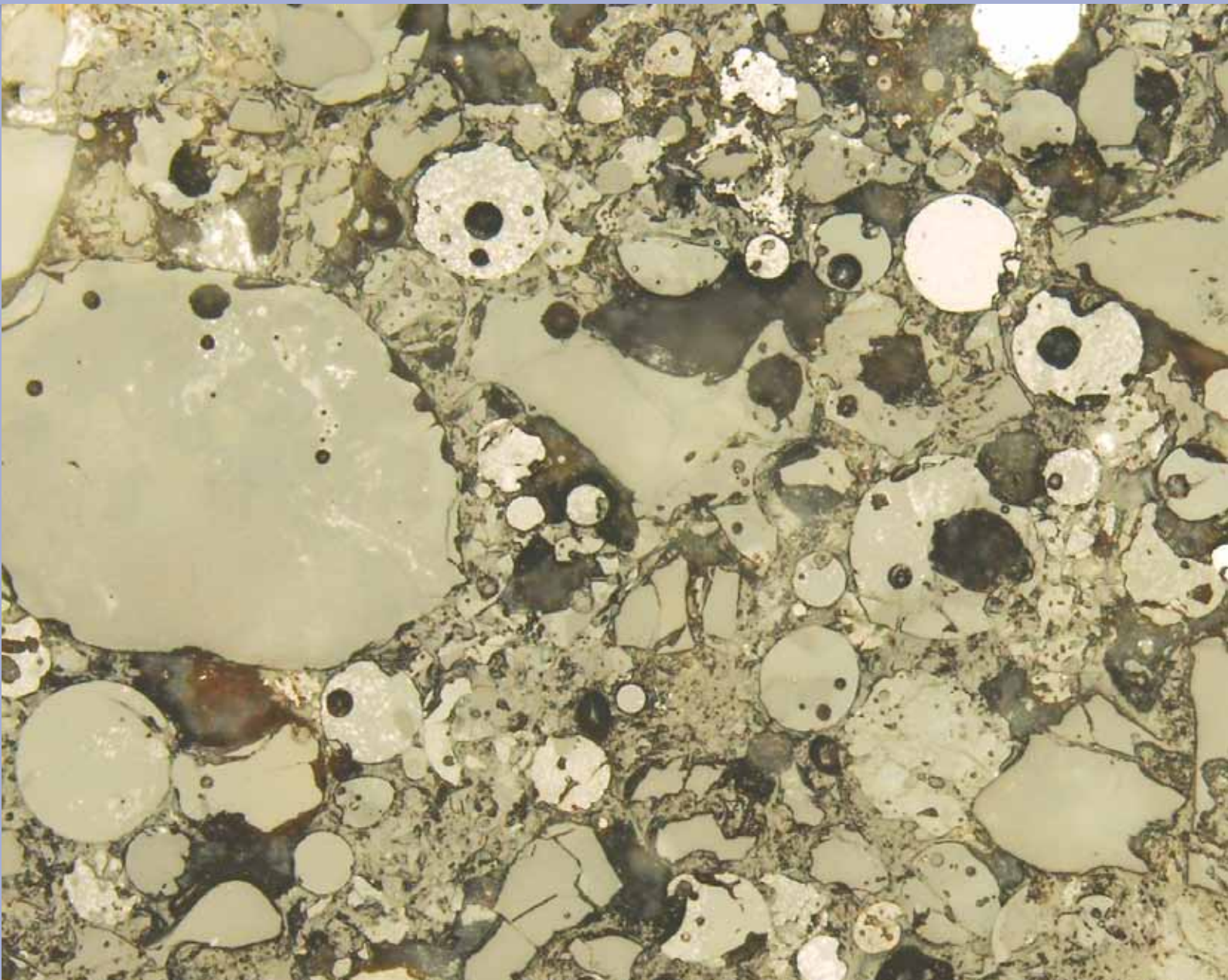


# Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa

Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010

Jouko Inkeröinen & Erkki Alasaarela (toim.)





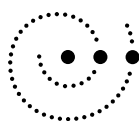
# Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa

**Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010**

**Jouko Inkeröinen & Erkki Alasaarela (toim.)**

Helsinki 2010

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ  
MILJÖMINISTERIET  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT

## YMPÄRISTÖMINISTERIÖN RAPORTTEJA 13 | 2010

Ympäristöministeriö  
Ympäristönsuojeluosasto

Taitto: Leila Haavasoja

Kansi: Valomikroskooppikuva puuta ja turvetta polttavan  
voimalaitoksen tuhkasta. Kuva: Hannu Makkonen

Julkaisu on saatavana myös internetistä:  
[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > Ympäristöministeriö  
> Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja

Edita Prima Oy, Helsinki 2010

ISBN 978-952-11-3760-0 (nid.)  
ISBN 978-952-11-3761-7 (PDF)  
ISSN 1796-1696 (pain.)  
ISSN 1796-170X (verkkoj.)



## ALKUSANAT

Rakentamiseen käytetään kiviaineksia yli 100 milj. tn/a, josta teiden rakentamisen osuus on 40 %. Luonnon kiviainesten käyttö on 70–80 milj. tn/a. Rakentamiseen mahdollisesti soveltuvia uusiomateriaaleja tuotetaan vuosittain lähes yhtä paljon.

Hyötykäyttöpotentiaalin kannalta keskeisiä uusiomateriaaleja ovat:

- metsä- ja energiateollisuuden lento- ja pohjatuhkat, rikinpoiston lopputuotteet sekä kuitulietteet ja suotosakat
- teräs- ja metalliteollisuuden kuonat, kuten teräksen valmistuksen kuonat ja eräät jalometallikuonat
- kaivannaisteollisuuden rikastushiekat ja sivukivet ja eräät teollisuusmineraalituotannon sivutuotteet
- rakennusteollisuudessa tai rakenteiden purussa syntyvät betoni- ja tiilijätteet
- kaivetut ylijäämämaa-ainekset
- vanhojen maarakenteiden materiaalit.

Uusiomateriaaleja on mahdollista käyttää maarakentamisessa joko sellaisenaan tai komponentteina korvaamaan neitseellisten kiviainesten käyttöä maarakentamisessa. Uusiomateriaalien tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. erilaiset tierakenteet, varastokentät, pengerrykset, täytöt, meluvallit, kaatopaikkarakenteet, satamarakenteet ja padot.

Uusiomateriaalien käytön kehittämiseksi ja lisäämiseksi ympäristöministeriö käynnisti yhdessä liikenneministeriön, Tekesin ja Sitran kanssa kehitysohjelman ”Infrarakentamisen uusi materiaalitekhnologia UUMA”. Ohjelman tavoitteena oli vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maarakennuksessa. Tämä tarkoittaa erityisesti soravarojen käytön vähentämistä ja sitä kautta pohjavesien ja maisemallisesti tärkeiden soraharjujen säästämistä.

UUMA-kehitysohjelman ohjausryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

Olli Pahkala, ympäristöministeriö, puheenjohtaja 30.9.2009 saakka  
Antero Honkasalo, ympäristöministeriö, puheenjohtaja 1.10.2009 alkaen  
Risto Kuusisto, ympäristöministeriö, varapuheenjohtaja  
Anna-Maija Pajukallio (varajäsen Markus Alapassi), ympäristöministeriö  
Ilkka Jussila, myöh. Tom Warras (Raija Pikku-Pyhältö), Tekes  
Raija Merivirta (Arto Hovi), Liikennevirasto  
Pekka Vuorinen, Rakennusteollisuus RT ry (Aarno Valkeisenmäki, Tieliikelaitos)  
Kimmo Fischer, SITO Yhtiöt (Mikko Leppänen, Ramboll Finland Oy)  
Juha Ylimaunu, myöh. Timo Parviainen, Outokumpu Tornio Works (Tor Bergman, Proma-Palvelut Oy)  
Hannu Virtasalo, Helsingin kaupungin rakennusvirasto (Heikki Pajunen, Vantaan kaupungin rakennusvirasto)  
Hannele Kärkinen, Uudenmaan ELY-keskus (Seppo Aspelund, Länsi- ja Sisä-Suomen AVI)  
Meeri Palosaari, Elinkeinoelämän Keskusliitto (asiantuntijajäsen)  
Pekka Vaara, Infra 2010-kehitysohjelma (asiantuntijajäsen)  
Henrik Österlund, Motiva (asiantuntijajäsen).

Ympäristökelpoisuuteen ja tuotehyväksyntään liittyvät kehittämistarpeet todettiin ohjelman alkuvaiheessa yhdeksi keskeisimmistä ja kiireellisimmistä tehtävistä. Tämän vuoksi perustettiin koko ohjelmakauden ajaksi asiantuntijaryhmä, jonka tehtävänä oli kehittää UUMA-materiaalien tuotteistamis- ja hyväksymisprosesseihin liittyvää yhteistyötä ja käytäntöjä. Asiantuntijaryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

Anna-Maija Pajukallio, ympäristöministeriö

Pekka Vuorinen (varajäsen Antti Koponen), Rakennusteollisuus RT ry

Jyri Seppälä (Helena Dahlbo), Suomen ympäristökeskus

Jaana Heiskanen (Jaana Sorvari, Mervi Leikoski, Jussi Reinikainen), Suomen ympäristökeskus

Kaisa Kauko (Klaus Pfister), ympäristöministeriö

Margareta Wahlström (Esa Mäkelä), VTT

Maria Nikkarinen, Geologian tutkimuskeskus (Hannu Komulainen, Kansanterveyslaitos, myöh. Soile Aatos, Geologian tutkimuskeskus)

Kari Lehtonen (Tuomo Kallionpää), Liikennevirasto

Olli Dahl, Aalto yliopisto (Mikko Angerman, Oulun yliopisto).

UUMA-kehitysohjelman koordinoitavastuu oli ympäristöministeriöllä. Ympäristöministeriön rahoittamana käytännön koordinoitavat hoiti Oulun yliopiston Thule-instituutti, jossa työhön osallistuivat Erkki Alasaarela ja Jouko Inkeröinen.

Helsingissä toukokuu 2010

Ympäristöneuvos Antero Honkasalo

Ympäristöministeriö

UUMA-ohjelman ohjausryhmän puheenjohtaja

## SISÄLLYS

<b>Alkusanat</b> .....	3
<b>I Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia – UUMA-kehitysohjelma 2006–2010</b> .....	9
1.1 Johdanto.....	9
1.2 Ohjelman lähtökohta ja tavoitteet.....	9
1.3 Ohjelman toteutus.....	10
1.4 Ohjelman hankkeet .....	12
1.5 Ympäristökelpoisuuden arviointi ja tuotehyväksyntä.....	13
1.6 Ohjelman jatkaminen.....	15
<b>2 UUMA-materiaalien inventaari</b> .....	16
2.1 Johdanto.....	16
2.2 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	18
2.2.1 UUMA-materiaalit .....	18
2.2.2 UUMA-rakenteet .....	18
2.3 Johtopäätökset .....	19
<b>3 Heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostaminen – moreeni tehokkaaseen hyötykäyttöön</b> .....	23
3.1 Johdanto.....	23
3.2 Aineisto ja menetelmät.....	24
3.3 Tulokset ja niiden tarkastelu.....	25
3.3.1 Jalostus- ja käsittelyprosessit ja niiden soveltuvuus .....	25
3.3.2 Koerakenteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen.....	26
3.3.3 Moreenin laskennallinen käyttäytyminen tierakenteissa.....	27
3.3.4 Vuoreksen pilot-kohde.....	28
3.3.5 Vertailurakenteiden taloudellisuus, ympäristövaikutukset ja toimivuus .....	29
3.3.6 Moreenin jalostamisen lisäkäyttöpotentiaali.....	29
3.4 Johtopäätökset.....	30
3.5 Yhteenveto.....	32
<b>4 Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI-projekti)</b> .....	34
4.1 Johdanto.....	34
4.1.1 Taustaa .....	34
4.1.2 Rahoitus ja tavoite .....	35
4.2 Aineisto ja menetelmät.....	35
4.2.1 Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys.....	35
4.2.2 Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu .....	36
4.2.3 Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden geologiset reunaehdot.....	36
4.3 Tulokset .....	36
4.3.1 Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys.....	36
4.3.2 Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu .....	37

4.3.3	Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden geologiset reunaehdot.....	37
<b>4.4</b>	<b>Tulosten tarkastelua</b> .....	<b>38</b>
4.4.1	Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys.....	38
4.4.2	Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu .....	38
4.4.3	Ylijäämäkiviainesten läjitysalueiden geologiset reunaehdot .....	38
<b>4.5</b>	<b>Johtopäätökset</b> .....	<b>39</b>
<b>4.6</b>	<b>Yhteenveto</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>Mineralogiset tutkimukset teollisuuden jäännöstuotteiden ja jätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnissa, kehittämisessä ja laadunvalvonnassa</b> .....	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Mineralogisen tutkimuksen perusta ja ympäristökelpoisuus</b> .....	<b>41</b>
5.2.1	Ympäristökelpoisuuden arviointi .....	42
5.2.2	Jäännöstuotteiden ja jätteiden hyödyntämisen toimintalinjat.....	43
<b>5.3</b>	<b>Mineralogiset tutkimusmenetelmät ja niiden tuottamat sovellusmahdollisuudet</b> .....	<b>44</b>
5.3.1	Mineralogisen tutkimuksen vaiheet .....	44
5.3.2	Mineralogisen tiedon käyttömahdollisuudet .....	46
<b>5.4</b>	<b>Kuonien ja tuhkien mineralogian tutkiminen</b> .....	<b>47</b>
5.4.1	Nikkelisähköuunikuona .....	48
5.4.2	Ferrokromikuona.....	48
5.4.3	Puun ja turpeen polton tuhkat.....	49
<b>5.5</b>	<b>Toimintamalli liukoisuusominaisuuksien arvioimiseen, kehittämiseen ja valvomiseen mineralogisin tutkimusmenetelmin</b> .....	<b>49</b>
5.5.1	Mineralogisten tutkimusten mahdollisuudet laadunvalvonnassa .....	50
<b>6</b>	<b>Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennus käyttöön</b> .....	<b>52</b>
<b>6.1</b>	<b>Johdanto ja tausta</b> .....	<b>52</b>
<b>6.2</b>	<b>Aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>53</b>
<b>6.3</b>	<b>Tulokset ja niiden tarkastelu</b> .....	<b>54</b>
6.3.1	Tutkittujen lentotuhkien ympäristöominaisuudet.....	54
6.3.2	Jalostuksen vaikutus tuhkien ympäristöominaisuuksiin.....	55
6.3.3	Jalostetun tuhkan tekninen soveltuvuus maarakennuskäyttöön .....	57
6.3.4	Tuhkien jalostamisen ekotehokkuus .....	58
6.3.5	Tuhkien tuotteistaminen maarakennuskäyttöön .....	59
<b>6.4</b>	<b>Johtopäätökset</b> .....	<b>60</b>
<b>6.5</b>	<b>Yhteenveto</b> .....	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus</b> .....	<b>62</b>
<b>7.1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>62</b>
<b>7.2</b>	<b>Aineisto ja menetelmät</b> .....	<b>63</b>
<b>7.3</b>	<b>Tulokset ja niiden tarkastelu</b> .....	<b>65</b>



7.3.1	Kohdekohtaiset ekotehokkuustarkastelut .....	65
7.3.2	Alueelliset ekotehokkuusmittarit ja niiden arviointi.....	65
7.3.3	Nykyisten riskinhallintamenettelyjen ekotehokkuus .....	68
7.3.4	Ekotehokkuuden toteutumisen tulevaisuudennäkymät.....	68
7.4	<b>Johtopäätökset</b> .....	69
<b>8</b>	<b>Kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistäminen – työpajan yhteenveto</b> .....	71
8.1	<b>Johdanto</b> .....	71
8.2	<b>Nykytilanteesta</b> .....	71
8.2.1	Kaivannaisteollisuuden materiaalivirtojen hyödyntäminen.....	71
8.2.2	Hyödyntämisen lisääminen .....	72
8.2.3	Vahvuudet kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä.....	73
8.2.4	Heikkoudet kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä .....	73
8.3	<b>Kehitysnäkymiä ja -tarpeita</b> .....	74
8.3.1	Lainsäädännön kehittäminen .....	74
8.3.2	Viranomaiskäytäntöjen kehittäminen .....	75
8.3.3	Mineraalisten jätteiden ympäristöominaisuuksien muokkaaminen .....	75
8.3.4	Jätteiden hyödyntämisen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kokonaisvaltaisten elinkaari pohjaisten arviointien kehittäminen .....	75
8.3.5	Esiin nousseita erityiskysymyksiä .....	76
8.4	<b>Tulevaisuuskuvia</b> .....	76
8.4.1	Kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen uusia mahdollisuuksia .....	76
8.4.2	Kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen nousevia uhkia .....	77
<b>9</b>	<b>Metallinjalostusteollisuuden UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistäminen – työpajan yhteenveto</b> .....	78
9.1	<b>Johdanto</b> .....	78
9.2	<b>Nykytilanteesta</b> .....	78
9.2.1	Metallinjalostusteollisuuden materiaalivirtojen hyödyntäminen .....	78
9.2.2	Hyödyntämisen lisääminen .....	79
9.2.3	Vahvuudet metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä .....	80
9.2.4	Heikkoudet metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä .....	80
9.3	<b>Kehitysnäkymiä ja -tarpeita</b> .....	81
9.3.1	Lainsäädännön kehittäminen .....	81
9.3.2	Viranomaiskäytäntöjen kehittäminen .....	82
9.3.3	Mineraalisten jätteiden ympäristöominaisuuksien muokkaaminen .....	82
9.3.4	Jätteiden hyödyntämisen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kokonaisvaltaisten elinkaari-pohjaisten arviointien kehittäminen .....	83

9.3.5	Alueellinen verkostoitumisen ja teollisen ekologian kehittäminen tuotantotoiminnan sivuvirtojen hyödyntämisen tehostamiseksi.....	83
9.3.6	Yritysedustajien esiin nostamia erityiskysymyksiä .....	84
<b>9.4</b>	<b>Tulevaisuuskuvia .....</b>	<b>85</b>
9.4.1	Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen uusia mahdollisuuksia .....	85
9.4.2	Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen nousevia uhkia .....	85
<b>10</b>	<b>UUMA-kehitysohjelma – mitä saatiin aikaan ja miten työtä jatketaan? .....</b>	<b>86</b>
10.1	Johdanto.....	86
10.2	Ohjelman laajuus.....	86
10.3	Hankkeiden keskeisiä tuloksia .....	87
10.4	Kehittämisaalueita koskevien tavoitteiden toteutuminen .....	88
10.5	Tulosten hyödyntäminen ja jatkotyön tarpeet .....	91
	<b>Kuvailulehti .....</b>	<b>93</b>
	<b>Presentationsblad .....</b>	<b>94</b>

# 1 Infrarakentamisen uusi materiaalitekniologia – UUMA-kehitysohjelma 2006–2010

*Anna-Maija Pajukallio, ympäristöministeriö*

*Erkki Alasaarela & Jouko Inkeröinen, Thule-instituutti, Oulun yliopisto*

1.1

## Johdanto

Infrarakentamisen uudella materiaalitekniologialla tarkoitetaan teknologiaa, jossa hyödynnetään heikkolaatuisia ylijäämä- ja kiviaineksia, teollisuuden sivutuotteita, pilaantuneita maita ja vanhoja maarakenteita.

Ympäristöministeriö valmisteli yhteistyössä eri toimijoiden kanssa aihetta koskevan esiselvityksen ja kehitysohjelmaehdotuksen (UUMA) syksyllä 2005 (Lahtinen et al. 2005a, 2005b). Työn toteuttajina olivat Ramboll Finland Oy ja Tampereen teknillisen yliopiston Rakentamisosasto.

Kehitysohjelman (2006–2010) tavoitteena on lisätä uusiomateriaalien käyttöä sekä vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maarakennuksessa. UUMA-ohjelman toteutus käynnistettiin vuoden 2006 alussa. Ohjelmaa ovat rahoittaneet ympäristöministeriö, liikenneministeriö ja Tekes.

1.2

## Ohjelman lähtökohta ja tavoitteet

UUMA-teknologiaa on kehitetty erityisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Huolimatta lupaavista tuloksista ja kokemuksista nämä menetelmät eivät ole yleistyneet johtuen eri syistä (Lahtinen et al. 2005a):

- Ympäristöhyväksyntä on hankalaa ja aikaa vievää
- Tuotehyväksynnän käytäntö puuttuu
- Yleisesti hyväksytyjä mitoitus- yms. perusteita tarvitaan lisää
- Tuotantoketjut eivät ole kehittyneet tarpeeksi
- Tuotteiden varastointijärjestelmät puuttuvat ja saatavuus aiheuttavat kapasiteettiongelmaa
- Elinkaariarvioinnin työkalut puuttuvat
- Nykyiset hankintamenettelyt eivät aina mahdollista UUMA-materiaalien käyttöä
- UUMA-materiaaleista ei ole riittävästi tietoa.

UUMA-materiaalien kilpailukykyyn vaikuttavat merkittävästi logistiset kysymykset kuten niiden tuotanto- ja varastopaikkojen sijainti suhteessa käyttöpaikkaan, tiedot niiden ominaisuuksista ja saatavuudesta sekä eri materiaalien ja niiden seosten tekniset ja ympäristölliset ominaisuudet. UUMA-teknologian edistäminen edellyttää aktiivista yhteistyötä kaikilta tahoilta: rakennuttajilta, urakoitsijoilta, materiaaleja tuottavalta teollisuudelta, viranomaisilta, suunnittelijoilta ja tutkijoilta.

UUMA-materiaalien käytön, rakenteiden suunnittelun ja rakentamisen esteiksi on koettu erityisesti ympäristölupiin liittyvät toimenpiteet, aikaviiveet ja kustannukset samoin kuin logistiset ongelmat, puuttuva ohjeistus suunnittelulle ja puuttuvat laatuvaatimukset rakenteiden toteutukselle. Nämä eivät ole sinänsä esteitä materiaalien ja rakenteiden käytölle, mutta vaikuttavat välillisesti alan toimitsijoiden halukkuuteen sisällyttää hankkeisiinsa UUMA-materiaaleja. UUMA-materiaalien ja rakenteiden ohjeistaminen ja hyväksyminen käyttöön kiviainesten rinnalle antaa alan toimijoille mahdollisuuden tehdä nopeita ja joustavia päätöksiä ja luo edellytykset kannattavalle UUMA-materiaalien käytölle.

UUMA-kehitysohjelman tavoitteena on saada käyttökelpoisia UUMA-materiaaleja tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön maarakentamisen sellaisissa kohteissa, joissa UUMA-materiaalin käyttö on ympäristön, taloudellisuuden ja toimivuuden kannalta perusteltua. Luonnon kiviaineksien käyttö vähenee ja keskittyy sellaisiin infrarakentamisen kohteisiin, joissa näiden käytölle ei ole tiedossa olevia vaihtoehtoja.

Määrälliseksi tavoitteeksi asetettiin, että maarakentamisessa 10 % neitseellisten kiviainesten käytöstä korvataan UUMA-materiaaleilla vuoteen 2015 mennessä vuoden 2005 tilaan verrattuna.

Edellä mainitun määrällisen tavoitteen ohella UUMA-ohjelmalle asetettiin esiselvityksen pohjalta seuraavat tavoitteet:

- UUMA-materiaalien ja rakenteiden tuote- ja ympäristöhyväksynnälle on kehitetty ja otettu käyttöön selkeät menettelytavat ja kriteerit.
- Tilaajien käytössä ovat ekologista kestävyyttä tukevat suunnittelu- ja hankintamenettelyt, jotka mahdollistavat UUMA-rakentamisen tasavertaisena perinteisen rakentamisen kanssa.
- Käytettävissä on valmiiksi kehitettyjä UUMA-tuotteita (materiaaleja ja sovellutuksia) ja rakentamistekniikat ovat kotimaisilla ja kansainvälisillä markkinoilla.
- Tiedon kokoaminen ja levittäminen materiaaleista ja tuotteista toimivat. Keskeivät UUMA-rakenteet ovat tilaajataholla haluttuja.

UUMA-ohjelmaan kuuluu teknologiaketju ja sen elinkaari sekä tarvittavat toimenpiteet. Näistä muodostettiin esiselvityksessä kehittämisaiheet, joihin hankkeet suunnataan.

### 1.3

## Ohjelman toteutus

UUMA-ohjelman toteutus käynnistettiin vuoden 2006 alussa. Käynnistysseminaarin jälkeen hankkeiden edustajat kokoontuivat vuosittain yhteiseen kokoukseen vaihtamaan tietoja ja tunnistamaan yhteistyötarpeet. UUMA-materiaalien käyttäjien ja teollisuuden kanssa järjestettiin keskustelutilaisuuksia. Lisäksi järjestettiin useita työpajoja ja seminaareja. UUMA-foorumi koottiin UUMA-ohjelmasta mahdollisesti kiinnostuneista tahoista (tutkijat, kouluttajat, yrittäjät, teollisuus, viranomaiset). Näistä koottiin sähköpostiluettelo, jonka pohjalta on tiedotettu ohjelmasta ja UUMAan liittyvistä asioista ja tapahtumista. UUMA-foorumi koostuu 230 sähköpostiosoitteesta. Ohjelmalle laadittiin www-sivut, jotka sijaitsivat ympäristöministeriön sivustoilla ja joita koordinaatio ylläpitää ympäristöministeriön viestintäyksikön kautta.

Ohjelman tavoitteiden toteutumisesta vastaa ohjausryhmä, jossa ovat edustettuna seuraavat tahot: ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö, Tekes, Sitra. Tiehallinto, RHK, Tieliikelaitos, Helsingin kaupungin rakennusvirasto, Vantaan kaupungin rakennusvirasto, Rakennusteollisuus RT ry, Uudenmaan ympäristökeskus, Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, Sito Yhtiöt, Ramboll Finland Oy, Outokumpu Tornio Works, Elinkeinoelämän keskusliitto, Infra 2010 kehitysohjelma ja Motiva. Ohjausryhmän tehtävänä on suunnata ohjelman strategisia painotuksia, seurata ohjelman etenemistä, hyväksyä ohjelman vuosittaisen toteutussuunnitelma ja valvoa sen toteutumista.

Ohjelman koordinointi osoitettiin ympäristöministeriölle. Käytännön koordinoitua toimintaa on hoitanut ympäristöministeriön toimeksiannosta Oulun yliopiston Thule instituutti. Koordinaation tehtävänä on:

- muodostaa ohjelman yhteistyökonsortio, jossa ovat mukana ohjelman potentiaaliset rahoittajat (ministeriöt, T&K-rahoittajat, tulosten hyväksikäyttäjät)
- neuvotella tulosten hyväksikäyttäjien ja rahoittajien kanssa esiselvityksessä ja kehitysohjelmissa esitettyjen keskeisimpien kehittämissaiheiden hankkeistamisesta ja tutkimuskonsortoiden kokoamisesta hankkeiden valmisteluun ja toteutukseen
- hankkeiden arviointiprosessin tukeminen
- muodostaa UUMA-foorumi tiedonvaihtoa ja -levitystä varten (www-sivut, sähköpostiverkosto)
- tiedottaa UUMA-tutkijoita avautuvista rahoituslähteistä, seminaareista ja julkaisuista
- järjestää ohjelmaan liittyviä seminaareja, työpajoja ja vierailuja
- organisoida tutkimustuloksista tiedottaminen ja ohjelman synteessin tekeminen.

Kehitysohjelman ohjausryhmä on nimennyt UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja tuotehyväksynnän asiantuntijaryhmän, jonka toiminta-aika kestää koko ohjelmakauden. Asiantuntijaryhmän tavoitteena on edistää UUMA-materiaalien hyväksymismenettelyihin liittyvää yhteistyötä, kehittää niiden ympäristökelpoisuutta koskevia käytäntöjä, tehdä ehdotuksia kehittämishankkeista sekä käsitellä UUMA-ohjelman toteuttamisessa ja -foorumissa tunnistettuja ongelmalliseksi todettuja kysymyksiä. Ryhmän keskeisenä tehtävänä on valmistella ehdotus tuote- ja ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyväksynnän toimintaperiaatteista ja -mallista samoin kuin luoda valmiuksia hallinnollisten menettelyjen keventämiselle sekä UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittamiselle ja niiden tuotteistamiselle. Kehitysohjelman käynnistävät haut toteutettiin ympäristöklusteriohjelmaan sisältyneinä hakuina.

Ympäristöministeriön haku ympäristöklusteriohjelmaan toteutettiin syksyllä 2005. Hakuun tuli yhteensä 19 UUMA-hankesuunnitelmaa. Hankesuunnitelmat arvioitiin ensimmäisessä vaiheessa (aiesuunnitelmat) ympäristöministeriön kokoamien asiantuntijaryhmien tuella. Rahoituspäätökset tehtiin huhtikuussa 2006. Rahoituksen saivat kuusi hanketta.

Tekesin haku ympäristöklusteriohjelmaan toteutettiin touko-elokuussa 2006. Haku oli suunnattu ympäristöalan yrittäjille. Kohdennetusta tiedotuksesta huolimatta hakuun ei tullut UUMA-hankesuunnitelmia. Ohjelmaan liittyvät Tekesin hankkeet on rahoitettu normaalien hakumenettelyjen puitteissa.

Tiehallinto on osallistunut ohjelmaan hyväksytyjen hankkeiden rahoitukseen oman ohjelmansa "Ekotehokas ja turvallinen liikennejärjestelmä (2006–2009)" puitteissa.

UUMA-foorumin kautta ja suorilla yhteydenotoilla tutkijatahoja ja yrityksiä on kannustettu hakemaan rahoitusta UUMA-aiheisille hankkeille sopivien rahoituskanavien kautta. Näitä ovat olleet Suomen Akatemian ja Tekesin haut, EU:n puiteohjelmat, rakennerahastot ja LIFE+ -ohjelma.

Maj ja Tor Nesslingin Säätiön kanssa sovittiin yhteistyöstä vuoden 2007 haun yhteydessä. UUMA-yhteydestä ei erikseen ilmoitettu haun yhteydessä, mutta hausta tiedotettiin UUMA-foorumien kautta.

Ohjausryhmä (15.3.2006) asetti ohjelmasuunnitelman mukaisesti UUMA-ohjelman rahoitustavoitteeksi vuosille 2006–2010 yhteensä 7–9 miljoonaa euroa. Rahoituksen toteutuma vuoden 2009 loppuun mennessä oli 3,2 milj. euroa.

1.4

## Ohjelman hankkeet

Vuosina 2006–2009 UUMA-kehitysohjelma koostui kuudesta ympäristöministeriön rahoittamasta hankkeesta ja kahdesta Tekesin rahoittamasta hankkeesta:

- Selvitys UUMA-materiaalien tuotehyväksynnän ja materiaalikäytön ohjauksen kehittämiseksi (UUMA-inventaari 2006–2008), Ramboll Finland Oy/Pentti Lahtinen, Aino Maijala; rakennuttajat, materiaalityöntekijät ja urakoitsijat (YM, Tiehallinto)
- Heikkolaatuisten maarakennusmateriaalien hyötykäytön tehostaminen infrarakentamisessa (HUUMA 2006–2007) VTT, Matti Kokkala, Leena Korkiala-Tanttu; rakennusalan urakoitsijoita ja laitevalmistajia (YM, Tiehallinto)
- Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI 2006–2009), GTK/Hannu Idman, Paavo Härmä, Mika Räisänen, Jussi Pokki, Ossi Ikävalko; Tampereen teknillinen yliopisto/ Pirjo Kuula-Väisänen; yhteistyötahoina Suomen maanrakentajien keskusliitto Infra ry ja YM
- Mineralogian vaikutus synteettisten maanrakennusaineiden liukoisuusominaisuuksiin (MINERALI 2006–2008), Oulun yliopisto Prosessimetallurgian laboratorio/Jouko Härkki, Hannu Makkonen; TKK Sellu- ja ympäristötekniikan laboratorio/Olli Dahl, CIRU-Centre/Esa Virtanen, SYKE/Jaana Sorvari, VTT/Esa Mäkelä, Outokumpu Stainless Oy (YM)
- Tuhkan UUMA-tuotteistus (TUUMA 2006–2008), VTT/Esa Mäkelä, Saara Isännäinen, projektiin osallistuvat yritykset (YM)
- Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus, jatkohanke (PIRRE2 2006–2008), SYKE, Jaana Sorvari, Riina Antikainen; Helsingin kaupunki, Pirkanmaan ympäristökeskus, Ekokem Oy (YM)
- Jätteen termisen käsittelyn pohjakuonan jalostaminen uusiomateriaaliksi (PUUMA 2008–2010), VTT/Jutta Laine-Ylijoki, Margareta Wahlström ja Esa Mäkelä GTK/Pekka Mörsky ja Saija Luukkanen (Tekes)
- Terässulattokuonien tuotteistaminen (2006–2008), Outokumpu Oy, Juha Roininen, Oulun yliopisto (Tekes).

**UUMA-inventaarihankkeessa** kartoitettiin Suomessa käytettävissä olevia UUMA-materiaaleja ja niiden käyttöä maarakennuksessa sekä koottiin tietoja materiaalien ominaisuuksista. Lisäksi selvitettiin olemassa olevia UUMA-rakenteita ja tehtiin seurantatutkimuksia Suomessa olemassa olevista maarakenteista, joissa on käytetty UUMA-materiaaleja.

**HUUMA-hankkeen** tavoitteena on kehittää menetelmiä heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostamiseksi ja etsiä ratkaisuja hyötykäytön teknisten ja ympäristöllisten (ympäristövaikutukset ja -riskit) esteiden poistamiseksi. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti moreeneihin.

**RAKI-hanke** selvitti ylijäämäkiviainesten hyödyntämisen nykytilaa sekä edisti ylijäämäkiviainesten tuotteistamista ja käyttöä korvaamaan normaaleja kiviaineita. Lisäksi toteutettiin keskitettyjen kiviainestermiinalien elinkaariarviointi Tampereen seudulla, ja kartoitettiin keskitettyjen tuotantoalueiden alueiden geologisia reuna-

ehtoja, lähinnä kallioperän rakoilua ja pohjavesiolosuhteita valituilla kohdealueilla Helsingin ja Tampereen seudulla. Lopuksi tehtiin vielä kirjallisuuteen pohjautuvat katsaukset kiviainestermiinaalien perustamisen geologista reunaehdoista ja saven käytöstä kallioperän tiivistemateriaalina.

**MINERALI-hankkeessa** luotiin valmiuksia liukoisuusominaisuuksien arvioimiselle mineralogian perusteella.

**TUUMA-hankkeessa** tavoitteena oli kehittää energiantuotannon tuhkista korkea-laatuista, jalostettuja tuotteita maarakennuskäyttöön.

**PIRRE2-hankkeessa** kehitettiin pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuutta ja tähän liittyvää päätöksenteon tukijärjestelmää. Erityisesti keskitytään ekotehokkuuden aluetason näkökulmaan. Osana hanketta on selvitetty kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten kuljetusmatkoja, käsittelyä sekä loppusijoitusta.

**PUUMA-hankkeessa** tutkitaan jätteen termisen käsittelyn pohjakuonan jalostamista uusiomateriaaliksi. Tavoitteena on jalostaa jätteenpolton pohjakuonasta maarakentamishyötykäyttöön soveltuva uusiomateriaali sekä kehittää malmien rikastuksessa käytettyjen teknologioiden pohjalta uusia innovatiivisia jättemateriaalien jalostusteknologioita.

**Outokumpu Oy:n yrityshankkeessa** tutkittiin terässulattokuonien tuotteistamista, metallitappioiden minimointia ja kuonan koostumuksen modifiointia, käsittelytekniikan kehittämistä tuotteiden valmistamiseen, laadunvalvontaa tuotannolle ja tuotteille, tuotteiden standardointia ja ympäristöllistä hyväksyttävyyttä sekä liikeloudellisuuden kehittämistä tuotteille ja tuotannolle

Keskeneräistä PUUMA-hanketta ja yrityshanketta lukuun ottamatta hankkeiden keskeiset tulokset esitetään tässä julkaisussa.

1.5

## **Ympäristökelpoisuuden arviointi ja tuotehyväksyntä**

Ympäristökelpoisuuteen ja tuotehyväksyntään liittyvät kehittämistarpeet todettiin ohjelman alkuvaiheessa yhdeksi keskeisimmistä ja kiireellisimmistä tehtävistä. Tähän liittyen ohjausryhmä käynnisti koko ohjelmakauden kestävä prosessin tuotehyväksynnän kehittämiseksi (asiantuntijaryhmätyön käynnistäminen).

Ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja tuotehyväksynnän asiantuntijaryhmä on käsitellyt standardisointitilannetta, seurannut direktiivivalmisteluja, käynyt vuorovaikutteisia keskusteluja UUMA-hankkeiden kanssa, selvittänyt käytettyjä ympäristökelpoisuusmallinnuksia ja valmistellut katsauksen tuotteistamisen ja ympäristökelpoisuuden osoittamisen nykytilasta ja kehittämistarpeista.

Asiantuntijaryhmä järjesti ympäristökelpoisuutta ja tuotehyväksyntää koskevan työpajan sekä materiaalikohtaisen teemapäivät seuraavilta sektoreilta: energia- ja metsäteollisuus, kaivannaisteollisuus ja metallinjalostusteollisuus. Lisäksi asiantuntijaryhmä järjesti aihepiiristä kansainvälisen työpajan ja seminaarin. Tulokset on esitetty UUMA-ohjelman verkkosivuilla (<http://thule oulu.fi/uuma/>) ja kahden viimeksi mainitun teemapäivän osalta tässä julkaisussa.

Ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja tuotehyväksynnän asiantuntijaryhmä on laatinut katsauksen ohjauskeinoihin, joka julkaistaan erillisenä raporttina.

Jätteisiin ja rakennustuotteisiin liittyvät säädökset ja standardointityö ovat voimakkaan kehityksen alaisia. Asiantuntijaryhmä on avannut katsauksessaan seuraavia tulevaisuuden näkymiä:

- UUMA-teknologian kehityksen vauhdittumiselle on olemassa hyvät mahdollisuudet lähivuosina. Jätehuollosta siirrytään vähitellen kohden materiaalivirtojen hallintaa.
- Uusi jättepuitedirektiivi tarjoaa kauan toivotun tuotteistamismekanismin (siivutuotekriteerit ja menettelyn jätteen luokittelun päättymisestä eli ns. EoW, end of waste -kriteerit). Rakennustuotekriteeriä ollaan uusimassa ja CE-merkinnän käytöstä muodostuu aiempaa pakollisempi.
- Tuotteistaminen tuo mukanaan EU:n kemikaaliasetuksen (REACH) velvoitteet. Asetuksen soveltamista koskevat epävarmuudet poistuvat kuitenkin pikkuhiljaa ohjeistuksen ja kokemuksen myötä.
- Säädökset ja standardointityö johtavat UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittamismenetelmien kehittymiseen.
- Laadunvalvonta tulee myös luontevaksi osaksi jätteiden hyödyntämisen ja tuotteistamistoimintaa eikä hyödyntämisen päätarkoituksena enää tulevaisuudessa voi olla jätteistä halvalla eroon pääsemistä.
- Jätteen ja tuotteen tulkinnanvarainen rajapinta selkiintyy: Jatkossa tulee olemaan UUMA-materiaaleja, jotka aikaisemmin miellettiin jätteeksi, mutta jotka vapautetaan jättestatuksesta. Toisena ryhmänä ovat edelleen jätteeksi tulkittavat uusiomateriaalit.
- Tarvittaessa jättemateriaalien hyödyntämistä voidaan helpottaa säätämällä kansallisesti luvanvaraisuutta koskevista poikkeuksista jättepuitedirektiivin mukaisesti, kuten on jo tehty eräiden jätteiden maarakennuskäyttöä koskevassa valtioneuvoston asetuksessa.

Kaikessa jätteiden hyötykäytössä lähtökohtana on lainsäädännön velvoitteiden täyttyminen. Käyttö ei saa aiheuttaa maaperän tai pohjaveden pilaantumisen vaaraa tai muuten vaarantaa terveyttä tai ympäristöä. Koko käyttöketjun aikaiset ympäristövaiikutukset täytyy huomioida. Ympäristölainsäädäntö ei aseta velvoitteita materiaalien teknisille ominaisuuksille. Tekninen soveltuvuus käyttökohteeseen on kuitenkin yksi hyötykäytön tärkeimmistä vaatimuksista, koska huonolaatuisten tuotteiden on vaikea kilpailla markkinoilla vastaavien luonnonmateriaaleista valmistettujen tuotteiden kanssa. Huonolaatuisen materiaalin käyttö voi myös aiheuttaa lisäkustannuksia ja ympäristökuormituksia, jos rakenne joudutaan korjaamaan ennenaikaisesti. Siksi on tärkeää, että UUMA-materiaalin teknisiä ominaisuuksia tarkastellaan aina osana hyödyntämiskelpoisuuden arviointia. Ympäristökelpoisuuden arviointia suhteessa hyödyntämisen hallintokäytäntöihin voidaan käsitellä lupamenettelyn, ilmoitusmenettelyn (poikkeus luvanvaraisuuteen) ja tuotteistamisen näkökulmista.

UUMA-materiaalit voidaan luokitella tuotteistamisen suhteen neljään luokkaan:

- Ryhmä 1: Jo valmiina tuotteina olevat /pitkälle tuotteistetut materiaalit, joiden hyötykäytölle ei ole esteitä ja joiden käyttö on ohjeistettu ja tuotteenomainen.
- Ryhmä 2: Lähellä tuotteistamista olevat materiaalit, joille tuotteistamisen edellyttämää T&K-työtä on tehty varsin pitkälle.
- Ryhmä 3: Materiaalit, joille on tehty tuotteistamistutkimuksia, mutta joiden tuotteistaminen vaatii edellistä pidemmän ajan.
- Ryhmä 4: Materiaalit, joiden tuotteistaminen vaatii erityisen paljon panostusta tai joiden tuotteistamisen edellytykset nähdään tässä vaiheessa vähäisiksi.

EU-säädösten mukaan materiaalit ovat aina joko jätteitä tai tuotteita. Tuotteistamisella hyödyntämiskelpoisia jättemateriaaleja pyritään saamaan ensisijaisesti pois jättesäätelyn piiristä. Tuotteistamisena voidaan kuitenkin pitää myös jättemateriaalin hyödyntämistä helpottavia toimenpiteitä, joiden avulla materiaalia voidaan hyödyntää tuotteenomaisesti, mutta jättesäännöksiä noudattaen.



## Ohjelman jatkaminen

UUMA-kehitysohjelman rahoitustavoitteesta on vuoden 2009 loppuun mennessä toteutunut vajaa puolet. Tähän on vaikuttanut hauista kiinnostuneiden yritysten vähäisyys ja UUMA-aihealueella työskentelevien tutkimuslaitosten ja -ryhmien menestys avoimissa hauissa. Tähän vaikuttaa myös näiden tutkimusaiheiden uusi luonne, jonka johdosta kilpailukykyisiä ryhmiä ei ole vielä riittävästi.

Tekesin hakuun ympäristöyrittäjille ei saatu UUMA-aiheisia hanke-esityksiä kohdennetusta markkinoinnista huolimatta. Tilanne kuvastaa sitä, minkä takia ylipäätään tämä kehittämisohjelma on perustettu eli yritykset eivät näe alalla liiketoimintamahdollisuuksia nykyisessä tilanteessa. Tuote- ja ympäristöhyväksynnän asiantuntijaryhmän toiminnan käynnistäminen oli tässä mielessä oikeaan osunut ratkaisu.

Ohjelman loppukautta varten tunnistettiin kehittämistarpeet, joihin uusia hankkeita on pyritty suuntaamaan. Näitä olivat UUMA-materiaalien

- tuote- ja ympäristöhyväksyntään liittyvät menettelyt,
- käyttöön liittyvät klusterit ja liiketoimintamahdollisuudet,
- käytön suunnittelu- ja hankintamenettelyt,
- käytön edistäminen (imago ja asiakashyväksyntä, käyttökokemukset ja hyvät käytännöt),
- laadunvalvonta ja mittauskäytäntöjen yhdenmukaistaminen
- tietojen kokoaminen ja integrointi.

UUMA-rakentaminen edistää kestävästä kehitystä monella tavalla: luonnonvaroja ja energiaa säästetään, ilmastomuutokseen vaikuttavia päästöjä vähennetään, teiden rasitusta ja kulumista vähennetään, päästöjä maahan ja vesistöihin vähennetään ja kaatopaikkojen rakentamistarvetta vähennetään.

Keskeisin tavoite on maanrakentamisessa käytettävän "neitseellisen" luonnonmateriaalin korvaaminen UUMA-materiaalilla. UUMA-ohjelman tavoitteeksi oli asetettu 10 % vuoteen 2015 mennessä (vuoden 2006 tasosta). Vuonna 2008 julkistetussa valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa asetetaan myös määrällisiä tavoitteita. Sen eräänä tavoitteena on, että vuonna 2016 maanrakentamisessa korvataan luonnon-soraa ja kalliomursketta teollisuuden ja kaivannaistuotannon jätteillä 5 % eli noin 3 miljoonaa tonnia.

