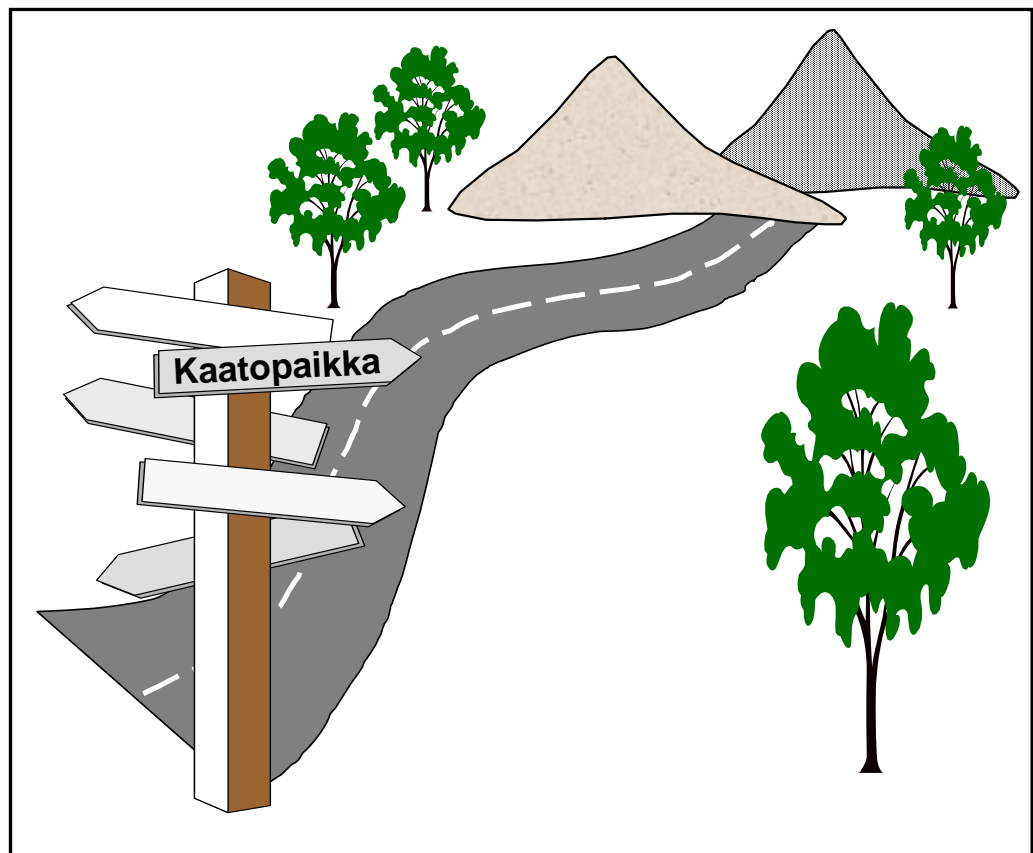


Margareta Wahlström, Jutta Laine-Ylijoki,
Marko Walavaara & Pasi Vahanne

Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus



TEKNOLOGIAN KEHITTÄMISKESKUS
YMPÄRISTÖGEOTEKNIikkaOHJELMA



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

ESPOO 2001

Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus

Margareta Wahlström, Jutta Laine-Ylijoki & Marko Walavaara
VTT Kemiantekniikka

Pasi Vahanne
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



ISBN 951-38-5805-7 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5806-5 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Kemiantekniikka, Prosessit ja Ympäristö, Biologinkuja 7, PL 1401, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 7026

VTT Kemiteknik, Processer och miljö, Biologgränden 7, PB 1401, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 7026

VTT Chemical Technology, Process and Environmental, Biologinkuja 7, P.O.Box 1401, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 7026

VTT Rakenne ja yhdyskuntatekniikka, Väylät ja ympäristö, Betonimiehenkuja 1, PL 19041, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 467 927

VTT Bygg och transport, Infrastruktur och miljö, Betongblandargränden 1, PB 19041, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 467 927

VTT Building and Transport, Infrastructure and Environment,
Betonimiehenkuja 1, P.O.Box 19041, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 467 927

Toimitus Kerttu Tirronen

Otamedia Oy, Espoo 2001

Wahlström, Margareta, Laine-Ylijoki, Jutta, Walavaara, Marko & Vahanne, Pasi. Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus. [Landfill acceptability of industrial by-products]. Espoo 2001, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2086. 69 s. + liitt. 19 s.

