa	-2 119	-3 179	-4 239	-5 298	-6 358	-7 417
	Loppusijoitus	2 119	3 179	4 239	5 298	6 358	7 417
	yhteensä	6 720	10 081	13 441	16 801	20 161	23 521
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikaa säästö	601	892	1 339	1 630	1 999	2 368
	Uudet materiaalit	466	710	961	1 203	1 444	1 697
	Päällyste, uusiokäyttö	-68	-102	-119	-152	-186	-203
	Ylijäämämaa	-666	-1 006	-1 331	-1 671	-1 996	-2 336
	Loppusijoitus	285	424	569	708	854	993
yhteensä	17	26	80	88	116	151	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	10	15	23	28	34	40
	Ajokilometrit (km)	-207	-323	-313	-429	-480	-536

Taulukossa 3 vertaillaan materiaalien kuljetuksista muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 3. Maa-aineksen uusiokäytöllä muodostuvat säästöt varastoitaessa työmaan läheisyyteen Tarastenjärven sijaan.

SÄÄSTÖT VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2) POHTOLA							
		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämämaa	489	734	978	1 223	1 467	1 712
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
	yhteensä	489	734	978	1 223	1 467	1 712
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Matka-aikaa säästö	1 773	2 680	3 546	4 454	5 320	6 227
	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämämaa, kuljetukset	651	984	1 301	1 634	1 952	2 285
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
yhteensä	651	984	1 301	1 634	1 952	2 285	
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	30	46	60	76	90	106
	Ajokilometrit (km)	1 926	2 912	3 853	4 838	5 779	6 765

Taulukossa 4 näkyy kunkin uusiokäyttöasteen ja varastointivaihtoehdon aiheuttamat ympäristökuormitukset yksikössä kg/v. Yhteenlaskettu ympäristökuormitus on muunnettu yksikköön tn/v. Viimeisellä rivillä näkyy kunkin vaihtoehdon muodostama kokonaishaitta.

Taulukko 4. Ympäristökuormitukset eri uusiokäyttöasteilla.

YMPÄRISTÖKUORMITUKSET (kg)		0 %	20 %		30 %		40 %		50 %		60 %		70 %	
POHTOLA			V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Ilmastonmuutos		74 703	69 756	72 052	67 259	70 730	64 630	69 223	62 133	67 901	59 611	66 501	57 007	65 072
82,5 %	Hilidioksidi (CO ₂)	73 630	68 863	71 147	66 456	69 908	63 918	68 486	61 511	67 247	59 080	65 931	56 567	64 586
	Ilokaasu (N ₂ O)	12	10	12	10	12	9	12	8	12	7	11	6	11
	Metaani (CH ₄)	1 061	882	894	793	810	703	726	614	642	524	558	435	475
Luonnonvarojen käyttö		15 813	12 735	12 735	11 196	11 196	9 657	9 657	8 118	8 118	6 579	6 579	5 040	5 040
17,5 %	Kallioaines	3 109	2 514	2 514	2 217	2 217	1 920	1 920	1 623	1 623	1 325	1 325	1 028	1 028
	Loppusijoitus	12 704	10 221	10 221	8 979	8 979	7 737	7 737	6 495	6 495	5 254	5 254	4 012	4 012
Suorat terveysvaikutukset		0,022	0,019	0,021	0,018	0,021	0,017	0,020	0,015	0,019	0,014	0,019	0,012	0,018
0,000024 %	Hiukkaset (PM)	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004
	Typen oksidit (NO _x)	0,015	0,013	0,014	0,012	0,014	0,011	0,014	0,010	0,013	0,009	0,013	0,008	0,013
	Rikkidioksidi (SO ₂)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ympäristökuormitus yhteensä, tonnia		90,5	82,5	84,8	78,5	81,9	74,3	78,9	70,3	76,0	66,2	73,1	62,0	70,1
Kokonaishaitta		1,000	0,843	0,858	0,765	0,786	0,686	0,714	0,607	0,643	0,529	0,571	0,450	0,499

Taulukossa 5 vertaillaan ympäristökuormituksen osalta muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 5. Säästöt ympäristökuormituksessa varastoitaessa työmaan läheisyyteen.