Asetettuihin tavoitteisiin päästään tehokkaimmin teollisuuden sivutuotteiden ja huonolaatuisten maa-ainesten monipuolisella hyödyntämisellä. Näiden materiaalien tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää toimenpiteitä, joilla ne saadaan tasaveroiseen asemaan perinteisten maarakennusmateriaalien rinnalle. Tämä puolestaan edellyttää erityisesti tuotantokonseptien, ohjeistuksen, lainsäädännön ja hankintamenettelyjen kehittämistä.

UUMA-kehitysohjelmassa käynnistettyä yhteistyötä ja ponnistuksia tulee jatkaa.

### Lähteet

- Lahtinen, P., Kolisoja, P., Kuula-Väisänen, P., Leppänen, M., Jyrävä, H., Maijala, A. & M. Ronkainen 2005: UUMA-esiselvitys. Suomen ympäristö 805. Helsinki
- Lahtinen, P., Kolisoja, P., Kuula-Väisänen, P., Leppänen, M., Jyrävä, H., Maijala, A. & M. Ronkainen 2005: Ehdotus UUMA-kehitysohjelmaksi. Suomen ympäristö 806. Helsinki.

## 2 UUMA-materiaalien inventaari

*Pentti Lahtinen & Aino Maijala, Ramboll Finland Oy*

2.1

### Johdanto

Ympäristöministeriö teetti vuonna 2005 esiselvityksen Infrarakentamisen uudesta materiaaliteknologiasta (UUMA). Esiselvityksen perusteella käynnistettiin vuonna 2006 UUMA-kehitysohjelma. UUMA-kehitysohjelman päämääränä on saada pääosa käyttökelpoisista UUMA-materiaaleista tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön sellaisissa maarakentamisen kohteissa, joissa UUMA-materiaalin käyttö on ympäristön, taloudellisuuden ja toimivuuden kannalta perusteltua. UUMA-materiaaleihin kuuluu ylijäämämaita, vanhojen maarakenteiden materiaaleja, teollisuuden sivutuotteita ja pilaantuneita maa-aineksia.

Ympäristöministeriön ympäristöklusterin tutkimusohjelma on rahoittanut vuodesta 2006 alkaen UUMA-kehitysohjelman tavoitteisiin tähtäviä tutkimus- ja kehitysohjelmia. Eräs UUMA-kehitysohjelman osarahoittamista projekteista oli UUMA-inventaari, alkuperäiseltä työnimeltään ”Selvitys UUMA-materiaalien tuotetyhväksynnän ja materiaalikäytön ohjauksen kehittämiseksi”, joka käynnistyi 1.6.2006. UUMA-inventaari päättyi kesäkuussa 2008 ja raportti nimeltään ”UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaari” valmistui syksyllä 2008.

UUMA-inventaarin muita rahoittajia ovat Ramboll Finland Oy, Tiehallinto ja Skanska Asfaltti Oy. Lisäksi projekti sai Suomen Geotekniseltä Yhdistykseltä vuonna 2007 lisärahoitusta UUMA-inventaarin paikkatietojärjestelmän internetversion kehittämiseksi.

Projektin ohjausryhmän kokoonpano on ollut lopullisessa muodossaan seuraava:

Anna-Maija Pajukallio, ympäristöministeriö; hankkeen valvoja  
Jukka Ahonen, Skanska Asfaltti Oy  
Ilkka Jussila, Tekes  
Tuomo Kallionpää, Tiehallinto  
Markku Kukkamäki, Suomen ympäristökeskus  
Katja Lehtonen, Rudus Oy  
Timo Parviainen, Outokumpu Stainless Oy  
Olavi Saarinen, Helsingin Energia  
Aarno Valkeisenmäki, Destia Oy  
Pentti Lahtinen, Ramboll Finland Oy  
Aino Maijala, Ramboll Finland Oy (siht.).

Ohjausryhmä on seurannut projektin etenemistä ja kommentoinut sen tuloksia ja suunnitelmia.

Projekti on toteutettu pääosin Ramboll Finland Oy:n henkilöresurssein. Projektin vastaavana johtajana on toiminut Pentti Lahtinen ja projektipäällikön tehtävästä vastasi Aino Majjala. Projektissa on tehty yhteistyötä ja saatu tietoa monilta tahoilta kuten rakennuttajilta, materiaalitoimittajilta ja urakoitsijoilta, jotka ovat olleet mukana toteuttamassa erilaisia UUMA-kohteita (mm. tiepiirit, kunnat ja maarakennusalan urakoitsijat), sekä eri alueiden materiaaliavirtojen asiantuntijoilta (mm. alueelliset ympäristökeskukset, UUMA-materiaalien tuottajat, maakunnat, kunnat, tiepiirit, urakoitsijat).

Kaksivuotisen UUMA-inventaarin tavoitteena on ollut selvittää UUMA-materiaaleista ja -rakenteista käytettävissä oleva tieto sekä arvioida tätä tietoa suhteessa UUMA-kehitysohjelman tavoitteisiin, erityisesti tuote- ja ympäristöhyväksyntään sekä materiaalien hankintaan liittyviin tavoitteisiin. UUMA-inventaari oli jaettu seuraaviin osatehtäviin:

1. UUMA-materiaalien alueellinen inventaario, jossa kartoitetaan Suomessa käytettävissä olevia UUMA-materiaaleja: erityyppisten materiaalien määrät, tähänastinen käyttö maarakentamisessa ja käytettävissä olevat tiedot materiaalien ominaisuuksista.
2. Olemassa olevat UUMA-rakenteet: Kartoitetaan Suomessa olemassa olevia maarakenteita, joissa on käytetty UUMA-materiaaleja, keräämällä näistä mahdollisimman yksityiskohtaista tietoa ja tekemällä valituissa kohteissa lisätutkimuksia erityyppisten UUMA-materiaalien ja -rakenteiden ympäristövaikutusten ja pitkäaikaiskestävyyden selvittämiseksi.
3. Tietojen testaus elinkaariarviointi- ja ekotehokkuuslaskelmin, jolloin samalla selvitetään käytettävissä olevan tiedon käyttökelpoisuus ja laatu elinkaariarvioinnin (LCA, LCC) ja ekotehokkuuden näkökulmasta.

UUMA-inventaari käynnistyi kartoittamalla UUMA-materiaaleja sekä UUMA-rakennuskohteita UUMA-materiaaliryhmittäin. Tiedonkeruu toteutettiin materiaaleja tuottavan teollisuuden ja teollisuusjärjestöjen, energiayhtiöiden voimalaitosten, Suomen ympäristökeskuksen ja erityisesti Vahti-tietokannan, alueellisten ympäristökeskusten, urakoitsijoiden, kuntien ja tutkimuslaitosten avulla. Kyselyn tulokset taulukoitiin ja dokumentoitiin alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeavalla tavalla eli laatimalla niiden pohjalta paikkatietojärjestelmä, jota voi käyttää joko internetin kautta tai teemakarttatulosteiden avulla.

Olemassa olevien UUMA-rakenteiden kartoitus tehtiin vastaavalla tavalla kuin UUMA-materiaalien inventaario. Kyselyt suunnattiin mainittujen tahojen lisäksi mm. Tiehallinnolle ja tiepiireille. UUMA-rakenteiden jatkotutkimuksiin ja mittauksiin valittiin kohteita sen perusteella, minkälaista referenssitietoa näistä kohteista oli dokumentoitu ja käytettävissä. Parasta dokumentoitua tietoa oli saatavissa sellaisista kohteista, joissa oli käytetty teollisuuden sivutuotteita. Näistä on valittu myös ne kohteet, joissa tehtiin jatkoseurantatutkimuksia UUMA-inventaariprojektin yhteydessä. UUMA-inventaarin loppuraporttiin liittyvät liitetiedostot antavat yksityiskohtaista tietoa näistä UUMA-rakenteiden kohteista sekä niiden eri aikoina saaduista seurantatuloksista. Seurantatutkimuksiin on sisällynyt mahdollisuuksien ja aikaisempien seurantatutkimuksien mukaisesti rakenteiden kuntoseurantaa, päällystetyissä kohteissa niiden tasaisuuden ja urautuneisuuden mittausta, kantavuusmittauksia, kohteista otettujen rakennenyttöjen lujuusmittauksia laboratorioissa sekä pohjaveinäytteiden analysointia.

Projektissa keskityttiin edellä mainituista kahteen ensimmäiseen tehtävään resursien ja aineiston laadun vuoksi. Tämä sai myös projektin ohjausryhmän hyväksynnän. Täten kolmas osatehtävä on jäänyt nimenomaan tässä projektissa pääosin toteuttamatta. Toisaalta vastaavaa osatyötä on toteutettu samanaikaisesti käynnissä olleissa muissa hankkeissa, kuten Ecoroad-hankkeessa.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### UUMA-materiaalit

UUMA-materiaalien alueellinen inventaario selvitti mitä, minkä laatuista ja minkälaisina määrinä UUMA-materiaaleja on käytettävissä maarakentamiseen. Seuraavassa on lyhyt yhteenveto tuloksista:

Ylijäämämaa-aineksia kertyy vuosittain arviolta 20–30 miljoonaa tonnia ja tämän lisäksi niitä on määrittelemätön määrä läjitettyinä ja varastoituna. Mitään tilastointia ei ole tehty. Joitakin hajanaisia massatietoja saatiin Uudenmaan, Turun, Hämeen ja Savo-Karjalan tiepiireistä, pääosin erittelemättä materiaalityyppejä.

Vanhojen maarakenteiden materiaaleista on saatu tietoa lähinnä asfalttimurskeen ja -rouheen osalta, joita voi pitää teollisuuden sivutuotteisiin rinnastettavina ”muina sivutuotteina”. Urakoitsijoilta saadun tiedon perusteella lukujen tulisi olla huomattavasti suurempia kuin mitä inventaaritulokset kertovat. Tarkkaa määrätietoa syntyvästä asfalttirouhemäärästä ei siis ole saatavilla, mutta vuotuinen kokonaiskäyttö on Tiehallinnon arvion mukaan noin 250 000 tonnia.

Teollisuuden sivutuotteita ja niihin luettavia materiaaleja on kerättyjen tietojen mukaan vuosittain käytettävissä vähintään 22 miljoonaa tonnia. Tiedot on saatu osittain suoraan materiaalien tuottajilta, osittain Vahti-tietokannasta. Tiedoista puuttuvat jo maarakennuskäytössä vakiintuneet ja tuotteistetut sivutuotteet, kuten esim. terästeollisuuden kuonista masuuni- ja ferrokromikuonat. Tiedoissa on vielä mittavia aukkoja. Monista syistä johtuen tuotantomäärät elävät jatkuvasti. Täten tietojen tilastointi ja päivittäminen ovat asioita, joille pitää tehdä jotakin, jotta meillä olisi käytettävissä hyvin rakentamista palveleva tietokanta.

Pilaantuneista maamassoista saadut tiedot olivat alun perin varsin puutteelliset. Näitä tietoja tarkistettiin vielä vuonna 2008. Suomen ympäristökeskus (SYKE) on selvittänyt kaivettujen pilaantuneiden maamassojen määrää, laatua, käsittelymenetelmiä ja hyötykäyttöä vuosina 2005 ja 2006. SYKE:n mukaan Suomessa syntyy vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia kaivettuja pilaantuneita maita. Näistä lievästi pilaantuneita maita oli 61 % vuonna 2005 ja 43 % vuonna 2006. Voimakkaasti pilaantuneiden maiden vastaavat osuudet olivat 24 ja 45 %. Ongelmajätteiden suhteellinen osuus, 8 %, pysyi samana. Vuosien 2005 ja 2006 luvuissa olevat isot erot selittyvät paljolti parin yksittäisen kohteen suurilla massamäärillä.

Kyselyn tulokset taulukoitiin ja dokumentoitiin laatimalla niiden pohjalta paikkatietojärjestelmä, jota voi käyttää joko internetin kautta tai teemakarttatulosteiden avulla (kuva 1). Tämän paikkatietojärjestelmän hallintaan ja päivittämiseen liittyvät kysymykset ovat jääneet UUMA-inventaariprojektin yhteydessä päättämättä, mutta asiaa käsitellään edelleen eri palvelutuottajien, materiaalien käyttäjien sekä materiaalityöntekijöiden kanssa.

### UUMA-rakenteet

Olemassa olevien UUMA-rakenteiden kartoitus tehtiin vastaavalla tavalla kuin UUMA-materiaalien inventaario. UUMA-rakenteiden jatkotutkimuksiin ja mittauksiin valittiin kohteita sen perusteella, minkälaista referenssitietoa näistä kohteista oli dokumentoitu ja käytettävissä.

Parasta dokumentoitua tietoa oli saatavissa sellaisista kohteista, joissa oli käytetty teollisuuden sivutuotteita. Näistä on valittu myös ne kohteet, joissa tehtiin

jatkoseurantatutkimuksia UUMA-inventaariprojektin yhteydessä. UUMA-inventaarin loppuraporttiin liittyvät liitetiedostot (kuva 2) antavat yksityiskohtaista tietoa näistä UUMA-rakenteiden kohteista sekä niiden eri aikoina saaduista seurantatuloksista. Seurantatutkimuksiin on sisällytetty mahdollisuuksien ja aikaisempien seurantatutkimuksien mukaisesti rakenteiden kuntoseuranta, päällystetyissä kohteissa niiden tasaisuuden ja urautuneisuuden mittausta, kantavuusmittauksia, kohteista otettujen rakennenäytteiden lujuusmittauksia laboratoriossa sekä pohjavesinäytteiden analysointia. Tulokset on esitetty yhteenvetomaisesti ryhmiteltyinä kuitutuhka-, lentotuhka-, kipsituhka-, kuona-, rikastushiekka- ja kerrosstabiloituihin rakenteisiin.

Alla olevassa taulukossa on Rambollin näkökulma erityyppisten UUMA-rakenteiden ”kehitysvaiheeseen” perustuen UUMA-inventaariprojektin rakenneseurantaan. Rakennetyypit on ryhmitelty niiden käyttö- ja sovellutusvalmiuksien kannalta vahvoihin ja eri määrin vielä kehitystyötä vaativiin materiaaliiryhmiin.

Taulukko I. UUMA-rakenteiden kehitysvaiheita.

Pitkälti valmis	Kerrosstabilointi
	Lentotuhka
	Kuitutuhka
	Rikastushiekka - tuhka
	Terässulattokuona
Vaatii kehitystyötä	Kipsituhka

Kerrosstabilointi on tehokas ja ympäristön kannalta turvallinen ratkaisu eriaosteisten teiden ja rakenteeltaan vastaavien kenttien peruskorjaukseen. Massiivirakenteista lentotuhkarakenteita on toteutettu pisimpään ja niistä on jo runsaasti tietoa. Muutkin tässä mainitut teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat materiaalit ovat hyviä ja lupaavia materiaaleja oikein käytettyinä, mutta edellyttävät vielä tuotekehitystä ja lisäkokemuksia pilottirakentamisen avulla.


### 2.3

## Johtopäätökset


UUMA-inventaariprojektissa on saatu koottua tietoja liittyen erityisesti merkittävien teollisuuden sivutuotteiden käyttäytymiseen ja hyödynnettävyyteen maarakennuskohteissa. UUMA-kehitysohjelman keskeisenä tavoitteena on UUMA-materiaalien hyödyntämisen lisääminen niin, että luonnon kiviainesten käyttö vähenee. Teollisuuden sivutuotteiden ja huonolaatuisten maa-ainesten monipuolisella hyödyntämisellä päästään tehokkaimmin tähän tavoitteeseen. Näiden materiaalien tehokkaampi hyödyntäminen edellyttää toimenpiteitä, joilla ne saadaan tasaveroiseen asemaan perinteisten maarakennusmateriaalien rinnalle. Tämä puolestaan edellyttää erityisesti tuotantokonseptien, ohjeistuksen, lainsäädännön ja hankintamenettelyjen kehittämistä.

UUMA-materiaalit ja maarakentamisen tarpeet vaihtelevat alueittain, joten konkreettinen keino edistää UUMA-rakentamista on alueellisten UUMA-pilotti ja -tuot-

# UUMA - Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia



Etusivu UUMA lyhyesti Materiaalit Materiaalien käyttökokemuksia Ohjeita materiaalien käytöstä Palaute ja päivitykset




Nämä UUMA-Inventaarihankkeen demosivustot on luotu levittämään käytännön tietoa UUMA-materiaaleista ja herättämään kiinnostusta niiden käyttämiseen maarakentamisessa. Sivustolle on kerätty tietoa UUMA-materiaaleista, käyttökohteista ja -kokemuksista. Tämän sivuston toivotaan päivittyvän ja kehittyvän edelleen.

UUMA-tuotantolaitosten sijainnit on karttaliittymä, mikä on apuna tuotantolaitosten ja UUMA-materiaalien paikantamiseen kartalla. Sivuston avulla esimerkiksi rakennuttaja ja urakoitsija voivat etsiä rakennuskohteensa lähellä sijaitsevat tuotantolaitokset ja materiaalit ja hankkia lisätietoja kiinnostavimmista materiaaleista.

**UUMA lyhyesti**  
UUMA on Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia, joka edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä maarakentamisessa.

**UUMA-tuotantolaitosten sijainnit**



Ramboll Finland Oy  
P.O.Box 3  
Piispanmäentie 5,  
02241 Espoo, Finland  
+358 20 755 6500  
[www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)

© Ramboll 2008 | [info@ramboll.fi](mailto:info@ramboll.fi) kävijämäärä:

Kuva 1. UUMA-inventaarin www-sivuston etusivu (toukokuu 2008). Sivustoa kehitetään edelleen. Osoite: <http://projektit.ramboll.fi/uuma/index.asp>

# UUMA - Infrarakentamisen uusi materiaalitekнологia



Etusivu UUMA lyhyesti Materiaalit Materiaalien käyttökokemuksia Ohjeita materiaalien käytöstä Palaute ja päivitykset

**UUMA-inventaarihankkeen tulokset**

- Turun tiepiirin kloridiseuranta 2008 (pdf)
- Raportti (pdf)
- Raportin liitteet (pdf)
- Inkoo (pdf)
- Jämsä, Tyryntie (pdf)
- Knuters (pdf)
- Koria (pdf)
- Kuohijoki-Kyynäro (pdf)
- Maaninka (pdf)
- Pihtisalmentie (pdf)
- Rajalantie (pdf)
- Rautavaara (pdf)
- Teuroinen (pdf)
- Tornio (pdf)
- Vihtola-Jäkkö (pdf)
- Vt4 Keminmaa (pdf)

UUMA-inventaarihankkeen tulokset

Valmiit hankkeet

Meneillään olevia hankkeita

Suunnitteilla olevia hankkeita

Ramboll 2008 | [info@ramboll.fi](mailto:info@ramboll.fi)

Kuva 2. Raportit UUMA-rakenteiden seurantakohteista sekä UUMA-inventaarista ovat UUMA-inventaarin nettisivuille (Materiaalien käyttökokemuksia).

teistushankkeiden toteuttaminen. Tämän lisäksi tarvitaan lainsäädännön kehittämistä siten, että se mahdollistaa UUMA-materiaalien monipuolisen hyödyntämisen tasaveroisina vaihtoehtoina neitseellisille luonnonmateriaaleille, ohjeistusta, tiedotus- ja koulutustoimintaa sekä menettelyjä eri maarakennusratkaisujen elinkaaren tai tietyn elinkaarijakson aikaisten (merkitsevien) ympäristövaikutusten ja kustannusvaikutusten laskemiseksi.

UUMA-inventaarin tulosten arvioinnin perusteella todettiin, että erityisiä jatko-toimenpiteitä tarvitaan mm. seuraavissa asioissa:

- Lisää tietoa lupaavimpien UUMA-rakenteiden pitkäaikais-käyttäytymisestä ja -kestävyydestä konkreettisten pilottihankkeiden kautta. Vanhimmat sellaiset koerakenteet, joista on olemassa dokumentoitua seurantatietoa, ovat 1990-luvun puolivälissä toteutettuja ja siten vielä nuoria verrattuna tierakenteilta odotettavissa olevaan käyttöikään. Kestävyyden ja kunnossapitotarpeen määrittäminen kiinnostaa myös elinkaaritutkimusten kannalta: toistaiseksi on jouduttu turvautumaan oletuksiin ja herkkyysanalyysiin.
- Elinkaaritarkasteluissa (LCC, LCA) tarvittavan primaaridatan saaminen edellyttää vielä seikkaperäistä tiedon keruuta materiaalien tuotannosta, varastoinnin eri vaihtoehtoista, ja rakennuskohteissa tapahtuvista prosesseista ja toiminnoista (toki myös perinteisen rakentamisen eri vaihtoehdot on tutkittava vastaavalla tarkkuudella). Konkreettisten pilottihankkeiden kautta voidaan tätäkin tietoa kerätä.
- Elinkaaren tai tiettyjen rakenteiden käyttöikään suhteutettujen elinkaarijaksojen ympäristö- ja kustannusvaikutusten tekemiseksi tarvitaan laskentamallit ja datapankit Kaupalliset laskentaohjelmat, joiden sisältöä joudutaan jatkuvasti päivittämään, eivät ehkä vielä tässä vaiheessa ole käyttökelpoisia.
- UUMA-materiaalien paikkatietojärjestelmien kehittäminen ja ylläpito, sekä Rambollilla että esimerkiksi GTK:lla. UUMA-paikkatietojärjestelmän ylläpidon järjestelemiseksi on suunnittelu käynnissä Rambollilla.
- Ympäristökelpoisuuden määrittäminen kentällä on perustunut pääosin maa- ja vesinäytteiden analyyseihin perustuviin seurantatutkimuksiin. Tulokset eivät ole kaikissa tapauksissa olleet yksiselitteisiä, kun tutkittavien kohteiden ympäristö ja liikenne vaikuttavat tuloksiin. UUMA-materiaalien ympäristövaikutusten seurantaan tarvitaan ohjeistusta, jota noudattamalla saadaan luotettavia tuloksia ja jota on mahdollista soveltaa tulevaisuuden pilottihankkeissa.
- Kerrosstabiloinnin mahdollisuuksia on hyödynnettävä: Kerrosstabilointi sivutuotteita hyödyntäen on kehittynyt työmenetelmiltään ja sideaineratkaisuiltaan. UUMA-inventaarissa tarkastellut kohteet antavat yksiselitteistä tietoa kerrosstabilointi rakenteen lujuuden pitkäaikavälin paranemisesta ja toisaalta lujuuden säilymisestä erityisesti lentotuhkaan, masuunikuonaan ja kipsiin perustuvilla sideaineresepteillä.

Tutkimus- ja kehityshankkeisiin sekä pilotti- ja koerakentamiseen liittyviin kokemuksiin perustuen on voitu vakuuttua siitä, että teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat massiiviset UUMA-rakenteet sisältävät keskimäärin 30 % vähemmän luonnon kiviaineksiä kuin teknisesti vastaavat murskerakenteet. Kerrosstabiloinnissa voi luonnon kiviainesmassojen säästö olla 80–90 %. Murskeen vaihtoehtona käytettävien teollisuuden sivutuotteiden ja muiden UUMA-materiaalien saatavuus ja kuljetusmatkat sekä tarvittava kuljetusten määrä vaikuttavat merkittävästi siihen, onko niiden käyttö taloudellisesti järkevää. Perinteisessä rakentamisessa raskaimmat kustannustekijät liittyvät kiviainekseen, kuten murskeen, tuotantoon ja kuljetuksiin.

UUMA-materiaalien ja -rakenteiden inventaarin yhteydessä on suunniteltu ja käynnistetty hankkeita, kuten

- Pirkanmaalla Hämeen tiepiirin "Pirkanmaan UUMA" kuitutuhkan tuotekehittämistä varten (metsäteollisuuden tuhkat). Rakentaminen käynnistyy kesällä 2009.
- Keski-Suomen tiepiirin "Keski-Suomen UUMA" tuhkamateriaalien, ml. kuitutuhkan tuotekehittämiseksi (metsäteollisuuden tuhkat). Rakentaminen syksyllä 2008.
- Kuusankosken kaupungin katurakennushankkeita, joissa hyödynnetään tuhkia. Rakentaminen syksyllä 2008.



# 3 Heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostaminen – moreeni tehokkaaseen hyötykäyttöön

*Leena Korkiala-Tanttu, Pöyry Infra Oy, Paula Eskola, Motiva Oy, Markku Juvankoski, Harri Kivikoski & Markku Kiviniemi, VTT*

3.1

## Johdanto

Ympäristöministeriön UUMA-kehitysohjelman HUUMA-projektissa tutkittiin heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostamista.

Infrarakentamisessa käsitellään ylijäämämassoina merkittäviä määriä teknisesti heikkolaatuisia luonnonmateriaaleja kuten routivia moreeneja ja silttejä. Näiden materiaalien hyötykäyttö on vaikeaa tai ainakin työlästä ja sitä pidetään kalliina, mistä syystä massat valtaosin kuljetetaan niille tarkoitetuille läjitysalueille. Heikkolaatuisten materiaalien tehokkaamman käytön esteenä on toistaiseksi ollut parempilaatuisten materiaalien suhteellisen helppo saatavuus ja edullinen hinta. Tällä hetkellä alkaa kuitenkin jo paikoitellen olla puute hyvälaatuisista murske- ja luonnonmateriaaleista. Toisaalta myös heikkolaatuisten materiaalien läjitykseen soveltuvista kohteista erityisesti pääkaupunkiseudulla on kova pula.

Tämän työn tavoitteena oli selvittää ja edistää heikkolaatuisten materiaalien hyötykäyttömahdollisuuksia parempilaatuisten materiaalien korvaajana. Hyötykäytöllä voidaan pienentää materiaalien läjitystarvetta ja vähentää kuljetettavien massojen määriä. Massojen paikalla hyödyntäminen säästää myös kustannuksia ja vähentää kuljetuksista aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Tutkimus keskittyi erityisesti moreeniin. Moreeni on Suomen yleisin maalaji ja sitä tavataan ympäri koko maata. Moreeni on parhaimmillaan erittäin kantava ja pitkäikäinen materiaali, mutta sen laatua heikentävät tyypillisesti suuret kivet ja korkeahko hienoainespitoisuus, josta aiheutuu olosuhdeherkkyyttä.

Tutkimus käynnistyi syksyllä 2006 ja se päättyi 31.9.2008. Tutkimuksessa tehtiin yhteistyötä myös muiden UUMA-ohjelman projektien kanssa. Tutkimuksen pilotkohteena oli Vuoreksen aluerakentamiskohde Tampereella. Vuores-projektin yhdyshenkilönä toimi Sakari Koivisto Tampereen kaupungilta ja kohteen suunnittelijoina Pentti Häkkinen ja Petri Tyynelä Ramboll Tampereelta. Lisäksi tutkimuksessa tehtiin yhteistyötä myös Metso Mineralsin, Heikki Onnisen (Destia) sekä Ilkka Vertaisen (Megawatti Oy) kanssa.

VTT:llä vastuullisena johtajana toimi tutkimuspäällikkö Matti Kokkala 31.12.2006 asti, jonka jälkeen Eva Häkkä-Rönholm. Projektipäällikkönä toimi Markku Tuhola 31.12.2006 saakka ja siitä eteenpäin Leena Korkiala-Tanttu. Tutkijoina olivat Harri Kivikoski, Markku Juvankoski, Markku Kiviniemi, Paula Eskola sekä Rainer Laaksonen. Tutkimuksen valmisteluun osallistuvat lisäksi Pasi Vahanne ja Jouko Törnqvist.

Työn ohjausryhmä koostui sen rahoittajista. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Tuomo Kallionpää (Tiehallinto) sekä jäseninä Markus Alapassi (Ympäristöministeriö), Risto Laaksonen (Tampereen kaupunki), Arto Hovi (Ratahallintokeskus), Juhani Ilmonen (Skanska Infra), Valto Tikkanen (Hyvinkään Tieluiska Oy) sekä Veli-Matti Uotinen (Helsingin kaupunki). Muuna asiantuntijana ohjausryhmässä toimi Jouko Törnqvist VTT:ltä.

Työssä mukana olleet tahot edustivat laajasti eri tehtävissä toimivia henkilöitä. Tällä kokoonpanolla varmistettiin projektin teoreettinen osaaminen ja käytännön kokemus.

### 3.2

## Aineisto ja menetelmät

Ympäristöministeriön UUMA-kehitysohjelman HUUMA tutkimuksessa keskityttiin moreenin hyötykäytön tehostamiseen. Moreenin hyötykäyttöä on tutkittu ajoittain eri tutkimuksissa, mutta toistaiseksi hyötykäyttö ei ole yleistynyt. Tässä tutkimuksessa ongelmaa lähestyttiin uudelta näkökannalta: Tutkimuksessa selvitettiin käytössä olevien moreenikoerakenteiden toimivuutta sekä etsittiin mallinnuslaskelmien kautta uusia tapoja käyttää moreenia. Samalla kartoitettiin myös uusimmat jalostus- ja käsittelymenetelmät. Tutkimuksessa etsittiin myös tietoa hyödyntämisellä saavutettavista taloudellisista ja ympäristöllisistä eduista.

Moreenin käytön vaikutukset arvioitiin vertailurakenteilla. Vertailurakenteina käytettiin tieliikenteen, kevyenliikenteen ja piharakenteiden vaihtoehtoisia toteutuksia siten, että rakenteissa on hyödynnetty **lievästi routivaa moreenia esim. soraista hiekkamoreenia**. Sen lisäksi vertailtiin tierakenteita, joissa pohjamaana olevaa moreenia oli käsitelty eri tavoin. Eri vertailurakenteiden tuotannollisia seikkoja, taloudellisuutta, ympäristövaikutuksia ja toimivuutta vertailtiin keskenään laskennallisesti.

Eri materiaalien käytöstä aiheutuvien ympäristövaikutuksen selvittämisessä käytettiin Meli-ohjelmaa. Vertailurakenteiden toimivuutta arvioi konsultilla vahvistettu tutkimuksen projektiryhmä. Toimivuusvertailu oli luokittelevaa. Toimivuuden osatekijöiksi valittiin routanousun kokonaismäärä, vaurioriski epätasaisella routanousulla, olosuhdeherkkyys työn aikana, tiivistyvyys, väsymisherkkyys, herkkyys pysyville muodonmuutoksille (urautuminen), kevätkantavuus sekä mahdolliset ongelmat kaivutöissä kunnossapidossa.

Tutkimuksessa vertailtiin myös tutkimuksen pilot-kohteeksi valitun Vuoreksen alueella olevan piharakenteen toteuttamista vaihtoehtoisesti joko perinteisillä materiaaleilla tai moreenia käyttäen. Vertailu tehtiin kustannusten ja ympäristövaikutusten osalta.

Moreenin käytön lisäämismahdollisuuksia ja jalostetun moreenin ominaisuuksien arvottamista selvitettiin asiantuntijakyselyllä. Projektin ohjausryhmän jäsenistä ja tutkijoista koostuvalle ryhmälle esitettiin kysymyksiä sekä jalostamattoman moreenin käytön lisäämismahdollisuuksista että jalostetun moreenin käytön lisäämismahdollisuuksista. Näihin kysymyksiin vastaukset annettiin asiantuntijan roolissa. Lisäksi kysyttiin jalostetun moreenin ominaisuuksien arvottamisesta. Tähän kysymykseen vastattiin hankkijan roolissa. Kysely toteutettiin AHP-tekniikalla. Keräämällä kaikkien vastaajien tulokset muodostettiin kollektiivinen mielipide siitä, missä materiaalien käyttöä jalostamattomana ja jalostettuna voidaan lisätä ja mitkä ovat jalostetun moreenin merkittävimmät ominaisuudet. Vastausten avulla luotiin myös käsitys jalostamisella saavutettavissa olevasta lisäkäyttöpotentiaalista.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### Jalostus- ja käsittelyprosessit ja niiden soveltuvuus

Kiviainesten jalostus- ja käsittelymenetelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen luokkaan: mekaaniset, kemialliset ja nämä yhdistävät menetelmät. Mekaaniset menetelmät pyrkivät parantamaan materiaalien ominaisuuksia muuttamalla niiden rakeisuutta seulomalla, kuivaamalla, murskaamalla, karkean kiviaineksen lisäyksellä tai hienoaineksen poistamisella pesemällä. Kemiallisilla eli erilaisilla stabilointimenetelmillä pyritään kasvattamaan materiaalien lujuutta ja jäykkyyttä sekä vähentämällä olosuhdeherkkyyttä (kosteus, routa). Käytettävät sideaineet voivat olla hydraulisia tai bitumisia. Ne voivat olla myös erilaisia materiaalien käsittelyaineita.

Tienrakennusta silmälläpitäen moreenin ominaisuuksia voidaan selvästi parantaa vähentämällä hienoainespitoisuutta mekaanisesti tai kemiallisesti (stabilointi). Hienoainespitoisuutta vähentämällä voidaan routivasta moreenista tehdä routimatonta ja samalla lisätä moreenin kantavuutta ja sen pysyvyyttä märkänä. Mekaanisessa jalostuksessa pyritään saamaan moreenille haluttu raekokojakautuma.

Moreenin jalostuksessa **erottelu** voidaan toteuttaa välppäyksellä, seulonnalla tai pesulla. Erottelulla käsiteltävästä kiviaineksesta poistetaan joko liian suuret kivet tai ylimääräinen hienoaines. Erotettaessa karkein kiviaine pois, lisätään hienoaineksen määrää ja vastaavasti eroteltaessa hienoaines pois lisätään karkean aineksen määrää. Usein eri erotusmenetelmiä yhdistetään toisiinsa halutun lopputuloksen saavuttamiseksi (Tielaitos 1993).

Materiaalien **sekoituksella** voidaan muuttaa moreenin raejakautumaa. Sekoituksen lähtökohtana on, että sekoituksessa saatavan materiaalin ominaisuudet ovat paremmat kuin kummankaan lähtömateriaalin. Yleensä kahden ainesosan sekoittaminen on riittävä. Käytettäviä sekoitusyhdistelmiä ovat mm. moreeni ja sora, moreenimurske ja soramurske, moreenimurske ja kalliomurske. Jos käytettävissä on sopivia materiaaleja, on sekoitus taloudellinen tapa muuttaa materiaalin rakeisuutta (Tielaitos 1993).

Sekoitus voidaan tehdä paikan päällä sekoittamalla joko erilaisilla sekoituslaitteilla (vrt. stabiloinnin sekoituskoneet, joissa pyörivät terät sekoittavat). Yksinkertaisimmillaan sekoitus voidaan tehdä kaivinkoneen kauhalla, mutta tällöin sekoitustyön laatu saattaa vaihdella merkittävästi. Sekoitus voidaan tehdä aumasekoituksena, jolloin materiaalit levitetään kerroksittain ja sekoitetaan paikalla. Parhaimman tuloksen saa, kun sekoitus yhdistetään esimerkiksi seulontaan vuorotellen materiaaleja. Tämä voi heikentää jonkin verran seulonnan tuottavuutta, koska läpimenevän materiaalien osuus kasvaa. Tällöin materiaalit on kuitenkin kuljetettava jonnekin käsittelyalueelle.

Hyvissä olosuhteissa moreenin **murskaus** onnistuu kaikenlaisilla murskaamoilla. Moreenin korkea hienoainespitoisuus ja moreeniesiintymän liian suuri kosteuspitoisuus tuottavat vaikeuksia kaikille murskaamotyypeille ja alentavat tehoa ja nostavat lopputuotteen hintaa. Kokemusten mukaan murskaus vaikeutuu, jos kosteuspitoisuus nousee yli 6 %:n. Murskauksen työsaavutusta voidaan lisätä liittämällä prosessiin seulontaa ja/tai välppäys ja seulomalla hienoaines aina 50 mm:n raekokoon asti syötteestä ennen murskausta. Tällä tavoin lisätään etumurskaajan kapasiteettia, estetään murskaimen tukkiutumista ja vähennetään murskaimen leukojen kulumista (Suni & Salmenkaita 1996).

**Stabiloinnilla** saadaan aikaan maa-aineksen karkeutumista ja rakeiden osittaista kiinnittymistä. Stabiloinnin avulla maa-aineksen kantavuus paranee ja routivuus vähenee. Stabilointiaineena voidaan käyttää sementtiä, bitumia, kalkkia ja masuunihiekkää. Sementtiä ja bitumia käytetään karkeahkon, vain jonkin verran hienoaines-

ta sisältävän maa-aineksen stabilointiin. Kalkkistabilointia soveltuu taas parhaiten hienon, silttisen maa-aineksen stabilointiin. Pienillä sideainepitoisuuksilla (1–3 %) voidaan parantaa moreenin stabiilisuutta ja pienentää routivuutta. Kantavuutta lisättäessä tulee käyttää suurempia sideainepitoisuuksia kuin edellä. Käytännössä lujittamiseen tarvittava sideainemäärä vaihtelee sementtistabiloinnissa 4–7 %, kalkkistabiloinnissa 4–12 % ja bitumistabiloinnissa 3–5 %. Stabiloinnin avulla saatua materiaalia voidaan käyttää tien kaikissa rakennekerroksissa, paitsi ei pysyvänä kulutuskerroksena. Sementti- ja bitumistabiloidut moreenit soveltuvat hyvin jakavaksi ja kantavaksi kerrokseksi vähäliikenteisillä teillä. Alusrakenteeksi kalkkistabiloitu kerros soveltuu hyvin myös vilkasliikenteisillä teillä (Tielaitos 1993).

### 3.3.2

#### Koerakenteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen

Hankkeessa selvitettiin vanhojen moreenikohteiden (4 kpl) ja yhden savikoeohteen pitkäaikaiskäyttäytymistä vaurioinventoinneilla (kaikki kohteet), tasaisuusmittauksilla (moreenikohteet), routanousuvaaituksilla (stabiloidut moreenikohteet) ja pudotuspainomittauksilla (savikohde). Koeohhteiden ikä vaihteli välillä 10–21 vuotta. Moreenikohteista Peera oli rakennettu Arktinen tie -projektissa 1986 (kuva 3) ja kolme TPPT-tutkimusohjelmassa (Tien pohja- ja päällysrakenteet tutkimusohjelma) vuosina 1996–1997. Savikoeohde oli rakennettu ”Massastabiloitujen savien hyötykäyttö katurakenteissa” -projektin yhteydessä vuonna 1997.

Kohteissa oli toteutettu pohjamaan homogenisointia, sen stabilointia joko sementillä tai Finnstabilla, kuivatuksen tehostamista, tiivistämisen vaikutusta sekä lujitteiden käyttöä.

Koerakenteet ovat kaikki toimineet paremmin tai vähintään yhtä hyvin kuin vastaavat vertailurakenteet, joissa toimenpiteitä ei ole tehty.

Pohjamaan homogenisointi (tai tasalaatuistaminen) on menetelmä, jossa pohjamaan kivet poistetaan routimattomaan syvyyteen. Pinta on syytä tiivistää ennen ra-



Kuva 3. Vt 21 Peera. Moreenikoerakenne plv. 30820–30920 keväällä 2007.

kennekerrosten rakentamista. Varsinaista laitteistoa homogenisointiin ei ole kehitetty vaan se on tehty yleensä kaivukoneella. Menetelmää on käytetty alueellisesti. Menetelmä paikalla tehtävänä on edullinen, massataloudellinen ja helppo tapa parantaa rakenteen toimivuutta merkittävästi. Laajempi käyttö helpottuisi, jos menetelmää ja siihen soveltuvia laitteistoja olisi erikseen kehitetty. Myös menetelmän yksityiskoh- taisempi kuvaus ja ohjeistus edesauttaisivat menetelmän käyttöä.

Myös pohjamaan ja heikkolaatuisten rakennekerrosmateriaalien stabilointi pa- rantaa yleensä rakenteiden pitkäaikaista käyttäytymistä. Pohjamaan routivuuden parantamisessa stabilointisyvyys on tärkeämpi kuin sideaineen määrä. Stabilointiin soveltuvia koneita on kehitetty viime aikoina merkittävästi. Menetelmä lisää ympä- ristövaikutuksia, erityisesti sideaineiden valmistuksesta ja kuljettamisesta johtuen. Myös sideaineiden hinnat ovat viime aikoina nousseet, joten menetelmän taloudel- lisuus on heikentynyt. Rakennekerrosten stabilointi voi jonkin verran vaikeuttaa katurakenteiden purkamista ja kerrosten alla olevien mahdollisten putkien korjausta.

Raudoitteiden ja lujitteiden käyttö lisää selvästi rakenteiden käyttöikää ja pienentää niiden vaurioitumista erityisesti heikkolaatuisten materiaalien käytön yhteydessä (Korkiala-Tanttu et al. 2003). Erityisen käyttökelpoisia lujitteet ja raudoitteet ovat silloin, kun halutaan vähentää rakenteiden vaurioitumista halkeilun johdosta. Lujit- teiden ja raudoitteiden käyttö rakenteissa haittaa kuitenkin putkistojen korjaustöitä, joten niitä ei suositella katurakenteisiin. Jos lujitteita käytetään lähellä rakenteen pintaa, myös uudelleen päällystäminen voi olla ongelmallista.

### 3.3.3

#### Moreenin laskennallinen käyttäytyminen tierakenteissa

Uudet InfraRYL ohjeet mahdollistavat ns. märkien materiaalien käytön yhdessä kui- vatuskerrosten kanssa tierakenteissa (Rakennustieto 2006). Laskennallisilla tarkas- teluilla oli tavoitteena selvittää kuivatuskerrosten sijoittamisen vaikutus näissä ns. sandwich-rakenteissa, jossa jakavan kerroksen materiaalina on käytetty moreenia. Tarkastelut tehtiin seosmoreenille (kantavan kerroksen materiaali oli yhdistetty ja- kavan kerroksen moreeniin) sekä pohjamaana olleelle moreenille.

Tarkastelujen perusteella seosmoreenin alle tehtävä kuivatuskerros alentaa kaut- taaltaan perusmaan pinnan vesipitoisuutta noin 0,5 metrin paksuisessa kerroksessa. Vaikutussyvyys riippuu luonnollisesti pohjavedenpinnan sijainnista ja vaihtelusta. Tien keskilinjalla vesipitoisuuden alentuminen on noin 7 tilavuus%-yksikköä.

Moreenikerroksen keskiosan kuivatuskerros pienentää sekä sen yläpuolisen että alapuolisen kerroksen vesipitoisuutta. Tien keskilinjalla vesipitoisuuden alentumi- nen yläpuolisen kerroksen alaosassa on noin 8 tilavuus%-yksikköä ja alapuolisessa kerroksessa noin 4 tilavuus%-yksikköä.

Vaakasuuntaisista kuivatuskerroksista on hyötyä myös muiden laadullisten seik- kojen suhteen. Ne pienentävät rakennusvaiheessa materiaalien olosuhdeherkkyyttä jonkin verran ja mahdollistavat kerrosrakenteen nopeamman kuivumisen sekä ra- kentamisen että käytön aikana.

Jos kantavan kerroksen soramurske on lajittunutta, muodonmuutosmoduulien ero voi enimmillään olla eri vesipitoisuuksien välillä luokkaa 80 MPa. Kantavassa kerroksessa tämä heijastuisi noin 7 %:n suuruisena erona kantavuudessa. Kantavan kerroksen soramurskeen moduulin ollessa 320 MPa kantavuus on 228 MPa ja mo- duulilla 240 MPa 212 MPa.

Laskennallisten tarkastelujen perusteella erilaisilla kuivatusratkaisuilla voidaan jonkin verran vaikuttaa rakenteen sisältämään vesimäärään, mutta vaikutukset sinäl- lään esimerkiksi routanousun suuruuteen ovat vähäiset, koska moreeni materiaalina on niin dominoiva rakenteen kosteuskäyttäytymisen suhteen.

Kuivatusratkaisuilla saadaan tien poikkisuuntaista kantavuutta tasoitettua merkittävästi kantavan kerroksen kosteustilan kautta. Kantavan kerroksen alle tehtävä suodatinkerros yhdessä luiskaan tehtävällä vinokuivatuskerroksella pienentää ja tasoittaa paitsi kantavan kerroksen vesipitoisuuden myös seosmoreenikerroksen vesipitoisuutta. Nämä parantavat rakenteen homogeenisuutta ja vähentävät herkkyyttä ilmastorasitusta vastaan.

#### 3.3.4

### Vuoreksen pilot-kohde

Vuores sijaitsee Tampereen ja Lempäälään rajalla ja on niiden yhteinen aluerakentamiskohde. Vuores on suurimpia kaupunkirakentamishankkeita Suomessa 2000-luvulla. Alueelle rakennetaan suunnitelmien mukaan vuoteen 2015 mennessä asunnot yli 13 000 asukkaalle ja toimitilat 3 000–5 000 työpaikalle.

Vuoreksen alueella tullaan käsittelemään yhteensä yli 1,5 milj. m<sup>3</sup> maa-aineksia ja varovaisestikin arvioituna ylijäämämassojen määrä tulee kohoamaan lähelle miljoonaa m<sup>3</sup>. Vastaavasti alueelle joudutaan tuomaan rakennekerrosmateriaaleja noin miljoonan m<sup>3</sup> verran. Alueelle suunniteltiin maapankkitoimintaa, jotta koko alueella kuljettavien massojen määrä vähenisi merkittävästi. Maapankkijärjestelmä suunnitellussa muodossaan kariutui kuitenkin vuoden 2008 alussa.

HUUMA-projektin tavoitteena oli kehittää menetelmiä heikkolaatuisten maamateriaalien hyötykäytön tehostamiseksi alueella yhdessä Vuores-projektin ja alueen konsultin (Ramboll Finland Oy) kanssa. Tehtävänä oli yhdessä arvioida mahdollisuuksia hyödyntää ja jalostaa ylijäämämateriaaleja sekä aikataulullisesti ja tilankäytöllisesti. Tehtävänä oli myös arvioida jalostusmenetelmien käytöstä aiheutuvat hyödyt sekä ympäristön, toiminnallisuuden että kustannusten osalta.

Mäyränmäen alueella tehtyjen pohjatutkimusten mukaan alueen leikkausmassoista pääosa on savista silttiä ja laihaa savea. Myös liejuisia silttejä havaittiin. Palkkionmaankadun alueella oli myös jonkin verran moreenia, joka on pääosin soraista hiekkamoreenia. Moreenin kivisyttä on vaikea arvioida, koska kairauksissa on vain muutamia mainintoja kivistä. On todennäköistä, että maakerroksissa on yksittäisiä kiviä ja jopa lohkareita.

Mäyränmäen alueen katusuunnitelmien perusteella alueen moreenia voisi hyödyntää jalostamattomana alueen sekalaisissa täytöissä, meluvälleissä sekä luiskatäytöissä. Erityisesti, jos moreenista poistetaan ylisuuret kivet, on se varsin käyttökelpoista. Jalostettuna moreenia voitaisiin käyttää esimerkiksi alueiden kevyenliikenteen väylien täytöissä sekä niiden kerrosrakenteissa. Lisäksi moreenia voitaisiin sijoittaa tonttien piharakenteisiin. Jalostusmenetelmiksi soveltuvat mahdollisen murskauksen lisäksi karkean kiviaineksen lisäys.

Vuores-pilotissa tuli esille monia heikkolaatuisten materiaalien hyötykäytön esittä tai ongelmia, joihin hyötykäyttösuunnitelmat helposti kariutuvat. Tässä tapauksessa esiin nousivat erityisesti lupakäytännöt, niihin ja kaavoituksiin liittyvät valituskierrokset, aikataulu- ja varastointitilakysymykset, kilpailuttamisvaatimukset, ympäristöllisten ja taloudellisten kannustimien puute sekä se, että heikkolaatuisten materiaalien jalostamisen työtekniikoita, tuotteita tai menetelmiä ei ole tuoteistettu. Muita syitä ovat myös riskien jakamisen periaatteiden puuttuminen.

Aluerakentamiskohteissa merkittävä asia valmisteluvaiheessa on kaavoituksen ja lupien hankinnan hallinta. Kohteiden kaavoista valitetaan helposti ja usein valitusten käsittely kiertää kaikki oikeusasteet, jolloin päätöksenteko siirtyy epämääräiseen tulevaisuuteen. Aluerakentamiskohteissa ongelmana on lisäksi, että alueella on yhtä aikaa monta toimijaa rakentamassa eri tontteja ja katu- yms. rakennuskohteita. Jokaisella toimijalla on omat tapansa hoitaa massatalouttaan ja materiaalien hankinta perustuu omiin maanottopaikkoihin tai omiin hankintaverkostoihin. Jokainen yksit-

täinen toimija optimoi omaa osaprojektiaan erityisesti taloudellisuuden kannalta, eikä tästä helpolla synny koko alueen yhteistä hyvää tavoittelevaa tulosta. Massatalouden kokonaisuuden hallintaan tarvitaan siis uusia ja riittävän ohjaavia tekijöitä. Näitä ohjaavia tekijöitä voisivat olla mm. maanvastaanottoaika- ja hintataso, erilaiset jäteveromaksut sekä tarjouspyyntövaiheessa esitetyt vaatimukset, ympäristövaikutusarvioinnit tai suositukset massojen käsittelylle.

Tässä pilotissa suunnitellulla massapankkijärjestelmällä olisi ollut hyvät mahdollisuudet hallinnoida Vuores-alueen massoja. Suunnitelma kaatui kuitenkin Tampereen kaupungin päätökseen kilpailuttaa koko alueen katurakennusurakat. Julkiselta sektorilta lain mukaan edellytetty kilpailuttaminen siis rajoittaa tällaisten julkisen sektorin alaisuudessa toimivien, ei voittoa tavoittelevien massapankkiorganisaatioiden syntymistä. Vaihtoehtona voisi olla tarjota tätä toimintaa yksityiselle sektorille, mutta se edellyttää maanvastaanottoaikoiksi soveltuvien alueiden tarjontaa.

### 3.3.5

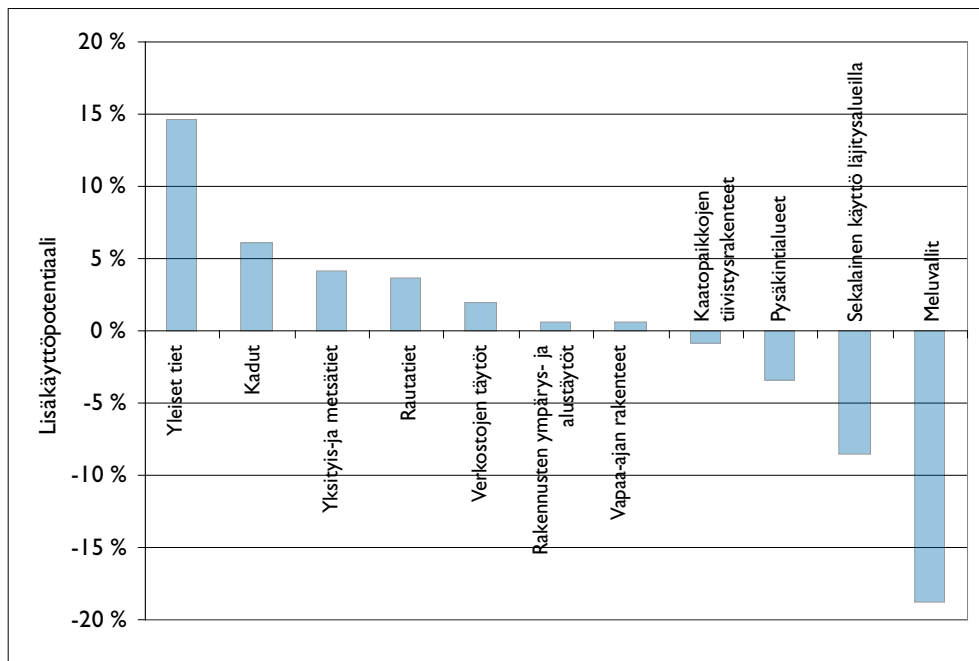
#### Vertailurakenteiden taloudellisuus, ympäristövaikutukset ja toimivuus

Eri vertailurakenteiden tuotannollisia seikkoja, taloudellisuutta, ympäristövaikutuksia ja toimivuutta vertailtaessa moreenirakenteet osoittivat olevansa sekä tierakenteissa, kevyen liikenteen väylissä että piharakenteissa kustannustehokkaita, toimivia ja ympäristöystävällisempiä kuin tavanomaisesti käytetyt murskerakenteet. Toimivuudeltaan vähintään samanvertaisiksi arvioidut teräsverkon sisältävät rakenteet, joissa moreenia oli käytetty jakavassa kerroksessa, olivat noin 10 % edullisempia kuin vastaavat murskerakenteet.

### 3.3.6

#### Moreenin jalostamisen lisäkäyttöpotentiaali

Projektin ohjausryhmän jäsenistä ja tutkijoista koostuvalle joukolle esitettiin kysely sekä jalostamattoman moreenin käytön lisäämismahdollisuuksista että jalostetun moreenin käytön lisäämismahdollisuuksista. Tulosten mukaan moreenin jalostus-



Kuva 4. Moreenin jalostuksella saavutettavissa oleva lisäpotentiaali.



sella sen käyttöä on lisättävissä eniten yleisillä teillä, lähes 15 %-yksikköä, eli käyttömäärät ovat yli kaksinkertaistettavissa. Kaduissa ja yksityis- ja metsäteissä lisäys on noin 5 %-yksikön luokkaa, eikä lisäys rautateissäkään jää paljoo näiden alle. Kuvassa 4 on esitetty arvioidut jalostetun moreenin käytön lisäämismahdollisuudet.

3.4

## Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ja edistää heikkolaatuisten materiaalien hyötykäyttömahdollisuuksia parempilaatuisten materiaalien (hiekkä, sora, louhe ja kalliomurske) korvaajana. Hyötykäytöllä voidaan pienentää materiaalien läjitustarvetta ja vähentää kuljetettavien massojen määriä. Massojen paikalla hyödyntäminen säästää myös kustannuksia ja vähentää kuljetuksista aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Tutkimuksessa laadittiin ehdotus erityisesti moreenien käyttömahdollisuuksista teiden ja katujen rakennekerroksissa sekä muissa täydyissä. Suomessa on selvästi potentiaalia lisätä moreenien hyötykäyttöä sekä jalostamattomana ja jalostettuina väylärakentamisessa. Arvion mukaan lisäkäyttöpotentiaali olisi noin 15 %:n luokkaa jalostettuna. Toistaiseksi moreenin jalostusyrietykset ovat olleet hajanaisia, eikä menetelmiä ole tuotteistettu tai ohjeistettu. Tämän tueksi tarvitaan laitteisto- ja menetelmäkehittämistä.

Moreenien käytettävyyttä hankaloittaa usein korkea hienoainespitoisuus sekä kivisyys. Moreenia voidaan jalostaa kerrosrakennemateriaaliksi murskaamalla, poistamalla hienoainesta ja kiviä, sekoittamalla karkeampia aineksia ja stabiloimalla sekä pelleteimalla. Käyttökelpoisimmat menetelmät ovat murskaus, sekoittaminen, kivien poisto sekä stabilointi. Näistä paikalla tehtäviä menetelmiä ovat murskaus, sekoittaminen, kivien poisto ja stabilointi. Pohjamaana olevaa moreenia voidaan edullisesti jalostaa homogenisoimalla.

Lievästi routivia moreeneja voidaan käyttää rakennekerroksissa, jos huolehditaan riittävästä kuivatuksesta. Laskennallisten tarkastelujen perusteella erilaisilla kuivatusratkaisuilla voidaan jonkin verran vaikuttaa rakenteen sisältämään vesimäärään ja tasoittaa tien poikkisuuntaista kantavuutta. Näiden rakenteiden käyttöikä voidaan edelleen lisätä asentamalla rakenteeseen myös raudotteita ja lujitteita. Samalla voidaan pienentää rakenteiden vaurioitumista.

Vuoreksen alueella olevia kivisiä, routivia moreeneja voitaisiin hyötykäyttää jalostamattomana alueen sekalaisissa täydyissä, meluvalleissa sekä luiskatäydyissä. Jos moreenista poistetaan ylisuuret kivet, on se käyttökelpoista kohteissa, joissa vaaditaan kantavuutta, muttei ehdotonta routimattomuutta. Toisaalta moreenia käytetään jo nyt näissä rakenteissa, kun vastaaviin rakenteisiin ohjataan alueellisia kaivumassoja. Toiminta ei kuitenkaan ole systemaattista vaan perustuu samanaikaiseen ylijäämämäärän syntyyn ja toisaalta sopivan käyttökohteen rakentamiseen. Tätä moreeniin käyttömuotoa voidaan kuitenkin lisätä parantamalla alueellisten maapankkien ja tiedonvälityksen toimintaa.

Vuoreksen moreenin kivistä ja lohkarista osa on suhteellisen suurikokoista, joten ne saattavat tarvita rikottamista tai jopa räjäyttämistä ennen käyttöä. Jalostettuna tätä moreenia voitaisiin käyttää esimerkiksi kevyenliikenteen väylien täydyissä sekä niiden kerrosrakenteissa. Lisäksi moreenia voitaisiin sijoittaa tonttien piharakenteisiin. Jalostusmenetelminä tulevat kyseeseen murskaus, hienoaineksen poisto (varauksella) sekä sekoitusta toisiin materiaaleihin. Sekoittamisella voidaan saavuttaa jopa kantavan kerroksen materiaalivaatimukset täyttävää materiaalia. Nämä jalostustoimenpiteet vaativat erillistä jalostus- tai käsittelyaluetta.



Kustannuksia, toimivuutta, tuotantotekniikkaa ja ympäristökuormituksia vertailtaessa moreenirakenteet osoittivat olevansa sekä tierakenteissa, kevyen liikenteen väylissä että piharakenteissa kustannustehokkaita, toimivia ja ympäristöystävällisempiä kuin tavanomaisesti käytetyt murskerakenteet. Toimivuudeltaan vähintään samanvertaisiksi arvioitua teräsverkon sisältävät rakenteet, joissa lievästi routivaa moreenia oli käytetty jakavassa kerroksessa, olivat noin 10 % edullisempia kuin vastaavat murskerakenteet. Moreenirakenteet ovat erityisen kilpailukykyisiä alueilla, jossa on käytettävissä lievästi routivaa pienehkön jalostustarpeen vaatimaa materiaalia.

Tärkein käytön este tutkimuksessa esitetyille moreenia sisältäville maarakenteille on käyttökokemuksen puute ja toimivuusriskit. Koska maarakenteiden käyttöikä on pitkä, ei niihin liittyviä pitkäaikaisia riskejä haluta ottaa. Ilman tilaajien ja urakoitsijoiden luottamusta rakenteiden toimivuuteen, ei moreenin todellista hyötykäyttöä voida merkittävästi lisätä, vaan lisäystä voidaan saada vain toissijaisissa käyttökohteissa. Toimivuuden osoittaminen käytännön alan toimijoille edellyttää koerakentamisen toteuttamista sekä kohteiden pitkäaikaista koordinoitua seuranta.

Tutkimuksessa tuli esille myös joitakin muita heikkolaatuisten materiaalien hyötykäytön esteitä tai ongelmia. Tässä tapauksessa esiin nousivat erityisesti lupakäytännöt, niihin ja kaavoitukseen liittyvät valituskierrokset, riskien jakamisen periaatteet, aikataulu- ja varastointitilakysymykset, kilpailuttamisvaatimukset, ympäristöllisten ja taloudellisten kannustimien puute sekä se, että heikkolaatuisten materiaalien jalostamisen työtekniikoita, tuotteita tai menetelmiä ei ole tuotteistettu.

Aluerakentamiskohteissa merkittävä asia valmisteluvaiheessa on kaavoituksen ja lupien hankinnan hallinta. Kaavoitusvaiheessa tulee osoittaa alueet maankäsittelytoiminnoille ja määräaikaiselle varastoinnille. Tämä vähentää merkittävästi toteutusvaiheen lupaongelmia. Toisaalta se asettaa uusia vaatimuksia kaavoitusosaamiselle, jotta näihin liittyvistä virheistä ei aiheudu perusteita kaavavalituksille.

Aluerakentamiskohteissa ongelmana on lisäksi, että alueella on yhtä aikaa monta toimijaa rakentamassa eri tontteja ja katu- yms. rakennuskohteita ja toimijat optimoivat omia osaprojektejaan erityisesti taloudellisuuden kannalta. Tonttien luovutusehdoissa tulisi harkita vaatimuksia osallistua alueellisen massojen käsittelyn järjestelyihin. Näiden vaatimusten tulee koskea myös julkisten alueiden urakointia.

Heikkolaatuisten maa-ainesten jalostamista ja hyötykäyttöä tulee edistää myös urakkakilpailumenettelyillä. Julkisen sektorin tulee siirtyä urakkakilpailuissa kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen valintaan ja ottaa laatutekijöiden pisteytyksessä huomioon luonnonmateriaalien käyttö sekä tarjotun vaihtoehdon edellyttämä kuljetustarve. Toinen vaihtoehto on ohjata toimintaa maamassojen vastaanotomaksuilla tai jäteveroilla, mutta lyhyellä aikavälillä nämä nostavat kustannuksia.

Eräs mahdollisuus hallinnoida paremmin eri alueiden massoja on esirakentaa aluerakentamiskohteita tiettyyn tasoon, jolloin julkinen taho voi ohjata yksityiskohteisemmin raakamaan jalostamista. Tavoitteena olisi siis, että eniten ongelmia ja lupia vaativat maarakentamisen työvaiheet sisältäen maamassojen pääasiallisen käsittelyn (pöly, melu, tärinä) pystyttäisiin hoitamaan keskitetysti.

Vastaavasti kuin tutkimuksessa esitetyistä rakennetyypeistä tulee hankkia käytännön kokemuksia, pitää heikkolaatuisten maa-ainesten jalostusmenetelmiä kehittää käytännön hankkeissa. Moreenin murskausta ja seulontaa sekä sekoitusmenetelmiä ja niihin liittyvää kalustoa tulee testata ja tulokset raportoida laajasti toimialalle.

Tärkein peruste heikkolaatuisten maa-ainesten käytön lisäämiselle on luonnonvarojen säästäminen ja haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen. Yksittäisten teknikoiden kehittämisen lisäksi tarvitaan viranomaisten ja alan muiden toimijoiden sitoutumista ja toimenpiteiden määrittelyä ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi.

## Yhteenveto

Ympäristöministeriön UUMA-kehitysohjelman HUUMA-projektissa tutkittiin heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäytön tehostamista. Tavoitteena oli selvittää ja edistää heikkolaatuisten materiaalien hyötykäyttömahdollisuuksia parempilaatuisten materiaalien korvaajana. Hyötykäytöllä voidaan pienentää materiaalien läjitystarvetta ja vähentää kuljetettavien massojen määriä. Massojen paikalla hyödyntäminen säästää myös kustannuksia ja vähentää kuljetuksista aiheutuvia ympäristövaikutuksia.

Tutkimus keskittyi erityisesti moreeniin. Moreeni on Suomen yleisin maalaji ja sitä tavataan ympäri koko maata. Moreeni on parhaimmillaan erittäin kantava ja pitkäikäinen materiaali, mutta sen laatua heikentävät tyypillisesti suuret kivet ja korkeahko hienoainespitoisuus, josta aiheutuu olosuhdeherkkyyttä.

Moreenin hyötykäyttöä väylä- ja infrarakentamisessa voidaan merkittävästi kasvattaa. Jalostamattomana moreenin käytön lisäämistä pidetään potentiaalisimpina meluvalleissa, kaatopaikkojen tiivistysrakenteissa ja sekalaisessa käytössä. Moreenin jalostuksella sen käyttöä on lisättävissä eniten yleisillä teillä, lähes 15 prosenttiyksikköä, eli käyttömäärät ovat yli kaksinkertaistettavissa.

Hankkeessa selvitettiin vanhojen koerakennuskohteiden pitkäaikais-käyttötymistä. Kohteissa on käytetty pohjamaan homogenisointia, stabilointia sekä lujitteita. Koerakenteet ovat toimineet paremmin tai vähintään yhtä hyvin kuin vertailurakenteet. Kuivatuskerrosten voidaan laskennallisesti osoittaa tasoittavan tien poikkisuuntaista kantavuutta merkittävästi.

Moreenin jalostukseen parhaiten soveltuvat menetelmät ovat murskaus, erottelu, kivien poisto, karkeampien aineiden sekoitus sekä stabilointi. Pohjamaana olevaa moreenia voidaan edullisesti jalostaa homogenisoimalla. Toistaiseksi moreenin jalostusyrietykset ovat olleet hajanaisia, eikä menetelmiä ole tuotteistettu tai ohjeistettu. Tämän tueksi tarvitaan laitteisto- ja menetelmäkehittämistä.

Kustannus-, toimivuus-, tuotanto- ja ympäristökuormituksia vertailtaessa moreenirakenteet osoittivat olevansa kautta linjan kustannustehokkaita, toimivia ja ympäristöystävällisempiä kuin tavanomaisesti käytetyt murskerakenteet. Toimivuudeltaan vähintään samanvertaisiksi arvioidut teräsverkon sisältävät rakenteet, joissa lievästi routivaa moreenia oli käytetty jakavassa kerroksessa, olivat noin 10 % edullisempia kuin vastaavat murskerakenteet.

Tutkimuksessa tuli esille useita heikkolaatuisten materiaalien hyötykäytön esteitä tai ongelmia, joihin hyötykäyttösuunnitelmat helposti kariutuvat. Nyt esiin nousivat erityisesti lupakäytännöt, niihin ja kaavoituksiin liittyvät valituskierrokset, riskien jakamisen periaatteiden puuttuminen, aikataulu- ja varastointilakusymykset, kilpailuttamisvaatimukset, ympäristöllisten ja taloudellisten kannustimien puute sekä se, että heikkolaatuisten materiaalien jalostamisen työtekniikoita, tuotteita tai menetelmiä ei ole tuotteistettu. Massatalouden kokonaisuuden hallintaan tarvittaisiin siis uusia ja riittävän ohjaavia tekijöitä. Ohjaavia tekijöitä voisivat olla mm. lähellä olevien maan-vastaanottoaikkujen hintataso, erilaiset jäteveromaksut sekä tarjouspyynnöissä esitetyt vaatimukset massojen käsittelylle ja ympäristövaikutuksille.

## Lähteet

- Korkiala-Tanttu, L., Kivikoski, H., Rathmayer, H. & Törnqvist, J. 2003. Teräsverkon käyttö tierakenteiden koerakennuskohteissa; synteesi. Helsinki 2003. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 34/2003. 41 s. + liitt. 13 s. ISSN 1457-9871, ISBN 951-803-096-0, TIEH 3200822. <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200822-vterasverkkayttierak.pdf>
- Rakennustieto. 2006. InfraRYL 2006, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet, Helsinki, 621 s.
- Suni, H. & Salmenkaita, S. 1996. Moreenien hyötykäytön edistäminen murskausteknisin keinoin, tien pohja- ja päällysrakenteiden tutkimusohjelma (TPPT) TIEL 3200386 Tielaitoksen selvityksiä 17/1996.
- Tielaitos. 1993. Moreenin jalostaminen. Tielaitoksen selvityksiä 77/1993.

## 4 Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI-projekti)

*Paavo Härmä, Jussi Pokki, Ossi Ikävalko, Arto Pullinen, Jussi Leveinen,  
Lauri Sahala & Mika Räisänen, Geologian tutkimuskeskus  
Pirjo Kuula-Väisänen, Tampereen teknillinen yliopisto*

### 4.1

## Johdanto

### 4.1.1

#### Taustaa

Kiviaineksilla on suuri merkitys yhteiskunnan infrastruktuurin toimivuudelle. Suomessa kiviaineksia käytetään lähes 120 milj. t/vuosi, ja vuosittainen kiviainesten kulutus asukasta kohden laskettuna on siten noin 20 tonnia/asukas. Tonneina mitattuna kiviainesteollisuus on Suomen suurin teollisuuden ala, eikä laajamittaista kiviaineksen käyttöä voida korvata millään muulla materiaalilla. Suomen kiviaineshuolto perustuu pääasiassa useisiin pieniin maa-ainesten ottoalueisiin sekä jonkin verran rakentamisen yhteydessä vapautuviin ylijäämäkiviaineksiin. Kiviainesten käyttö myös lisääntyy ja primääristen kiviainesten saatavuus vaikeutuu suurimpien kasvukeskusten alueilla, ja tämän seurauksena kiviainesten kuljetusmatkat ja liikenteen päästöt kasvavat. Kiviainesten saatavuuden turvaamien ja ottoalueiden jälkikäytön selvitykset ovat yhteiskunnan keskeisiä ratkaisuja vaativia haasteita.

Kasvukeskuksissa rakentamiseen hyvin soveltuvien alueiden määrä pienenee. Rakentaminen siirtyy kasvukeskuksissa yhä suuremmassa määrin maanalaisiin kohteisiin sekä alueille, joilla ei ole kantavia maalajeja. Rakentamisen kaivutöiden, maanrakentamisen ja myös kallion louhinnan yhteydessä muodostuu eri laatuista ylijäämäkiviaineksia, jotka kattavat paikallisesti jopa kymmeniä prosentteja kiviainesten käytöstä. Ylijäämäkiviaines on kiviainesta, joka on jostain tietystä syystä poistettu sen alkuperäiseltä paikalta, vaikka poistetulle kiviainekselle ei siinä yhteydessä välttämättä ole ollut osoitetta käyttötarkoitusta tai lopullista sijoituspaikkaa.

Ylijäämäkiviainesten määrä kasvaa tulevaisuudessa, joten rakentamisen ylijäämäkiviainesten kustannustehokasta hyödyntämistä tulee lisätä. Ylijäämäkiviaineksesta osa soveltuu hyvin käytettäväksi kiviaineksena (lähinnä kalliokiviainekset), mutta osa niistä on läjitettävä, sillä niille ei ole laajamittaista hyötykäyttöä (esim. savet ja siltit). Maanvastaanottoapaikat ovat täyttymässä sekä Uudellamaalla että Pirkanmaalla. Pirkanmaalla ongelman muodostavat etupäässä kalliokiviainekset sekä moreenimaalajit, kun taas pääkaupunkiseudulla suurimpana ongelmana ovat savet. Rakentamisen ylijäämäkiviainekset muodostavatkin suurimman jalostettujen luonnon kiviainesta korvaavien materiaalien ryhmän.

#### 4.1.2

### Rahoitus ja tavoite

Ympäristöministeriön (YM) Ympäristöklusterin UUMA-ohjelmasta (Infrarakentamisen Uusi Materiaalitekniikka) myönnettiin rahoitusta 95 000 euroa ”Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä” -hankkeelle (RAKI). RAKI-hankkeen toteutuksesta vastasivat Geologian tutkimuskeskus (GTK) ja Tampereen teknillinen yliopisto (TTY). Molemmat osapuolet rahoittivat hanketta myös oman työn osuudella (50 %). Projektin työtä valvoi ohjausryhmä, johon kuuluivat Markus Alapassi YM:stä, Hannu Idman GTK:sta, Pia Rämö Infra ry:stä, Pirjo Kuula-Väisänen, TTY:sta ja Paavo Härmä, GTK:sta.

Rakentaminen ja kiviainekset -hankkeessa pyrittiin luomaan toimintamalleja rakentamisessa syntyvien ylijäämäkiviainesten hyötykäytön tehostamiselle. Tähän kuului tärkeänä osana kiviainestermiinaalien kriteerien selvittäminen. Mahdolliset kiviainestermiinaalit käsittäisivät ylijäämä materiaalien vastaanottoa, tilastointia, lajittelua, jatkojalostusta ja varastointia. Kiviaineksen oton lisäksi näillä alueilla voisi olla hyödyntämiskelvottoman ylijäämä materiaalin loppusijoitusta.

RAKI-hankkeen töissä aluksi keskityttiin rakentamisessa syntyvien ylijäämäkivi- ja maa-ainesten nykytilan selvitykseen kyselytutkimuksella. Nykytilaselvityksen jälkeen toteutettiin keskitettyjen kiviaineksen tuotanto- ja käsittelyalueiden elinkaariarviointi Tampereen seudulla. Lisäksi kartoitettiin kyseisten alueiden geologisia reunaehtoja, lähinnä kallioperän rakoilua ja pohjavesiolosuhteita valituilla kohdealueilla Helsingin ja Tampereen seudulla. Lisäksi tehtiin pääosin kirjallisuuteen pohjautuva selvitys kiviainestermiinaalien perustamisen reunaehdoista ja saven käytöstä kallioperän tiivistysmateriaalina.

#### 4.2

### Aineisto ja menetelmät

RAKI-hankkeen tavoitteisiin pyrittiin selvityksillä, jotka kohdistuivat lähinnä ylijäämäkiviainesten nykytilanteen kartoitukseen ja hyötykäyttömahdollisuuksien reunaehto- ja selvittämiseen kyselytutkimuksella (Rekola 2007) (Pokki et al. 2009), erilaisten ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten hyödyntämisen elinkaaritarkasteluun (Helenius 2009) ja kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden eli kiviainestermiinaalien geologisten reunaehto- ja selvitykseen sekä kirjallisuuskatsaukseen saven käytöstä tiivistysmateriaalina.

#### 4.2.1

### Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys

Ylijäämäkiviainesten tilanneselvityksessä hyödyntämisen nykytilaa ja sen kehittämismahdollisuuksia selvitettiin kyselyillä, jotka suunnattiin kuntasektorille, ympäristökeskuksille, maakuntaliitoille ja kiviainesyrityksille. Kyselyihin saatiin yhteensä 60 vastausta. Yksityiskohtaisen selvityksen kohteena olivat pääkaupunkiseutu ja Tampereen seutu. Näissä nopeasti kehittyvissä seutukunnissa kiviaineshuoltoon ja maa-ainesten vastaanottoalueiden sijoitteluun liittyvät ongelmat ovat selkeästi nähtävissä. Kyselyn perustella laadittiin toimenpidesuosituksia, jotka liittyvät hallintoon ja lainsäädäntöön, alueelliseen suunnitteluun ja kaavoitukseen sekä käytännön toimintaan yksittäisillä maanvastaanotto- ja jalostusalueilla. Tulokset on esitetty GTK:n tutkimusraportissa (Pokki et al. 2009). Sen laatimisessa on hyödynnetty Maija Rekolan tekemää kyselyä ja siitä tehtyä diplomityötä TTY:ssä (Rekola 2007).

#### 4.2.2

### Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu

Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten hyödyntämisen elinkaaritarkastelussa perehdyttiin melko perusteellisesti infra-alan elinkaaritarkastelun teoriaan ja problematiikkaan ja tähän mennessä Suomessa tehtyihin tutkimuksiin. Lisäksi käytiin läpi erilaiset ohjelmistot ja pohdittiin niihin syötettävien lähtötietojen saatavuutta ja oikeellisuutta. Työssä tehtiin esimerkkilaskelma Tampereen Sorilan tuotantoalueen käytöstä ylijäämämassojen käsittelyalueena. Työstä on valmistunut TTY:ssä Vesa-Petri Heleniuksen diplomityö (Helenius 2009).

#### 4.2.3

### Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden geologiset reunaehdot

Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden eli kiviainestermiinaalien geologisten reunaehto- ja selvitystyössä valittiin esimerkkialueita tarkempia tutkimuksia varten. Kohdealueiksi valittiin pääkaupunkiseudulta Vantaan Pitkäsuo ja Espoon Kulmakorpi sekä Tampereen seudulta Sorila. Vantaan kohteessa tehtiin tutkimuksina kallioperäkartoitusta, geofysikaalisia tutkimuksia, kairaustutkimuksia, poranreikien videotutkimuksia ja tutkimusreikien slug-testejä sekä vesimenekikokeita vedenjohtavuuskertoimien määrittämiseksi (Ikävalko et al. 2007). Espoon Kulmakorvessa tehtiin kallioperäselvitys kalliokiviainesten ottoalueesta. Työssä tehtiin aluksi lineaarimentti- ja ruhjetulkinta karttatyönä korkeusaineistoon perustuen. Sen jälkeen tehtiin ruhje- ja rakkokartoitus maastossa, jossa selvitettiin kohdealueen pääruhjeet sekä rakuunat ja rakuujärjestelmät. Alueen kivilajit kartoitettiin sekä arvioitiin kallioiden sisältämän kiviaineksen lujuus ja lujuuden mahdolliset vaihtelut. Näiden selvitysten perusteella laadittiin seisminen luotausohjelma merkittävimpien ruhjerakenteiden selvittämiseksi (Lohva et al. 2008 ja Elminen et al. 2008). Myöhemmin tehtiin maatutkausta kallioporareikien ympäristössä (Härmä & Majaniemi 2010) ja samoissa reijissä slugtestejä (Pullinen 2010). Tampereen Sorilassa tehtiin kallion rakoilun mittauksia nykyisen kiviaineslouhoksen ympäristössä ja samoilla alueilla tehtiin myös maatutkausta. Kahdessa pohjavesiputkessa tehtiin slugtestit kallion vedenjohtavuuden määrittämiseksi (Härmä & Majaniemi 2010) (Pullinen 2010).

#### 4.3

### Tulokset

#### 4.3.1

### Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys

Ylijäämäkiviainesten tilanneselvityksessä kuntien arvioit siitä, kuinka suuri osa niiden alueilla muodostuvista kallioperän ylijäämäkiviaineksista ohjautuvat hyötykäyttöön, vaihtelevat välillä 10–100 %. Noin puolet kyselyyn vastanneista kunnista ja alle puolet vastanneista ympäristöviranomaisista ja kiviainesyrityksistä ilmoittivat, että ylijäämäkiviainesten muodostumis- ja käyttömääriä tilastoidaan heidän edustamallaan alueella. Ylijäämäkiviainesten jalostus- ja välivarastointialueiden tarve on huomioitu kaavoituksessa joka kolmannessa kyselyyn vastanneessa kunnassa. Vain kahden vastanneen kunnan ja neljän kiviainesyrityksen alueella on toiminnassa oleva materiaalipankkijärjestelmä.

Kyselytutkimuksen mukaan ylijäämäkiviainesten hyödyntämistä haittaavat eniten operointialueiden puute, toiminnan heikko kannattavuus, eri tahojen asenteet,

lainsäädännössä koetut epäkohdat sekä ongelmat ylijäämäkiviainesten laadussa ja saatavuudessa. Ylijäämäkiviainesten käsittelyalueet tulisi osoittaa maakunnallisessa ja/tai kunnallisessa kaavoituksessa. Nykyisiä lupaprosesseja tulisi selkeyttää ja soveltuvien osin keventää. Tietoutta ylijäämäkiviainesten ja muiden primäärisiä kiviaineksia korvaavien ylijäämämateriaalien hyödyntämismahdollisuuksista tulee lisätä, ja reaaliaikaisia saatavuustietoja välittävä materiaalipankkijärjestelmä tulee saada laajan käyttöön. Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu

Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten hyödyntämisen elinkaaritarkastelu tulokset osoittivat, että ylijäämäkiviaineksen jalostus on sinänsä yhtä elinkaaritehokasta/tehotonta kuin vastaava neitseellisen kiviaineksen jalostus. Säästöjä voidaan saavuttaa lähinnä paluukuljetusten hyödyntämisessä.

#### 4.3.2

### Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu

Elinkaaritarkastelussa todettiin, että käytetty EIMI-arviointijärjestelmän kaltainen menettely on hyödyllinen kiviaineshuollon ympäristövaikutusten arvioinnissa. Saa-duissa tuloksissa kiviainestermiinaalien hyödyt eivät tulleet kovin voimakkaasti esiin. Esimerkkikohteen kaltaisissa tilanteissa kiviainestermiinaaleja käyttämällä voidaan vähentää kiviaineshuollon ympäristövaikutuksia merkittävästi. Olennaiset hyödyt liittyvät säästyneeseen maapinta-alaan, säästyneisiin luonnon raaka-aineisiin ja me-luun sekä muihin alueiden välittömään ympäristöön kohdistuneisiin haittoihin.

#### 4.3.3

### Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden geologiset reunaehdot

Kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden eli kiviainestermiinaalien geologisista olosuhteista selvitettiin lähinnä kallioperän rikkonaisuutta ja pohjavesiolosuhteita. Kaikkien kohteiden kallioperän vallitseva kivilaji on graniittia, Pitkäsuolla rapakivi-graniitti, jonka rakoilun todettiin olevan kohtalaisen tiivistä. Vantaan Pitkäsuolla kallioperän kallionlaatu todettiin harvarakoiseksi, massarakenteiseksi ja tiiviiksi. Sen vedenjohtavuusarvot olivat pieniä. Espoon Kulmakorvessa todettiin kallioperän olevan Vantaan kohdetta rikkonaisempaa, mutta kuitenkin rakoilultaan tavanomais-ta. Ruhjerakoilua todettiin esiintyvän kolmessa suunnassa, jotka olivat lähes pysty-suoria. Näistä rakorakenteista luode-kaakkosuuntaisia voidaan pitää kalliopohjave-den virtausten suhteen huomionarvoisimpina koko alueella. Havainnot viittasivat kuitenkin siihen, että kallioperän rakoilu oli alueella yleensä tiivistä, eikä vettä siten kulje paljon raoissa (Elminen et al 2008).

Tampereen Sorilassa kallion rakojen todettiin olevan louhoksissa ja niiden ympärillä tiiviitä ja kallion massarakenteista, mutta paikoin esiintyi myös rakotihentymiä. Kallioperän rakojen pienistä vedenjohtavuusarvoista johtuen kohteeseen tehtävästä kalliokaivannosta ei ole odotettavissa erityisiä vaikutuksia kallioperän pohjaveteen.

Kiviainestermiinaalien merkittävän sijoitusympäristön muodostaa kallioperä ja siihen louhitut kaivannot, joista kiviaines on otettu hyötykäyttöön ja syntynyttä louhos-ta hyödynnetään ylijäämäkiviainesten käsittelyyn tai loppusijoittamiseen Geologisina reunaehtoina kiviainestermiinaalien kohdealueiden valinnassa ovat tuotettavan kivi-aineksen laatu sekä maa- ja kallioperän ominaisuudet jotka vaikuttavat ympäristövai-kutusten leviämiseen (Härmä et al 2010). Ylijäämämaiden läjitysalueilla käsitellään paljon savea, joten mahdolliseen maa- tai kalliopohjan tiivistämiseen sitä on runsaasti käytettävissä. Kirjallisuusselvityksen mukaan suomalaisia savia on käytetty useissa eri kohteiden tiivistysrakenteissa, mutta suomalaiset savet eivät yleensä sellaisenaan sovellu kaatopaikkojen tiivistämateriaaliksi veden-johtavuutensa vuoksi.

## Tulosten tarkastelua

### Ylijäämäkiviainesten tilanneselvitys

Ylijäämäkiviainesten tilanneselvityksen mukaan niin kiviainesyritykset kuin viranomaisetkin kokevat kiviainesten kierrätykseen liittyvät lupaprosessit raskaiksi ja vaikeaselkoisiksi. Lupaprosesseja tulisi selkeyttää ja osin keventää, jotta ne olisivat kestäväen kehityksen mukaisia ja suosisivat myös ylijäämälouheen hyödyntämistä. Ylijäämäkiviainesten käsittelyalueiden puute haittaa kiviainesten kierrätystä. Käsittelyalueet tulisi nähdä osana toimivaa kiviaineshuoltoa, ja ne tulisi osoittaa kaavoituksessa. Sekä kuntakohtaisia että seudullisia käsittelyalueita tarvitaan.

Ylijäämäkiviainesten muodostumis- ja käyttömäärien tilastointi on vähäistä. Tilastointitavat pitäisi ohjeistaa yhtenäisiksi, ja tietojen kokoamisen tulisi olla jonkun tietyn tahon vastuulla. Ylijäämäkiviaineksien soveltuvuudesta eri käyttökohteissa vallitsee tiedon puute. Reaaliaikaista tietoa ylijäämäkiviaineksien saatavuudesta välittävän materiaalipankkijärjestelmän avulla muodostuvat massat saataisiin ohjattua yhä useammin suoraan niiden käyttökohteisiin. GTK:n kiviainesten tilinpitopalveluun (KITTI) on tarkoitus kytkeä myös ylijäämäkiviainesten sekä louhosten ja kaivosten sivukivien seuranta (<http://www.geo.fi/kitti/>).

Kiviaineshuollon tarpeet on otettava entistä paremmin huomioon lupakäytännöissä sekä maakuntien ja kuntien kaavoituksessa. Tehokkaan kiviaineshuollon järjestäminen edellyttää selkeää vastuutahoa ja ohjattua toimintaa.

### Ylijäämämaa- ja ylijäämäkiviainesten elinkaaritarkastelu

Ylijäämämaa- ja -kiviainesten hyödyntämisen elinkaaritarkastelun tulokset osoittivat myös, että ylijäämäkiviaineksien jalostus on sinänsä yhtä elinkaaritehokasta/tehotonta kuin vastaava primääristen kiviaineksien jalostus. Säästöjä voidaan saavuttaa lähinnä paluukuljetusten hyödyntämisessä. Paluukuljetusten hyödyntämisellä saavutettava säästö ei silti riitä ajokilometreinä laskettuna kattamaan kovin pitkää kuljetusmatkan pidentymää. Paluukuljetusten hyödyntämismahdollisuudet riippuvat tuotannon ja maanvastaanoton kapasiteettien suhteesta, eli kannattavaa olisi pyrkiä mitoittamaan nämä mahdollisuuksien mukaan lähelle toisiaan. Siis samaan paikkaan tulisi sijoittaa mursketuotanto ja ylijäämäainesten vastaanotto.

### Ylijäämäkiviainesten läjitysalueiden geologiset reunaehdot

Vantaan Pitkäsuon kallioperän tiiveydestä johtuen kohteeseen tehtävästä kalliokaiivannosta ei ole odotettavissa erityisiä vaikutuksia kallioperän pohjaveteen. Myös kallioperän kautta kaivantoon tulevat pohjavedet jäävät hyvin vähäisiksi (Ikävalko et al. 2007). Espoon Kulmakorvessa tulosten perusteella kallioulouhinnan ottoalueet muotoiltiin niin, etteivät ne ulotu rikkonaisimman ja ruhjeisimman kallion osa-alueille, ja siten pyrittiin minimoimaan veden tulo louhoksiin kallion louhinnan ja myös louhosten täytön aikana (Tietoja esimerkiksi Kulmakorven YV:stä on sivustossa [www.espo.fi](http://www.espo.fi) (2009)). Tampereen Sorilan kallioperän rakojen todettiin pääosin olevan tiiviitä, mutta paikoin esiintyi myös rakotihentymiä. Mitatut vedenjohtavuusarvot olivat pieniä, mikä kuvastaa ehjää kallioperää.



Kiviainestermiinaalien kallioperätutkimukset tulisi kohdentaa niin, että saadaan käsitys sekä kalliolohkojen että lohkoja mahdollisesti rajaavien vettä johtavien rikkonaisuusvyöhykkeiden ominaisuuksista. Kohteiden kallioperätutkimusten määrä ja käytettävät tutkimusmenetelmät tulee valita ja mitoittaa kohteen geologisen ympäristön ja oletettavien ympäristövaikutusten perusteella. Edullisia tutkimusmenetelmiä ovat kallioperäkartoitus ja monet geofysikaaliset tutkimusmenetelmät, kuten maatumkaus, painovoimamittaukset, seismiset luotaukset ja osin sähköiset menetelmät. Pora- ja kairanrei'issä suoritettavilla vesimenekkimittauksilla ja varsinkin slugtesteillä voidaan arvioida kallion vedenjohtavuutta. (Härmä et al 2010).

4.5

## Johtopäätökset

RAKI-hankkeen tulosten perusteella voidaan esittää seuraavia johtopäätöksiä:

Ylijäämäkiviainesten (kallio- ja maa-ainesten) hyötykäyttöä tulisi edistää primäärisiä luonnonvaroja korvaavina materiaaleina ja samalla vähentää kiviainesjätteen syntymistä. Kaavoituksessa tulisi esittää kiviainestuohtantoon soveltuvia keskitettyjä kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueita, ja näille alueille, erityisesti tärkeillä kiviainesten kulutusalueilla jälkikäyttönä ylijäämämaiden loppusijoitusta.

Tärkeimmillä kiviainesten kulutusalueilla tulisi perustaa keskitettyjä tuotantoalueita eli kiviainestermiinaaleja, joiden valinnassa tulisi huomioida olemassa olevat kiviainesalueet (laajennus/syvennys) sekä muut mahdollisesti toimintaan soveltuvat alueet, joista olisi ympäristön kannalta turvallista ottaa kiviaineksia jopa kymmeniä metrejä pohjaveden pinnan alapuolelta. Kiviainestermiinaalien kohdealueiden soveltuvuuden arvioinnissa olisi tarkasteltava mm. pohjavesiolosuhteita, alueiden logistista sijaintia ja mahdollisia ympäristövaikutuksia.

Kiviainesten ja ylijäämäkiviainesten käytön integrointia olisi parannettava. Voitaisiin laatia suunnitelma kaupallisten ylijäämämassojen hallintojärjestelmien kytkemisestä ympäristöhallinnon ja GTK:n yhteistyönä perustettuun ja rahoittamaan Kiviainesten tilinpitojärjestelmään (KITTI). Tähän tilinpitojärjestelmään voitaisiin esimerkiksi rakennuttajat velvoittaa ilmoittamaan määrättyssä suunnitelmavaiheessa käyttökelpoiset ylijäämä/alijäämä massat. Ylijäämäkiviainesten muodostumis- ja käyttömäärien tiedonhallintaa olisi kehitettävä niin, että tieto tarvittavista ja saatavista aineksista olisi reaaliaikaista.