SÄÄSTÖT YMPÄRISTÖKUORMITUKSISSA VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2), POHTOLA						
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Ilmastonmuutos	2 297	3 472	4 593	5 768	6 890	8 065
Hiilidioksidi (CO ₂)	2 284	3 452	4 567	5 736	6 851	8 020
Ilokaasu (N ₂ O)	1	2	3	4	4	5
Metaani (CH ₄)	11	17	23	28	34	40
Luonnonvarojen käyttö	0	0	0	0	0	0
Kallioaines	0	0	0	0	0	0
Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
Suorat terveysvaikutukset	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006
Hiukkaset (PM)	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001
Typen oksidit (NO _x)	0,001	0,002	0,003	0,004	0,004	0,005
Rikkidioksidi (SO ₂)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Säästöt yhteensä, tonnia	2,3	3,5	4,6	5,8	6,9	8,1
Kokonaishaitta	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,050

KUSTANNUS- JA YMPÄRISTÖKUORMITUSVERTAILUN TULOKSET:
LEINOLA

Liitteessä olevissa taulukoissa esitetään vertailun tulokset Leinolan työmaan osalta.

Taulukosta 1 nähdään materiaalien ja jätteiden määrät eri uusiokäyttöasteille sekä kahden varastointivaihtoehdon osalta materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten kustannusten määrät. V1 –vaihtoehto tarkoittaa varastointia työmaan läheisyyteen ja V2 –vaihtoehto varastointialueelle Tarastenjärvelle.

Taulukko 1. Materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten määrät sekä kustannukset Leinolan työmaan osalta.

MATERIAALIEN JA KULJETUSTEN MÄÄRÄT SEKÄ KUSTANNUKSET LEINOLA								
MATERIAALIT		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Neitseellisen materiaalin hankinta (tn)	Päällyste, hiekka & murske	5 791	4 633	4 054	3 475	2 895	2 316	1 737
Ylijäämämaa	Hyödynnetty ylijäämämaa	0	1 072	1 608	2 144	2 680	3 217	3 753
Jätteen määrä (tn)	Loppusijoitettava ylijäämämaa	10 725	9 653	9 117	8 581	8 045	7 508	6 972
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	67 874	54 299	47 512	40 725	33 937	27 150	20 362
	Päällyste, uusiokäyttö	0	4 730	7 095	9 460	11 825	14 190	16 555
	Ylijäämämaa	0	2 144	3 217	4 289	5 361	6 433	7 505
	Loppusijoitus	27 885	25 097	23 704	22 310	20 916	19 522	18 128
	yhteensä	95 759	86 271	81 527	76 783	72 039	67 295	62 551
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	3 231	2 615	2 270	1 941	1 637	1 326	981
	Päällyste, uusiokäyttö	0	85	119	169	203	237	271
	Ylijäämämaa	0	20	29	39	48	58	67
	Loppusijoitus	3 320	2 991	2 821	2 656	2 492	2 327	2 157
	yhteensä	6 551	5 711	5 239	4 805	4 380	3 948	3 476
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	463	413	384	358	332	306	277
	Ajokilometrit (km)	17 521	15 394	14 187	13 098	12 020	10 920	9 714
V2, varastointi välivarastoon		0 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	67 874	54 299	47 512	40 725	33 937	27 150	20 362
	Päällyste, uusiokäyttö	0	4 730	7 095	9 460	11 825	14 190	16 555
	Ylijäämämaa	0	2 788	4 181	5 575	6 969	8 363	9 757
	Loppusijoitus	27 885	25 097	23 704	22 310	20 916	19 522	18 128
	yhteensä	95 759	86 914	82 492	78 070	73 647	69 225	64 802
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	3 231	2 615	2 270	1 941	1 637	1 326	981
	Päällyste, uusiokäyttö	0	85	119	169	203	237	271
	Ylijäämämaa	0	424	632	840	1 055	1 263	1 472
	Loppusijoitus	3 320	2 991	2 821	2 656	2 492	2 327	2 157
	yhteensä	6 551	6 115	5 842	5 606	5 387	5 153	4 881
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	463	428	406	388	370	351	330
	Ajokilometrit (km)	17 521	16 591	15 972	15 471	15 002	14 490	13 872

Taulukossa 2 verrataan materiaalien, loppusijoituksen ja kuljetusten osalta muodostuvia säästöjä 0 % uusiokäytön määrään.