Jatkotutkimuksina olisi selvitettävä erityisesti kalliokiviainesten syväottomahdollisuuksia ja siihen vaikuttavia tekijöitä, kuten esim. kallioperän pohjavesiolosuhteita ja siihen vaikuttavia kallioperän rikkonaisuusolosuhteita. Tehokkaan kiviaineshuollon järjestäminen edellyttää selkeää vastuutahoa ja ohjattua toimintaa.

4.6

## Yhteenveto

Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä, RAKI-projektia rahoitettiin ympäristöministeriön Ympäristöklusterin UUMA-ohjelmasta. RAKI-hankkeen toteutuksesta vastasivat Geologian tutkimuskeskus (GTK) ja Tampereen teknillinen yliopisto (TTY). Molemmat osapuolet rahoittivat hanketta myös oman työn osuudella (50 %).

RAKI-hankkeen tavoitteisiin pyrittiin selvityksillä, jotka kohdistuivat ylijäämäkiviainesten nykytilanteen kartoitukseen ja hyötykäyttömahdollisuuksien selvittämiseen kyselytutkimuksella, keskitettyjen kiviaineksien tuotanto- ja käsittelyalueiden elinkaariarviointiin ja kiviainesten tuotanto- ja käsittelyalueiden eli kiviainestermiinaalien

geologisten reunaehtojen selvitykseen sekä kirjallisuuskatsaukseen saven käytöstä tiivistysmateriaalina.

Geologisista reunaehdoista kiviainestermiinalien kohdealueiden valinnassa selvitettiin kallioperän rikkonaisuutta ja pohjavesiolosuhteita. Kohteiden kallioperätutkimusten määrä ja käytettävät tutkimusmenetelmät tulee valita ja mitoittaa kohteen geologisen ympäristön ja oletettavien ympäristövaikutusten perusteella. Edullisia tutkimusmenetelmiä ovat kallioperäkartoitus ja monet geofysikaaliset tutkimusmenetelmät.

Elinkaaritarkastelussa kiviainestermiinalien hyödyt eivät tule kovin voimakkaasti esiin, mutta kiviainestermiinaaleja käyttämällä voidaan vähentää kiviaineshuollon ympäristövaikutuksia merkittävästi. Toisaalta tulokset osoittivat, että ylijäämäkiviaineksen jalostus on sinänsä yhtä elinkaaritehokasta/tehotonta kuin vastaava primäärin kiviaineksen jalostus. Säästöjä voidaan saavuttaa lähinnä paluukuljetusten hyödyntämisessä.

Ylijäämämaa- ja -kiviainesten muodostumis- ja käyttömäärien tilastointi on puutteellista, eikä ylijäämämassojen muodostumisen kokonaismääriä tiedetä tarkasti. Ylijäämäkiviainesten hyödyntämistä haittaavat eniten operointialueiden puute, toiminnan heikko kannattavuus, eri tahojen asenteet, lainsäädännössä ja lupakäytännössä koetut epäkohdat sekä ongelmat ylijäämäkiviainesten laadussa ja saatavuudessa. Ylijäämäkiviainesten muodostumis- ja käyttömäärien tiedonhallintaa olisi kehitettävä niin, että tieto tarvittavista ja saatavista aineksista olisi reaaliaikaista. Materiaalipankkijärjestelmän avulla ylijäämäkiviainekset saataisiin ohjattua useammin suoraan niiden käyttökohteisiin. GTK:n kiviainesten tilinpitopalveluun (KITTI) on tarkoitus kytkeä myös ylijäämäkiviainesten sekä louhosten ja kaivosten sivukivien seuranta. Tarkemat koko hankkeen tulokset on esitetty hankkeen loppuraportissa (Härmä et al 2010).

## Lähteet

- Elminen, T., Härmä, P. & Ikävalko, O. 2008. Espoon Kulmakorven kalliokiviainesten ottoalueen kallioperäselvitykset. Geologian tutkimuskeskus. Julkaisematon raportti. 16 s, 2 liitettä, yhteensä 12 s.
- Espoo.fi 2008. Ympäristövaikutusten arviointiselostus liitteineen. [WWW-dokumentti]. Viitattu 8.6.2009. <http://www.espoo.fi/hankkeet/?path=1;28;29;1047;1098;51384;91941;101297>
- Helenius, V-P. 2009. Ylijäämämaa- ja -kiviaineksen elinkaaritarkastelu. Julkaisematon diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 95 s., 5 s. liitteitä.
- Härmä, P., Kuula-Väisänen, P., Pokki, J., Ikävalko, O., Pullinen, A., Leveinen, J., Sahala, L. ja Räisänen, M. 2010. Rakentaminen ja kiviainekset – tuotteita ylijäämästä (RAKI-hanke), Loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti KA33/2010/6. 45 s., liitteitä 1, yhteensä 1 s.
- Härmä, P & Majaniemi, J. 2010. Vantaan Pitkäsuon, Espoon Kulmakorven ja Tampereen Sorilan maatumkaukset ja kallioperän rakoiluselvitykset vuonna 2009. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti KA33/2010/13.
- Ikävalko, O., Leveinen, J., Räisänen, M., Lindberg, A., Hänninen, P. & Pullinen, A. 2007. Vantaan Pitkäsuon täyttömäen luoteisen laajennuksen kalliokaivannon kallioperäselvitykset. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti K21.42/2007/37. 21 s., liitteitä 4, yhteensä 13 s.
- Lohva, J., Airo, M-L. & Säävuori, H. 2009. Kallioperän rakoiluvyöhyketulkinta Espoon Kulmakorven maanlajitusalueelta. Geologian tutkimuskeskus. Julkaisematon raportti. 12 s.
- Pullinen, A. 2010. Slug-testit Tampereen Sorilassa 22.-23.9.2009 ja Espoon Kulmakorvessa 28.9.-1.10.2009. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti P32.4/2010/2. 11 s., liitteitä 8, yhteensä 22 s.
- Pokki, J., Rekola, M., Härmä, P., Kuula-Väisänen, P., Räisänen, M. & Tiainen, M. 2009. Maarakentamisen ja kalliolouhinnan yhteydessä muodostuvien ylijäämäkiviainesten hyötykäytön nykytila Suomessa. The current utilization of leftover aggregates formed by earthworks and bedrock quarrying in Finland. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti, Geological Survey of Finland, Report of Investigation 177, 39 s.
- Rekola, M. 2007. Rakentamisessa syntyvien ylijäämäkivi- ja maa-ainesten hyödyntäminen. Julkaisematon diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 106 s., 16 s. liitteitä.

# 5 Mineralogiset tutkimukset teollisuuden jäännöstuotteiden ja jätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnissa, kehittämisessä ja laadunvalvonnassa

*Hannu Tapani Makkonen, Mikko Angerman, Erika Rova & Pekka Tanskanen, CIRU, Oulun yliopisto*

*Sirkka Koskela, Helena Dahlbo, Tuuli Myllymaa & Anne Holma, Suomen ympäristökeskus*

5.1

## Johdanto

Suomessa syntyy vuosittain noin 2–3,5 Mt energiateollisuuden ja metallien jalostuksen mineraalisia jätteitä, pääasiassa tuhkia ja kuonia. Suomen kokonaisjättemäärä vuonna 2005 oli noin 65,2 Mt (Tilastokeskus 2007) ja mineraalisten jätteiden osuus vastasi tuolloin noin 3,4 % kokonaisjättemäärästä. Teollisten sivuvirtojen hyödyntäminen maarakentamisessa vähentää neitseellisten kiviainesten käyttöä sekä kaatopaikkatilan tarvetta ja on siten tärkeä askel kohti kestävästä kehitystä.

Jäännöstuotteiden ja jätteiden hyödyntäminen edellyttää yleensä materiaalin ympäristökelpoisuuden osoittamista. Tähän on olemassa yleisesti hyväksytyjä toimintatapoja, kuten kemiallisen koostumuksen määrittäminen ja liukoisuustestit. CIRU:a (Centre for Industrial Residual Utilization, Teollisten poisteiden hyötykäytön keskus) edustaneen Oulun yliopiston prosessimetallurgian laboratorion ja Suomen ympäristökeskuksen yhteistyönä toteutetussa Ympäristöklusterin tutkimusohjelman Minerali-hankkeessa ”Mineralogian vaikutus synteettisten maarakennusaineiden liukoisuusominaisuuksiin” (2006–2008) tehtyjen tutkimusten pohjalta ehdotetaan toimintamallia, jonka mukaan teollisten kuonien ja tuhkien sisältämien haitta-aineiden liukoisuutta voidaan tutkia, arvioida ja valvoa mineralogisia tutkimusmenetelmiä hyödyntäen. Tavoitteena on, että liukoisuusominaisuuksia pystyttäisiin myös säätämään optimaaliseksi modifioimalla mineralogiaa.

5.2

## Mineralogisen tutkimuksen perusta ja ympäristökelpoisuus

IMA:n (International Mineralogical Association) mukaan mineraalin yleismääritelmä on: Mineraali on alkuaine tai kemiallinen yhdiste, joka on tavallisesti kiteinen ja joka on syntynyt geologisten prosessien tuloksena (Nickel 1995). Ihmisen toiminnan seu-

rauksina muodostuneet ainekset eivät siis periaatteessa ole mineraaleja ja tarkkaan ottaen näitä pitäisikin kutsua faaseiksi. Kun synteettinen faasi vastaa olemassa olevaa mineraalia, siihen kuitenkin usein viitataan käyttämällä sen mineralogisen vastineen nimeä, mikä on lyhyt ja kätevä esitystapa. Käytäntö on teollisten materiaalien tutkimisessa hyvin yleinen ja esim. metallurgisten kuonien faaseja tutkittaessa puhutaan kuonien mineralogian tutkimisesta ja yleensäkin esim. mineraalisista jätteistä. Myös tässä tekstissä käytetään mineraalitermiä ja mineraalinimiä edellä kuvatulla tavalla.

Materiaalin ympäristökelpoisuutta voidaan arvioida pitoisuusmääritysten ja liukoisuustestien avulla, mutta myös mineralogia on syytä tuntea. Materiaalin mineraloginen karakterisointi yhdistettynä muodostumisprosessin tuntemukseen antaa myös erinomaisen mahdollisuuden muokata materiaalin mineralogian, koostumusta ja rakennetta siten, että halutun kaltaiset liukoisuudet saavutetaan.

Tietyllä mineraalilla on sille ominainen ja pääsääntöisesti toisista mineraaleista poikkeava kemiallinen koostumus sekä fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Yhdessä mikrorakenteen kanssa nämä lopulta määrittelevät mineraaleista koostuvan materiaalin kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Esimerkiksi tietyn kemiallisen komponentin liukoisuus kiinteästä materiaalista voi vaihdella merkittävästi sen mukaan minkä tyyppiseen mineraaliin komponentti on sitoutuneena.

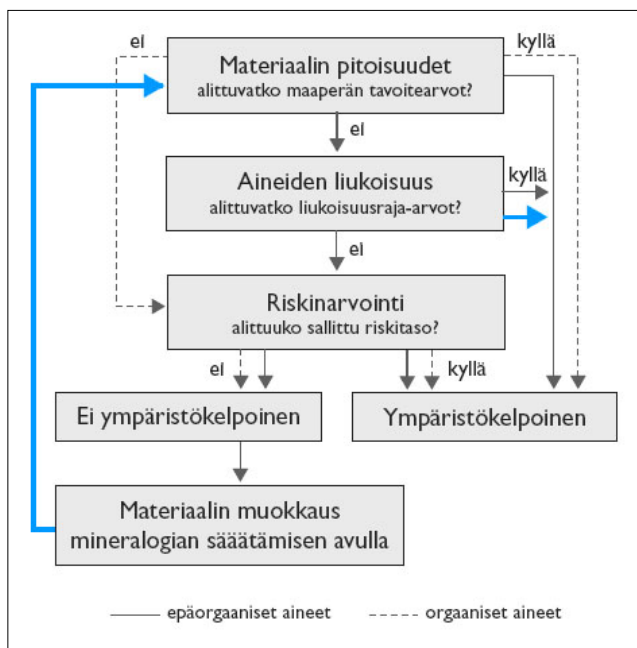
Materiaalin sisältämän metallin ympäristövaikutusten kannalta olennaista ei siis ole ainoastaan metallin kokonaispitoisuus materiaalissa, vaan se, minkälaisia mineraaleja metalli materiaalissa muodostaa. Toisesta mineraalista metalli saattaa liueta herkästi ja toisesta mineraalista sen liukoisuus taas saattaa olla erittäin vähäistä. Liukenemisen voimakkuudesta taas pitkälti riippuu se, miten metalli vaikuttaa ympäristöön eli esim. vesiin, kasveihin ja eläimiin. Mikäli metalli esiintyy mineraalissa, johon se on sitoutunut niin tiukasti, että ei juuri lähde liikkeelle, ei metalli ole korkeintaan pitoisuuksina ympäristön kannalta ongelmallinen. (Makkonen & Tanskanen 2005).

Materiaalin ympäristökelpoisuuden arvioimiseksi on siis usein tärkeää määrittää materiaalin mineraloginen koostumus ja myös mikrorakenne eli tekstuuri. Tällöin saadaan selville, mihin mineraaleihin ympäristön kannalta haitalliset aineet ovat sitoutuneet ja voidaan arvioida niiden liukenemisherkkyttä. Mikrorakennetta tutkimalla taas selviää, onko haitta-ainetta sisältävä faasi esimerkiksi sulkeumina muissa mineraaleissa, jolloin vesi ei pääse yhtä helposti vaikuttamaan siihen.

## 5.2.1

### Ympäristökelpoisuuden arviointi

Jäännöstuotteiden ympäristökelpoisuuden määrittämiseksi on ehdotettu kuvan 5 mukaista hierarkkista, kolmivaiheista menettelytapaa (Sorvari 2000; TEKES 2000), jonka jokaisessa vaiheessa testituloksia verrataan raja-arvoihin. Ensimmäisenä tarkastelun kohteena on materiaalin koostumus. Jos tulos läpäisee koostumukselle annetut raja-arvot, materiaali voidaan sellaisenaan hyväksyä ympäristökelpoiseksi. Jos näin ei kuitenkaan ole, tarvitaan lisätutkimuksina liukoisuustestejä. Myös niiden perusteella materiaali voi saada ympäristökelpoisuuden merkinnän. Liukoisuustesteillä voidaan tutkia materiaalin liukoisuuskäyttäytymistä sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Suosituimpia menetelmiä ovat ravistelutestit ja kolonnitestit eri L/S-suhteilla. L/S-suhde tarkoittaa testissä käytetyn nesteen (Liquid) suhdetta kiinteään materiaaliin (Solid). Materiaalin voi ylittyvistä raja-arvoista huolimatta luokitella ympäristökelpoiseksi: Yleisistä koostumukselle ja haitta-aineiden liukoisuudelle annetuista raja-arvoista voidaan poiketa riskinarvioinnin perusteella, mikäli tulokset osoittavat ettei sijoituksesta aiheudu hyväksyttävän riskitason ylittävää haittaa terveydelle tai ympäristölle (Sorvari 2000). Jäännöstuotteiden käytön riskinarvioinnissa huomioidaan materiaalin ominaisuudet, rakenneratkaisut, sekä sijoitusympäristö. Haittojen tarkastelussa tulee tarkastella koko hyötykäyttökettua (rakentaminen, käyttö ja mahdolliset



Kuva 5. Jäännöstuotteiden ympäristökelpoisuuden määrittelyn tasot (Sorvarin 2000 mukaan) ja materiaalin ominaisuuksien muokkaus mineralogian avulla.

onnettomuustilanteet), jolloin ketjun eri vaiheista aiheutuvat mahdolliset riskitekijät otetaan huomioon.

Mineralogisella säätämällä ympäristökelpvoton aines voi saavuttaa ympäristökelpoisuuden (kuva 5), jos materiaali saadaan mineralogiaa tai rakennetta muokkaamalla muuttumaan esim. niukkaliukoiseksi. Modifioidulle materiaalille tulee tehdä uudet pitoisuus- ja liukoisuusmittaukset.

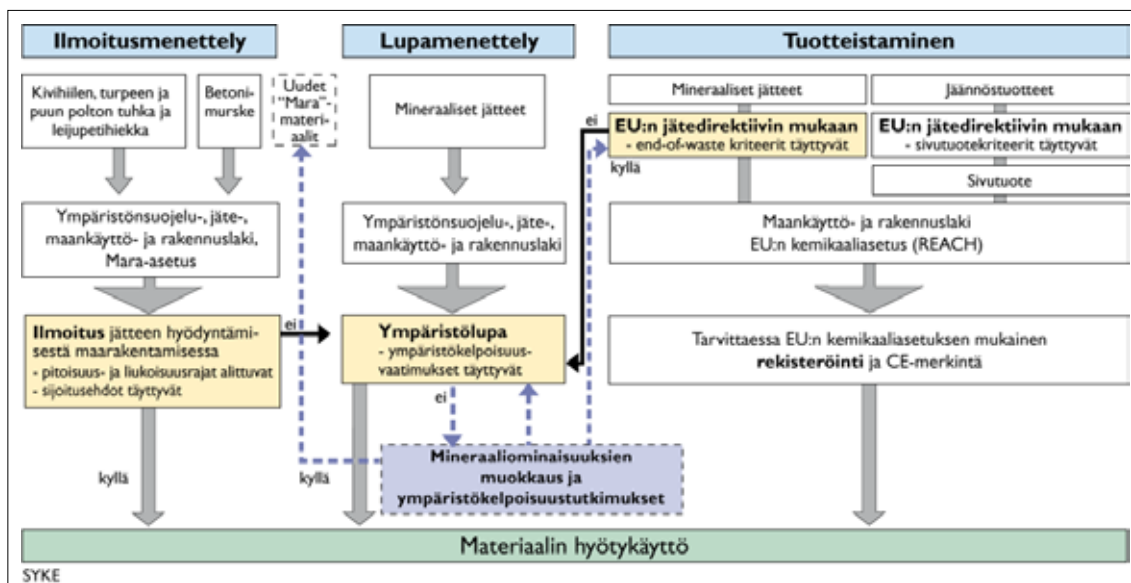
## 5.2.2

### Jäännöstuotteiden ja jätteiden hyödyntämisen toimintalinjat

Yleisenä periaatteena on, että jätteen hyödyntäminen maarakentamisessa tarvitsee ympäristöluvan. Poikkeuksena tästä ovat jätteet, jotka on vapautettu lupavelvollisuudesta erillisellä asetuksella. Teollisten jäännöstuotteiden hyötykäytössä voidaan erottaa kolme erilaista toimintalinjaa (kuva 6).

Maarakentamisen toimialalla kivihilituhkan, turve- ja puutuhkan ja betonimurskeen hyödyntämiseen sovelletaan asetusta eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa, eli ns. Mara-asetusta, VNa 591/2006 (Ilmoitusmenettely). Jos nämä eivät täytä asetuksen vaatimuksia koostumuksensa tai käyttökohteen osalta, eikä niille siten voida soveltaa Mara-asetusta, voidaan niille kuitenkin hakea tapauskohtaista ympäristölupaa. Joidenkin kuonien ja muiden mineraalisten jätteiden hyötykäytölle tarvitaan toistaiseksi aina ympäristölupa, jonka myöntää ympäristölupaviranomainen (Lupamenettely). Kolmantena mahdollisuutena jäännöstuotteiden hyödyntämiseen on tuotteistaminen (Tuotteistaminen), jolloin jäännöstuotteen katsotaan olevan jätteen asemesta tuote ja siihen sovelletaan tuotelainsäädäntöä. Tuotteistamisella pyritään ensisijaisesti saamaan erilaiset aineet ja materiaalivirrat jätelainsäädännön ulkopuolelle. Tuotteistamisen myötä aine tai esine tulee kuitenkin tuotesääntelyn piiriin ja materiaalin valmistukseen ja/tai käyttöön saatetaan soveltaa kemikaalilainsäädäntöä mukaan lukien REACH-asetus.

Materiaalin syntyvän mukaan tuotteistamisessa voidaan erottaa kaksi lähestymistapaa: 1) tuotannon sivu- ja jäännösvirtojen muuttaminen sivutuotteiksi ja 2) jätevirtojen jalostaminen tuotteeksi tai tuotteenomaiseksi raaka-aineeksi. Mineralogisten menetelmien mahdollisuudet materiaalin ominaisuuksien muokkaamisessa ja erilaisten hyötykäyttömahdollisuuksien luomisessa tulevat kuvassa selvästi esiin.



Kuva 6. Mineraalisten jätteiden ja jäännöstuotteiden hyötykäyttöä koskeva kansallinen ja EU-lainsäädäntö ja ympäristökelpoisuuden arviointi. Materiaalin teknisen kelpoisuuden toteaminen on aina edellytyksenä ympäristökelpoisuuden arvioinnin käynnistymiselle. Uusilla "Mara"-materiaaleilla tarkoitetaan mahdollisuutta liittää ns. Mara-asetukseen (VNa 591/2006) nykyisten materiaalien lisäksi muita materiaaleja, joille asetuksen ilmoitusmenettelyä voitaisiin soveltaa.

### 5.3

## Mineralogiset tutkimusmenetelmät ja niiden tuottamat sovellusmahdollisuudet

Jos materiaalin ympäristökelpoisuutta halutaan parantaa vaikuttamalla sen mineralogiaan tai jos sen liukoisuusominaisuuksia halutaan valvoa mineralogisin menetelmin, on työ aloitettava materiaalin mineralogian ja mikrorakenteen tutkimisella sekä arvioimalla sitten näiden vaikutusta liukoisuusiin. Seuraavassa esitellään mineralogisen tutkimuksen menetelmiä ja vaiheita.

#### 5.3.1

### Mineralogisen tutkimuksen vaiheet

#### 1) Esitiedot

Tutkittavasta materiaalista on yleensä olemassa valmista tietoa, joka kannattaa hankkia työn alkuvaiheissa. Useimmiten tehtaalla tiedetään vähintään materiaalin kemiallinen koostumus ja vuosittain muodostuva ainemäärä. Tasapainopiirroksista on kemiallisen koostumuksen perusteella mahdollista saada alustava käsitys materiaalin mineralogiasta.

#### 2) Näytteenotto

Kun materiaalia halutaan ryhtyä tutkimaan tai määrittämään siitä liukoisuuksia, on järjestettävä näytteenottokampanja. Näytteet voidaan ottaa prosessista tai kasoista, joista jälkimmäinen on yleensä huonompi vaihtoehto johtuen mm. aineksen lajittumisesta ja läjityksen jälkeen mahdollisesti tapahtuneista muutoksista.

Näytteenoton tärkeyttä on syytä korostaa. Analyysiin ja mikroskooppipreparaatteihin käytetään hyvin vähäisiä ainemääriä. Tämän vuoksi näytteen ja siitä analyysiin tai preparaattiin otettavan ainemäärän on oltava edustavia, ts. tutkittavan ainemäärän pitää edustaa koko tutkittavaa materiaali virtaa, mikä asettaa tiukat vaatimukset

näytteenotolle ja näytteen osittamiselle. Tarvittaessa edustavuutta voidaan jossain määrin parantaa tekemällä samasta materiaali-erästä useita analyysiejä tai preparaatteja. Näytteenotossa tapahtuneita virheitä on pääsääntöisesti mahdoton korjata myöhemmissä vaiheissa ja usein suurimmat virheet tuloksissa aiheutuvat epäonnistuneesta näytteenotosta eivätkä niinkään analyysimenetelmien epätarkkuudesta.

### **3) Kemiallinen koostumus**

Vaikka materiaalin kemiallisesta koostumuksesta olisikin jo valmista tietoa, kannattaa kemiallinen koostumus yleensä määrittää samoista näytteistä kuin mineraloginen koostumus, jolloin tulokset ovat vertailukelpoisia. Kemiallinen koostumus määritetään usein röntgenfluoresenssilaitteistolla (XRF), mutta myös muita menetelmiä käytetään.

### **4) Röntgendiffraktometritutkimus**

Röntgendiffraktometrillä eli XRD:lla voidaan määrittää runsaimmin esiintyvät kiteiset mineraalit suhteellisen nopeasti. Menetelmän heikkous on se, että vähäisinä määrinä (esimerkiksi vähemmän kuin 1 %) esiintyviä mineraaleja ei yleensä havaita ja myöskään amorfisia faaseja, kuten lasia, ei pystytä tunnistamaan. XRD-tutkimukset eivät aina ole välttämättömiä, mutta ne voivat täydentää ja varmentaa muita työvaiheita ja helpottavat varsinkin ennestään tuntemattoman materiaalin karakterisointia.

### **5) Mikroskooppipreparaattien valmistus ja valomikroskopointi**

Valomikroskoopilla (polarisaatiomikroskooppi) voidaan tunnistaa mineraalit ja samalla havainnoida aineksen mikrorakennetta. Materiaalista otetusta näytteestä on kuitenkin ensin valmistettava mikroskooppipreparaatti, jonka laadusta osin riippuu se, pystytäänkö tunnistamaan kaikki vai ainoastaan osa mineraaleista. Ohuthie on hiottu niin ohueksi, että valo pääsee kulkemaan preparaatin sisältämien silikaattisten mineraalien läpi. Tällaisesta preparaatista pystytään useimmiten tunnistamaan silikaatit, mutta preparaatin valmistus on melko vaativaa. Kiillotetusta ohuthieestä pystytään tunnistamaan silikaattien lisäksi esim. valoa läpäisemättömät oksidit ja sulfidit. Pintahieessä preparaatin pinta on hiottu ja sitä tarkastellaan heijastuvassa valossa. Pintahieen teko on helpompaa kuin ohuthieen, mutta silikaattien tunnistaminen on usein mahdotonta. Esim. oksidit, sulfidit ja metallit voidaan kuitenkin tunnistaa ja myös mikrorakennetta voidaan tutkia.

Näkyvän valon aallonpituudesta aiheutuva erottelukyvyn teoreettinen alaraja on 0,2 mikrometriä ( $\mu\text{m}$ ), joten hienorakeisimpien materiaalien pienimpiä rakeita ei valomikroskoopilla voida erottaa. Käytännössä hieman karkeampienkin rakeiden tunnistaminen saattaa joskus olla vaikeaa.

### **6) Elektronimikroskopointi**

Valomikroskopointia varten tehtyjä preparaatteja voidaan tutkia myös pyyhkäisy-elektronimikroskoopilla (scanning electron microscope eli SEM). Tässä yhteydessä voidaan analysoida myös mineraalien kemialliset koostumukset, jolloin mineraalit voidaan tunnistaa koostumustensa perusteella. Samalla saadaan selville, mihin mineraaleihin esim. ympäristön kannalta haitalliset aineet ovat sitoutuneet. Analysointi tapahtuu kohdistamalla mineraaliin elektronisuihku ja mittaamalla tämän aiheuttama röntgensäteily. Syntyneen säteilyn analysointitavasta riippuen puhutaan joko WDS- (wavelength dispersion spectrometer) tai EDS-analyyseistä (energy dispersion spectrometer). SEM:ia ja siihen yhdistettyä analyysilaitteistoa kutsutaan usein mikroanalyyttoriksi (electron probe microanalyzer eli EPMA). Elektronimikroskoopilla voidaan tutkia myös materiaalin mikrorakennetta.

Periaatteessa SEM:illa havaitaan halkaisijaltaan yli 2 nanometriä (nm) olevat rakeet. Käytännön tunnistuskyky (koostumusanalyysi) rajoittuu mm. elektronisuihkun koon

ja heilunnan sekä suihkuun reagoivan ainetilavuuden seurauksena rakeisiin, joiden halkaisija on yli 1 µm.

### 5.3.2

#### Mineralogisen tiedon käyttömahdollisuudet

Edellä on esitelty tavallisimpia menetelmiä materiaalien mineralogian ja mikrorakenteen tutkimiseen. Poistomateriaaleissa saattaa esiintyä mineraalien lisäksi myös metallisia faaseja. Näitä pystytään tutkimaan samoilla menetelmillä. Kaikilla menetelmillä on omat rajoitteensa ja yleensä on tarpeen hyödyntää useampaa tai kaikkia menetelmiä luotettavan kokonaiskuvan saamiseksi.

Kun materiaalin mineraloginen koostumus ja mikrorakenne on tutkittu, arvioidaan näiden vaikutusta materiaalin liukoisuusominaisuuksiin. Mineralogian ja liukoisuuden välisistä riippuvuuksista on olemassa julkaistua tietoa esim. sulfidien ja silikaattien liukenemisherkkyysien eroista. Samoin lasifaasin ja tekstuurin merkitystä on tutkittu. Tällaisen yleisluontoisen tiedon avulla voidaan laatia alustava arvio siitä, miten materiaalin mineralogia ja mikrorakenne vaikuttavat liukoisuuksiin.

Tarkempi käsitys saadaan, kun mineralogia ja tekstuuri sidotaan liukoisuustestien tuloksiin. Jos esim. kahden eri näytteen liukoisuudet ovat selvästi erilaisia, verrataan näiden näytteiden mineralogian ja mikrorakenteen eroja, jolloin liukoisuuserot pystytään mahdollisesti selittämään. Tällöin tiedetään, millainen mineraalikoostumus tai rakenne on liukoisuuksien kannalta parempi.

Mineralogian ja tekstuurin tutkiminen on erityisen tärkeää niissä tapauksissa, joissa haitta-aineiden liukoisuus ei korreloi suoraan niiden pitoisuuksien kanssa. Tällaisissa tilanteissa näytteiden väliset liukoisuuserot saattavat selittyä mineralogisilla tai rakenteellisilla eroilla.

Mineralogiasta hankittua tietoa voidaan käyttää, paitsi liukoisuusominaisuuksien arviointiin, myös laadunvalvontaan sekä haitta-aineiden pitoisuuksien ja/ tai liukoisuuksien muuttamiseen. Seuraavassa kuvataan joitakin ominaisuuksien muokkaamisen mahdollisuuksia.

Kun materiaalin mineralogia ja tekstuuri on selvitetty, voidaan näitä pyrkiä säätämään siten, että ympäristökelpoisuus paranee. Esimerkiksi haitta-aineen pitoisuutta ja sen kautta myös liukoisuutta voidaan yrittää vähentää muuttamalla raaka-ainepohjaa (tai prosessin muita syötteitä) tai säätämällä prosessia. Jos haitta-aine esimerkiksi esiintyy mineraalissa, jonka tiedetään olevan peräisin määrätystä raaka-aineesta tai syötteestä, päästään haitta-aineesta eroon jättämällä tämä raaka-aine tai muu syöte pois tai vaihtamalla se toiseen, muilta ominaisuuksiltaan vastaavaan ainekseen. Jos haitta-aine toisaalta esiintyy prosessissa syntyneessä mineraalissa, voidaan prosessiolosuhteita tarvittaessa muuttaa. Muutoksen seurauksena voi olla esimerkiksi se, että haitta-aine ei muodostakaan mineraalia, vaan pysyy esimerkiksi savukaasussa ja konsentroituu vasta myöhemmässä vaiheessa talteen otettavaan ainekseen. Tällöin haitta-aineen pitoisuus aiemmassa ainesfraktiossa alenee. Mainittu esimerkki kuvaa savukaasuista erotettavien pölyjen tai tuhkien modifiointimahdollisuutta.

On myös mahdollista, että raaka-aineiden, muiden syötteiden tai prosessin muuttamisen ansiosta haitta-aine muodostaa stabiilimman mineraalin, johon haitta-aine on sitoutunut voimakkaammin. Materiaalin mineraalien lisäksi myös mikrorakennetta voidaan pyrkiä muokkaamaan siten, että haitta-aineet ovat sitoutuneet mahdollisimman pysyvästi. Tämä tarkoittaa esim. haitta-ainetta sisältävän faasin kapseloitumista sulkeumiksi muihin mineraaleihin. Kun haitta-aineet ovat voimakkaasti sitoutuneet, niiden liukoisuus vähenee ja materiaali on stabiilimpi ja siten ympäristöystävällisempi.

Yksi vaihtoehto on myös se, että haitta-aineiden liukoisuutta pyritäänkin lisäämään, jotta ne voitaisiin liuottaa pois materiaalista ja ottaa talteen jäljelle jäävän



materiaalin ympäristökelpoisuuden samalla parantuessa haitta-aineiden poistamisen seurauksena. Jo muodostuneesta materiaalista voidaan poistaa mineraaleja ja näiden mukana haitta-aineita myös muilla erillisillä käsittelyillä (esim. ilmaluokittelun avulla tai pyrometallurgisella käsittelyllä). Kaikkien muokkaustapojen kannalta on kuitenkin hyödyllistä ja joskus jopa välttämätöntä, että mineralogia tunnetaan.

Edellä lueteltiin joitakin yleisluonteisia mahdollisuuksia parantaa materiaalien ympäristökelpoisuutta. Yksityiskohtaisemmin voidaan kuvata metallurgisen teollisuuden kuonien ympäristöominaisuuksien säätömahdollisuuksia. Kuonien mineralogian ja rakenteeseen voidaan vaikuttaa mm.:

- raaka-ainepohjan ja muiden syötteiden muutoksella,
- kuonan kokonaiskoostumuksen muutoksella,
- hapettamisella,
- jäähdytysnopeuden muuttamisella ja
- lisäaineiden käytöllä.

Prosessin raaka-ainepohjaa ja muita syötteitä muuttamalla voi olla mahdollista estää haitallisten aineiden päätyminen kuonaan. Raaka-aineiden on luonnollisesti sisällettävä tuotettavaa metallia ja osa siitä jää usein väistämättä kuonaan. Ainekset saattavat kuitenkin sisältää myös sellaisia kuonan ympäristökelpoisuuden kannalta haitallisia aineita, jotka eivät ole tarpeen prosessin toiminnan kannalta. Näistä saattaa olla mahdollista päästä eroon vaihtamalla prosessiin syötettäviä materiaaleja.

Kuonan kokonaiskoostumusta muuttamalla voidaan pystyä muuttamaan myös mineralogista koostumusta sellaiseksi, että kuonan ympäristöominaisuudet ovat paremmat. Koostumusta voidaan muuttaa esim. muuttamalla prosessin syötteiden suhdetta, käyttämällä uusia syötemateriaaleja tai sekoittamalla erilaisia kuonia.

Kuonan ei-toivottuja faaseja, kuten metallipisaroita, voidaan hajottaa hapettamalla kuonan ollessa sulaa. Tällöin metallit sitoutuvat silikaatteihin tai oksideihin, mikä saattaa johtaa stabiilimpaan rakenteeseen.

Jäähdytysnopeuden muuttaminen voi tarkoittaa esim. sitä, että tavallisesti vedellä jäähdytettävän sulan kuonan annetaankin jäähtyä hitaasti ilman vaikutuksesta. Tällöin voidaan saada aikaan esim. vyöhykkeellisiä mineraaleja, joiden ytimiin haitta-aine konsentroituu, mikä taas tarkoittaa, että haitta-aine on eristetty vedestä mahdollisimman hyvin. Hidas jäähdytys voi myös tehostaa haitta-ainetta sisältävän faasin kapseloitumista muiden faasien sisälle.

Usein lasin esiintyminen kuonassa vähentää haitta-aineiden liukenemistä. Lasin määrää voidaan yrittää lisätä erilaisten lisäaineiden avulla. Tätä voidaan soveltaa liittyen hitaaseen jäähdytykseen tai normaalitilanteessa. Lisäaineilla voidaan saada aikaan myös muita mineralogisia muutoksia.

5.4

## Kuonien ja tuhkien mineralogian tutkiminen

Seuraavassa esitetään kolme tapausesimerkkiä, jotka osoittavat mineralogisen tutkimuksen tarjoamat mahdollisuudet teollisten jäännöstuotteiden ja jätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnissa, muokkaamisessa ja valvonnassa. Nikkelisähköuunikuona toimii esimerkkinä mineraalien, tekstuurin ja haitta-aineen esiintymistavan tutkimisesta sekä tähän perustuvasta kuonan ominaisuuksien muokkausmahdollisuudesta. Ferrokromikuonan tapauksessa mineralogia ja mikrorakenne selittävät sen ristiriitaiselta vaikuttavan tilanteen, että kromin pitoisuus kuonassa on korkea mutta sen liukoisuus silti vähäistä. Ferrokromikuonan mineralogian koskeva tutkimus (Makkonen & Tanskanen 2005) mainittiin Korkeimman hallinto-oikeuden päätöksessä

90/2005. Puun ja turpeen poltossa syntynyttä tuhkaa koskeva esimerkki puolestaan kuvaa paitsi aineksen mineralogiana myös niitä haasteita, joita tällaiseen tutkimukseen joidenkin materiaalien osalta liittyy.

#### 5.4.1

### Nikkelisähköuunikuona

Harjavallan tehtaalla muodostuu nikkelisähköuunikuonaa noin 175 000 t/a, josta noin neljännes pystytään hyödyntämään hiekkapuhallushiekkana ja kattahuopateollisuudessa. Rakeistetun sähköuunikuonan käyttöä maarakennusaineena rajoittaa sen haitta-aineiden liukoisuus. (Rova 2008).

Nikkelisähköuunikuonan hyödynnettävyys maarakentamisessa paranee oleellisesti, mikäli nikkelin liukoisuutta kuonasta saadaan rajoitettua. Mineralogisen tutkimuksen mukaan ongelman muodostavat varsinkin heterogeeniset metallia ja sulfidia sisältävät pisarat. Yksi varteenotettava vaihtoehto on muokata kuonan ominaisuuksia hapetuksen avulla. Käytännössä hapetuksella tarkoitetaan ilman puhaltamista sulaan kuonaan. Tämä voi johtaa siihen, että nikkeli sitoutuu suuremmissa määrin kuonan silikaatteihin sen sijaan, että se esiintyisi metallisena tai sulfidisena pisaroissa. Todennäköisesti tämä vähentää nikkelin liukoisuutta. (Rova 2008).

Rova (2008) on tutkinut hapetuksen vaikutuksia kuonaan laboratoriomittakaavan kokeiden avulla. Tuloksena oli, että nikkelin pitoisuus pisaroissa oli hapetuksen ansiosta huomattavasti pienempi. Nikkelin sitoutuminen pisaroiden sijasta silikaattiseen oliviiniin tai oksidiseen magnetiittiin todennäköisesti vähentää merkittävästi nikkelin liukoisuutta kuonasta ja parantaa oleellisesti nikkelikuonan hyötykäyttämähdollisuuksia. Tutkimukseen ei kuulunut liukoisuuskokeita, joten hapetuksen vaikutukset kuonan liukoisuusominaisuuksiin ovat vielä mittaamatta. Tulosten pohjalta on kuitenkin selvää, että hapetuksen avulla voidaan säätää kuonan mineralogisia ominaisuuksia, mikä taas todennäköisesti parantaa kuonan liukoisuusominaisuuksia vähentämällä nikkelin liukoisuutta.

#### 5.4.2

### Ferrokromikuona

Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromikuonan kromipitoisuus on korkea. Pitoisuus on noin 8 %, kun se ilmoitetaan Cr:na ja noin 12 %, mikäli pitoisuus ilmoitetaan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:na (Karekivi 2002). Insinööri-toimisto Paavo Ristola Oy:n vuonna 2001 raportoitujen liukoisuusmittausten mukaan kromin liukoisuus ferrokromikuonasta on kuitenkin matala. Haitta-aineen korkea kokonaispitoisuus ei siis aina tarkoita sen korkeaa liukoisuutta materiaalista. Selitystä tähän täytyy etsiä kyseisen materiaalin mikrorakenteesta ja mineraalikoostumuksesta sekä kromin jakaantumisesta faasien kesken.

Ferrokromikuonan kemiallinen kokonaiskoostumus on sellainen, että siitä ensimmäisenä kiteytyvä faasi on spinellimineraali. Tutkituissa kuonanäytteissä kuonien pääasialliset kromia sitovat faasit ovat erilaiset Cr-rikkaat spinellit ja lasifaasi. (Makkonen & Tanskanen 2005).

Kromin liukoisuus spinellifaasia sisältävästä kuonasta on tieteellisten julkaisujen mukaan hyvin vähäistä. Lisäksi FeCr-kuonan spinellit ovat sulkeutuneina tiiviini, huomattavasti vähemmän kromia sisältävän, lasifaasin sisään. Lasiin sulkemisen on todettu alentavan kromin liukenemismahdollisuutta spinellistä. Lasifaasin hyvät, raskasmetalleja sitovat ominaisuudet ja kestävyys erilaisia kemiallisia reaktioita kohtaan on todennettu tieteellisessä kirjallisuudessa. Nämä tekijät selittävät sen, että vaikka kromin pitoisuus kuonassa on korkea, sen liukoisuus on kuitenkin vähäistä. (Makkonen & Tanskanen 2005).

### Puun ja turpeen polton tuhkat

VTT lähetti Oulun yliopistoon (CIRU) mineralogisia analyysyjä varten kolme puun ja turpeen polton tuhkanäytettä. XRD:n, valomikroskoopin ja mikroanalyysointilaitteiden avulla tuhkasta havaittiin mm. kvartsia ( $\text{SiO}_2$ ), mikrokliinia ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ), maghemiittia ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ), anortiittia ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), gehleniittia ( $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$ ), kalkkia ( $\text{CaO}$ ) ja anhydriittia ( $\text{CaSO}_4$ ).

Tuhkan mineralogiasta saatiin siis uutta tietoa ja haitallisista komponenteista sulfaatin esiintymismuoto (anhydriitti,  $\text{CaSO}_4$ ) selvisi. Toistaiseksi ei ole kuitenkaan pystytty selvittämään tuhkan muiden haitta-aineiden esiintymistä. Tämä johtuu siitä, että niiden pitoisuudet ovat melko matalat, joten myös niiden muodostamia mineraaleja esiintyy vähän. Tällöin mineraalit eivät erotu XRD-analyysissä ja SEM:llä niitä on vaikea löytää. Lisäksi on todennäköistä, että haitta-aineiden mineraalit ovat hyvin hienorakeisia. Myös tästä syystä niiden havaitseminen SEM:llä voi olla vaikeaa. Vaikka kiinnostava mineraali löydettäisiinkin, on vielä muistettava, että kaikkein hienorakeisimpia mineraaleja on joskus myös mahdotonta analysoida mikroanalyysointilaitteilla, sillä yleensä analyysi vaatii onnistuakseen halkaisijaltaan vähintään yhden mikrometrin suuruisen rakeen.

Teollisuudessa muodostuu tuhkien lisäksi myös muita hyvin pienirakeisia aineksia (erilaiset pölyt ja lietteet). Osa näistä sisältää liikaa haitta-aineita, joten niitä ei voida hyödyntää. Tällöinkin haitta-ainepitoisuudet kuitenkin saattavat olla liian matalia, jotta haitta-aineiden mineralogia pystyttäisiin helposti selvittämään. Hienorakeisuus aiheuttaa toisen ongelman mineraalien tunnistamiselle.

Tuhkien ja myös muiden hienorakeisten ja suhteellisen vähän haitta-aineita sisältävien materiaalien mineralogista analysointia pystytään vielä kehittämään. Näytteet voidaan esim. esikäsittellä siten, että haitta-aineet konsentroituvat ja niiden muodostamien mineraalien tutkiminen on helpompaa. Analysoinnissa voidaan myös ottaa käyttöön hyvin pienirakeisten mineraalien tutkimiseen soveltuvia menetelmiä, joita ei toistaiseksi ole kovin laajassa mitassa hyödynnetty jäännöstuotteiden ja jätteiden analysointiin (esim. läpivalaisuelektronimikroskoopi eli TEM).

### Toimintamalli liukoisuusominaisuuksien arvioimiseen, kehittämiseen ja valvomiseen mineralogisin tutkimusmenetelmin

Tutkimusten pohjalta on laadittu ehdotus toimintamalliksi, jonka mukaan jäännöstuotteiden ja jätteiden sisältämien haitta-aineiden liukoisuutta voidaan arvioida ja valvoa mineralogisia tutkimusmenetelmiä hyödyntäen. Tärkeä tavoite on myös se, että liukoisuusominaisuuksia pystyttäisiin mineralogialla muokkaamalla jopa säätämään.

Toimintamallia ehdotetaan sovellettavaksi mineraalisiin jäännöstuotteisiin ja jätteisiin (kuonat, tuhkat, pölyt, yms.). Menetelmää voivat käyttää ko. materiaalien tuottajat, hyödyntäjät ja viranomaiset.

Toimintamallia voidaan käyttää ei-ympäristökelpoisten materiaalien tapauksessa siihen, että selvitetään liian suurten liukoisuuksien mineraloginen tai rakenteellinen tausta. Tämän jälkeen mineralogialla ja/tai mikrorakennetta modifioidaan siten, että ympäristökelpoisuus saavutetaan.

Toinen sovellusmahdollisuus on tilanteissa, joissa materiaalin haitta-ainepitoisuus on korkea mutta liukoisuus silti vähäistä. Mineralogisten tutkimusten avulla voi olla mahdollista selittää pitoisuuden ja niukkaliukoisuuden näennäinen ristiriitaisuus.

Kolmannessa sovellusvaihtoehdossa ympäristökelpoisille materiaaleille voidaan suorittaa mineralogiaan perustuvaa laadunvalvontaa. Lisäksi ympäristöominaisuuksia samoin kuin teknisiä ominaisuuksia voidaan pyrkiä parantamaan vielä entisestään.

Toimintamallin eri vaiheet on selitetty jo aiemmin (mineralogisen tutkimuksen vaiheet). Nämä ovat:

1. Esitietojen hankinta
2. Näytteenotto
3. Kemiallisen koostumuksen määrittäminen
4. Röntgendiffraktometritutkimus
5. Mikroskooppipreparaattien valmistus ja valomikroskopointi
6. Elektronimikroskopointi

Kun materiaalin mineralogia ja mikrorakenne on selvitetty, voidaan arvioida näiden vaikutusta liukoisuuksiin ja muihin ominaisuuksiin. Tämän jälkeen taas voidaan suunnitella toimenpiteitä, joilla esim. ympäristökelpoisuus saavutetaan.

Mineralogialla tutkimalla haitta-aineiden liukenemistä opitaan ymmärtämään entistä paremmin. Tällöin liukoisuuden kannalta epäedullisten mineraalien tai rakenteiden esiintymistä voidaan pyrkiä rajoittamaan ja edullisten ominaisuuksien muodostumista taas edistämään. Toisaalta voidaan myös valvoa, että haitallisesti vaikuttavia faaseja tai tekstuureja ei esiinny hyötykäyttöön tarkoitetuissa materiaaleissa. Mineraloginen tutkimus ei kuitenkaan voi kokonaan korvata liukoisuustestejä, vaan selvitetty mineralogia on sidottava liukoisuusmittausten tuloksiin.

#### 5.5.1

### Mineralogisten tutkimusten mahdollisuudet laadunvalvonnassa

Liukoisuustestit vaativat usein pitkähkön ajan, joten niiden soveltaminen esimerkiksi kuonien jatkuvaan laadunvalvontaan on hankalaa. Kuonan tarkastelu optisesti valomikroskoopilla on nopeampaa ja saattaa riittää tiheästi suoritettavaan rutiinivalvontaan, jolloin liukoisuustestejä voitaisiin käyttää säännöllisesti mutta harvemmin ja toisaalta tarpeen mukaan esim. prosessin ajoparametrien tai syötteiden muuttuessa. Haitta-aineiden liukoisuudet on siis määritettävä varsinaisilla liukoisuustesteillä, mutta mineralogisilla tutkimuksilla valvontaa voidaan täydentää merkittävästi ja siten parantaa valvonnan kattavuutta ja luotettavuutta.

Tapauksesta riippuen kuonasta pystytään erottamaan valomikroskoopilla kuonakappaleiden koko ja muoto, kuonakappaleiden kiteisyys- tai lasimaisuusaste ja kuonakappaleiden huokoisuus ja eheys. Myös metalliset, sulfidiset ja oksidiset faasit pystytään erottamaan silikaateista. Edelleen voidaan havainnoida metallisten, sulfidisten ja oksidisten rakeiden koko, määrä ja se, esiintyvätkö ne kuonakappaleiden sisällä vai reunoilla.

Optisen laadunvalvonnan edellytys on se, että materiaalin mineralogia ja tekstuuri on ensin tutkittu ja näiden vaikutus liukoisuusominaisuuksiin arvioitu. Tällöin tiedetään, mitä ominaisuuksia laadunvalvonnassa on seurattava (esimerkiksi metallisten tai sulfidisten rakeiden esiintyminen ja määrä tai tietynlainen mikrorakenne). Perustutkimusvaihe vaatii aikaa, mutta kun mineralogia on kerran tutkittu huolellisesti, on myöhempi laadunvalvontaa palveleva tutkimus nopeampaa.

Laadunvalvonta vaatii näytteenoton järjestämisen. Otettu näyte on mahdollisesti ositettava, jotta tutkittavaksi saadaan edustava ainemäärä. Tästä ainemäärästä on valmistettava mikroskooppipreparaatti, jollaiseksi todennäköisesti useimmiten riittää pintahie. Mikroskopointia varten tarvitaan heijastavaa valoa (pintahieen tapauksessa) käytävä polarisaatiomikroskooppi. Varsinaiseen mikroskopointityöhön tarvitaan siihen koulutettu henkilö.

Optisen laadunvalvonnan etu on siinä, että liukoisuustesteihin verrattuna se voi olla huomattavasti nopeampi. Tällöin voi olla mahdollista valvoa esim. jokaisen kuonaerän laatua.

Mikäli kuonan hyötykäyttö vaatii hyvin työlään ja aikaa vievän laadunvalvonnan, saattaa tuottajan olla kannattavampaa sijoittaa kuona kaatopaikalle. Tämä taas on ympäristön kannalta haitallinen ratkaisu, jos kuona kuitenkin olisi ympäristökelpoista. Aiheutuvia haittoja ovat esim. kuonan korvaaminen luonnosta otetulla aineksella sekä kaatopaikkojen täyttyminen ja laajentamistarpeet. Myös tuottajalle aiheutuu tappiota (mahdollisesta kaatopaikan laajentamisesta aiheutuvat kustannukset, hyödyntämiskelpoisesta materiaalista saatavan hinnan menetys).

Tiheästi suoritettava laadunvalvonta voi toisaalta olla välttämätöntä, jotta teknisiltä tai ympäristöominaisuuksiltaan huonolaatuista materiaalia ei pääse esim. rakennuskäyttöön. Tällöin valvontamenettelyn on kuitenkin oltava nopea ja suhteellisen helposti toteutettava. Optinen laadunvalvonta saattaa olla sopiva menetelmä, joka täyttää erilaiset vaatimukset.

## Lähteet

- Karekivi, P. 2002. Kromihäviöt kuonaan ferrokromin valmistuksessa. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulun yliopisto. Diplomityö. 91 s.
- Makkonen, H. T. & Tanskanen, P. A. 2005. Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromikuonan mineralogia ja liukoisuusominaisuudet. Oulu, Finland, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu, Report 313. 26 s.
- Nickel, E. H. 1995. International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names: Definition of a Mineral. *Mineralogy and Petrology* 55: 323–326.
- Rova, E. 2008. Nikkelisähköuunikuonan hapetus ja sen tuottamat rakenteet. Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Oulun yliopisto. Diplomityö. 113 s.
- Sorvari, J. 2000. Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Helsinki, Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 421.
- TEKES. 2000. Sivutuotteet maarakentamisessa. Käyttökelpoisuuden osoittaminen. Teknologiaakatsaus 93. Helsinki.
- Tilastokeskus. 2007. Jätteiden kertymät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2005. Saatavissa netistä: [http://www.stat.fi/til/jate/2005/jate\\_2005\\_2007-06-20\\_tau\\_002.html](http://www.stat.fi/til/jate/2005/jate_2005_2007-06-20_tau_002.html)
- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (591/2006).

# 6 Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön

*Kirsi Korpijärvi & Ulla-Maija Mroueh, VTT*

6.1

## Johdanto ja tausta

Tuhkat ovat merkittävästi kaatopaikkoja kuormittava jätejäte. Jätelainsäädännön ja jätesuunnitelmien tavoitteiden mukaan ne pitäisi ensisijaisesti hyödyntää, jos se on teknisesti mahdollista eikä taloudellisesti aiheuta kohtuuttomia kustannuksia jätteen muuhun käsittelyyn verrattuna. Sopivien hyötykäyttökohteiden löytäminen etenkin seostuhkille on usein vaikeaa. Tuhkien laadun parantaminen erilaisin käsittelymenetelmin on yksi vaihtoehto niiden hyötykäyttöasteen parantamiseksi. VTT:n vetämässä Tuhkan UUMA-tuotteistus (TUUMA)-hankkeessa pyrittiin jalostamaan energiantuotannon tuhkista tuotteita maarakennuskäyttöön. Tutkimuksen rahoittajina toimivat ympäristöministeriö, VTT, Jyväskylän Energiantuotanto Oy, Kotkan Energia Oy, Metso Power Oy, Rudus Oy, Lassila-Tikanoja Oyj ja Ekokem-Palvelu Oy.

Vuonna 2006 syntyi Suomessa 1,6 miljoonaa tonnia tuhkia. Niistä noin miljoonaa tonnia oli kivihiilituhkia ja noin 500 000 tonnia turpeen ja puun polton tuhkia. Puhdasta turvetuhkaa on arvioitu syntyvän noin 50 000 tonnia vuodessa, ja puhdasta puutuhkaa noin 100 000 tonnia vuodessa, loput turve-puutuhkat syntyvät seospoltossa. Kivihiilituhkia voidaan hyödyntää maarakentamisessa, betonin tai sementin seosaineena, sementin raaka-aineena, asfaltin täytejauheena sekä maa- ja pohjarakenteiden stabiloinnissa. Turve-puutuhkia voidaan käyttää maarakenteissa ja kaatopaikkojen pinta- ja maisemointitöissä. Puhtaat puutuhkat ovat erinomaista lannoitetta suometsille. Kivihiilituhkista on hyödynnetty 60–80 % vuodesta riippuen ja turpeen- ja seospolton tuhkista 40–60 %.

Jätteen maarakennuskäyttöön, kuten kaikkeen jätteen hyötykäyttöön tarvitaan eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta ympäristönsuojelulain (86/2000) 28 §:n mukainen ympäristölupa. Ympäristölupamenettely ja erityisesti sen kesto on koettu merkittäväksi tuhkien hyötykäytön esteeksi. Luokittelu jätteeksi aiheuttaa myös helposti mielikuvan ympäristölle ja terveydelle haitallisesta huonolaatuisesta materiaalista, vaikka todellisuudessa jätteeksi määritellään mikä tahansa käytöstä poistettu tuote tai materiaali haitallisuudesta tai laadusta riippumatta. Tuhkien vaihteleva laatu sekä hyötykäyttäjien puutteellinen tietous materiaalin saatavuudesta ja ominaisuuksista on myös koettu ongelmiksi. Tuhkien laadun parantamista ei ole nähty taloudellisesti kannattavaksi ja mahdolliseksi.

Tuhkien maarakennuskäyttöä on yritetty helpottaa Valtioneuvoston asetuksella eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (591/2006). Kivihiilen, turpeen ja puun polton tuhkia voidaan hyödyntää maarakentamisessa ilmoitusmenet-

telyllä, mikäli asetuksessa esitetyt perustutkimusten ja laadunvalvonnan raja-arvot haitallisten aineiden kokonaispitoisuuksille ja liukoisuuksille alittuvat. Ympäristölainsäädäntö ei aseta velvoitteita materiaalin teknisille ominaisuuksille. Tekninen soveltuvuus käyttökohteeseen on kuitenkin tärkeä hyötykäytön edellytys, koska huonolaatuisten tuotteiden on vaikea kilpailla markkinoilla vastaavien luonnonmateriaaleista valmistettujen tuotteiden kanssa.

Läheskään kaikki tuhkat eivät sellaisenaan täytä maarakennusasetuksen kokonaispitoisuus- ja liukoisuusraja-arvoja. Tuhkien ominaisuuksia voidaan kuitenkin parantaa useilla erilaisilla menetelmillä. Yksinkertaisimpia ovat luokittelut, jotka voidaan tehdä kuivalle materiaalille. Liukoisia aineita voidaan poistaa erilaisilla pesuilla ja raskasmetallien poistoon soveltuvat kuumennusmenetelmät.

Luonnonmateriaalien saatavuuden heiketessä ja kaatopaikkasijoituksen vaikeutessa yleisesti hyväksytty selkeä toimintamalli ja kriteerit uusiomateriaalien tuotehyväksyntään voisivat parantaa uusiomateriaalien käytön edellytyksiä. Käyttäjälle tuotehyväksyntä on tae materiaalin ympäristöturvallisuudesta ja teknisestä soveltuvuudesta.

## 6.2

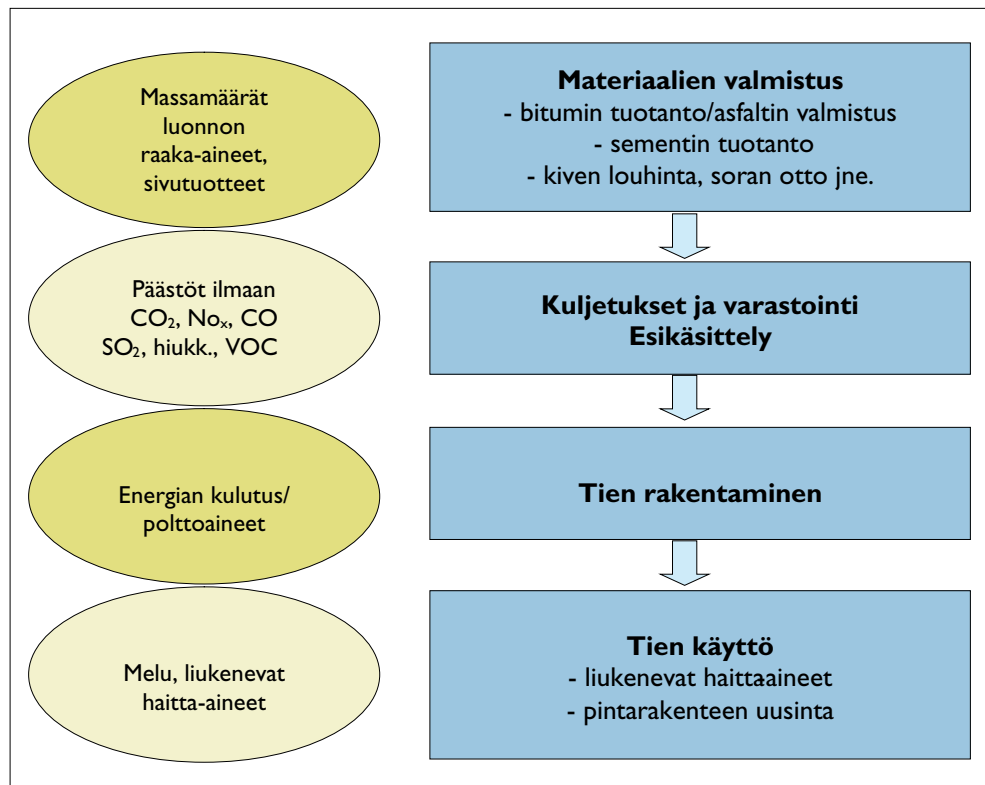
### Aineisto ja menetelmät

TUUMA-hankkeessa selvitettiin esimerkkituhkien avulla mahdollisuuksia energiantuotannon tuhkien jalostamiseen maarakennuskäyttöön. Tuhkanäytteitä kerättiin kolmelta eri polttoainetta käyttävältä voimalaitokselta. Kaikkien tuhkanäytteiden tutkimukset aloitettiin lähtötietojen kartoituksella ja alustavien karakterisointitutkimusten suorittamisella. Tulosten perusteella arvioitiin alustavasti hyötykäyttömahdollisuuksia ja mahdollisesti tarvittavia käsittelytekniikoita ympäristökelpoisuuden ja teknisen soveltuvuuden parantamiseksi. Myös tuhkien laatuvahtelua arvioitiin. Tuotteistutkimukset muodostuivat kolmesta osasta; ympäristökelpoisuuden, teknisen soveltuvuuden ja ekotehokkuuden määrittämisestä.

Tässä artikkelissa keskitytään turvetta ja puuta polttavan voimalaitoksen tuhkien ominaisuuksiin, jalostamiseen ja tuotteistamiseen. Samalta laitokselta otettiin tuhkanäytteet kahdella eri kerralla. Polttoaineen puu/turve-suhde oli ensimmäisellä näytteenotokerralla: turve 69 %, puu 31 %. Tätä tuhkaa nimetään jatkossa turvepuutuhkaksi. Toisella näytteenotokerralla puupolttoaineiden energiaosuus oli 53 % ja turpeen 47 % (puu-turvetuhka).

Alustavassa karakterisoinnissa tuhkanäytteistä mitattiin metallien kokonaispitoisuudet, haitta-aineiden liukoisuudet, palamattomien määrä sekä raekokojakauma. Lisäksi turve-puutuhkalle suoritettiin pH-staattinen testisarja. Tuhkan jalostusmenetelmänä käytettiin tutkimuksessa ilmaluokittelua. Ilmaluokittelulla voidaan erottaa pienet, paljon haitallisia aineita sisältävät partikkelit karkeammasta tuhka-ainesta. Karkeampaa ja puhtaampaa tuhka-ainetta voitaisiin tällöin helpommin hyödyntää maarakentamisessa. Jalostetun tuhkan teknistä soveltuvuutta maarakennuskäyttöön arvioitiin maksimikuivatilavuuspainon ja optimivesipitoisuuden, kapillaarisuuden, vedenläpäisevyyden, lämmönjohtavuuden ja routivuuden määrityksillä.

Ekotehokkuustarkastelu koostui ympäristökuormitusten ja kustannusten laskennasta. Laskelmien perustana käytettiin esimerkkivoimalaitoksen tuhkan laatu- ja määrätietoja. Ympäristökuormitusten laskennassa hyödynnettiin VTT:ssä kehitettyä Meli-ohjelmaa (Maarakentamisen elinkaariarviointi – Ympäristövaikutusten laskentaohjelma). Melissä huomioitavat elinkaaren vaiheet sekä ympäristökuormituslajit esitetään kuvassa 7.



Kuva 7. Tierakenteen elinkaaran vaiheet sekä ympäristökuormituslajit Meli-ohjelmassa.

### 6.3

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### 6.3.1

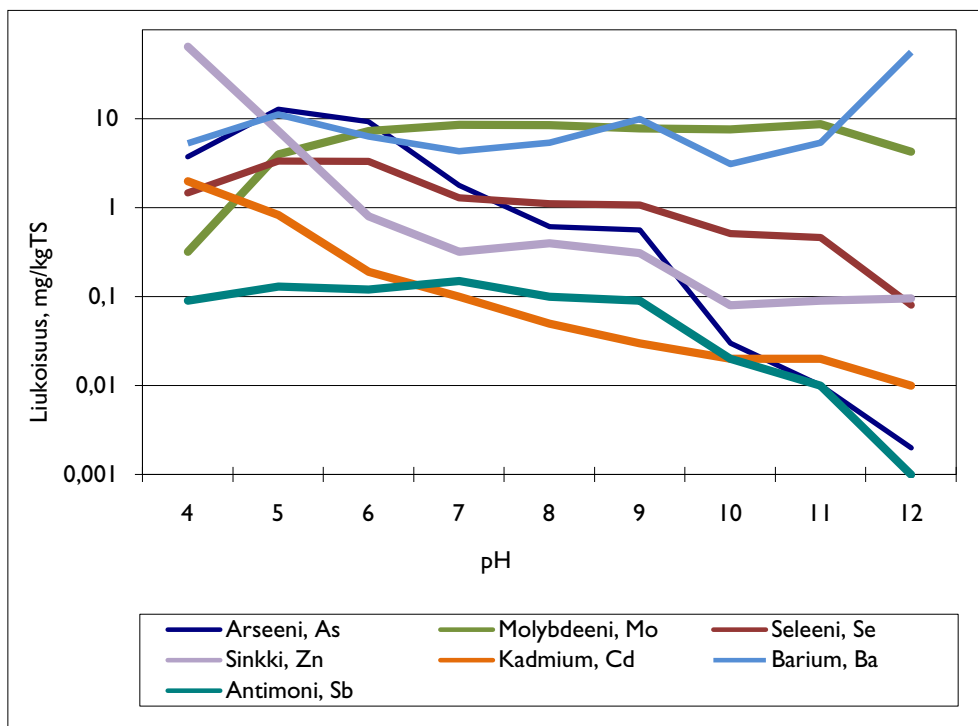
#### Tutkittujen lentotuhkien ympäristöominaisuudet

Tutkitut esimerkkituhat eivät sellaisenaan soveltuneet maarakennuskäyttöön VNa 591/2006:n mukaisesti ilmoitusmenettelyllä. Turve-puutuhka täytti lähes kaikki asetuksen vaatimukset. Arseenin kokonaispitoisuus oli raja-arvolla ja ainoastaan bariumin liukoisuus ylitti asetuksen raja-arvon päällystetylle rakenteelle. Koska sijoituspaikalla mahdollisesti tapahtuvat pH-muutokset vaikuttavat merkittävästi tuhkan liukoisuusominaisuuksiin, tutkittiin myös pH:n vaikutusta liukoisuuteen.

Tulosten perusteella tuhkan puskurikapasiteetti on melko suuri, mutta esimerkiksi seleenin ja molybdeenin liukoisuudet kasvavat ympäristökelpoisuuden kannalta kriittisiksi jo pH-arvossa 11 materiaalin oman pH-arvon ollessa noin 12 (kuva 8). Näin ollen erityisesti edellä mainittujen aineiden liukoisuuksien lisääntymistä voidaan pitää mahdollisena, mikäli tuhka on kosketuksissa happamien materiaalien tai suotovesien kanssa.

Puu-turvetuhkanäytteiden oton aikana voimalaitoksella oli menossa puhtaan kierrätyspuun polttokokeilu. Puun suurempi osuus ja ilmeisesti kyllästetyn puun joutuminen kierrätyspuun joukkoon näkyivät tämän näytteenottojakson tuhkissa kohonneina arseeni-, kromi-, kupari- ja lyijypitoisuuksina. Kromin, lyijyn, molybdeenin, seleenin ja sulfaatin liukoisuudet ylittivät maarakennusasetuksen päällystetyn rakenteen raja-arvot, seleenin liukoisuus jopa tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikkaraja-arvon.





Kuva 8. pH-arvon vaikutus eräiden aineiden liukoisuuteen turvepuutuhkanäytteestä. Tuhkan oma pH-arvo oli noin 12.

### 6.3.2

#### Jalostuksen vaikutus tuhkien ympäristöominaisuuksiin

Tutkimuksessa tuhkan jalostukselle asetettiin ympäristöominaisuuksien osalta tavoitteeksi VNä 591/2006 raja-arvojen alittuminen. Tällöin jalostaminen mahdollistaisi tuhkan hyötykäytön ilmoitusmenettelyllä. Teknisen soveltavuuden parantamiseksi otettiin tavoitteeksi pienten, alle 20 µm partikkeleiden määrän vähentäminen. Turvepuu- ja puu-turvetuhkaa jalostettiin ilmaluokittelulla useaan otteeseen.

Karkean jakeen saanto vaihteli eri luokituskerroilla 49–65 %. Saantoon vaikuttivat todennäköisesti eniten erilaiset polttoainesuhteet voimalaitoksella ja mahdollisesti myös tuhkien tuoreus. Ilmaluokittelun parametrien optimointiin tutkimuksessa ei ollut mahdollisuutta, joten karkean jakeen saanto voi olla vielä suurempikin.

Esimerkkilaitoksen turvepuutuhkasta luokiteltu karkea jae täytti asetuksen vaatimukset. Myös puu-turvetuhkan karkeassa jakeessa haitallisten aineiden pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä kuin luokittelemattomassa tuhkassa. Esimerkiksi arseenipitoisuus oli laskenut lähes kymmenesosaan ja maarakennusasetuksen raja-arvot alittuivat reilusti kaikkien aineiden kohdalla (taulukko 2). Lyijyn liukoisuus karkeasta jakeesta ylitti edelleen päällystetyn rakenteen raja-arvon, joten karkea jae ei aivan täyttänyt asetuksen vaatimuksia (taulukko 3). Maarakennukseen tarkoitetun karkean jakeen lisäksi ilmaluokittelusta jää jäljelle hieno jae, johon tuhkan haitalliset aineet konsentroituvat. Turvepuutuhkan luokittelussa hienoa jaetta syntyi 35–51 % alkuperäisen tuhkan määrästä. Hienon jakeen kaatopaikkakelpoisuutta arvioitiin liukoisuuksien määrittelyllä. Seleenin liukoisuus hienosta jakeesta oli korkea, eikä ilmaluokittelun hieno tuhka-jae tämän vuoksi sovellu sijoitettavaksi tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. On kuitenkin hyvä muistaa, että myös alkuperäisessä käsittelemättömässä tuhkassa seleenin liukoisuus ylitti kyseisen raja-arvon. Turvepuutuhkan luokittelun hieno jae ylitti kaatopaikkarakajan bariumin liukoisuuden osalta.

Taulukko 2. Ilmaluokittelun vaikutus aineiden kokonaispitoisuuksiin puu-turvetuhkassa. Kokonaispitoisuudet on määritetty ICP-menetelmällä ja tulokset on esitetty yksikössä mg/kg kuiva-ainetta. Ilmaluokitteluun käytettiin VTT:n ilmaluokituslaitteistoa. Luokittelusta saatiin karkeaa jaeetta 49 % alkuperäisen tuhkan määrästä.

Alkuaine	Puu-turvetuhka, käsittelemätön	Ilmaluokitellun puu-turvetuhkan karkea jae	Raja-arvo Vna 591/2006
As	110	13	50
Ba*	340	680	3000
Cd	5,5	1,4	15
Cr	110	73	400
Cu	250	140	400
Pb	200	100	300
Mo	15	6,7	50
V	120	100	400
Zn	1400	460	2000

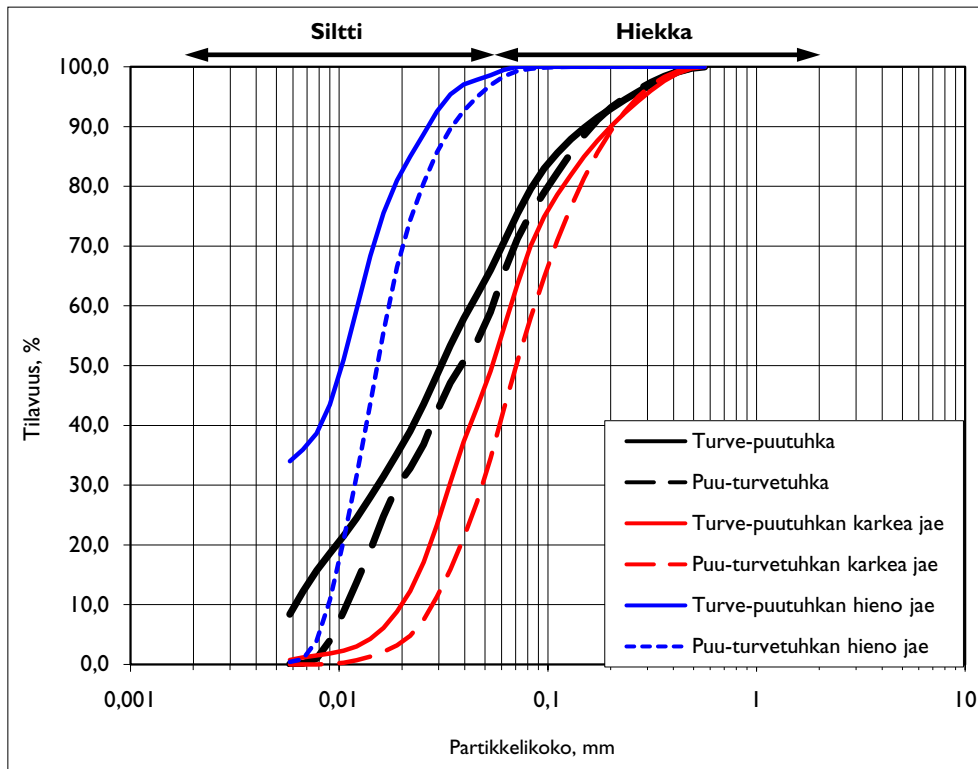
\* Huom. Ba:n saanto ICP:llä käytettäessä HF-HCl-HNO<sub>3</sub> -hajotusta: Validointitesteissä on havaittu, että Ba:n saanto esimerkiksi BCR 176 -tuhkasta on ollut vain 47–61 %.

Taulukko 3. Ilmaluokitellun puu-turvetuhkan karkean jakeen liukoisuus kaksivaiheisella ravistelutestillä (EN 12457-3) määritettynä. Luokittelusta saatiin karkeaa jaeetta 49 % alkuperäisen tuhkan määrästä. Liuenneiden haitta-aineiden määrät on ilmoitettu yksikössä mg/kg kuiva-ainetta (TS) kohti.

	Puu-turvetuhka, käsittelemätön	Ilmaluokitellun puu-turvetuhkan karkea jae	Raja-arvo VNa 591/2006 peitetty rakenne	Raja-arvo VNa 591/2006 päällystetty rakenne
Suodoksen pH	12,8	12,1		
Sb	<0,002	<0,001	0,06	0,18
As	<0,02	<0,01	0,5	1,5
Ba	2,5	5,2	20	60
Cd	0,01	0,003	0,04	0,04
Cr	3,7	0,76	0,5	3,0
Cu	<0,02	<0,03	2,0	6,0
Hg	<0,001	<0,001	0,01	0,01
Pb	2,1	1,7	0,5	1,5
Mo	6,0	1,7	0,5	6,0
Ni	0,1	0,02	0,4	1,2
V	<0,01	0,04	2,0	3,0
Zn	0,9	0,8	4,0	12
Se	0,54	<0,07	0,1	0,5
F <sup>-</sup>	16	7,6	10	50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	12 630	3840	1 000	10 000
Cl <sup>-</sup>	1750	300	800	2 400

### Jalostetun tuhkan tekninen soveltuvuus maarakennuskäyttöön

Turve-puutuhka vastasi partikkelikooltaan hienoa hiekkaa ja silttiä, puu-turvetuhka oli raekooltaan aavistuksen karkeampaa (kuva 9). Ilmaluokittelulla alle 20 µm:n partikkelien osuus maarakennuskäyttöön ajatellussa tuhkassa laski 30–40 %:sta 5–10 %:iin. Ilmaluokittelusta jäljelle jäävässä hienossa jakeessa alle 20 µm:n partikkelien osuus oli 70–80 %.



Kuva 9. Turve-puu- ja puu-turvetuhkan sekä tuhista luokiteltujen karkean ja hienon jakeen partikkelikojakaumat.

Ilmaluokittelu paransi tutkitun tuhkan routivuusominaisuuksia. Routanousukokeella määritetyn segregatiopotentialin perusteella turve-puutuhka oli lievästi routivaa ja turve-puutuhkasta luokiteltu karkea jae lähes routimatonta. Rakeisuuskäyriin perustuvien routivuuskriteerien perusteella tutkitut tuhkat olisi luokiteltu routiviksi. Puu-turvetuhkasta erotettu karkea jae oli hyvin vettä läpäisevää ja sen lämmönjohdavuus oli suurin piirtein sama kuin hiekalla (taulukko 4).

Laboratoriotutkimusten perusteella turve-puutuhkan potentiaalisia käyttökohteita ovat erilaiset täytöt, kuten pengertäytteet, maa- ja meluvallien täyttömateriaalit, maisemointitäytöt sekä putkikaivantotäytöt edellyttäen, että korroosioriski on pois suljettu. Rakennekerrosmateriaaliksi turve-puutuhka soveltuu suodatinkerrokseen kuivilla pohjamailla. Märillä pohjamailla suodatinkerroksen alle tarvitaan kapillaarikatko. Sideaineella parannettuna mahdolliset käyttösovellukset laajenevat esimerkiksi jakavaan kerrokseen.

Taulukko 4. Yhteenveto turve-puu- ja puu-turvetuhkalle sekä niistä ilmaluokitelluille karkeille jakeille suoritetuista teknisen soveltuvuuden tutkimuksista.

Ominaisuus	Tuhkanäyte	Tulos
Routivuus, segregatiopotentiaali	Turve-puutuhka	SP = 1,0 mm <sup>2</sup> /Kh
	Turve-puutuhkan karkea jae	SP = 0,5 mm <sup>2</sup> /Kh
Proctor-koee: Maksimikuivatilavuuspaino Optimivesipitoisuus	Puu-turvetuhkan karkea jae	$\gamma_{dmax.} = 13,90 \text{ kN/m}^3$ $w_{opt.} = 22,4 \%$
Kapillaarisuus	Puu-turvetuhkan karkea jae	1,06–1,10 m
Vedenläpäisevyys	Puu-turvetuhkan karkea jae	Näyte 1 k = $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ Näyte 2 k = $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
Lämmönjohtavuus	Puu-turvetuhkan karkea jae	Sula $\lambda = 0,80 \text{ W/mK}$ Jäätynyt $\lambda = 1,00 \text{ W/mK}$

#### 6.3.4

### Tuhkien jalostamisen ekotehokkuus

Ekotehokkuudella tarkoitetaan toimintaa, joka tuottaa enemmän palveluja ja hyvinvointia vähemmällä luonnonvarojen kulutuksella. Ekotehokkuuden toteutumista voidaan mitata erilaisilla tunnusluvuilla, joita ovat esimerkiksi raaka-aineiden ja energian käyttö suhteessa tuotantoon, päästöt, hyvinvointi ja kaupallinen kilpailukyky. TUUMA-hankkeessa puuta ja turvetta polttavien laitosten lentotuhkien hyötykäyttömahdollisuuksia sekä niiden kustannustehokkuutta ja ympäristövaikutuksia tarkasteltiin käyttäen pohjana esimerkivoimalaitoksen tuhkan laatu- ja määrätietoja. Laitos tuottaa lentotuhkaa noin 15 000 tonnia vuodessa.

Tuhkan luokittelun kannattavuutta tarkasteltiin kustannusarvion avulla. Luokittelun tuotteena saatava karkea aines soveltuu luokittelematonta lentotuhkaa paremmin maarakennuskäyttöön. Hieno jae sijoitetaan kaatopaikalle sen ominaisuuksista riippuen joko tavanomaisena jätteenä tai ongelmajätteenä. Vertailukohtana tarkasteltiin koko tuhkamäärän kaatopaikkasijoitusta. Kustannustarkastelussa otettiin huomioon luokituslaitteiston ja luokittelun kustannukset, kaatopaikkamaksut loppusijoitettavalle jakeelle sekä kuljetuskustannukset.

Kustannustarkastelussa todettiin, että molemmilla karkean jakeen saantoskenarioilla (60 ja 80 %) tuhkan luokittelu on todennäköisesti taloudellisesti kannattavaa, mikäli vaihtoehtona on koko tuhkamäärän sijoittaminen kaatopaikalle. Vuotuiset kokonaiskustannukset tuhkan jalostamiselle ovat noin puolet kaatopaikkasijoituksen kustannuksista, kun karkean jakeen saanto on 60 %. Tulevaisuudessa kaatopaikkamaksujen nousu tai muutokset tuhkan kaatopaikkasijoituksen verotuksessa voivat edelleen muuttaa tilannetta. Lisäksi kustannustarkastelussa oletettiin, että hyötykäytettävästä jakeesta ei saada tuottoa eli mahdolliset tuotot lisäävät edelleen tuhkan luokittelun taloudellista kannattavuutta.

Puun ja turpeen poltossa syntyvän tuhkan hyötykäyttökonseptin ympäristövaikutusten tarkasteluun valittiin kolme tierakennevaihtoehtoa, joissa karkeaa lentotuhkajaetta ja luokittelematonta lentotuhkaa on hyödynnetty eri tavoin (taulukko 5). Vertailukohtana käytettiin luonnonmateriaaleista tehtyä rakennetta.

Tarkastelluissa lentotuhkavaihtoehtoissa säästyi luonnonmateriaaleja ja polttoainetta luonnonmateriaalirakenteeseen verrattuna, mutta energian kulutus ja päästöt ilmaan olivat suurempia. Energian kulutukseen ja päästöihin vaikuttaa etenkin sementin käyttö stabilointiaineena, mutta myös tuhkan luokittelun energiankäyttö

Taulukko 5. Ympäristövaikutusten laskennassa käytetyt tierakennevaihtoehdot. Ympäristövaikutusten laskennassa käytettiin VTT:ssä kehitettyä Meli-ohjelmaa.

	Vertailurakenne		Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2		Vaihtoehto 3	
	Materiaali	Paksuus, m	Materiaali	Paksuus, m	Materiaali	Paksuus, m	Materiaali	Paksuus, m
Päällyste	AB20	0,05	AB20	0,05	AB20	0,05	AB20	0,05
Kantava kerros	Murske	0,2	Murske	0,2	Murske	0,2	Murske	0,2
Jakava kerros	Murske	0,3	Karkea LT-jae stab. 5 % YSE	0,3	Karkea LT-jae stab. 5 % YSE	0,3	Murske	0,3
Suodatin-kerros	Hiekka	0,4	Karkea LT-jae	0,4	Luokittele-maton LT-jae	0,4	Karkea LT-jae	0,4
					Sora	0,2		

vaikutti ilmapäästöihin. Liukoisuudet ovat suurimmat rakenteesta, jossa käytetään luokittelematonta tuhkaa ja pienimmät luonnonmateriaalirakenteesta. Kaatopaikkasijoituksen huomioiminen lisäisi kuitenkin eniten luonnonmateriaalivaihtoehdon liukenevia päästöjä. Lisäksi kaatopaikkatilan kulutus olisi suurempi kuin muilla rakennevaihtoehdoilla. Materiaaleja ei voida elinkaaritarkastelun perusteella asettaa selkeästi paremmuusjärjestykseen. Vertailun tulos määräytyy sen perusteella, mitä vaikutuksia päättäjällä pitää merkittävimpinä. Tulosten arvioinnissa on myös otettava huomioon, että esimerkiksi arviot luokittelun energiankäytöstä perustuvat tehtyihin laboratorikokeisiin. Käytännön sovelluksissa voitaisiin todennäköisesti päästä parempaan energiatehokkuuteen.

### 6.3.5

#### Tuhkien tuotteistaminen maarakennuskäyttöön

Jätteiden tuotteistamisella tarkoitetaan menettelyä, jolla kierrätys- ja uusiomateriaaleilta pystytään poistamaan jätestatus. Tuotteistamisella pyritään uusiomateriaalien hyötykäytön lisäämiseen poistamalla hyötykäytön esteitä sekä parantamalla uusiomateriaalien laatua ja käyttäjien tietoutta uusiomateriaalien tarjoamista mahdollisuuksista.

Nykyisin käytävissä oleva vaihtoehto seospolton tuhkien tuotteistamiseen on asetus ”Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa”. Vain osa tuhkista täyttää käsittelemättömänä asetuksen raja-arvot. EY:n uuden jätepuitedirektiivin (2008/98/EY) mukaisen End of Waste (EoW) -menettelyn tuskin voidaan odottaa lieventävän ympäristökelpoisuusvaatimuksia maarakennusasetuksessa esitetystä. Koska tuotteiden käyttö ei ole samanlaisen viranomaisvalvonnan alaista kuin jätteen hyödyntäminen, tuotteen on oltava turvallinen sille osoitetuissa käyttökohteissa. EoW -menettely toisi tuhkat myös REACHin ja tuotevastuulainsäädännön alaisiksi.

Tuhkien tuotteistamisessa on monia erityispiirteitä. Vaikka tuhkista puhutaankin yleensä yhtenä tuoteryhmänä, kyseessä ei ole yksi yhtenäinen tuote, vaan useiden tuottajien erilaisista raaka-aineista erilaisissa prosesseissa tuottama joukko tuhkatuotteita. Samalla polttolaitoksellakin syntyy useita tuhkia (esim. lento- ja pohjatuhkat). Lisäksi polttoainejakauma ja polttoprosessi vaikuttavat voimakkaasti tuhkan tekniiseen ja ympäristölaatuun. Biopolttoaineiden käytön lisääntyessä polttoainevalikoima ja tämän mukana tuhkien laatu vaihtelu todennäköisesti kasvaa entisestään.

Tuotteen laatuun voitaisiin periaatteessa vaikuttaa myös ohjaamalla tuotantoprosessia ja vaikuttamalla sen raaka-aineiden laatuun. Voimalaitoksilla tuhka on kuitenkin ensisijaisesti energiantuotannon sivuvirta, jonka laadun parantamista prosessiin vaikuttamalla ei toistaiseksi ole katsottu kannattavaksi.

6.4

## Johtopäätökset

Maarakentaminen on merkittävä tuhkien käyttökohde. Ilman jatkojalostusta lentotuhkat soveltuvat lähinnä alempitaisoihin käyttökohteisiin. Hankkeessa tutkitut seospolton tuhkat eivät täyttäneet maarakentamiskäytölle Valtioneuvoston asetuksessa 591/2006 asetettuja vaatimuksia. Lisäksi havaittiin, että laitosten välisen laatuvaihtelun lisäksi tuhkien ominaisuudet voivat vaihdella samassakin laitoksessa esimerkiksi polttoainejakauman muutosten vuoksi.

Poistamalla seospolton tuhkasta hienoin jae ilmaluokittelulla voidaan esimerkiksi laitoksen tuhkalla tehtyjen kokeiden perusteella parantaa puun ja turpeen seospolton tuhkien teknistä ja ympäristölaatua. Tuhkan hienoimman aineksen metallipitoisuudet ovat korkeammat kuin karkeissa jakeissa. Lisäksi hienoaineksen poisto vähentää tuhkan routivuutta. Käsittelyjäännöksenä syntyvä hienojae vaatii jatkokäsittelyn tai sijoituksen ongelmajätteen kaatopaikalle.

Menetelmä todettiin taloudellisesti kannattavaksi, mikäli vaihtoehtona on koko tuhkakakeen sijoittaminen kaatopaikalle. Kustannustehokkuuden parantamiseksi menetelmän kehitystä olisi jatkettava optimoimalla karkean jakeen saanto. Optimoinnissa on otettava huomioon myös alkuperäisen tuhkan laatu, johon vaikuttavat sekä polttoaineen laatu että laitoksen käyttöominaisuudet.

Nykyistä parempilaatuisten tuhkatuotteiden tuottamisen kannattavuuteen vaikuttavat käsittelymenetelmän kustannustehokkuuden lisäksi monet muut tekijät toimintaympäristössä, kuten vaihtoehtoiset sijoituskohteet sekä näissä tuhkillle asetettavat laatuvaatimukset ja sijoituskustannukset. Alempilaauteissa käyttökohteissa tuhkan merkittävimpana kilpailuetuna nykyisessä liiketoimintaympäristössä on usein negatiivinen tai nollassa hinta. Tämä ei kuitenkaan edistä liiketoimintaa eikä tuhkatuotteiden jalostusta. Siksi hyötykäytön liiketoiminnallisten edellytysten parantamismahdollisuuksiin tulisi kiinnittää huomiota. Myös kaatopaikkakustannusten kasvu tukisi hyötykäyttöä.

Tuhkien tuotteistaminen End of Waste-menettelyn mukaisesti tuskin tulee lieventämään ympäristökriteereitä verrattuna maarakennusasetuksessa esitettyihin kriteereihin. Jos tuhkista pystytään kohtuullisin kustannuksin saamaan tuotevaatimukset täyttävä materiaali, tuotteistaminen parantaisi kuitenkin tuhkien asemaa markkinoilla. Osa tuhkista kannattaa ohjata maarakennuksen sijasta muihin soveltuviin käyttökohteisiin, joissa niille on omat tuotekriteerit.

## Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli jalostaa energiantuotannon tuhkista tuotteita maarakennuskäyttöön. Esimerkkivoimalaitoksilta kerättyjen tuhkanäytteiden avulla selvitettiin tuhkien ympäristökelpoisuutta ja teknistä soveltuvuutta maarakennuskäyttöön sekä mahdollisuuksia ko. ominaisuuksien parantamiseen jalostamalla. Projektissa tarkasteltiin myös tuhkien jalostamisen ekotehokkuutta ja tuotteistamismahdollisuuksia.

Mikään tutkituista tuhkanäytteistä ei sellaisenaan täyttänyt "Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa" annetun asetuksen VNa 591/2006 vaatimuksia. Lähes vaatimusten mukaisia olivat turve-puutuhkat, jotka valittiin tarkempien tutkimusten kohteeksi. Näiden tuhkien jalostukseen käytettiin tutkimuksessa ilmaluokittelua. Ilmaluokittelulla voidaan erottaa pienet, paljon haitallisia aineita sisältävät partikkelit karkeammasta tuhkejakeesta. Luokittelu paransi tuhkan ympäristökelpoisuutta ja teknistä soveltuvuutta maarakennuskäyttöön.

Kustannustarkastelussa havaittiin tuhkan luokittelun olevan todennäköisesti taloudellisesti kannattavaa, mikäli vaihtoehtona on koko tuhkamäärän sijoittaminen kaatopaikalle. Vuotuiset kokonaiskustannukset tuhkan jalostamiselle ovat noin puolet kaatopaikkasijoituksen kustannuksista, kun karkean jakeen saanto on 60 %. Kehitetyn käsittelykonseptin elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia arvioitiin vertailemalla erilaisia tierakennevaihtoehtoja, joissa karkeaa lentotuhkajakeeta ja luokittelematonta lentotuhkaa on hyödynnetty eri tavoin. Vertailukohtana käytettiin luonnonmateriaalirakennetta. Lentotuhkavaihtoehtoissa säästyi

luonnonmateriaaleja ja polttoainetta, mutta energian kulutus ja päästöt ilmaan olivat suurempia. Elinkaaritarkastelun perusteella tutkittuja tierakenteita ei voida laittaa selkeään paremmuusjärjestykseen. Vertailun tulos määräytyy sen perusteella, mitä vaikutuksia päättäjällä pitää merkittävimpinä.