Materiaalien hinnoissa on kuljetusten osuus jo mukana. Kuljetusten osuutta kustannuksista tarkastellaan lisäksi erikseen. Matka-aikasäästön osuus on huomioitu kustannusten kokonaissäästöissä.

Taulukko 2. Maa-aineksen uusiokäytön eri uusiokäyttöasteilla muodostuvat säästöt.

SÄÄSTÖT LEINOLA		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
MATERIAALIT							
Neitseellisen materiaalin hankinta (tn)	Päällyste, hiekka & murske	1 158	1 737	2 316	2 895	3 475	4 054
Jätteen määrä (tn)	Loppusijoitettava ylijäämämaa	1 072	1 608	2 144	2 680	3 217	3 753
V1, varastointi työmaan läheisyyteen		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	13 575	20 362	27 150	33 937	40 725	47 512
	Päällyste, uusiokäyttö	-4 730	-7 095	-9 460	-11 825	-14 190	-16 555
	Ylijäämämaa	-2 144	-3 217	-4 289	-5 361	-6 433	-7 505
	Loppusijoitus	2 788	4 181	5 575	6 969	8 363	9 757
	yhteensä	9 488	14 232	18 976	23 720	28 464	33 209
	Matka-aikasäästö	2 993	4 693	6 227	7 745	9 288	10 989
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	616	961	1 290	1 594	1 905	2 250
	Päällyste, uusiokäyttö	-85	-119	-169	-203	-237	-271
	Ylijäämämaa	-20	-29	-39	-48	-58	-67
	Loppusijoitus	329	499	664	828	993	1 163
	yhteensä	840	1 312	1 746	2 171	2 603	3 075
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	51	80	106	131	158	187
	Ajokilometrit (km)	2 127	3 334	4 423	5 501	6 601	7 807
V2, varastointi välivarastoon		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	13 575	20 362	27 150	33 937	40 725	47 512
	Päällyste, uusiokäyttö	-4 730	-7 095	-9 460	-11 825	-14 190	-16 555
	Ylijäämämaa	-2 788	-4 181	-5 575	-6 969	-8 363	-9 757
	Loppusijoitus	2 788	4 181	5 575	6 969	8 363	9 757
	yhteensä	8 845	13 267	17 690	22 112	26 535	30 957
	Matka-aikasäästö	2 097	3 358	4 452	5 514	6 618	7 878
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	616	961	1 290	1 594	1 905	2 250
	Päällyste, uusiokäyttö	-85	-119	-169	-203	-237	-271
	Ylijäämämaa	-424	-632	-840	-1 055	-1 263	-1 472
	Loppusijoitus	329	499	664	828	993	1 163
	yhteensä	436	709	945	1 164	1 398	1 670
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	36	57	76	94	112	134
	Ajokilometrit (km)	930	1 549	2 050	2 519	3 031	3 649

Taulukossa 3 vertaillaan materiaalien kuljetuksista muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 3. Maa-aineksen uusiokäytöllä muodostuvat säästöt varastoitaessa työmaan läheisyyteen Tarastenjärven sijaan.

SÄÄSTÖT VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2) LEINOLA		20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Materiaali-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämämaa	643	965	1 287	1 608	1 930	2 252
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
	yhteensä	643	965	1 287	1 608	1 930	2 252
	Matka-aikasäästö	895	1 335	1 775	2 231	2 671	3 110
Kuljetus-kustannukset (€/v)	Uudet materiaalit	0	0	0	0	0	0
	Päällyste, uusiokäyttö	0	0	0	0	0	0
	Ylijäämämaa, kuljetukset	404	603	801	1 007	1 205	1 405
	Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
	yhteensä	404	603	801	1 007	1 205	1 405
Kuljetusten määrät	Ajoaika (h)	15	23	30	38	45	53
	Ajokilometrit (km)	1 197	1 785	2 373	2 982	3 570	4 158

Taulukossa 4 näkyy kunkin uusiokäyttöasteen ja varastointivaihtoehdon aiheuttamat ympäristökuormitukset yksikössä kg/v. Yhteenlaskettu ympäristökuormitus on muunnettu yksikköön tn/v. Viimeisellä rivillä näkyy kunkin vaihtoehdon muodostama kokonaishaitta.