Työssä tarkasteltiin lisäksi mahdollisuuksia helpottaa tuhkien hyötykäyttöä tuotteistamalla ne EY:n uuden jätepuitedirektiivin (2008/98/EY) mahdollistaman End of Waste (EoW) -menettelyn mukaisesti. Koska tuotteiden käyttö ei ole samanlaisen viranomaisvalvonnan alaista kuin jätteen hyödyntäminen, tuotteen on oltava turvallinen sille osoitetuissa käyttökohteissa. Siksi tuotteistaminen tulee tuskin ainakaan lieventämään tuhkien maarakennuskäytön ympäristökriteereitä nykyisestä. Tuotteistaminen ei myöskään poista laadunvalvonnan tarvetta. Jos tuhkista pystytään kohtuullisin kustannuksin jalostamaan tuotevaatimukset täyttävä materiaali ja samalla parantamaan myös teknisiä käyttöominaisuuksia, tuotteistaminen parantaisi kuitenkin tuhkien asemaa markkinoilla. Kaatopaikkakustannusten kasvu tekisi jalostuksesta nykyistä kannattavampaa ja tukisi näin hyötykäyttöä. Osalle tuhkista voidaan löytää maarakennusta kustannustehokkaampia käyttökohteita, joihin ne kannattaa ensi sijassa ohjata.

### Lähteet

Korpijärvi, K., Mroueh, U-M., Merta, E., Laine-Ylijoki, J., Kivikoski, H., Järvelä, E., Wahlström, M. & Mäkelä, E., 2009. Energiantuotannon tuhkien jalostaminen maarakennuskäyttöön. VTT Tiedotteita 2499. VTT, Espoo. 75 s. + liitt. 19 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2499.pdf>

# 7 Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuus

*Jaana Sorvari & Riina Antikainen, Suomen ympäristökeskus*

7.1

## Johdanto

Suomessa on arviolta hieman yli 20 000 mahdollisesti pilaantunutta maa-aluetta, joista vuosittain kunnostetaan 300–400 kohdetta (Suomen ympäristökeskus 2008). Suurimmassa osassa kohteita pilaantuneisuuden aste ja laajuus eivät ole tiedossa, joten näissä vaaditaan tutkimuksia ja mahdollisesti riskinhallintatoimia. Tärkein selvitys- ja riskinhallintatoimet laukaiseva tekijä on toistaiseksi ollut maankäytön muutos.

Maaperän (mukaan lukien pohjavesi) pilaantumisesta aiheutuvia riskejä voidaan hallita eri tavoin kuten maankäyttöä rajoittamalla tai kunnostustoimilla. Suomessa ylivoimaisesti yleisin kunnostusmenetelmä on ollut massanvaihto, jossa pilaantunut maa-aines kaivetaan pois ja toimitetaan käsiteltäväksi. Vuonna 2006 yli 90 % pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusta koskevista luvissa ja ilmoituksissa esitettiin kunnostusmenetelmäksi massanvaihtoa tai massanvaihdon ja eristämisen yhdistelmää (Suomen ympäristökeskus, julkaisematon). Pohjaveden kunnostaminen on ollut huomattavasti harvinaisempaa kuin maaperän kunnostaminen. Yleisin menetelmä on ollut pohjaveden pumppaus ja käsittely esim. aktiivihiihliisuodatuksella.

Suurin osa kaivetuista maa-aineksista on päätyneet kaatopaikoille, joissa ne on joko hyödynnetty sellaisenaan tai käsiteltynä tai loppusijoitettu suoraan jätetäyttöön tai eristettynä muista jätteistä (kapselointi). Siitä, miten suuri osa kaatopaikoille toimitetuista pilaantuneista maa-aineksista todellisuudessa hyödynnetään, ei ole ollut tarkkaa tietoa. Kaatopaikkojen pilaantuneiden maa-ainesten vastaanottomaksut ovat olleet varsin alhaiset johtuen lähinnä maa-ainesten verottomuudesta ja niiden suuressa kysynnästä. Kysynnän kasvu on johtunut vanhojen kaatopaikkojen sulkemistoimista, joissa on voitu käyttää pilaantuneita maa-aineksia. Nämä sulkemistoimet ovat seurausta siitä, että vanhojen kaatopaikkojen pohjarakenteet eivät täytä nykyisiä vaatimuksia. Kaatopaikkojen määrää vähentää myös jätestrategia, jonka mukaisesti jätteen hyödyntämistä tulee lisätä. Kaatopaikkojen määrän väheneminen samoin kuin eräät kaatopaikoille sijoitettavia jätteitä koskevat rajoitukset (mm. esikäsitteilyvaatimukset ja orgaanisen ainekselle asetetut pitoisuusrajat), tulevat väistämättä vähentämään tulevaisuudessa kaatopaikoille toimitettavien pilaantuneiden maa-ainesten määrää. Pilaantuneiden maa-ainesten käsittelylle ja loppusijoitukselle tuleekin löytää lähiaikoina uusia toteutuskelpoisia vaihtoehtoja.

Alhaiset kaatopaikkojen vastaanottomaksut ovat Suomessa johtaneet siihen, että kaivettuja maa-aineksia on kuljetettu pitkiäkin matkoja, jopa 500 km päähän pi-



laantuneesta maa-alueesta (mm. Uudenmaan liitto 2002). Riskinhallintamenetelmät onkin usein valittu välittömien kustannusten ja riskinhallinnan nopeuden perusteella (Sorvari & Antikainen 2004). Välilliset kustannukset ja muut seuraukset kuten ympäristövaikutukset ja muut riskit, jotka kohdistuvat esimerkiksi viihtyvyyteen, rakenteisiin ja ekosysteemien toimivuuteen, ovatkin tyypillisesti jääneet vähäiselle huomiolle. Etenkin kuljetuksista ja maan kaivusta aiheutuu merkittäviä ympäristövaikutuksia kuten päästöjä ilmaan ja energiankulutusta. Kaivu muuttaa myös pilaantuneen alueen maisemaa ja ekosysteemejä. Välittömien kustannusten kannalta paras kunnostusmenetelmä ei olekaan aina ekotehokkain eli panoshyötysuhteeltaan paras tapa hallita pilaantumista aiheuttavia riskejä.

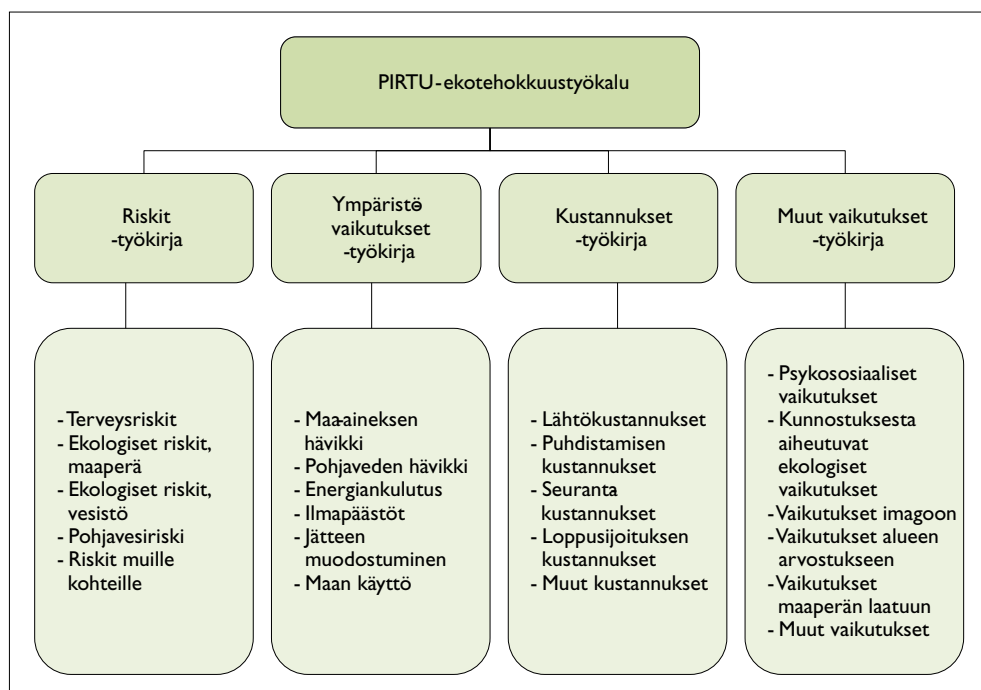
Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden kokonaisvaltaiseen tarkasteluun ei ole toistaiseksi ollut riittävästi tietopohjaa, apuvälineitä ja ohjeistusta. Tämän vuoksi toteutettiin vuosina 2003–2006 Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) koordinoima projekti 'Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus' (PIRRE), jossa kehitettiin internet-pohjainen tukijärjestelmä ([www.ymparisto.fi/syke/pirre](http://www.ymparisto.fi/syke/pirre)). Tukijärjestelmä sisältää ohjeita ja suosituksia ekotehokkuuden eri komponenttien eli riskien, kustannusten, kunnostuksen ympäristövaikutusten ja sosiaalisten vaikutusten arvioimiseksi sekä riskiviestinnän järjestämiseksi. Tukijärjestelmä sisältää myös PIRTU-laskentatyökalun, jota voidaan käyttää yksittäisen pilaantuneen maa-alueen eri riskinhallintavaihtoehtojen ekotehokkuuden vertailussa. Hanketta jatkettiin vuonna 2007 käynnistyneessä PIRRE2-projektissa, jonka päätavoitteena oli ekotehokkuustarkastelujen laajentaminen alueelliselle tasolle. Tämän lisäksi haluttiin testata kehitettyä PIRTU-laskentatyökalua sekä parantaa tämän ja koko tukijärjestelmän käyttökelpoisuutta. Tulosten pohjalta tarkasteltiin myös ekotehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ja sitä, miten nämä voivat vaikuttaa ekotehokkuuden toteutumiseen tulevaisuudessa. PIRRE2-projektin toteutukseen osallistuivat SYKEN lisäksi Helsingin kaupunki ja Pirkanmaan ympäristökeskus.

7.2

## Aineisto ja menetelmät

Alueellisen tason ekotehokkuustarkasteluja varten oli ensin tarpeen määritellä ekotehokkuuden mittarit. Tätä varten selvitettiin kirjallisuuden avulla, minkälaisia menetelmiä ekotehokkuuden arviointiin on käytetty. Lähteenä olivat etenkin pilaantuneiden alueiden kunnostuksen materiaaliavirra-analyysiä, elinkaaritutkimuksia, ekotehokkuuslaskentaohjelmia ja -indikaattoreita sekä taloudellisen hyödyn ja kustannus-hyötysuhteen mittaamista käsittelevät artikkelit ja raportit. Näiden pohjalta laadittuja alustavia aluetason ekotehokkuuden mittareita testattiin kolmella eri alueella eli Helsingin kaupungin, Pirkanmaan ympäristökeskuksen ja Kainuun ympäristökeskuksen toimialueilla. Mittareiden testausta varten koottiin niiden arvojen määrittelyyn tarvittavat tiedot kultakin alueelta. Tarkasteluvuosiksi valittiin vuodet 2004, 2005 ja 2006, joille kullekin määriteltiin ekotehokkuusmittarien arvot. Tarkasteluun sisällytettiin useampia vuosia, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä kuva keskimääräisistä vuosittaisista pilaantuneiden maa-ainesten määristä ja ominaisuuksista sekä kunnostettujen kohteiden lukumääristä. Tarkoituksena oli myös vertailla eri vuosia ekotehokkuuden toteutumisen näkökulmasta. Valittujen tarkasteluvuosien lukumäärää rajoittivat saatavilla olevan tiedon määrä ja aineiston kokoamiseen tarvittavat resurssit.

PIRTU-työkalun testausta varten valittiin kolme erityyppistä pilaantunutta kohdetta Helsingin kaupungin alueelta: entinen teollisuusalue, huoltoasemakiinteistö ja kaasulaitoksen alue (Lundén 2008). Teollisuusalueella oli aiemmin ollut höyläämö ja sittemmin siellä oli korjattu ja huollettu autoja. Kohdetiedot koottiin Helsingin



Kuva 10. PIRTU-laskentaohjelman sisältämät päätekijät (päätekijät) ja näihin sisältyvät osatekijät.

kaupungin aiemmista tutkimustuloksista. Huoltamokiinteistöllä pääasiallisin pilaantumista aiheuttanut haitta-aineryhmä oli öljyhiilivedyt, kun muissa kohteissa maaperässä oli myös metalleja. Entisen kaasulaitoksen alueella esiintyi lisäksi syaniideja. Alueille määriteltiin erilaisia riskinhallintavaihtoehtoja ja kullekin vaihtoehdolle laskettiin PIRTU-työkalun sisältämien ekotehokkuuden osatekijöiden eli ns. päätöskriteerien (kuva 10) arvot, joiden perusteella niitä vertailtiin keskenään.

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden toteutumisen nykytilannetta arvioitiin PIRRE2-projektiin linkittyneen erillisen, pilaantuneita maa-ainesvirtoja selvittellen projektin tulosten perusteella. Projektissa arvioitiin valtakunnan tasolla vuosina 2005 ja 2006 syntyneiden pilaantuneiden maa-ainesten määrä ja laatu ja käsittelykapasiteetti (Jaakkonen 2008). Tämän projektin tietojen lisäksi koottiin yhteen ja analysoitiin SYKEN muissa yhteyksissä tuottamaa, osittain julkaisematonta tietoa pilaantuneiden maa-alueiden tyypistä (toimialat ja pilaantumista aiheuttaneet haitta-aineet). Ekotehokkuuden toteutumisen tulevaisuudennäkymien arvioimista varten kerättiin tietoa pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöihin vaikuttavista uusista ja valmisteilla olevista säädöksistä ja ohjeista. Muut kuin ohjauskeinoihin luettavat riskinhallintakäytäntöjä ohjaavat tekijät tunnistettiin projektiryhmän asiantuntemuksen perusteella. Tunnistetuista tekijöistä keskusteltiin ja niitä täydennettiin ohjausryhmän jäsenille järjestetyn ryhmätyön tulosten pohjalta. Ohjausryhmään kuului asiantuntijoita ympäristöministeriöstä, konsultointiin ja jätteenkäsittelyyn keskittyneistä yrityksistä, VTT:sta sekä maanomistaja- (Helsingin kaupunki) ja viranomaisohjalta (Pirkanmaan ympäristökeskus). Tuloksia täydennettiin haastatteleamalla yksityiskohtaisemmin muutamaa alan asiantuntijaa.

## Tulokset ja niiden tarkastelu

### Kohdekohtaiset ekotehokkuustarkastelut

PIRTU-laskentatyökalun avulla tehdyt tapaustarkastelut osoittivat maa-ainesten kaivun olevan usein kustannustehokkuudeltaan huonoin, mutta riskien ja sosiaalisten vaikutusten vähenemän kannalta paras riskinhallintavaihtoehto. Tulokset tukivat siten täysin lähtöoletusta tämän käsittelymenetelmän eduista ja haitoista. Lisäksi todettiin 0-vaihtoehdon eli kunnostamatta jättämisen olevan joissain tilanteissa ekotehokkain. Tämä tilanne tulee kyseeseen lähinnä silloin, kun riskien lähtötaso on alhainen. Myös tulokset huonoon ekotehokkuuteen johtavan asfalttistabiloinnin ja termisen käsittelyn suuresta energiankulutuksesta tukivat aiempia käsitteitä ja PIRRE1-projektissa saatuja tuloksia (Sorvari ym. 2005). Eri ekotehokkuuden kriteerit olivat usein ristiriidassa keskenään, mikä todettiin myös aiemman PIRRE1-projektin yhteydessä. Joissain tilanteissa voikin olla vaikea tunnistaa kokonaisekotehokkuudeltaan parasta vaihtoehtoa yksinomaan ekotehokkuuden eri osatekijöitä (pääteokriteerejä) tarkastelemalla. Tämän helpottamiseksi erilliset päätöskriteerit ja niihin liittyvät osatekijät voidaan yhdistää käyttäen erilaisia päätösanalyttisiä menetelmiä (Sorvari & Seppälä 2009).

PIRTU-työkalun testauksessa havaittiin joitain kehitystarpeita, jotka otettiin huomioon sen jatkokehittämisessä. Nämä liittyivät lähinnä ”Muut vaikutukset” -työkirjan tulosteisiin, ”Ympäristövaikutukset” -työkirjan lähtötietoihin ja visuaaliseen ulkoasuun. Lisäksi todettiin olevan tarpeen liittää työkaluun yksinkertainen riskinarviointilaskentamenettely, johon liittyvä työ on edelleen meneillä SYKEssä.

### Alueelliset ekotehokkuusmittarit ja niiden arviointi

Alueellisia ekotehokkuustarkasteluja varten päädyttiin kirjallisuusselvityksen (Nerg 2008) ja kolmen tarkastellun alueen tietojen perusteella ehdottamaan 14 alueellisen tason ekotehokkuuden toteutumista kuvaavaa mittaria (taulukko 6). Nämä koostuvat ns. tarkastelualueen taustatekijöitä kuvaavista, riskejä tai sen vähenemää epäsuorasti ilmentävistä ja ympäristö- ja materiaalivirrat huomioivista mittareista.

Tarkasteltavan alueen ominaisuuksia kuvaavat taustatekijät helpottavat eri alueiden välistä ja yksittäisen alueen eri vuosien välillä tapahtuvaa vertailua. Massakilometreinä ja keskikuljetusmatkoina ilmaistavat kuljetusmatkat sekä poistettujen maa-ainesten sisältämät haitta-aineet ja niiden pitoisuudet, toimialatiedot, vedenkulutus ja ilmastonmuutos kuvaavat puolestaan kunnostustoimista aiheutuvaa ympäristökuormitusta ja materiaalivirtoja. Selvityksen perusteella ei ollut mahdollista muodostaa yksiselitteistä ja suoraan alueen pilaantuneiden maiden aiheuttamaa riskiä tai sen vähenemää kuvaavaa mittaria. Tämä johtuu riskien kohdekohtaisuudesta eli niiden vaihtelusta pilaantuneen alueen maankäytön, koon, ympäristöolosuhteiden, pilaantuneisuuden jakautumisen ja haitta-aineiden ominaisuuksien mukaan. Riskiä ja eri riskinhallintatoimilla saavutettavaa riskien vähenemää alueellisesti ilmentävä mittari edellyttäisi siten varsin yksityiskohtaista tietoa kultakin yksittäiseltä pilaantuneelta maa-alueelta. Suurimmasta osasta pilaantuneita (tai mahdollisesti pilaantuneita) alueita ei tällaista tietoa ole saatavilla. Myös tiedot jo kunnostettujen kohteiden jäännöspitoisuustasoista ovat puutteelliset. Tämän vuoksi riskejä ja niiden vähenemää jouduttiin kuvaamaan epäsuorien mittarien kuten poiskuljetettujen maa-ainesten määrän ja laadun perusteella. Mittaristoon ei myöskään voitu tiedonpuut-

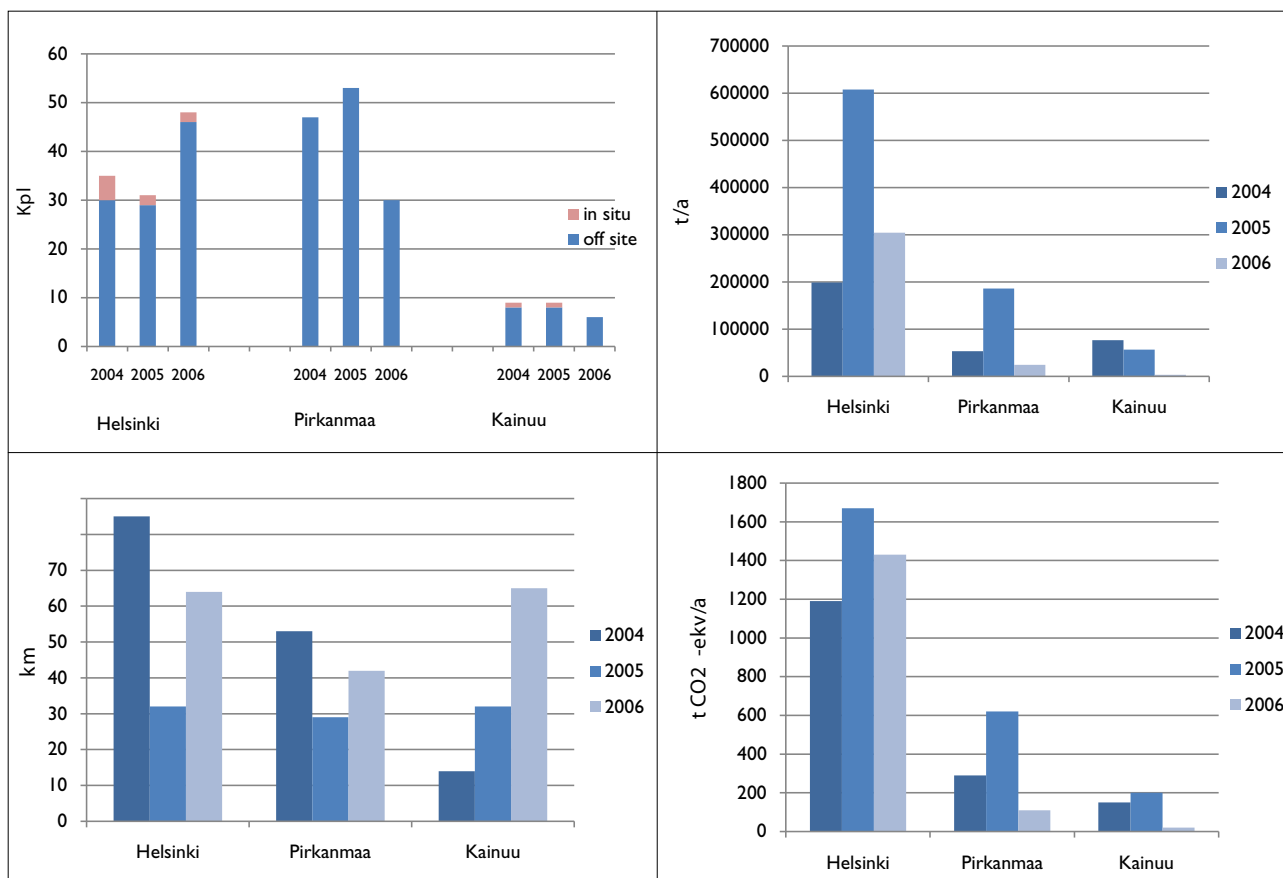
teista johtuen sisällyttää kustannusvaikutuksia. Kustannustietojen vaikea saatavuus johtuu osittain siitä, että kustannusten muodostuminen on aina kohdekohtaista ja riippuu monista tekijöistä kuten maalajista, haitta-aineista ja niiden pitoisuuksista sekä haitta-aineyhdistelmästä, kunnostusmenetelmästä, kunnostuksen aikataulusta, kunnostettavan maa-aineksen määrästä ja sijainnista sekä viimekädessä kunnostusurakoitsijoiden ja maa-ainesten vastaanottajien erilaisista hinnoitteluperiaatteista. Myöskään sosiaalisia vaikutuksia ei sisällytetty mittaristoon. Näiden osalta pilaantuneisiin alueisiin liittyvien vaikutusten erottaminen kokonaisvaikutuksista alueella voi olla hankalaa eikä sitä ole toistaiseksi juurikaan tehty. Myös käyttökelpoisten arviointimenetelmien puute vaikeuttaa useiden sosiaalisten vaikutusten arviointia.

Taulukko 6. Ehdotus pilaantuneen maa-alueen puhdistamisen ekotehokkuuden aluetason mittareiksi (Nerg 2008, mukaeltu).

	Tekijä	Indikaattori	Tarkasteltava ominaisuus
1	Alueen kokonaismaapinta-ala	km <sup>2</sup>	Taustatekijä
2	Keskiväkiluku	Asukasta	Taustatekijä
3	Väestötiheys	Asukasta/km <sup>2</sup>	Taustatekijä
4	Kunnostettujen kohteiden lukumäärä	lkm/vuosi	Taustatekijä
5	Käytetyt puhdistusmenetelmät	Suhteelliset osuudet (% tai sanallisesti)	Taustatekijä
6	Kunnostus paikalla (ml. pohjaveden käsittely)	lkm/vuosi	Taustatekijä
7	Poiskuljetetun pilaantuneen maa-aineksen kokonaismäärä	t/a tai t/alueen asukas	Materiaalivirta
8	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-aineet	Pilaantuneiden maa-ainesten määrät haitta-aineittain (t)	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus, riski epäsuorasti
9	Poiskuljetettujen maa-ainesten haitta-ainepitoisuudet	Luokiteltuina esim. kynnyksen- ja ohjearvojen (VNA 214/2007) mukaan (t)	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus, riski epäsuorasti
10	Pilaantuneisuuden toimialat	Kaatopaikka, ampumarata, täyttöalue jne.	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus, riski epäsuorasti
11	Neitseellisen puhtaan täyttömaa-aineksen tarve	t/a tai kg/alueen asukas	Materiaalinkulutus
12	Kuljetusmatka	Keskikuljetusmatka haitta-ainepitoisuuksien mukaan (km)	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus
13	Ilmastonmuutos	t CO <sub>2</sub> /a (kaivun ja kuljetusten päästöt)	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus
14	Vedenkulutus	Pumpattu vesimäärä (m <sup>3</sup> )	Ympäristö- ja materiaalivirtakuormitus

Valituilla tarkastelualueilla (Helsingin kaupunki, Pirkanmaan ympäristökeskus, Kainuun ympäristökeskus) ei ollut kehitettyjen mittarien perusteella arvioituna todettavissa kolmen tarkasteluvuoden aikana selkeää suuntausta riskinhallinnan ekotehokkuudessa (kuva 11).

Kehitetyissä alueellisen ekotehokkuuden mittareissa voidaan todeta joitain puutteita. Yhtenä merkittävänä puutteena voidaan pitää sitä, että mittarit eivät kata taloudellisia vaikutuksia. Toistaiseksi pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan kustannuksia ei ole aluetasolla seurattu systemaattisesti. Kustannuksen seurannan kehittäminen tunnistettiin tärkeäksi kehitystarpeeksi. Mikäli kustannustietoja kerätään tulevaisuudessa systemaattisesti, on mahdollista sisällyttää ekotehokkuusmittaristoon esimerkiksi eurooppalaisessa EURODEMO-hankkeessa ehdotettu ”kustannukset/kunnostettu maa-aines”-mittari (EURODEMO 2005). Toinen ilmeinen jatkotyön tarve on riskejä ja niiden vähenemää paremmin kuvaavan mittarin kehittäminen. Tämänkin mittarin käyttö edellyttäisi nykyistä tarkempien tietojen keräämistä alueellisella tasolla. Ainoastaan taustatekijöitä kuvaavien-mittareiden osalta voidaan todeta tiedon olevan nykyisellään helposti saatavilla ja yksinkertaista. Näiden mittarien käyttökelpoisuutta vähentää kuitenkin se, että niiden avulla ei juuri pystytä ohjaamaan toiminnan ekotehokkuutta.



Kuva 11. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan ekotehokkuuden vertailu kolmella tarkastelualueella: aluetason ekotehokkuuden mittareiden ”Kunnostettujen kohteiden lukumäärä” ja ”Kunnostus paikalla” (*in situ*), ”Pois kuljetetun pilaantuneen maa-aineksen kokonaismäärä”, ”Kuljetusmatka” ja ”Ilmastonmuutos” arvot vuosina 2004–2006.

### Nykyisten riskinhallintamenettelyjen ekotehokkuus

Tutkimuksen lähtöoletuksena oli nykyisten pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöjen alhainen ekotehokkuus. Tämä oletamus perustui tietoon siitä, että suurin osa kohteista kunnostetaan vaihtamalla pilaantuneet maa-ainekset puhtaisiin ja käsittelemällä edellä mainitut kaatopaikalla. PIRRE2-projektiin linkittyneen, vuonna 2008 valmistuneen erillisen selvityksen perusteella suurin osa (yli 80 %) kaatopaikoille päätyneistä maa-aineksista kuitenkin hyödynnetään joko sellaisenaan tai käsiteltynä erilaisissa kaatopaikan rakenteissa ja jätteiden päivittäispeitossa (Jaakonon 2008). Tätä voidaan monissa tapauksissa pitää ekotehokkaana, sillä pilaantuneet maa-ainekset korvaavat tällöin neitseellisiä maa-aineksia. Lisäksi kaatopaikoilla päästöjä kontrolloidaan, joten pilaantuneista maa-aineksista aiheutuvat riskit ovat hyvin hallinnassa. Hyödyntäminen kaatopaikalla on siten paitsi materiaalitehokasta myös riskien vähentämisen kannalta tehokasta.

Tehtyjen alueellisten tarkastelujen ja kohdekohtaisten tapaustarkastelujen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että kaatopaikkakäsittelyn ekotehokkuus riippuu huomattavasti kaatopaikan sijainnista suhteessa pilaantuneeseen maa-alueeseen. Pitkät kuljetusmatkat laskevat merkittävästi käsittelyn energiatehokkuutta ja lisäävät ympäristövaikutuksia eli vähentävät näiltä osin ekotehokkuutta.

### Ekotehokkuuden toteutumisen tulevaisuudennäkymät

Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintakäytäntöihin tulevaisuudessa vaikuttaviksi tekijöiksi tunnistettiin seuraavat:

- ympäristöpolitiikka, -lainsäädäntö ja ohjeet (kansainväliset sopimukset, kansalliset strategiat kansalliset säädökset ja ohjelmat, ohjeet ja lupakäytännöt);
- markkinatilanne (vaikuttavina tekijöinä mm. energian ja raaka-aineiden hinta, uudisrakentamisesta johtuva kunnostustoimien kysyntä);
- ympäristötekijät (ilmastonmuutos, taustapitoisuuksien muuttuminen);
- olemassa oleva tieto (koskien mm. taustapitoisuuksia, mikä voi vaikuttaa kunnostustarpeeseen ja -tavoitteiden määrittelyyn; kunnostusmenetelmien soveltuvuutta; aineiden haitallisuutta maaperässä perustuen havaintoihin riskien todentumisesta; uusia haitta-aineita);
- sosiaaliset tekijät (sosio-ekonomiset tekijät kuten työllisyys, alueen vetovoima ja yleinen taloudellinen tilanne, sosiokulttuuriset tekijät kuten kulttuuriympäristön säilyminen, sosiopsykologiset tekijät kuten ihmisten käsitykset riskeistä);
- imagokysymykset (nämä saattavat nousta tärkeäksi tekijäksi kiristyvän kilpailun ja kansainvälistymisen myötä);
- väestön liikkuminen (vaikuttaa alueiden kehittymiseen ja siten rakennustointintaan);
- kunnostusmenetelmät ja kunnostettavat alueet (soveltuvien kunnostusmenetelmien saatavuus, kunnostettavien alueiden tyyppi ja maa-ainesten laatu);
- arviointimenetelmät ja suunnittelulähtökohdat (arviointimenetelmiin liittyen mm. BAT-periaatteen ja ekotehokkuuden toteutumisen arviointimenetelmät ja riskinarviointi, raportointikäytännöt ja rekisterien käyttö, kunnostustoimien toteutumisen seuranta; suunnittelulähtökohdissa merkittävimpänä maankäytön suunnittelu, jossa pilaantuminen voidaan ottaa huomioon);
- rahoituksen saatavuus.

Ympäristöpolitiikan, -lainsäädännön ja ohjeiden osalta merkittävimmiä ekotehokkuuden toteutumiseen vaikuttaviksi säädöksiksi tunnistettiin valmisteilla olevat IPPC -direktiivin korvaava IED (Directive on Industrial Emissions); maaperädirektiivi; pohjavesidirektiivi; EU:n uusi jätedirektiivi, joka sisältää mm. End of Waste -määrittelyn periaatteet; ja jo voimassa olevat kaatopaikkasäädökset, joissa määrätään kaatopaikoilta vaadittavista pohjarakenteista ja annetaan liukoisuusrajat kaatopaikoille toimitettavien jätteiden haitta-aineille. Kansallisista säädöksistä merkittävin on 1.6.2007 voimaan tullut valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Asetus sisältää maaperän kynnys- ja ohjearvot, jotka ohjaavat jatkossa riskinhallintatoimia ja -menetelmien valintaa. Tekeillä olevat kunnostusmenetelmien BAT-periaatteen toteutumista kuvaavat kriteerit ja kaivettujen maa-ainesten hyötykäyttökriteerit tulevat myös olemaan merkittäviä ekotehokkuuden arvioinnin ja toteutumisen kannalta.

Rahoituksen saatavuuden kannalta olennaisia ovat erilaiset rahoitusjärjestelmät, joista merkittävimpiä ovat olleet huoltoasemakiinteistöjen kunnostusta rahoittava SOILI-ohjelma ja valtion jätehuoltotyöt. Julkisen ja rahastojen kautta ohjattavan rahoituksen lisääminen voisi osaltaan edesauttaa ekotehokkuuden toteutumista tulevaisuudessa, sillä rahoituksen saannin ehtona oleviin kriteereihin voitaisiin sisällyttää ekotehokkuusvaatimus.

Pitkällä tähtäimellä vuosittain kunnostettavien pilaantuneiden maa-alueiden lukumäärä tulee riippumaan useista tekijöistä kuten yleisestä taloudellisesta tilanteesta, väestön sijoittumisesta, sosiaalisten ja imagotekijöiden merkityksestä sekä lainsäädännöstä. Lainsäädännön osalta etenkin maaperädirektiivi tulisi nyky muodossaan lisäämään selvitys- ja todennäköisesti myös riskinhallintatoimia lähivuosikymmeninä. Kunnostustoimet tulevat viime vuosiin verrattuna todennäköisesti myös painottumaan hiukan erityyppisiin kohteisiin. Tämä merkitsee aluksi muutosta ekotehokkuuden toteutumisessa, sillä kaikkien kohdetyyppien riskinhallintaan ei ole vielä olemassa käyttökelpoisia, energia- ja materiaalitehokkaita menetelmiä. Uusien ja valmisteilla olevien säädösten ja ohjeiden samoin kuin tiedon lisääntymisen (esim. taustapitoisuuksista, pilaantumisesta aiheutuvista todellisista haitoista), erilaisten ekotehokkuuden arviointia edesauttavien menetelmien ja systemaattisen, pilaantumisen huomioivan maankäytön suunnittelun arvioitiin pääosin edesauttavan ekotehokkuuden toteutumista tulevaisuudessa. Kaikkiin esitettyihin arvioihin liittyy kuitenkin epävarmuutta johtuen tiedonpuutteista koskien mm. tulevaa taloudellista tilannetta (etenkin ajallisen ulottuvuuden osalta), säädösten lopullista muotoa, erilaisten menettelytapojen ja työkalujen käyttöönottoa ja riskinhallintatoimien painottumista.

7.4

## Johtopäätökset

PIRRE2-projektissa kehitettiin mittaristo, jonka avulla voidaan arvioida ja seurata pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimien ekotehokkuuden toteutumista alueellisella tasolla. Mittarit eroavat kohdekohtaisessa tarkastelussa käytettävistä, sillä alueellisella tasolla ekotehokkuutta ei voida tarkastella samalla tarkkuudella. Käytännössä myös tiedonpuute rajoittaa alueellisen tason mittaristoon sisällytettävien osatekijöiden määrää ja laatua.

Ekotehokkuuden määrittämisessä ongelmana on usein kvantitatiivisen tiedon huono saatavuus. Esimerkiksi kustannusten ja eri kunnostusmenetelmien päästöjen ja energiatehokkuuden osalta tietolähteenä ovat konsultit, urakoitsijat ja muut palveluntarjoajat, joilta saatava tieto ei ole objektiivista eikä kattavaa. Siksi olisikin tärkeää

luoda yleinen puolueeton tietokanta etenkin eri menetelmien elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista. Alueellisen ekotehokkuuden arvioinnissa vaikeutena on myös riskien määrittäminen, koska periaatteessa tämä tulisi tehdä aina kohdekohtaisesti. Riskikomponentin lisääminen alueelliseen ekotehokkuustarkasteluun onkin tärkeä jatkotyö. Sosio-kulttuuristen vaikutusten arvioinnin osalta ongelmana on puolestaan ylipäättään käyttökelpoisten arviointimenetelmien puute. Kaiken kaikkiaan pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimien suunnittelu alueellisella tasolla ekotehokkaaksi on haasteellista. Ekotehokkuuden saavuttamiseksi onkin syytä kehittää alueellisella tasolla seuranta- ja raportointimenetelmiä mm. kustannuksiin liittyen. Ekotehokkuuden toteutuminen edellyttää myös muutoksia toimintatavoissa kuten arviointimenetelmien käyttöönottoa ja ekotehokkuuden sisällyttämistä riskinhallintatoimia koskevan päätöksenteon perusteisiin. Nämä tavoitteet voitaisiin saavuttaa esimerkiksi täsmentämällä säädöksiä tai antamalla selkeitä kansallisia toimintaohjeita. Pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan käytäntöjen voidaan viime kädessä todeta muotoutuvan useiden tekijöiden kuten lainsäädännön, markkinatilanteen, rahoitusjärjestelmien, olemassa olevien riskinhallinta- ja arviointimenetelmien sekä sosiaalisten ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. Muutokset näissä tekijöissä voivat ohjata riskinhallintakäytäntöjä joko ekotehokkaampaan suuntaan tai siitä pois päin. Eri tekijöiden vaikutus voi myös olla vastakkainen, mikä vaikeuttaa arviointia ekotehokkuuden toteutumisesta tulevaisuudessa.

## Lähteet

- EuroDemo. 2005. Interim results for the 'Framework for Sustainable Land Remediation and Management'. Deliverable reference number: D 5-1. European Platform for Demonstration of Efficient Soil and Groundwater Remediation (EuroDemo). <<http://www.eurodemo.info/results/>> [Viitattu 22.4.2009.]
- Jaakkonen, S. 2008. Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten käsittely Suomessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 36/2008. 45 s. ISBN 978-952-11-3334-3 (PDF). [Viitattu 20.1.2009.] <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=97280&lan=fi>.
- Lundén, P. 2008. Helsingin kaupungin pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallinnan ekotehokkuus. Teollisuusalueontti Tapaninkylässä, huoltoasema Leppäsuolla ja Suvilahden kaasulaitosalue. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 66 s. ISBN 978-952-11-3261-2 (PDF). <http://www.ymparisto.fi/syke/pirre>. [Viitattu 3.6.2009.]
- Nerg, N. 2008. Pilaantuneiden maa-alueiden puhdistamisen ekotehokkuuden mittaaminen aluetasolla. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 29/2008. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 79 s. ISBN 978-952-11-3258-8 (PDF). <http://www.ymparisto.fi/syke/pirre>. [Viitattu 3.6.2009.]
- Sorvari, J. & Antikainen, R. (eds.) 2004. Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristökeskuksen moniste 316. 82 s. ISBN 952-11-1909-8. <http://www.ymparisto.fi/syke/pirre>. [Viitattu 3.6.2009.]
- Sorvari, J., Antikainen, R. & Utriainen, E. 2005. Estimating eco-efficiency in soil remediation – studies on four model sites. Proceedings of the 9th International FZK/TNO Conference on Soil-Water Systems, ConSoil 2005, Bordeaux, France 3-7 Oct. 2005. FZK, Karlsruhe, Germany. S. 2480-2486. ISBN 3-923704-50-X.
- Sorvari, J. & Seppälä, J. 2009. A decision support tool to prioritize remediation technologies for contaminated sites. Tekeillä.
- Suomen ympäristökeskus. 2008. "Maaperän pilaantumisen syyt ja esiintyminen Suomessa" ja "Pilaantuneilla alueilla tehdyt kunnostukset". <http://www.ymparisto.fi> > Ympäristön tila > Kallio- ja maaperä. [Viitattu 5.6.2009.]
- Uudenmaan liitto. 2002. Pilaantuneiden maiden, voimalaitosjätteiden, ylijäämämassojen sekä rakennusjätteiden rejektien käsittely- ja loppusijoituspaikkaselvitys. Uudenmaan liiton julkaisuja E75-2002. Uudenmaan liitto, Helsinki.



# 8 Kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistäminen – työpajan yhteenvedo

*Maria Nikkarinen, Geologian tutkimuskeskus*

8.1

## Johdanto

UUMA-asiantuntijaryhmä järjesti yhdessä GTK:n kanssa kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistämisen työpajan 6.10.2008 Geologian tutkimuskeskuksessa Kuopiossa. Työpajan tarkoituksena oli lisätä tietoa kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuusominaisuuksista ja niiden osoittamisesta sekä pohtia hyötykäytön ohjauskeinoja lupakäsittelijöiden, toiminnanharjoittajien sekä geologian ja ympäristöasiantuntijoiden näkökulmasta. Tavoitteina oli ideoida sivutuotteiden ja jätteiden tuote- ja ympäristökelpoisuuden arviointiin ja hyväksyntään liittyvien menettelytapojen ja yhteistyön kehittämistä sekä keinoja, joiden avulla edistetään UUMA-ohjelman ja valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteita korvata maanrakentamisessa luonnonsoraa ja kalliomursketta kaivannaisteollisuuden sivutuotteilla ja jätteillä.

Työpajaan osallistui UUMA-asiantuntijaryhmän jäseniä, kaivannaisteollisuuden edustajia sekä ympäristöhallinnon henkilöstöä lupavirastosta ja alueellisesta ympäristökeskuksesta. Tilaisuudessa pidettiin valmisteltuja puheenvuoroja ja pohdittiin keskeisiä teemoja pienryhmissä. Tähän yhteenvedoon on koottu työpajassa pidettyjen valmisteltujen puheenvuorojen, pienryhmäpohdintojen ja käydyn keskustelun keskeistä sisältöä. Koostetta on päivitetty työpajan jälkeen saaduilla tiedoilla.

8.2

## Nykytilanteesta

8.2.1

### Kaivannaisteollisuuden materiaalivirtojen hyödyntäminen

Kaivannaisjätteitä syntyy luonnonkiven louhinnassa ja arvokiven tai malmin jatko-jalostuksessa tai prosessoinnissa. Sivukiviin kuuluvat kivet, joita ei hyödynnetä mutta, jotka joudutaan irrottamaan kiven tai malmin louhinnan yhteydessä. Malmin prosessoinnissa syntyy mineraalista jätettä eli vesipitoista hienorakeista rikastushiekkaa.

Kaivannaisteollisuuden sivutuotteet ja jätteet muodostavat suurimman ryhmän UUMA-”materiaaliperheessä”. Lopetettujen metallikaivosten (1910–2001) suljetut läjitysalueet sisältävät rikastushiekkajätettä noin 149 milj. tonnia ja sivukivijätettä 137 milj. tonnia.

Kaivannaisteollisuuden hyötykäyttöä on tarkoituksenmukaista tarkastella kaivostyypeittäin ja materiaaliluokittain. Metallimalmikaivoksilla poisto- ja pintamaat varastoidaan ja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan jälkihoidossa. Teknisiltä ominaisuuksiltaan soveltuvia sivukiviä hyödynnetään kaivostäyttöön tai maarakennusmateriaalina kaivosalueella teiden, patojen ja pengerten rakentamisessa. Rikastushiekkaa on myös hyödynnetty kaivostäyttöön, läjitysalueiden peittomateriaalina, veden puhdistamojen suotopatomateriaalina ja sekatäyttönä läjityksessä lisäten läjityksen neutralointikapasiteettia. Kaivosalueen ulkopuolella ympäristökelpoisia jätekiviä on käytetty tierakennukseen ja täyttömaana. Muuta pienimuotoista hyödyntämistä on pientarvikkeiden/koriste-esineiden valmistuksen raaka-ainekäyttö.

Karbonaattikivilouhoksilla kaivannaisteollisuuden sivumateriaalien hyödyntämistä on korkein. Näillä louhoksilla sivumateriaalit luokitellaan hyödyntämisen helpottamiseksi. Poisto- ja pintamaat käytetään ympäristörakentamiseen ja sivukivistä suurin osa tuotetaan murskeeksi ja käytetään tienrakennukseen. Karbonaattilouhosten rikastushiekkaa voidaan käyttää maataloustarkoituksiin, mikäli ne ovat mineralogialtaan siihen sopivia.

Kemin kromiittikaivoksen kaikki sivukivi tullaan myymään louheena tai käyttämään sisäisesti kaivostäyttöihin. Rikastushiekka olisi myös hyödynnettävissä suodatinhiekkana, mutta uusi kaivannaisjätedirektiivi on tuonut epävarmuuden tähän. Kemphos Oy:n teollisuusmineraalikaivoksen apatiitin louhinnan sivukiviä hyödynnetään jatkuvasti patorakenteisiin. Yara Oy:n lannoitetuotannon valmistuksen yhteydessä muodostuvaa kipsisakkaa on hyödynnetty kipsilevyteollisuudessa, paperin päällystyspigmentoinnissa ja rehevöityneiden lampien pohjan käsittelyssä. Pasutetta hyödynnetään teräksen ja sementin raaka-aineeksi.

Teollisuuskivilouhoksilla (luonnonkivilouhimot) poisto- ja pintamaiden yleisin käyttö on kaivosalueiden jälkihoito. Sivukivien materiaali on lähes kokonaan varastoitu läjitysalueille mahdollista tulevaisuuden käyttöä varten.

## 8.2.2

### Hyödyntämisen lisääminen

Kaivannaisteollisuuden sivuvirtojen materiaalien hyötykäyttöaste vaihtelee aineryhmittäin ollen keskimäärin alle 30 %. Tutkimus- ja kehitystyötä jätteen hyödyntämisen lisäämiseksi tehdään jonkin verran teollisuuden toimesta ja erillisissä projekteissa. Vanhojen kaivosten sivumateriaaleja ei ole edellytetty lajiteltavaksi ja se voi muodostua hyötökäytön esteeksi. Uusien kaivosten sivumateriaalien hyötykäyttökohteet kartoitetaan lupahakemusvaiheessa ja käyttö lupa määräytyy jätteen ympäristökelpoisuuden mukaan ja on kohdekohtainen.

Hyötykäytön edellytyksenä on, etteivät kaivannaisjätteet/mineraaliset materiaalit

- muodosta happamia valumavesiä
- liukene ympäristölle haitallisia metalleja tai puolimetalleja
- liukene tai irtoa terveydelle haitallisia mineraaleja (asbesti)
- aiheuta säteilyriskiä (harvinaista)
- ovat kestäviä, eivät rapaudu helposti.

Kaivannaistoiminnan yhteydessä ei ole tarvetta määrittää sivukivien geoteknisiä ominaisuuksia, jotka hyödynnettäviltä materiaaleilta vaadittaa eri käyttötarkoituksiin. Täten käyttökelpoisiaakin kivilajeja päätyy läjitykseen. Kaivosalueiden sijainti suhteessa hyödyntämiskohteeseen asettaa omat rajoitteensa kaivosalueen ulkopuoliselle hyötykäytölle. Potentiaalia hyödyntämisen uusille innovaatioille ja materiaalien yhdistämiselle jopa hienorakeisten rikastushiekkojen osalta oletettavasti löytyy.

Kaivosteollisuuden sivumateriaalit ovat UUMA-yhteistyön myötä profiloitu-massa omaksi ainesryhmäkseen geologisten ainesten tilinpidon konseptien ja tilin-pitopalveluiden kehittämiseksi. Geologisten aineiden tilinpito on yhteiskunnan eri toimintoihinsa tarvitsemien aineiden inventointia, ominaisuus- ja ottotiedonkeruuta sekä tiedonjakelua aineiden kulutuksen keskeisiltä painopistealueilta. Tämä palvelu tulee helpottamaan tiedonsaantia ja täten osaltaan edesauttamaan kaivannaisteolli-suuden sivumateriaalien hyötykäyttöä.

#### 8.2.3

### Vahvuudet kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisessä

Kaivannaisjätteet ovat geologisia materiaaleja ja suuri osa jätteistä on samanlaatuisia luonnonmateriaaleja kuin hyödynnettävät kiviainekset. Kivien ominaisuuksista ja pitkäaikaiskäyttäytymisestä on runsaasti yleistietoa. Kaivannaisteollisuuden sivu-materiaalien vahvuudet vaihtelevat materiaaliluokittain. Yleisesti voidaan sanoa, että sivukivien hyödyntämispotentiaali on hyvä etenkin luonnonkivituotannon sekä oksidalmien sivukivillä. Sivukivien yleiset ominaisuudet, rakenne ja kemia tunnea-taan. Näiden perusteella pystytään arvioimaan myös kivien teknisiä ominaisuuksia ja kemialliseen rapautumiseen liittyvää pitkäaikaiskäyttäytymistä. Kaivostoimin-nassa sivukivikasoihin jää samoja kivilajeja, joita louhitaan neitseellisistä kohteista esim. infrarakentamisen tarpeisiin. Suuri osa sivukivistä on kestäviä, pysyviä ja lähes ikuisia.

Osa rikastushiekoista soveltuu sellaisenaan hyödynnettäväksi. Tuotantomäärät ovat suuria ja materiaalien ominaisuudet tunnetaan ja ominaisuudet ovat muokat-tavissa.

#### 8.2.4

### Heikkoudet kaivosteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisessä

Kaivosalueen ulkopuolisten hyödyntäjien tiedon saanti ei ole järjestelmällistä eli mitä, missä ja paljonko. Kaivannaisjätteiden luokittelu jätealueilla on osittain puut-teellista etenkin vanhoilla läjitysalueilla ja hyödyntämiskelpoisiaakaan jakeita ei ole CE-merkitty. Edelleen kaivannaisjätteiden hyötykäyttöä vaikeuttavat riittämättömät tiedot hyötykäyttötavoista ja käyttöön liittyvistä mahdollisuuksista ja riskeistä. Edel-leen viranomaiskäytännöt vaihtelevat ja edellytetyn luvan käsittelyyn kuluva aika vaihtelee eikä ole aina ennakoitavissa. Tämä vaikuttaa kilpailukykyyn verrattuna muihin materiaaleihin (kustannukset, laatuvaatimukset).

Osa metallimalmituotannon sivukivistä ja rikastushiekoista on happoa tuottavia ja niistä voi liueta haitallisia metalleja. Niiden saattaminen ympäristökelpoisiksi vaatii prosessointia. Toisinaan esteeksi muodostuvat materiaalin ominaisuuksista riippu-mattomat tekijät kuten pitkät kuljetusmatkat tai kaivoslain mukainen louhimismaksu.

## Kehitysnäkymiä ja -tarpeita

### Lainsäädännön kehittäminen

#### Valtioneuvosto on antanut uuden kaivannaisjäteasetuksen (376/2008)

Ympäristöviraston näkökulmasta esiin tuotiin uusia säädöksiä tai säädösmuutoksia, joilla kaivannaistoimintaa säädellään. Keskeisenä mm. laki ympäristönsuojelulain muuttamisesta (346/2008). Siihen sisältyvät pykälät: kaivannaisjätteen jätealueen vakuus (42 §), kaivannaisjätettä koskevat määräykset (45a §), kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma (103a §) ja suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavat kaivannaisjätteen jätealueet.

Lainsäädännön näkökulmasta kaivannaisjäte on jätettä ja jätteen hyödyntäminen tai ammattimainen käsittely on luvanvaraista toimintaa. Kaivannaisjätteen loppusijoittamisalueen riittävien rakenteiden arviointi tapahtuu ympäristövaikutusten kautta. Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien karakterisointi määritellään ainakin osin lainsäädännöllä. Mineraalinen aines luokitellaan happoa tuottavaksi jos mineraalinen aines sisältää rautasulfidimineraaleja ja happamuutta neutraloivien mineraalien (karbonaattimineraalit) määrä on pienempi kuin rautasulfidi-mineraalien määrä.

Oksidisille ja inerteille kaivannaisjätteille uusi hyötykäytön este voi olla kaivannaisjätedirektiivin nojalla annettu kansallinen asetus ja määritelmä kiinteästä pysyvästä jätteestä (VNP 717/2009). Uuden pysyvän kaivannaisjätteen määritelmän mukaan materiaali ei saa sisältää enempää haitallista ainetta kuin mitä on kansallinen pilaantuneen maan kynnysarvo. Tämä voi aiheuttaa ristiriitaa käytännössä, ellei huomioida tosiseikkaa, että vain liukoisuudesta eli metallien irtoamisesta ja kulkeutumisesta voi aiheutua ympäristö- tai terveysriski tai haittaa, ei sisällöstä. Metallien osalta kokonaispitoisuutta kivessä tai rikastushiekassa ei voi käyttää ympäristökelpoisuuden kriteerinä.

Esimerkiksi Kemin kaivoksen kromipitoinen rikastushiekalla ei ole vuosikymmenien ympäristöseurannoissa todettu olevan ympäristövaikutuksia pohja- tai pintaveteen, ja se on viranomais- ja lupapäätöksissä luokiteltu aina inertiksi. Myös sen liukoisuus on alle pysyvän kaatopaikkajätteen arvojen. Hiekan kromipitoisuus on 5 150 mg/kg. Suomessa maaperän pilaantumisen kynnysarvo kromin osalta on 100 mg/kg. Nyt uudesta määritelmästä johtuva sekä metallin nimen että pitoisuuden käyttö ympäristökelpoisuus-kriteerinä on kaksinkertainen virhe ja vastoin luonnontiedettä: kromi esiintyy harvoin alkuaineena vaan yleensä sitoutuneena yhdisteisiin, joista hyvin pieni osa, lähinnä teollisesta toiminnasta peräisin olevat liukoiset kromaattiyhdisteet ovat haitallisia. Muut kromin olomuodot ovat pääosin joko harmittomia yhdisteitä, tärkeitä hivenaineita tai arvometallia. Metallin alkuainenimeä ja pitoisuutta ei voi käyttää edes estimoimaan oksidisten ja pysyvien kromimineraalien ympäristöominaisuuksia.

Esimerkki kuvaa vääristyvää tilannetta, jos metalleja kohdellaan lainsäädännössä samoin periaattein kuin orgaanisia yhdisteitä, joihin pitoisuus-kriteeri sopii. Orgaaniset yhdisteet ovat säädöksissä useimmiten tarkasti määritelty nimeltä. Metallien irrelevantti pitoisuus-kriteeri saattaa vaikeuttaa myös muiden UUMA-materiaalien kuin kaivannaisjätteiden hyötykäyttöä. Esimerkin perusteella on tärkeää, että kaikkien UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuus-kriteerit pohjautuvat tutkittuun tietoon. Metallien osalta säädöksiä tulee pikimmiten tarkistaa niin, että metalleja ei rinnasteta suoraan orgaanisiin yhdisteisiin. Pitoisuus-kriteerin sijasta tai rinnalla kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuustarkastelun lähtökohtana tulee olla pysyvyyden ja liukenevuuden arviointi huomioiden aineksen mineralogian perusteella tehty pitkäaikaiskäyttämisen ennuste.

Komission tiedonannossa neuvostolle ja Euroopan parlamentille on esitetty tulkitseva tiedonanto ja kaavio jätteen ja sivutuotteen erottamisesta KOM(2007) 59. Kyseisessä kaaviossa edellytetään, että saadakseen jäännöstuotteen statuksen materiaalin käyttö on varmaa. Kaivannaisteollisuuden hyödyntämättömän materiaalin käyttö tyypillisesti tapahtuu pitkän ajan kuluessa. Tällöin olisi tarkoituksenmukaista pitää materiaalia tulevaisuuden raaka-ainereservinä, mikäli sillä nähdään olevan käyttöpotentiaalia, vaikka käyttökohdetta ei jätteen syntyhetkellä pystyttäisi osoittamaan.

Kaavion kohdassa "Onko materiaali valmista käytettäväksi ilman jatkojalostusta" tuotiin esiin että, materiaalit soveltuvat hyvin harvoin käytettäväksi ilman minkäänlaista jatkojalostusta. Kaivannaistoiminnan sivutuotteet sisältyvät usein päätuotteen jalostusprosessiin ja ovat jo osittain prosessoituja. Tähän kohtaan suositeltiin enemmän joustavuutta.

Sivutuote -käsitteellä on merkitystä hyödyntämättömien materiaalin käyttöön saattamisessa, jos reunaehdot ovat joustavat niin, että tuotteistaminen on realistista. Sivutuotteiden markkinat ja käyttö riippuvat samoista seikoista kuin varsinaisten päätuotteidenkin, kuten esim. tuotteiden laadusta ja soveltuvuudesta sekä kuljetusmatkoista.

### 8.3.2

#### Viranomaiskäytäntöjen kehittäminen

Hyötykäyttökohteet arvioidaan lupahakemusvaiheessa. Kaavamainen raja-arvoihin pohjautuva päätöksenteko on toistaiseksi yleisin mutta ei suositeltavin. Kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuuden osoittamismenettelyjen tulisi perustua riittävään asiantuntemukseen ja painottua kokonaisuuden hallintaan arvioitavassa kohteessa. Mineraloginen koostumus kertoo mineraalisen jätteen pitkäaikaiskäyttäytymisestä ja ympäristökelpoisuudesta luotettavammin kuin liukoisuustestit. Kaivannaisjätteen mineraalikoostumus tulisi olla laadunvalvonnan vaatimuksissa liukoisuustestien sijasta.

### 8.3.3

#### Mineraalisten jätteiden ympäristöominaisuuksien muokkaaminen

Erityyppisten rikastushiekkojen yhdistäminen mahdollistaa materiaalin sekä teknisten, että kemiallisten ominaisuuksien muokkaamisen ja ympäristökelpoisuuden parantamisen.

Karbonaattien lisäämisellä säädellään suovesien happamuutta. Edelleen materiaalin mineralogiaa voidaan haluttaessa myös muokata. Toistaiseksi mineralogisia menetelmiä ei ole yhdistetty itse tuotantoprosessiin jätteen ominaisuuksien hyötykäytön parantamiseksi. Uusissa kaivoshankkeissa kylläkin suunnitellaan entistä tarkemmin rikastushiekan kaikkien raaka-aineiden hyödyntäminen mukaan lukien rikki ja rauta. Näiden poistaminen parantaa samalla sulfidimalmien rikastushiekkojen ympäristökelpoisuutta.

Kaivannaisteollisuudessa tilanne on sikäli eri kuin metallisteollisuudessa, että tuotantoprosessissa ei synny hukkaenergiaa, jota voitaisiin hyödyntää rikastushiekan mineraalikoostumuksen muokkaamiseen.

### 8.3.4

#### Jätteiden hyödyntämisen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kokonaisvaltaisten elinkaaripohjaisten arviointien kehittäminen

Sivutuotteiden ja jätteiden hyödyntämisen mahdollisuuksia ympäristövaikutusten sekä kustannusten vähentäjänä voidaan tarkastella elinkaariarvioinnin (LCA) ja

elinkaarikustannusten arvioinnin (LCC) avulla. Tarkoituksena on saada kattavasti esiin erilaiset materiaalien hyödyntämisestä mahdollisesti koituvat ympäristö- ja kustannushyödyt. Elinkaaripohjaisissa tarkasteluissa otetaan huomioon jätteen hyödyntämisestä syntyvät ympäristövaikutukset, mutta myös jätteillä korvattavien neitseellisten raaka-aineiden käyttämättä jättäminen ja siten syntymättä jäävät ympäristövaikutukset. Kokonaisvaltaisten ympäristö- ja kustannushyötyjen todentamisella ja esille tuomisella voidaan edistää jättemateriaalien hyötykäytön houkuttelevuutta.

Malmivarojen ja -varantojen luokittelua mukaillen kaivannaisteollisuuden vielä käyttämättömät sivumateriaalit ovat luokiteltavissa tällä hetkellä ehdollisiksi varoiksi tai hypoteettisiksi varannoiksi. Kaivannaisjätteet joiden käyttömuotoa ei vielä ole oivallettu voivat tulevaisuuden suhdanne- tai yhteiskunnallisten olojen muutoksessa muuttua raaka-ainevaroiksi.

Kiven pitkään kestoikään suhteutettuna yrityksen alkutuotantovaiheen paikalliset ympäristövaikutukset ja energiankulutus voivat muodostua pienimerkitykselliseksi. Pääosa vaikutuksista ja energiankulutuksesta syntyy alkutuotantovaiheen jälkeisissä kuljetus-, jatkojalostus- ja kierrätysketjuissa.

### 8.3.5

#### Esiin nousseita erityiskysymyksiä

Mineraaliselle pysyvälle jätteelle rikin enimmäismääräksi on säädetty 0,1 %. Kokeumus ja tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että käytännössä ei riskiä happamien valumavesien muodostumisesta ole, jos rikkipitoisuus on alle 0,3 %. Toisaalta betonin raaka-aineen kiviaineksen rikkipitoisuuden yläraja on 1 %. Asfaltin kiviaineksessa sallitaan sulfidimineraaleja alle 5 %. Tavanomaiset kivilajit kuten kiillegneissit ja kiilleliuskeet sisältävät usein pieniä määriä rikkimineraaleja ja näissä yleisissä kivilajeissa ei 0,1 % rikkipitoisuuden ylitys ole harvinaista.

Edellä kappaleessa 8.3.1 on esitetty, miten metallien ympäristökelpoisuuskriteerejä tulisi pikimmiten tarkistaa lainsäädännössä yleisestikin.

## 8.4

### Tulevaisuuskuvia

#### 8.4.1

#### Kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen uusia mahdollisuuksia

Olettavaa on, että kiviainesten tarve ei vähene. Kalliokiviaineksen käyttö on selvässä kasvussa ja hyvälaatuisesta materiaalista on tietyillä alueilla pulaa. Tämä johtaa kuljetusmatkojen pitenemiseen ja voi lisätä syrjemässäkin sijaitsevien hyvien sivukivien kiinnostavuutta. Osalle kaivannaisteollisuuden jätteistä voi löytyä tulevaisuudessa hyötykäyttöä tutkimuksen ja tuotekehittelyn avulla. Materiaalien laadun mukainen luokittelu ja varastointi erikseen auttavat niiden hyödyntämistä. Pitäisi luoda selvä ja järkevä kriteeristö eri hyödyntämistarkoituksia varten (mineralogia ja tekniset ominaisuudet).

Teknologiametallien ('high-tech metallit') merkitys yhteiskunnassa ja kaivannaisteollinnassa on voimakkaassa kasvussa, mikä on otettu huomioon myös EU:n uudessa raaka-ainealoitteessa. Teknologiametalleita saadaan usein perusmetallien tuotannon sivutuotteena, esim. indiumia sinkkikaivoksista. Maailmalla onkin käännetty katseet vanhojen perusmetallikaivosten jätealueisiin teknologiametallien lähteinä. Sekä vanhojen jätealueiden uudelleen käsittely että teknologiametallien ominaisuudet

ovatkin ympäristöriskinarvioinnin kannalta uusia kehitysalueita, joiden huomioon ottaminen voi tulevaisuudessa synnyttää kilpailuetuja. Suomen vanhojen kaivosten jätealueita ei ole tässä mielessä vielä tutkittu.

Kaivoskohteiden riskien arviointi edellyttää erityisosaamista, jota on tällä hetkellä Suomessa vain rajallisesti ja se on hajallaan. Valtionhallinnon uudistuksen yhteydessä on suunniteltu keskittää kaivannaisteollisuuden valvonta yhteen ELY keskukseseen (Kainuu). Kainuun ympäristökeskukseen alueellistetaan patoturvallisuuslain uudistamisen yhteydessä valtakunnallisena tehtävänä kaivos- ja jätepatoihin liittyvät ympäristöhallinnon asiantuntija-, kehittämis- ja valvontatehtävät. Tämä luo entistä paremmat mahdollisuudet erityisosaamisen syventämiseen viranomaispuolella.

Vaatimukset kaivannaistoiminnan ekologisesta kestävydestä ja ympäristö-myönteisyydestä ovat kasvaneet. Kehitys konkretisoituu yritysten ja yhteiskunnan kohdalla toiminnan sääntelyyn ja luvitukseen, joissa otetaan kaavamaisten säädösten sijasta entistä enemmän huomioon kohteessa syntyvät riskit ja niiden luotettava arviointi.

#### 8.4.2

### **Kaivannaisteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen nousevia uhkia**

Tarjolla olevien mineraalisten ylijäämämateriaalien ja infrarakentamisen ajallinen ja paikallinen kohtaamattomuus on tulevaisuudessakin uhka tai rajoite hyötykäytön lisäämiselle ja realistista on arvioida, että osaa kaivannaisteollisuuden sivumateriaaleista jää tulevaisuudessa jätteeksi.

Pienryhmäkeskusteluissa tunnistettiin seuraavia uhkia:

- ennakoasenne – jäte on jätettä
- raja-arvot ja kriteerit asetetaan perusteettomasti liian tiukoiksi
- olettaus sama kivi on helpommin hyödynnettävissä kiviaineslouhimolta kuin kaivoksen sivukivikasasta
- hidas lupaprosessi
- päätösten perustelut eivät perustu asiantuntijuuteen
- päätökset poikkeavat toisistaan eri alueilla.

# 9 Metallinjalostusteollisuuden UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistäminen – työpajan yhteenveto

*Helena Dahlbo, Suomen ympäristökeskus*

9.1

## Johdanto

UUMA-asiantuntijaryhmä järjesti yhdessä Metallinjalostajat ry:n kanssa Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jätteiden ympäristökelpoisuuden arvioinnin ja hyötykäytön edistämisen työpajan 28.4.2009 Torniossa Outokumpu Oy:n Tornion tehtailla. Tavoitteina oli ideoida sivutuotteiden ja jätteiden tuote- ja ympäristökelpoisuuden arviointiin ja hyväksyntään liittyvien menettelytapojen ja yhteistyön kehittämistä sekä keinoja, joiden avulla edistetään UUMA-ohjelman ja valtakunnallisen jätesuunnitelman tavoitteita korvata maanrakentamisessa luonnonsoraa ja kalliomursketta metallinjalostusteollisuuden sivutuotteilla ja jätteillä. Työpajaan osallistui UUMA-asiantuntijaryhmän jäseniä sekä metallinjalostusteollisuuden edustajia.

Tähän raporttiin on pyritty kokoamaan työpajassa pidettyjen valmisteltujen puheenvuorojen sekä niiden pohjalta käydyn keskustelun keskeinen sisältö. Lähdeaineisto on rajattu työpajassa esitettyjen puheenvuorojen materiaaliin sekä keskustelusta tehtyihin muistiinpanoihin.

9.2

## Nykytilanteesta

9.2.1

### Metallinjalostusteollisuuden materiaalivirtojen hyödyntäminen

Metalliteollisuudessa syntyy prosessien eri vaiheissa erilaisia kuonia ja sakkoja. Metalliteollisuudessa syntyviä ns. UUMA-materiaaleja ovat mm. teräskuonat, masuunikuonat, ferrokromikuonat, muut kuonat, valimohiekat, pölyt, sakat, lietteet, hienojakeet ym. Kuonat ovat tärkeässä roolissa teräksen ja raudan valmistusprosesseissa. Malmassa esiintyvät epäpuhtaudet sidotaan kuonaan sulatusvaiheessa ja näin saadaan valmistettavaan lopputuotteeseen halutunlainen koostumus.

Outokumpu Tornio Worksin (Timo Parviainen) terästeollisuuden kuonien ja sakkujen hyödyntämisen näkymät vaikuttavat tällä hetkellä positiivisilta. Tornion terästehtaan ferrokromituotannon kuonista 97 % on tällä hetkellä CE-merkittyä. CE-



merkintää haetaan hienojakeelle, jota syntyy noin 10 000 t vuodessa. Ruostumattoman teräksen kuonista 33 % on CE-merkittyjä. Uuden kuonien metallinerotusprosessin (v. 2010) myötä CE-merkittyjen teräskuonatuotteiden osuus nousee 80–90 prosenttiin. Kuonia hyödynnetään mm. maanrakennuksessa, asfaltin runkoaineena ja asfalttifillerinä. Uusia kuonatuotteita, kuten kuonapohjaisia betoniharkkoja, kehitetään käynnissä olevissa tutkimus- ja kehityshankkeissa. Suuren haasteen Tornion tehtaille muodostaa sen sijainti niemellä ja sen myötä syntyvät logistiset ongelmat. Miten kuonat saadaan täyden tuotannon aikana tehdasalueelta pois?

Rautaruukki Oyj (Sanna Nikola) valmistaa raakaraudan ja teräksen tuotannon yhteydessä masuuni- ja teräskuonaa. Näitä hyödynnetään mm. sementtiteollisuudessa, maa- ja tierakentamisessa ja maataloudessa. Eri yhteyksissä kuonista käytetään eri nimityksiä. Masuunikuona on joko vesijähdytettyä eli granuloitua masuunikuonaa tai ilmajähdytettyä masuunikuonaa eli masuunimursketta. Sementtiteollisuudessa masuunikuona kulkee nimellä granuloitu masuunikuona kun taas maa- ja tienrakentamisessa sama materiaali tunnetaan nimellä masuunihiekka. Ilmajähdytetty masuunikuona tunnetaan maa- ja tienrakentamisessa nimellä masuunimurske. Maataloudessa puhutaan vain masuunikuonasta, oli kyse sitten vesijähdytetystä tai ilmajähdytetystä. Teräskuona on teräskuona (metallurgit ja terästeollisuus käyttää teräskuonasta myös nimeä LD-kuona, konvertterikuona, BOF-kuona, BOF-slag).

Boliden Kokkola Oy (Kai Nykänen) on Euroopan toiseksi suurin ja maailman neljänneksi suurin sinkkitehdas. Rautasakka (jarosiitti) on sinkkitehtaan merkittävin sivuvirta. Rautasakkaa voidaan ongelmajätteenä hyödyntää vain jätealueen rakenteissa yhdessä OMG Kokkola Chemicalsin (nikkeli- ja kobolttitehdas) tehtailla syntyvän rautasakan kanssa. Muita sinkkitehtaan sivutuotteita ovat elohopea (Hg) ja metallinen kadmium (Cd) -sakka. Elohopea viedään hyödynnettäväksi EU:n sisällä lääke- ja kemianteollisuudessa. EU-lainsäädäntöä ollaan kuitenkin muuttamassa siten että eirautameteollisuudessa tuotettu elohopea luokitellaan jätteeksi 15.3.2011 alkaen. Muutoksen myötä Hg:n vienti hyödynnettäväksi loppuu. Metallinen Cd-sakka on luokiteltu jätteeksi, ja sen viennin Aasiaan akkujen ja paristojen raaka-aineeksi estää jätteesiirtoasetus. Jätedirektiivin sivutuote- tai EoW-kriteerien käytön mahdollisuutta arvioidaan.

UUMA-inventaari-hankkeessa (Ramboll Finland Oy, Pentti Lahtinen) on koottu tietoa kohteista, joissa UUMA-materiaaleja on käytetty infrarakentamisen kohteissa eri puolilla Suomea. Inventaarissa on esimerkkejä eri materiaalien seurantatuloksista teknisten ominaisuuksien ja ympäristövaikutusten osalta. Inventaarissa on käsitelty yksityiskohtaisesti kahden kuonaa rakentamisessa hyödyntäneen kohteen seurantatuloksia Torniossa ja Keminmaalta. Rakenteiden teknisen lujuuden on monessa kohteessa todettu parantuneen rakenteen vanhetessa.

## 9.2.2

### Hyödyntämisen lisääminen

Teollisuudella on runsaasti omaa tutkimus- ja kehitystyötä jätteiden hyödyntämisen edelleen lisäämiseksi. Tutkimus- ja kehitystyössä painotetaan nykyään materiaalien teknisten ominaisuuksien lisäksi kemiallisia ja mineralogisia ominaisuuksia. Uusia sovelluksia ja käyttökohteita rauta- ja terästeollisuuden mineraalituotteille ovat mm. maa- ja tierakentaminen, uudet tuotteet teollisuusmyyntiin sekä sisäinen käyttö prosesseihin. Myös ennakoivaa perustutkimusta tehdään tuotteiden ominaisuuksista suhteessa uusiin/tuleviin lainsäädäntömuutoksiin.

Kuonien potentiaalisia hyötykäyttökohteita voisivat olla käyttö turvestabiloinnissa tai ruoppausmassojen stabiloinnissa (masuunikuona + lentotuhka + sementti). Täten voitaisiin sementin käyttöä stabiloinnissa vähentää, mikä puolestaan vaikuttaa vähentävästi CO<sub>2</sub>-päästöihin. Kuonien stabilointikäytön potentiaali on merkittävä, sillä

esim. Vuosaaren sataman työmaalla stabiloitavaa massaa oli noin 500 000 m<sup>3</sup> (arvio Pentti Lahtiselta). Stabiloitujen materiaalien arviointikriteerit kuitenkin ovat tällä hetkellä puutteelliset. Kriteerien tulisi kertoa materiaalin kestävytydestä paikassa, jossa materiaali vuorotellen jäätyy ja sulaa.

UUMA-materiaalien tuotantopaikoista on tehty karttapohjainen tietokantaso- vellus, jonka avulla esim. rakennuttaja ja urakoitsija voivat etsiä rakennuskoh- teensa lähellä sijaitsevat tuotantolaitokset ja materiaalit ja hankkia lisätietoja kiin- nostavimmista materiaaleista. Karttapalvelusta saatavien yhteystietojen avulla (<http://projektit.ramboll.fi/uuma/index.asp>) on mahdollista ottaa yhteyttä kiin- nostavan teollisuuslaitoksen yhteyshenkilöön ja hankkia tarkempia tietoja sen ma- teriaaleista. Tulevaisuudessa on mahdollista täydentää paikkatietoja esimerkiksi erilaisten, mm. ylijäämämassoja varastoivien alueiden tiedoilla. UUMA-inventaarin paikkatietojärjestelmää täydentävät muut kehitettävät ja kehittyvät massapankit ja tietojärjestelmät kuten GTK:n kiviainesten tilinpitopalvelu.

### 9.2.3

#### Vahvuudet metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä

Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen vah- vuuksina nousivat keskustelussa esiin seuraavat seikat:

- materiaalien jopa luonnonmateriaaleja paremmat tekniset ominaisuudet (esim. lämmöneristävyys)
- olemassa olevat markkinat
- materiaalien tuotantomäärät ja tuottajat ovat suuria
- materiaalit korvaavat luonnonmateriaaleja
- materiaalien ominaisuudet tunnetaan ja ominaisuudet ovat muokattavissa
- materiaalien laatu on tasainen, mikäli prosesseissa ei tehdä muutoksia
- materiaaleista on käyttökokemuksia ja niillä on hyvä maine
- tuotantoalalla on hyvä osaaminen (tuotestandardit ovat pitkään ottaneet huomioon sivutuotteet)
- materiaaleja syntyy muun toiminnan ohessa.

### 9.2.4

#### Heikkoudet metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisessä

Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jättemateriaalien hyödyntämisen heik- kouksina nousivat keskustelussa esiin seuraavat seikat:

- ympäristökelpoisuuden kriteerit ovat puutteellisia
- tiedon puute (jokainen kuona on erilainen)
- hyväksyttävyyden arviointikriteerit (hyväksyttävän riskin määrittely eri käyttökohteissa)
- kansallisten lainsäädäntöjen erot (EU-työn haasteet)
- lainsäädännön tulkintaerot
- kommunikaation vaikeudet yhteisten termien määrittelemättömyyden johdosta
- kaikki toimijat eivät ole isoja – kuonien heterogeisuus
- logistiset ongelmat johtuen tuotantopaikat sijainnista harvassa tai väärillä alueilla.

## Kehitysnäkymiä ja -tarpeita

### Lainsäädännön kehittäminen

Ympäristöministeriön Anna-Maija Pajukallion mukaan jätteitä koskevaan lainsäädäntöön on tulossa merkittäviä uusia tulkintoja EU:n uuden jätedirektiivin kansallisen voimaansaattamisen myötä. Jätedirektiivissä (2008/98/EY) määritellään ns. sivutuotekriteerit, joiden täytyessä materiaali voidaan suoraan luokitella sivutuotteeksi ohittaen jätetulkinnan. End of waste (EoW) -kriteereitä puolestaan sovelletaan jätteelle jäteluokittelun päättämiseksi, jolloin materiaali katsotaan tuotteeksi. Sivutuotekriteerejä voitaneen soveltaa tapauskohtaisesti, mutta EoW-kriteerit luodaan materiaaliikohtaisesti. Kriteerit voivat olla harmonisoituja tai kansallisia, jolloin ne on notifioitava EU:ssa.

Näiden uusien kriteeristöjen lisäksi on edelleen mahdollista kansallisesti soveltaa esim. ns. MARA-asetuksessa (VNa 591/2006 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa) säädettyä ilmoitusmenettelyä tietyille jätteille. Asetuksen soveltamisalaa voidaan tarvittaessa laajentaa.

EoW-kriteereillä jätteestä tuotteeksi muutettavan materiaalin käyttökohteet on JRC:n (Joint Research Center) laatiman menetelmäehdotuksen mukaan analysoitava, mutta EoW-kriteerit eivät kontrolloi käyttökohteita. Näin ollen tuotteisiin tulisi merkitä ne käyttökohteet, joihin EoW-menettelyn läpäisseet materiaalit soveltuvat.

Metalliomupilotissa on esitetty, että uusi romu, joka syntyy tuotannossa leikkuujätteinä ym., luokitellaan sivutuotteeksi. Tällainen uusi romu ei REACH-asetuksen mukaan vaatisi erillistä rekisteröintiä, koska sen voidaan katsoa olevan samaa kuin tuote, josta leikkuujäte on syntynyt. Vanhaan eli kulutuksesta syntyvään romuun puolestaan sovellettaisiin EoW-kriteeristöä.

Komissio on pyytänyt jäsenmaita nimeämään edustajiaan ja asiantuntijoitaan työryhmiin, joissa EoW-kriteerien kehittämistyö käynnistetään. Ensimmäisessä vaiheessa työn alle otetaan alumiini-, kupari- ja rautaromu sekä paperi ja lasi. Harmonisoitujen kriteerien aikaansaaminen EU:n tasolla voi olla vaikeaa, mutta tämän ohella on olemassa mahdollisuus laatia EoW-kriteereitä kansallisesti. Jos EU-tasolla laadittaviin kriteereihin haluaa vaikuttaa, paras keino on lähettää materiaalia ja dataa työryhmien käyttöön.

Suomen ympäristökeskuksen Heikki Salosen mukaan REACH-asetus on aiheuttanut paljon epäselvyyksiä ja kysymyksiä jätteiden osalta. REACH-asetusta ei sovelleta jätedirektiivin tarkoittamiin jätteisiin. Jätesäädösten soveltaminen rajatapauksiin on ollut paljolti tapauskohtaista (EU-tuomioistuin, hallinto-oikeudet, ympäristöluvut); REACH ei muuta tätä. REACH-velvoitteet koskevat sivutuotetta, ellei joku muu poikkeus vapauta niistä (liite V:sivutuote, jota ei lasketa markkinoille tai tuoda on vapautettu rekisteröinnistä). Kun jätteen hyödyntäminen tapahtuu niin, että materiaalin jätestatus ei muutu, REACHista ei tule velvoitteita (esim. MARA-asetuksen kattamat materiaalit). Kun hyödyntäminen tapahtuu niin, että jättemateriaaliin tai siitä erotettuun osaan lakataan soveltamasta jätelainsäädännön velvoitteita (jäte lakkaa olemasta jätettä, EoW), tuote tulee periaatteessa uudelleen REACHin piiriin. Rekisteröintivelvoite ei koske jätteestä tuotettua ainetta, jos aine on samaa kuin aikaisemmin jo rekisteröity aine ja yrityksellä on käytettävissään aikaisemmin rekisteröidyn aineen käyttöturvallisuustiedote. Sivutuote, joka käytetään itse, ei tarvitse rekisteröintiä REACHin mukaan. Kuonanimikkeitä on esirekisteröity REACHiin kaikkiaan 216 kappaletta.

### Viranomaiskäytäntöjen kehittäminen

Työpajassa käydyssä keskustelussa nostettiin esiin seuraavassa esitettäviä näkökulmia viranomaiskäytäntöjen ja lupaprosessien kehittämiseksi.

Jäteasioissa käytettävien termien yhdenmukaista ja täsmällistä käyttöä tulisi edistää. Esimerkiksi Boliden Kokkola Oy käyttää prosesseissaan jäteraaka-aineita. Jäteraaka-aineiden raportointikäytäntö vaihtelee alueellisten ympäristökeskusten välillä. Samasta materiaalista voidaan käyttää eri yhteyksissä nimityksiä raaka-aine, sivutuote ja jäte. Tämä saattaa vääristää mm. jätetilastointia.

Suurten teollisuuskeskittymien ympäristölupien tarkastelussa tulisi kiinnittää huomiota kokonaisuuden hallintaan ja mm. eri teollisuuslaitosten sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuuksien tuomien synergiahöyryjen arviointiin. Eri viranomaisten käyttämiä kriteerejä jätteiden hyödyntämisen luvittamisessa tulisi pyrkiä yhtenäistämään.

Metallia sisältävien materiaalien riskinarviointiin kaivattiin terävöitystä (Timo Parviainen). Metallien kokonaispitoisuudet materiaalissa eivät kerro niiden ympäristövaikutuksista, vaan tähän tarvitaan tietoa liukoisuuksista. Ns. MARA-asetuksessa jätteiden hyödyntämiselle maanrakennuskäytössä annetut kokonaispitoisuuden raja-arvot kuvaavat lähinnä materiaalin laatua, jonka täytyy säilyä, jotta materiaalin katsotaan olevan samaa kuin mille ilmoitusmenettelyä on haettu. MARA-asetuksessa annetaan myös liukoisuustesteihin pohjautuvat raja-arvot, jotka kuvaavat materiaalin vaikutuksia käyttökohteessa. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia varten laaditut kynnys- ja ohjearvot (VNa 214/2007) puolestaan ovat kokonaispitoisuuksia ja perusteltuja maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin, mutta niitä käytetään myös muihin tarkoituksiin, joihin ne eivät sellaisenaan sovellu. Arvojen käyttöä nimenomaan lainsäädännön tarkoittamiin tapauksiin on syytä entisestään täsmentää ja käytäntöjä yhtenäistää.

Hankintamenettelyihin tulisi entistä paremmin sisällyttää ympäristökriteereitä, jolloin uusiomateriaalit tulisivat kilpailukykyisemmiksi neitseellisten materiaalien kanssa. Tästä on julkisten hankintamenettelyjen osalta olemassa tuore (8.4.2009) hallituksen periaatepäätös, jonka tavoitteena on vähentää julkisen sektorin ympäristökuormitusta ja ilmastovaikutuksia. Periaatepäätöksen mukaan viimeistään vuonna 2015 kaikissa valtion keskushallinnon, kuten ministeriöiden, hankinnoissa on otettava ympäristönäkökulma huomioon. Ympäristöystävällisyys ja kustannustehokkuus eivät useinkaan edes ole ristiriidassa keskenään.

### Mineraalisten jätteiden ympäristöominaisuuksien muokkaaminen

Ciru Center (Oulun yliopisto, Mikko Angerman) on tutkinut mineralogisten menetelmien mahdollisuuksia mineraalisten jätteiden ympäristökelpoisuuden määrittelyssä ja muokkaamisessa. Materiaalin mineraloginen koostumus kertoo sen liukoisuudesta, ja mineralogisia analyyseja voitaisiin käyttää esim. mineraalisten jätteiden laadunvalvonnassa liukoisuustestien rinnalla tai niiden sijaan. Materiaalin mineralogiaa voidaan haluttaessa myös muokata (esim. jäähdytyksen nopeuden säädöllä tai materiaalin hapettamisella) siten, että siinä esiintyvien aineiden liukoisuus pienenee. Tätä voidaan soveltaa mm. jätteisiin jotka eivät täytä ympäristökelpoisuuskriteereitä metallien liukoisuuden takia. Mineralogian muokkauksessa voidaan hyödyntää esim. tuotantoprosesseissa syntyvää hukkaenergiaa tai jo olemassa olevan tuotantorakennetta, jolloin lisäkustannukset muokkaamisesta voidaan pitää alhaisina verrattuna esim. siihen että jätteet jouduttaisiin sijoittamaan kaatopaikalle.

#### 9.3.4

### Jätteiden hyödyntämisen ympäristö- ja kustannusvaikutusten kokonaisvaltaisten elinkaari-pohjaisten arviointien kehittäminen

Sivutuotteiden ja jätteiden hyödyntämisen mahdollisuuksia ympäristövaikutusten sekä kustannusten vähentäjänä tulisi tarkastella elinkaariarvioinnin (LCA) ja elinkaarikustannusten arvioinnin (LCC) avulla, jolloin saataisiin kattavasti esiin erilaiset materiaalien hyödyntämisestä mahdollisesti saatavat ympäristö- ja kustannushyödyt. Elinkaaripohjaisissa tarkasteluissa otetaan huomioon jätteen hyödyntämisestä syntyvät ympäristövaikutukset, mutta myös jätteillä korvattavien neitseellisten raaka-aineiden käyttämättä jättäminen ja siten syntymättä jäävät ympäristövaikutukset. Kokonaisvaltaisten ympäristö- ja kustannushyötyjen todentamisella ja esille tuomisella voidaan edistää jättemateriaalien hyötykäytön houkuttelevuutta.

Jätteiden hyödyntämisen mahdollisuuksia esim. teollisuuden jätealueiden sulkeemisessa ja täten saavutettavia synergiahyötyjä sekä ympäristön että kustannusten kannalta tulisi selvittää valtakunnallisella tasolla. Toimivan yhteistyöverkoston luominen tuotantolaitosten, viranomaisten ja hyödyntäjien välille edesauttaisi hyödyntämistä.

#### 9.3.5

### Alueellinen verkostoituminen ja teollisen ekologian kehittäminen tuotantotoiminnan sivuvirtojen hyödyntämisen tehostamiseksi

Teollisen ekologian tausta-ajatuksena on päästä teollisessa ekosysteemissä mahdollisimman lähelle luonnon ekosysteemeissä vallitsevaa aineiden suljettua kiertoa. Vallitsevana periaatteena on yhden tuotantolaitoksen jätteiden hyödyntäminen toisen tuotantolaitoksen raaka-aineena. Teollisen ekologian puistoiksi tai teollisiksi ekosysteemeiksi kutsutaan alueita, joilla tuotantolaitokset ja muut toimijat ovat verkostoituneet siten, että alueella syntyvät kiinteät ja nestemäiset jätevirrat sekä energia hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti ja järjestelmästä poistettavia virtoja syntyy mahdollisimman vähän.

Harjavallan suurteollisuuspuistoon kuuluu metallintuotantolaitoksia, kaasuntuotantoa, voimalaitos sekä erilaisia palveluntuottajia (kuten ruokala-, kuljetus- ja jätahuoltopalvelut) (Jyrki Heino). Alueen toimijoiden keskinäisistä toiminnoista tärkein on Boliden Harjavalta Oy:n kupari ja nikkeli liekkisulatusprosessissa ja rikkihapon tuotannossa syntyvän ja talteen otetun energian hyödyntäminen. Lupaviranomaisella on lisäksi käsiteltävänä ehdotus nikkeli- ja kuparin yhdistämisestä ja käytöstä jätealueen pintakerrokseen.

Yhteistyön organisoinnissa pyritään toimimaan mahdollisimman matalalla tasolla, jotta varmistetaan toiminnan sujuvuus käytännössä. Varsinaista sateenvarjo-organisaatiota ei ole muuta kuin pelastustoimia varten. Teollinen ekosysteemi on tuottanut toimijoilleen parempaa materiaalitehokkuutta, ylijäämäenergian tehokasta hyödyntämistä sekä tehostuneita turvallisuuskäytäntöjä, koska yhteistyö yritysten välillä on lisännyt tietoisuutta materiaaleista ja prosesseista. Harjavallan kaupungille kansainvälisesti tunnetut yritykset tuovat työllisyyttä, kansainvälisyyttä ja osaamis pääomaa.

Perämerenkaaren alueella ollaan synnyttämässä vastaavanlaista teollista ekosysteemiä Suomen ja Ruotsin rannikolla toimivien metalli-, metsä- ja kemianteollisuuden tuotantolaitosten sekä alueella toimivien yliopistojen ja tutkimuslaitosten kesken. Vahva teräsklusteri tekee Perämerenkaaren alueesta hyvin merkittävän terästeollisuusalueen Euroopassa. Yhtenä tutkittavana kehityslinjana on alueen tehtailta syntyvien pölyjen ja hilseiden kokoaminen yhteen, jolloin saataisiin riittävästi materiaalia uudenlaisen käsittelyprosessin pystyttämiseksi.