Taulukko 4. Ympäristökuormitukset eri uusiokäyttöasteilla.

YMPÄRISTÖKUORMITUKSET (kg)		0 %	20 %		30 %		40 %		50 %		60 %		70 %	
LEINOLA			V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2	V1	V2
Ilmastonmuutos		102 397	96 013	97 440	92 621	94 749	89 369	92 197	86 165	89 720	82 924	87 180	79 532	84 489
83,1 %	Hiiidioksidi (CO ₂)	100 964	94 815	96 234	91 542	93 659	88 409	91 222	85 323	88 858	82 201	86 433	78 928	83 857
	Ilokaasu (N ₂ O)	18	16	17	15	16	14	16	13	15	12	15	11	14
	Metaani (CH ₄)	1 415	1 181	1 188	1 063	1 074	946	960	829	846	712	733	594	618
Luonnonvarojen käyttö		20 806	16 757	16 757	14 732	14 732	12 707	12 707	10 683	10 683	8 658	8 658	6 634	6 634
16,9 %	Kallioaines	4 091	3 309	3 309	2 918	2 918	2 527	2 527	2 136	2 136	1 745	1 745	1 354	1 354
	Loppusijoitus	16 715	13 448	13 448	11 814	11 814	10 180	10 180	8 547	8 547	6 913	6 913	5 280	5 280
Suorat terveysvaikutukset		0,032	0,028	0,029	0,027	0,028	0,025	0,027	0,023	0,026	0,021	0,024	0,019	0,023
0,000026 %	Hiukkaset (PM)	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	0,005	0,005	0,004	0,005
	Typen oksidit (NO _x)	0,022	0,019	0,020	0,018	0,019	0,017	0,018	0,015	0,018	0,014	0,017	0,013	0,016
	Rikkidioksidi (SO ₂)	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ympäristökuormitus yhteensä, tonnia		123	113	114	107	109	102	105	97	100	92	96	86	91
Kokonaishaitta		1,000	0,846	0,852	0,768	0,777	0,690	0,702	0,613	0,628	0,535	0,554	0,457	0,479

Taulukossa 5 vertaillaan ympäristökuormituksen osalta muodostuvia säästöjä eri varastointivaihtoehtojen kesken uusiokäyttöasteittain. Taulukon mukaiset säästöt saadaan aikaan silloin, kun varastoidaan työmaan läheisyyteen.

Taulukko 5. Säästöt ympäristökuormituksessa varastoitaessa työmaan läheisyyteen.

SÄÄSTÖT YMPÄRISTÖKUORMITUKSISSA VARASTOITAESSA TYÖMAAN LÄHEISYYTEEN (V1 vs. V2), LEINOLA						
	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %
Ilmastonmuutos	1 427	2 128	2 829	3 555	4 256	4 957
Hiilidioksidi (CO ₂)	1 419	2 116	2 813	3 535	4 232	4 929
Ilokaasu (N ₂ O)	1	1	2	2	3	3
Metaani (CH ₄)	7	11	14	18	21	24
Luonnonvarojen käyttö	0	0	0	0	0	0
Kallioaines	0	0	0	0	0	0
Loppusijoitus	0	0	0	0	0	0
Suorat terveysvaikutukset	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004
Hiukkaset (PM)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Typen oksidit (NO _x)	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003
Rikkidioksidi (SO ₂)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Säästöt yhteensä, tonnia	1,4	2,1	2,8	3,6	4,3	5,0
Kokonaishaitta	0,006	0,009	0,012	0,016	0,019	0,022