## Yritysedustajien esiin nostamia erityiskysymyksiä

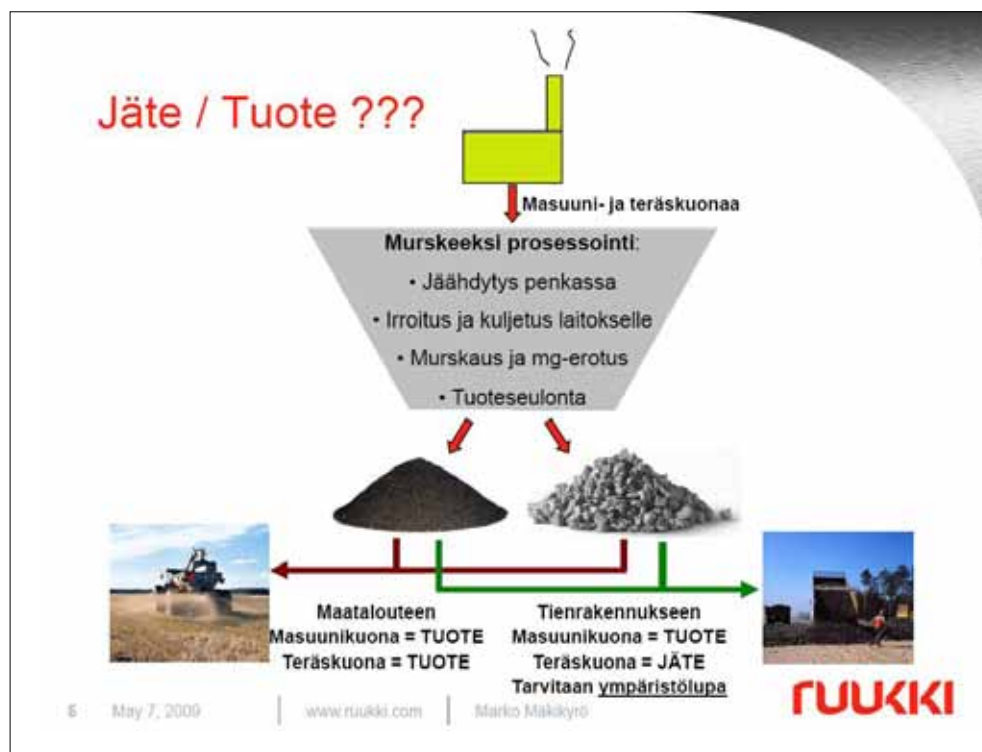
### Rautasakan (jarosiitin) jäteluokitus

Kai Nykäsen mukaan Boliden Kokkola Oy:n tehtailla syntyvän rautasakan (jarosiitin) ongelmajäteluokittelua voi olla syytä tarkistaa. Rautasakan laatua seurataan tiheällä näytteenotolla ja viikoittaisen kokoomanäytteen analysoinnilla. Rautasakan koostumus on vuosien mittaan tehtyjen prosessimuutosten johdosta muuttunut, joten kategorisen ongelmajäteluokittelun perusteet olisi aiheellista käydä uudestaan läpi. Mm. sakan stabilointimahdollisuuksia on tutkittu ja stabiloinnissa onnistuttukin. Stabilointi ei kuitenkaan nykyisessä tilanteessa kannata, mikäli jäte sen jälkeenkin joudutaan sijoittamaan ongelmajätteen kaatopaikalle.

Jätteen luokituksen mahdollista tarkistusta varten, tarvitaan jätteen tuottajalta/ tuottajilta tutkimustuloksiin pohjautuva näyttö siitä, ettei rautasakalla ole yhtään niistä 14 haittaominaisuudesta, joiden perusteella jäte voidaan luokitella ongelmajätteeksi. Hakemus luokittelun muutoksesta voidaan tehdä alueelliselle ympäristökeskukselle, jonka päätös saatetaan tiedoksi Suomen ympäristökeskuksen kautta ympäristöministeriölle. Ympäristöministeriö notifioidaan päätöksen perusteluineen EU:lle, missä katsotaan onko muutos syytä tehdä myös EU:n jäteluetteloon. Muutosta haluavan teollisuudenalan voi olla hyvä tehdä EU:n tasolla yhteistyötä jo kansallista käsittelyä varten.

### Masuuni- ja teräskuonan tuotteistaminen

Sanna Nikolan mukaan Rautaruukki Oyj:n masuuni- ja teräskuona ovat molemmat lannoitevalmistelain mukaisia kalkitusaineita, joiden käyttö on hyväksytty myös luomuviljelyssä. Kuonien käyttö vaikuttaa maan rakenteeseen, ne kuohkeuttavat maaperää ja nostavat sen pH:ta. Maatalouskäytön osalta kuonat ovat tasavertaisia. Sen sijaan muu hyötykäyttö on teräskuonan osalta luvanvaraista, kun taas masuunikuona on tierakennuskäyttöön hyväksytty tuote. Identtinen prosessoin-



Kuva 12. Masuuni- ja teräskuonan käsittely ja tulkinta tuotteeksi tai jätteeksi. (Kuva: Sanna Nikola).

ti murskeeksi (kuva 12) on masuunikuonan osalta tulkittu tavalliseksi teolliseksi prosessoinniksi, kun taas teräskuonan osalta se on tulkittu erilliseksi käsittelyksi. Teräskuonan hyödyntäminen muualla kuin maataloudessa vaatii siten ympäristöluvan. Sivutuotekriteereiden läpikäymisen avulla kuonan tulkintaa voidaan esittää muutettavaksi. Asia voitaisiin esim. käsitellä kuonaa tuottavan laitoksen ympäristölupakäsittelyn yhteydessä.

9.4

## Tulevaisuuskuvia

9.4.1

### Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisen uusia mahdollisuuksia

Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisen uusin mahdollisuuksina nousivat keskustelussa esiin seuraavat seikat:

- uudet tuotteet ja soveltamismahdollisuudet
- EoW-kriteerien ja sivutuotekriteerien antamat mahdollisuudet
- hankintamenettelyjen kehittäminen uusiomateriaaleja suosiviksi
- uudet liiketoiminnot
- ZeroWaste (jätteen tuotanto)
- elinkaariarviointimenettelyiden käyttöönoton edistäminen ympäristö- ja kustannushyötyjen todentamiseksi
- logistiikan ongelmien voittaminen
- tiedon levittämisen parantaminen
- ympäristöverot neutraalisille materiaaleille.

9.4.2

### Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden ja jätemateriaalien hyödyntämisen nousevia uhkia

Metallinjalostusteollisuuden sivutuotteiden tai jätemateriaalien hyödyntämisen nousevina uhkina tunnistettiin keskustelussa seuraavat seikat:

- lainsäädännön vaatimusten päällekkäisyys ja harmonisoinnin puutteellisuus
- ympäristöverot
- riskien toteutuminen + riskien pelko kentällä
- muutokset materiaalien menekissä (mm. taloudellisen taantumän johdosta)
- raaka-aineen huononeminen ja toimittajien vaihtuminen
- jalostuksen kehittäminen tuo vaikeampia sivutuotteita
- raja-arvot ja kriteerit asetetaan perusteettomasti
- tuotantotoiminnan siirtyminen porsaanreikämaihin (tiukkenevien kotimaisien vaatimusten myötä)
- riskien pitkäaikaisuus.

## 10 UUMA-kehitysohjelma – mitä saatiin aikaan ja miten työtä jatketaan?

*Antero Honkasalo & Anna-Maija Pajukallio, ympäristöministeriö  
Erkki Alasaarela, Thule-instituutti, Oulun yliopisto*

10.1

### Johdanto

UUMA-kehitysohjelman lähtökohtana oli perusteellinen esiselvitys (Lahtinen 2005a) ja sen pohjalta laadittu ehdotus ohjelman tavoitteiksi ja sisällöksi (Lahtinen 2005b).

Esiselvityksessä todettiin, että kiviaineksia korvaavien UUMA-materiaalien hyötykäyttöä estäviä tai hidastavia tekijöitä ovat erityisesti riittämättömät tiedot materiaalien käyttötavoista ja käyttöön liittyvistä riskeistä, riittämätön aika käyttöön vaadittavan ympäristöluvan hankkimiseen, koettu kilpailukyvyttömyys verrattuna muihin materiaaleihin (ominaisuuksista tai kustannuksista johtuen) ja joskus myös materiaalin riittämätön saatavuus oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan.

UUMA-kehitysohjelman päämääräksi asetettiin, että sen avulla pääosa käyttökelpoisista UUMA-materiaaleista saadaan tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön maarakentamisen sellaisissa kohteissa, joissa UUMA-materiaalin käyttö on ympäristön, taloudellisuuden ja toimivuuden kannalta perusteltua. Tällöin luonnon kiviaineksien käyttö vähenee merkittävästi ja keskittyy sellaisiin infrarakentamisen kohteisiin, joissa näiden käytölle ei ole tiedossa olevia vaihtoehtoja. Maarakentamisessa 10 % luonnon kiviainesten käytöstä korvattaisiin näin ollen UUMA-materiaaleilla vuoteen 2015 mennessä vuoden 2005 tilaan verrattuna.

Seuraavassa tarkastellaan ohjelman toteutunutta laajuutta, hankkeiden keskeisiä tuloksia, tavoitteiden toteutumista, tulosten hyödyntämistä ja jatkotyön tarpeita.

10.2

### Ohjelman laajuus

UUMA-kehitysohjelmasta oli tarkoitus koota usean rahoittajan ohjelma, johon varattuja rahoja käytetään kohdennettuihin kehittämisaiheisiin tarjouskilpailujen pohjalta. Ohjelman kokonaisrahoituksen tavoitteeksi asetettiin 7–9 miljoonaa euroa vuosille 2006–2010. Kukin rahoittaja osallistui ohjelmaan olemassa olevien rahoitusinstrumenttien kautta. Ohjelman toteutuma oli kahdeksan hanketta, joiden kokonaisrahoitus oli yhteensä 3,2 miljoonaa euroa.



Ohjelmaan sisällytetyjen hankkeiden ohella toteutettiin ja käynnistettiin useita UUMA-aiheisia julkisrahoitteisia ja yrityshankkeita. Näistä voidaan mainita Savo-Karjalan UUMA, Pohjois-Savon UUMA-ainesten tilinpitohanke ja STABLE 2006–2009, LIFE Ympäristö/Ramboll Finland Oy (uusi ympäristöystävällinen ja kustannustehokas stabilointimenetelmä pilaantuneiden sedimenttien käsittelyyn). UUMA-inventaarihankkeen yhteydessä suunniteltiin ja käynnistettiin useita hankkeita, joiden ensisijaisena tavoitteena on tuhkan tuotekehitys maarakentamisen käyttöön (Pirkanmaan UUMA, Keski-Suomen UUMA ym.).

UUMA-kehitysohjelmissa hankkeet käsitelivät seuraavia esiselvityksessä eriteltyjä materiaalityyppejä: ylijäämämaat, teollisuuden sivutuotteet ja pilaantuneet maat. Neljättä ryhmää ”vanhojen maarakenteiden materiaalit” käsitellään ainoastaan UUMA-inventaarihankkeessa. Tästä materiaalityypistä on olemassa olevaa tietoa lähinnä asfalttimurskeesta.

### 10.3

## Hankkeiden keskeisiä tuloksia

**UUMA-ainesten määrät:** UUMA-inventaarihankkeen mukaan ylijäämämaa-aineksia kertyy vuosittain arviolta 20–30 miljoonaa tonnia ja tämän lisäksi niitä on määrittelemätön määrä läjitettyinä ja varastoituna. Vanhojen maarakenteiden materiaalien kokonaismäärästä ei ole tietoa. Teollisuuden sivutuotteita ja niihin luettavia materiaaleja on kerättyjen tietojen mukaan vuosittain käytettävissä vähintään 22 miljoonaa tonnia. Kaivostoiminnan laajeneminen lisää sivutuotteiden määrää oleellisesti lähivuosina. Kaivettuja pilaantuneita maita syntyy Suomessa vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia.

**Ylijäämämaat:** RAKI-hankkeessa tehdyn ylijäämäkiviainesten tilanneselvityksen mukaan kiviainesten kierrätykseen liittyvät lupaprosessit koetaan raskaiksi ja vaikeaselkoisiksi. Ylijäämäkiviainesten käsittelyalueiden puute haittaa kiviainesten kierrätystä. Käsittelyalueet tulisi nähdä osana toimivaa kiviaineshuoltoa, ja ne tulisi osoittaa kaavoituksessa. Tarvitaan sekä kuntakohtaisia että seudullisia käsittelyalueita. Tärkeimmillä kiviainesten kulutusalueilla tulisi perustaa keskitettyjä tuotantoalueita eli kiviainestermiinaaleja, jotka muodostaisivat toimintaympäristön alan liiketoiminnalle.

HUUMA-hankkeessa saatujen tulosten mukaan moreenien hyötykäyttöä väylärakentamisessa on mahdollista lisätä. Kaivataan alueellista maapankkitoimintaa. Käyttökelpoisimmat jalostusmenetelmät ovat murskaus, sekoittaminen, kivien poisto, tasalaatuistaminen sekä stabilointi. Kustannus-, toimivuus- ja ympäristökuormituksen suhteen moreenirakenteet ovat kilpailukykyisiä. Näihin liittyy yli 10 %:n säästämähallisuus. Ongelmana on käyttökokemuksen puute ja toimivuusriskit. Tekniikoiden kehittämisen lisäksi tarvitaan viranomaisten ja alan muiden toimijoiden sitoutumista.

**Teollisuuden sivutuotteet:** Teollisuuden sivutuotteita tutkittiin TUUMA-hankkeessa, MINERALI-hankkeessa, Outokumpu Oyj:n yrityshankkeessa ja meneillään olevassa PUUMA-hankkeessa.

TUUMA-hankkeessa käytettiin turve-puutuhkien ilmaluokittelua, joka paransi tuhkan ympäristökelpoisuutta ja teknistä soveltuvuutta maarakennuskäyttöön. Kustannustarkastelussa havaittiin menettelyn olevan todennäköisesti taloudellisesti kannattavaa, mikäli vaihtoehtona on koko tuhkamäärän sijoittaminen kaatopaikalle. Työssä tarkasteltiin lisäksi mahdollisuuksia helpottaa tuhkien hyötykäyttöä tuoteistamalla ne EY:n uuden jätedirektiivin mahdollistaman ns. End of Waste (EoW) -menettelyn mukaisesti.

Outokumpu Oyj:n yrityshankkeen aihe oli terässulattokuonien tuotteistaminen. Hankkeen tulokset, sisäiset raportit ja opinnäytetyöt on suunnattu palvelemaan suoraan yrityksen omia tarkoituksia ja eivät tämän vuoksi ole julkisia. Kehitysohjelman aikana aiheesta kirjoitetut julkaisut ja raportit kuvaavat terässulattokuoniin liittyvän kehittämistyön laajuutta yrityksessä ja sen yhteistyöverkossa: Kallio et al. 2008, Tanskanen & Makkonen 2006, Parviainen et al. 2007a, Parviainen et al. 2007b, Parviainen & Vanhamaa 2010, Rossi 2008a, Rossi 2008b, Pylkkänen 2008, Jäniskangas 2007, Kallio et al. 2007a, Kallio et al. 2007b, Keränen 2007, Simanainen 2009.

MINERALI-hankkeessa tehtyjen tutkimusten pohjalta ehdotetaan toimintamallia, jonka mukaan teollisten kuonien ja tuhkien sisältämien haitta-aineiden liukoisuutta voidaan tutkia, arvioida ja valvoa mineralogisia tutkimusmenetelmiä hyödyntäen. Tällöin saadaan selville, mihin mineraaleihin ympäristön kannalta haitalliset aineet ovat sitoutuneet ja voidaan niiden liukenemisherkkyttä. Tavoitteena on, että liukoisuusominaisuuksia pystyttäisiin myös säätämään optimaaliseksi modifioimalla mineralogialla. Toimintamallia ehdotetaan sovellettavaksi mineraalisiin jäänöstuotteisiin ja jätteisiin (kuonat, tuhkat, pölyt, yms.). Menetelmää voivat käyttää ko. materiaalien tuottajat, hyödyntäjät ja viranomaiset. Liukoisuustestit vaativat usein pitkähkön ajan, joten niiden soveltaminen laadunvalvontaan on hankalaa. Optinen laadunvalvonta saattaa olla sopiva menetelmä, joka täyttää erilaiset vaatimukset.

**Pilaantuneet maat:** Pilaantuneita maita tutkittiin PIRRE2-hankkeessa. Projektissa kehitettiin mittaristo, jonka avulla voidaan arvioida ja seurata pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallintatoimien ekotehokkuuden toteutumista alueellisella tasolla. Suomessa ylivoimaisesti yleisin kunnostusmenetelmä on ollut massanvaihto, jossa pilaantunut maa-aines kaivetaan pois ja toimitetaan käsiteltäväksi. Suurin osa kaivetuista maa-aineksista on päätynyt kaatopaikoille, joissa ne on joko hyödynnetty sellaisenaan tai käsiteltynä tai loppusijoitettu suoraan jätetäyttöön tai eristettynä muista jätteistä (kapselointi).

#### 10.4

### Kehittämialueita koskevien tavoitteiden toteutuminen

UUMA-ohjelman esiselvityksen pohjalta määritettiin kehittämialueet ja näille tavoitteet. Lisäksi määritettiin kullekin kehittämialueelle kehittämisaiheet. Kehittämialueet olivat tuote- ja ympäristöhyväksyntä, suunnittelu- ja hankintamenettelyt, tuotekehitys ja käytön edistäminen. Näille asetetut päämäärät ja niiden toteutumukset olivat seuraavat.

**Tuote- ja ympäristöhyväksyntä:** *UUMA-materiaalien ja rakenteiden tuote- ja ympäristöhyväksynnälle on kehitetty ja otettu käyttöön selkeät menettelytavat ja kriteerit.*

Tuote- ja ympäristöhyväksyntä todettiin UUMA-ainesten käytön keskeisimmäksi pullonkaulaksi ja aihealue nostettiin ohjelman tärkeimmäksi painopisteeksi. Ympäristöministeriön toteuttamassa haussa annettiin aiesuunnitelmavaiheessa jatkoon valituille hankkeille ohjeistus, että niitä suunnattaisiin mahdollisuuksien mukaan palvelemaan tuote- ja ympäristöhyväksynnän kehittämistarpeita.

Asian tärkeyden vuoksi perustettiin tuote- ja ympäristöhyväksynnän asiantuntijaryhmä, joka toimi koko ohjelmakauden ajan. Ryhmässä oli mukana mm. uuden jätedirektiivin valmistelussa ja rakennustuotedirektiivin uusimisessa mukana olevia virkamiehiä ja asiantuntijoita sekä keskeisten tutkimuslaitokset edustajat. Elinkeinoelämän ja yritysten näkemykset asiantuntijaryhmän käyttöön saatiin erilaisten työpajojen ja seminaarien kautta. Seuraavassa tiivistetään asiantuntijaryhmän työn tuloksista keskeisiä näkökohtia.

Säädösmaailmassa on tapahtunut ja tapahtumassa merkittäviä muutoksia. Uusi jätedirektiivi tarjoaa kauan toivotun tuotteistamismekanismin eli kriteerit sivutuotteille ja jätteeksi luokittelun päättymiselle (end of waste -kriteerit). Direktiivin toimeenpano ja siihen liittyen jätelain kokonaisuudistus on vireillä ja valmistuu vuoden loppuun mennessä.

Maarakentamisen osalta ympäristökriteerit kehittyvät myös mm. rakennustuotedirektiiviin perustuvan ja rakennustuotteiden CE-merkintään liittyvän vaarallisten aineiden standardisointityön myötä. Rakennustuotedirektiivin uusiminen asetukseksi on käynnissä. Asetus tekee rakennustuotteiden CE-merkinnästä käytännössä pakollisen EU-alueella. Käynnissä oleva rakennustuotteiden vaarallisten aineiden testausmenetelmien harmonisointityö on etenemässä menetelmien validointivaiheeseen ensimmäisten testistandardiluonnosten valmistumisen myötä.

Tuotteistaminen tuo mukanaan REACH-asetuksen velvoitteet. REACH-asetuksen soveltaminen hyödynnettäviin jätteisiin tai jäteperäisiin materiaaleihin on ollut osin tulkinnanvaraista. Asetuksen soveltamista koskevat epävarmuudet poistuvat kuitenkin pikkuhiljaa ohjeistuksen ja kokemuksen myötä. Euroopan kemikaalivirasto on mm. juuri saanut valmiiksi jätteitä ja kierrätettyjä aineita koskevan ohjeensa.

Edellä mainitut säädökset ja standardointityö johtavat myös UUMA-materiaalien ympäristökelpoisuuden osoittamismenetelmien kehittymiseen. Selkeiden ja yhtenäisten menettelyjen puute on ollut yksi keskeinen teknologian kehittymisen rajoite. Vaikka EU-tason harmonisointi lisääntyy koko ajan, on todennäköistä, että tulevaisuudessa sovelletaan vielä monilta osin kansallisia kynnys- ja raja-arvoja. Vaarana saattaa olla, että eri säädöksistä peräisin olevien arviointien välillä olevia synergiaetuja ei osata tai voida riittävästi hyödyntää ja arviointiprosessit muodostuvat osin turhankin erilaisiksi. Keskustelua eri tahojen kesken tulisikin tiivistää. On myös tärkeää, että ympäristökelpoisuuden arviointi kehittyisi tulevaisuudessa nykyistä kokonaisvaltaisemmaksi.

Materiaalien käytössä tulisi arvioida eri käyttökohteissa saavutettavia ympäristöhaittoja ja -hyötyjä ja valita kohteiksi ne, missä hyöty on suurinta. Kaivostoiminnan laajeneminen lisää merkittävästi UUMA-materiaalien määrää ja on siten yksi UUMA-teknologian keskeisistä haasteista.

Materiaalien laadunvalvonta ja sen vaatimukset kehittyvät edelleen. Laadunvalvonta tulee myös luontevaksi osaksi jätteiden hyödyntämis- ja tuotteistamistoimintaa. Hyödyntämisen päätarkoitus ei ole tulevaisuudessa jätteistä halvalla eroon pääsemistä.

Jätteen ja tuotteen tulkinnanvarainen rajapinta selkiintyy. Jatkossa tulee olemaan UUMA-materiaaleja, jotka aikaisemmin miellettiin jätteeksi, mutta jotka oikeus- ja hallintokäytännössä tai uuden jätedirektiivin mukaisissa menettelyissä vapautetaan jätestatuksesta ja siten myös jätesäätelystä. Toisena ryhmänä ovat edelleen (varmuudella) jätteeksi tulkittavat uusiomateriaalit, joita koskevat sekä yleisen ympäristönsuojelulainsäädännön velvoitteet että jätteisiin sovellettavat huolellisuusvelvoitteet ja mahdolliset hyväksymismenettelyt (lupa tai ilmoitus). Tarvittaessa jättemateriaalien hyödyntämistä voidaan helpottaa säätämällä kansallisesti luvanvaraisuutta koskevista poikkeuksista jätedirektiivin mukaisesti, kuten on jo tehty eräiden jätteiden maarakennuskäytöstä annetussa valtioneuvoston asetuksessa.

Tuote- ja ympäristöhyväksynnän asiantuntijaryhmä on muodostanut hyvän keskustelufoorumin asianosaisille ja samalla vaikutuskanavan säädösvalmistelutyöhön. Asiantuntijaryhmä on laatinut aihealueesta katsauksen, joka julkaistaan erillisenä raporttina. Asiantuntijaryhmän ansiosta kehitysohjelmalle asetettua päämäärää kohti on edetty, mutta prosessi on hidas. Asiantuntijaryhmän toteuttamaa työtä tulee jatkaa.

**Suunnittelu- ja hankintamenettelyt:** *Tilaausten käytössä ovat ekologista kestävyyttä tukevat suunnittelu- ja hankintamenettelyt, jotka mahdollistavat UUMA-rakentamisen tasavertaisena perinteisen rakentamisen kanssa.*

Kehitysohjelman tuloksia arvioineessa käyttäjien työpajassa todettiin, että hankintakäytäntöjen tulee tukea vaihtoehtoista rakentamista. Valtioneuvoston vuonna 2009 hyväksymässä kestävien hankintojen periaatepäätöksessä edellytetään ympäristönäkökulmien huomioon ottamista julkisissa hankinnoissa. UUMA-ainesten suunnittelu- ja hankintakäytännöissä on ongelmia, joita tulee selvittää. Näitä ovat urakoitsijoiden vastuukysymykset, laatuvaatimukset ja takuut, katetuottotavoitteet ja käytettävissä oleva lyhyt suunnittelu-aika. Tarjouspyynnöissä tulisi ilmaista selkeästi tavoite ja pelisäännöt millä UUMA-tuotteita sisältäviä tarjouksia suositaan tarjousvertailuissa, tarjoajien on voitava esittää UUMA-ratkaisuja vaihtoehtoina tavanomaisia materiaaleja ja rakenteita sisältäville tarjouksille. Tarjousten arviointiin ja hankintasäännösten mukaiseen pisteytykseen tarvitaan ekotehokkuuden arviointimenetelmiä.

Suunnittelu- ja hankintamenettelyt ovat UUMA-ainesten käytön kannalta keskeinen alue, joka tulee ottaa jatkotyössä keskeiseksi kohteeksi.

**Tuotekehitys:** *Käytettävissä on valmiiksi kehitettyjä UUMA-tuotteita (materiaaleja ja sovellutuksia) ja rakentamistekniikat ovat kotimaisilla ja kansainvälisillä markkinoilla.*

Tarkoitus oli, että puolet ohjelman hankkeista olisi yritysten tuotekehityshankkeita. Varsinaisia yrityshankkeita ohjelmassa oli vain yksi, joskin ohjelman aikana Tekesin ja yritysten rahoituksella toteutettiin ohjelman aihealueeseen kuuluvia yrityshankkeita, joita ei kuitenkaan sisällytetty ohjelmaan kuuluvaksi. Kuitenkin tuotekehitystä tukevia tavoitteita oli mukana useissa julkisten tutkimuslaitosten toteuttamissa hankkeissa, joissa oli mukana yrityskumppaneita. Esimerkkinä voidaan mainita TUUMA-hanke, jossa tavoitteena oli tuotteistamisprosessin kehittäminen.

Tekesin ja yritysten kanssa käydyissä keskusteluissa todettiin, että tuotekehityshankkeiden aika on vasta, kun ympäristöhyväksyntä saadaan kehitettyä sellaiseksi, että se sallii UUMA-ainesten kilpailukyvyyn perinteisen materiaalin rinnalla. Tästä antoi viitettä Tekesin toteuttama haku ympäristöyrittäjille, johon ei tullut hakemuksia. SITRA oli valmis rahoittamaan liiketoimintaa edistäviä hankkeita, mutta rahoituskelpoisia esityksiä ei tullut ohjelmakauden aikana. Esteiden poistuttua on odotettavissa, että UUMA-tekniikan kehityksen vauhdittumiselle on olemassa hyvät mahdollisuudet lähivuosina. Paineet hyödyntämiselle kasvavat ja toisaalta tekniikan ja lainsäädännön kehittyminen lisää hyödyntämismahdollisuuksia.

UUMA-materiaalien käytölle on selkeästi olemassa sosiaalinen ja yhteiskuntapolitiittinen tilaus. Tämä on kirjattu monien julkisten infra omistavien ja hallinnoivien tahojen strategia-asiakirjoissa (mm. liikenne- ja viestintäministeriö, liikennevirasto, suuret kaupungit). Ympäristöä säästävien ratkaisujen edistämistavoite on ilmaistu myös julkista T&K-tukea myöntävien instituutioiden strategioissa (Sitra, Tekes). Innovatiivisille yrityksille UUMA-rakentamistoiminta tulee luomaan uutta liiketoimintaa ja kilpailukykyä.

**Käytön edistäminen:** *Tiedon kokoaminen ja levittäminen materiaaleista ja tuotteista toimivat. Kestävät UUMA-rakenteet ovat tilaajataholla haluttuja.*

Lähtökohtana UUMA-ainesten käytölle on tieto uusiokäyttöön soveltuvien materiaalien määrästä ja sijainnista. UUMA-ainesten käytön edistämistavoite oli esillä kaikissa hankkeissa, mutta erityisesti UUMA-inventaarissa ja RAKI-hankkeessa.

Ohjelman loppuvaiheessa käynnistettiin UUMA-materiaalien inventointihanke. Tarkoituksena on saattaa UUMA-ainesten tilastointi tilaan, jossa tietojen päivitys on jatkuvaa, ja käyttö erilaisiin tarkoituksiin on mahdollista. Pohjan hankkeelle muodostaa UUMA-inventaarihanke. Hankkeessa selvitetään syntyneiden UUMA-aineisten kertymät ja nykyinen käyttö sekä niiden osuudet jätteiden kokonaisvirroista toimialoittain.

UUMA-ohjelmalle asetettu tavoite vuoteen 2015 korvata 10 % neitseellisistä luonnonkiviaineista UUMA-materiaalilla vastaa 6–7 milj. t/a. Lupaavimmat UUMA-ainekset löytyvät teollisuuden sivutuotteista ja ylijäämämaista. Kehitysohjelman vaikutukset eivät ole näkösällä ja UUMA-aineksen käytön lisääntymisestä ei ole laskennallista tietoa. Asetettu tavoite on kuitenkin edelleen realistinen.

10.5

## Tulosten hyödyntäminen ja jatkotyön tarpeet

Infrarakentamisen arvo Suomessa on noin 5 miljardia euroa vuodessa. Maarakentamisessa käytettävän luonnonmateriaalin korvaaminen uusiomateriaalilla sisältää suuren potentiaalin nostaa suomalaista ekotehokkuutta.

Vaatimukset UUMA-materiaalien hyödyntämiseen ja siihen liittyvien haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseen määritellään lainsäädännön ja ympäristöpoliittisten tavoitteiden kautta. Jätteen hyödyntämisen ensisijaisena tarkoituksena on vähentää luonnonvarojen käyttöä ja syntyvän jätteen määrää. Toisaalta on pyrittävä varmistamaan, että hyödyntämisestä ei aiheudu vaaraa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.

UUMA-aineksien käytölle maarakentamisessa voidaan osoittaa mm. seuraavia ympäristöhyötyjä, jotka samalla ovat myös taloudellisia hyötyjä:

- Uusiutumattomien luonnonvarojen säästöt, erityisesti soraharjut
- Energiasäästöt ja materiaalitehokkuus
- Ilmastovaikutusten hillintä: CO<sub>2</sub> -päästöjen vähentäminen
- Maahan ja vesistöihin kohdistuvien päästöjen väheneminen
- Kaatopaikkojen rakentamistarpeen väheneminen
- Taloudelliset säästöt ja ympäristöhyödyt koko elinkaaren aikana.

UUMA-inventaarihankkeen mukaan teollisuuden sivutuotteisiin perustuvat massiiviset UUMA-rakenteet sisältävät keskimäärin 30 % vähemmän luonnon kiviaineksiä kuin teknisesti vastaavat murskerakenteet.

UUMA-esiselvityksessä tunnistettiin, että vaikka kehitysohjelman aloitteentekijänä ja veturina onkin ollut ympäristöministeriö, kehitysohjelman käytännön toteuttamisessa keskeisessä roolissa tulee olemaan yritysmaailma (yhteistyössä Tekesin ja muiden rahoittajien kanssa). Tämä edellyttää UUMA-materiaalien ja palveluiden tuotteistamisen ja niihin nojautuvien liiketoimintamahdollisuuksien edistämistä. Tuotteet, tarjonta ja kysyntä puuttuvat vielä UUMA-markkinoilta suurelta osin. Painopistettä on siirrettävä tuotteiden eli UUMA-materiaalien, rakenneratkaisujen ja palveluiden kehittämiseen. Markkinoille on synnyttävä aitoa kaupallisin perustein toimivaa tarjontaa ja kysyntää, jotka puolestaan markkinatalouden lakien mukaan generoivat tuotteita ja palveluita. Samalla syntyy aitoa kaupallista intressiä hyödyntää tähänastisen mittavan T&K-toiminnan ja koerakentamisen tuloksia.

UUMA-hankkeiden projektipäälliköiden viimeisessä kokoontumisessa tuotiin esille tärkeimpänä jatkotutkimusaiheena UUMA-aineksia koskeva tilinpitokokonaisuus. Ideoinnin pohjalta käynnistettiin yhteishankkeen suunnittelu. Hanke tähtää tilinpitojärjestelmään, joka koskisi ainakin kaikkia kaivannais- ja prosessiteollisuuden mineraalisia jätteitä sekä ylijäämämaita ja pilaantuneita maita. Järjestelmä tulisi olemaan paikkatietoperustainen.

UUMA-ainesten hyödyntämispotentiaalinen taloudellinen arvo voidaan arvioida toimialojen taloustilastojen, maa- ja kiviainesten tuotantopanosten arvon perusteella sekä mahdollisesti yksittäisistä maarakennuskohteista saatavan kustannustiedon

avulla. Suomen ympäristökeskuksen ja Thule-instituutin yhteistyössä toteuttaman ENVIMAT-hankkeen aineistoja ja tuloksia voidaan käyttää UUMA-ainesten synnyn ja hyötykäytön toimialoitteisessa kohdistuksessa ja seurannassa. Jatkossa ENVIMAT-mallia voidaan käyttää myös UUMA-ainesten muodostuksen ja hyötykäytön ennakoinnissa talouden eri skenaarioissa.

UUMA-inventaarin pohjalta esitetään, että lisää tietoa ja tutkimusta tarvitaan myös materiaalien tuotannosta, varastoinnin vaihtoehtoista, UUMA-rakenteiden pitkäaikaiskäyttämistä ja -kestävyydestä sekä elinkaaren ympäristö- ja kustannusvaikutusten arvioinnin työväliteistä. Lisäksi tarvitaan ohjeistus UUMA-materiaalien ympäristövaikutusten seurannalle. UUMA-materiaalit ja maarakentamisen tarpeet vaihtelevat alueittain, joten konkreettinen keino edistää UUMA-rakentamista on alueellisten UUMA-pilotti ja -tuotteistushankkeiden toteuttaminen (pilottit ja referenssiprojektit). Näitä hankkeita on syntymässä muutama maakuntiin ja toimintaa on tuettava siten, että aktiviteetti leviää koordinoitusti koko maahan.

UUMA-kehitysohjelman ohjausryhmä on päättänyt, että ohjelman puitteissa toteutettua yhteistyötä jatketaan. Ohjelman loppuseminaari 27.5.2010 suunnataan palvelemaan yhteistyön jatkamisen suunnittelua.

## Kirjallisuus

- Jäniskangas, T. 2007. Ruostumattoman teräksen valmistuksessa syntyvien hienojakoisten kuonien käyttö kaivostäytössä. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. 17 s.
- Kallio, V., Holappa, T. & Tikkakoski, A. 2008. Outokumpu Tornio Worksin terässlatoon kivituoiteiden käyttö tie-, katu ja maarakenteissa. Destia. Mitoitusohje. 34 s.
- Kallio, V., Holappa, T. & Balk, S. 2007. Satama- ja varastokentän rakentaminen Liuhanlahden imuruoppausaltaan rakentamisvaihtoehdot. Loppuraportti. 8 s. Kallio V, Holappa, T. & Balk, S. 2007. Satama- ja varastokentän rakentaminen Räyhänlahden alueen täyttö. Loppuraportti. 8 s.
- Keränen, M. 2007. Teräskuonan metallinerotuksessa syntyvän sekakuonan tuotteistaminen OKTO-maarakennusmateriaaliksi. Diplomityö. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. 90 s.
- Lahtinen, P., Kolisoja, P., Kuula-Väisänen, P., Leppänen, M., Jyrävä, H., Maijala, A. & M. Ronkainen 2005a. UUMA-esiselvitys. Suomen ympäristö 805. Helsinki
- Lahtinen, P., Kolisoja, P., Kuula-Väisänen, P., Leppänen, M., Jyrävä, H., Maijala, A. & M. Ronkainen 2005b. Ehdotus UUMA-kehitysohjelmaksi. Suomen ympäristö 806. Helsinki.
- Tanskanen, P. & Makkonen, H. 2006. Mineralogy of an environmentally acceptable ferrochromium slag product. Proceedings of material, minerals & metal ecology. Kapkaupunki. 9 s.
- Parviainen, T., Roininen, J., Tikkakoski, A. & Keränen, M. 2007. Stainless Steel Slags as Pro-Environmental High Quality Light Mineral Aggregates. Proceedings of the 3rd Global Slag Conference and Exhibition 2007, Istanbul. 47–53.
- Parviainen, T., Tikkakoski, A., Kallio, V., Holappa, T., Kujala, K. & Roininen, J. 2007. Light Mineral Aggregates – From Industrial Raw Material to High-Quality Stone Aggregates. Proceedings of the 8th International Symposium on Cold Region Development. ISCORD 2007, Tampere. 65–66.
- Parviainen, T. & Vanhamaa, T. 2010. Stainless steel slags as neutralizing product in industrial processes. To be presented in 6th Global Slag Conference 2010. 11 pp.
- Pylkkänen, K. 2008. Stabiloidut kuonatuotteet ympäristökelpoisena kenttänä ja täyttömateriaalina. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. 20 s.
- Rossi, E. 2008a. Riskinarviointi ruostumattoman teräksen kuonista valmistettujen kiviainesten käytöstä maarakentamisessa. Esko Rossi Oy. Jyväskylä. 38 s.
- Rossi, E. 2008b. Riskinarviointi OKTO-rakennushiekan käytöstä maarakentamisessa. Esko Rossi Oy. Jyväskylä. 35 s.
- Simanainen, A. 2009. AOD-murskeen tuotteistaminen sitomattomiin käyttökohteisiin. Diplomityö. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. 103 s.

## KUVAILELEHTI

Julkaisija	Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto			Julkaisu-aika Toukokuu 2010
Tekijä(t)	Jouko Inkeröinen & Erkki Alasaarela (toim.)			
Julkaisun nimi	<b>Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa – Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010</b>			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöministeriön raportteja 13/2010			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Uusiomateriaalien käytön kehittämiseksi ja lisäämiseksi ympäristöministeriö käynnisti vuonna 2006 yhdessä tiehallinnon, Tekesin ja Sitran kanssa kehitysohjelman ”Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia UUMA” (2006–2010). Ohjelman tavoitteena on lisätä uusiomateriaalien käyttöä ja vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maarakennuksessa. Tämä tarkoittaa erityisesti soravarojen käytön vähentämistä ja sitä kautta pohjavesien ja maisemallisesti tärkeiden soraharjujen säästämistä. Samalla luodaan edellytyksiä uusille innovaatioille ja liiketoiminnalle.</p> <p>Ohjelma piti sisällään kahdeksan hanketta, joiden lisäksi toteutettiin ja käynnistettiin useita muita hankkeita. Kukin rahoittaja osallistui ohjelmaan olemassa olevien rahoitusinstrumenttiensa kautta. Tässä julkaisussa esitellään UUMA-ohjelmaan sisältyneiden hankkeiden tulokset. Tutkimushankkeet kattavat kaikki ohjelmassa eritellyt UUMA-ainesryhmät: ylijäämämaat, teollisuuden sivutuotteet, pilaantuneet maat ja vanhojen maarakenteiden materiaalit. Ohjelmaan sisältyvissä hankkeissa kartoitettiin Suomessa käytettävissä olevia UUMA-materiaaleja ja niiden käyttöä maarakennuksessa, kehitettiin menetelmiä heikkolaatuisten luonnonmateriaalien hyötykäyttöön, selvittiin ylijäämäkiviainesten hyödyntämisen nykytilaa ja käyttömahdollisuuksia, luotiin valmiuksia liukoisuusominaisuuksien arvioimiselle mineralogian perusteella, kehitettiin pilaantuneisiin maihin liittyvää riskinhallintaa ja käyttöä maarakentamisessa sekä tutkittiin energiantuotannon tuhkien ja terässlattokuonien tuotteistamista maarakennuskäyttöön.</p> <p>UUMA-ainesten käytön keskeisimmäksi pullonkaulaksi todettiin tuote- ja ympäristöhyväksyntä ja aihealue nostettiin ohjelman painopisteeksi. Asian tärkeyden vuoksi perustettiin tuote- ja ympäristöhyväksynnän asiantuntijaryhmä, joka toimi koko ohjelmakauden ajan. Asiantuntijaryhmän toimesta järjestettiin useita työpajoja ja seminaareja. Ryhmän viisivuotisen työn tulokset julkaistaan erillisenä raporttina ja tiivistetysti tässä julkaisussa.</p>			
Asiasanat	jätteet, luonnonvarat, uusiokäyttö, hyötykäyttö, teollisuuden sivutuotteet, pilaantuneet alueet			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Ympäristöministeriö			
	ISBN 978-952-11-3760-0 (nid.)	ISBN 978-952-11-3761-7 (PDF)	ISSN 1796-1696 (pain.)	ISSN 1796-170X (verkkooj.)
	Sivuja 94	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja	www.ymparisto.fi > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja			
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö			
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2010			



## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet Miljövårdsavdelningen	Datum Maj 2010		
Författare	Jouko Inkeröinen & Erkki Alasaarela (red.)			
Publikationens titel	<b>Uusiomateriaalien käyttö maarakentamisessa – Tuloksia UUMA-ohjelmasta 2006–2010</b> (Användning av återvunnet material vid markbyggnad – Resultat från PUUMA-programmet 2006–2010)			
Publikationsserie och nummer	Miljöministeriets rapporter 13/2010			
Publikationens tema				
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt				
Sammandrag	<p>Miljöministeriet startade år 2006 tillsammans med Vägförvaltningen, Tekes och Sitra ett utvecklingsprogram "Ny materialteknologi i infrabyggnaden – UUMA (2006–2010). Målsättningen med programmet var att främja återanvändningen av avfall i anläggningsarbeten och minska användningen av naturresurser och reducera uppkomsten av avfall. Detta minskar speciellt användningen av grustilltag och skyddar därmed grundvatten och bevarar landskapen vid grusåsar. Samtidigt skapas förutsättningar för nya innovationer och affärsverksamhet.</p> <p>I programmet finansierades åtta projekt och därtill startade och realiserades flera andra projekt. Alla finansiärer deltog i programmet genom sina egna finansieringskanaler. I denna rapport presenteras resultaten av de projekt som ingick i UUMA-programmet: överlopsjordar, industriella restprodukter, förorenade jordmassor och material från gamla markbyggen. I projekten som ingick i programmet karterades tillgängliga UUMA-material och deras användning i markbygge, metoder för användning av naturmaterial av låg kvalitet utvecklades. Dessutom utredde man nuläget och framtida användningsmöjligheter för överlopsmassor från stenmaterial, utvecklade kunskaper för användning av mineralogi vid bedömning av lakningsegenskaper hos avfall, och koncept för riskhantering av förorenade jordmassor vid markbyggnad och undersökte möjligheterna att produktifiera askor från energiproduktionen och slagg från stålmältverk för användning vid markbyggnad.</p> <p>En av de mest avgörande flaskhalsarna i användningen av UUMA-material visade sig vara produkt- och miljögodkännande och detta område lyftes därför fram som en av tyngdpunkterna i programmet. Som stöd för detta arbete om produkt- och miljögodkännande etablerades därför en expertgrupp som verkade under hela programtiden. På initiativ av expertgruppen ordnades flera workshoppar och seminarier. Resultatet från gruppens femåriga arbete publiceras i en skild rapport och endast en sammanfattning ges i denna publikation.</p>			
Nyckelord	avfallsbehandling, naturresurser, materialåtervinning, biprodukter, förorenade områden			
Finansiär/ uppdragsgivare	Miljöministeriet			
	ISBN 978-952-11-3760-0 (hft.)	ISBN 978-952-11-3761-7 (PDF)	ISSN 1796-1696 (print)	ISSN 1796-170X (online)
	Sidantal 94	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution	<a href="http://www.ymparisto.fi">www.ymparisto.fi</a> > Ympäristöministeriö > Julkaisut > Ympäristöministeriön raportteja -sarja			
Förläggare	Miljöministeriet			
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2010			

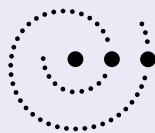




Suomen luonnon kiviaineksia käytetään maarakentamiseen vuosittain 70–80 miljoonaa tonnia. Rakentamiseen soveltuvia uusiomateriaaleja tuotetaan vuosittain lähes yhtä paljon. Uusiomateriaaleja on mahdollista käyttää maarakentamisessa joko sellaisenaan tai komponentteina korvaamaan neitseellisten kiviainesten käyttöä. Uusiomateriaalien tyypillisiä käyttökohteita ovat erilaiset tierakenteet, varastokentät, pengerrykset, täytöt, meluvallit, kaatopaikkarakenteet, satamarakenteet ja padot.

Uusiomateriaalien käytön kehittämiseksi ja lisäämiseksi ympäristöministeriö käynnisti vuonna 2006 yhdessä liikenneministeriön, Tekesin ja Sitran kanssa kehitysohjelman ”Infrarakentamisen uusi materiaaliteknologia UUMA”. Ohjelman tavoitteena on vähentää luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntymistä maarakennuksessa. Tämä tarkoittaa erityisesti soravarojen käytön vähentämistä ja sitä kautta pohjavesien ja maisemallisesti tärkeiden soraharjujen säästämistä.

Tässä julkaisussa esitellään UUMA-kehittämissohjelman hankkeiden tuloksia sekä ohjelman alla toimineen viranomaisten ja elinkeinoelämän vuoropuhelua edistäneen tuote- ja ympäristökelpoisuuden asiantuntijaryhmän työn tuloksia.



YMPÄRISTÖMINISTERIÖ  
MILJÖMINISTERIET  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT

**ISBN 978-952-11-3760-0 (nid.)**  
**ISBN 978-952-11-3761-7 (PDF)**  
**ISSN 1796-1696 (pain.)**  
**ISSN 1796-170X (verkkokj.)**