Avainsanat residues, by-products, minerals, waste disposal, landfills, granular, materials, leaching, environmental effects, assessment, quality requirements

Tiivistelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli luoda selkeä ja toimiva menettelytapa maa- ja tierakenteissa hyötykäytettävien teollisuuden sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Tiedotteessa annetaan ehdotus kelpoisuusmenettelystä, mihin kuuluu ehdotus tarkasteltavista parametreistä, soveltuvista tutkimusmenetelmistä sekä esimerkkejä kelpoisuusarviointiin soveltuvista kriteereistä.

Tutkimuksen pääpaino oli pysyvän tai tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sopivien jätteiden kelpoisuuden arvioinnissa. Tyypillisten sivutuotteiden ominaisuuksia tarkasteltiin, ja niiden kaatopaikkakelpoisuus arvioitiin erilaisten lähestymistapojen perusteella. Kun tässä vaiheessa odotetaan EU:n mahdollisia yhteisiä kaatopaikkakelpoisuus-kriteerejä, ei voida esittää tulosten tulkinnassa yksiselitteisiä kelpoisuus-arvoja, vaan lähinnä tapauskohtaiseen tarkasteluun soveltuvia lähestymistapoja ja vertailuarvoja.

Jätteen kaatopaikkaluokka määräytyy jätteen laadun perusteella. Kaatopaikkarakenteisiin ja kaatopaikkavesien keräilyyn ja käsittelyyn voidaan kuitenkin tehdä lievennyksiä perustellusta syystä. Tiedotteessa on tarkasteltu myös niitä seikkoja, jotka on huomioitava tapauskohtaisesti, kun halutaan selvittää kaatopaikalle asetettujen vaatimusten mahdollisia lievennyksiä.

Tutkimus oli osa laajempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka päätavoitteena oli laatia opas teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuuden ja teknisen toimivuuden osoittamiseksi lupa- ja tuotteistamismenettelyssä. Kaatopaikkakelpoisuusarviointia tarvitaan, kun sivutuotteita ei voida esimerkiksi laatuvaihtelujen tai rajoitetun käyttötarpeen takia hyödyntää maarakenteissa.

Wahlström, Margareta, Laine-Ylijoki, Jutta, Walavaara, Marko & Vahanne, Pasi. Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus. [Landfill acceptability of industrial by-products]. Espoo 2001, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2086. 69 p. + app. 19 p.

Keywords residues, by-products, minerals, waste disposal, landfills, granular, materials, leaching, environmental effects, assessment, quality requirements

Abstract

The aim of this project was to develop a clear and practical procedure for assessing the acceptance of landfilling of industrial by-products normally utilized in earthworks. Recommendations about the landfill acceptability of mineral by-products, such as parameters to be investigated and investigation methods suitable for these investigations, are presented. Some examples of criteria applicable for assessment of the landfill acceptability of typical industrial by-products are also given.

Typical characteristics of by-products were studied and their acceptance for landfilling, especially on landfills for inert wastes or non-hazardous waste, was evaluated using different approaches. At this point, until a uniform waste classification and acceptance procedure has been adopted, it is not possible to give definitive acceptance criteria for the interpretation of the test results. The evaluation is made case-specifically using suitable comparisons and reference values.

Each different class of landfill (hazardous, non-hazardous or inert) has different requirements for its construction and collection and treatment of leachate. These requirements can be reduced by the decision of the authorities on the basis of an assessment of the environmental risks for the particular case. The site-specific aspects to be considered in these cases are listed in this report.

This study was part of a larger research entity aimed at developing a guide for the assessment of the environmental and technical suitability of by-products in the permission and product qualification process. Waste acceptance procedures are needed when by-products cannot be used in earthworks, for example, because of quality variations or limited demand.

Alkusanat

Tutkimus *"Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus"* kuului osana Tekesin ympäristö-geotekniikkaohjelman tutkimuskokonaisuuteen *"Sivutuotteet maa- ja tierakenteissa – käyttökelpoisuuden osoittaminen"*. Projektin tavoitteena oli laatia suositus tie- ja maarakenteissa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi erityisesti pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Tutkimusta rahoittivat Tekesin lisäksi Helsingin Energia, Paroc Oy Ab, VTT Kemianteekniikka ja VTT Yhdyskuntatekniikka. Tutkimuksen ohjausryhmään kuuluivat seuraavat henkilöt:

Ari Seppänen, Ympäristöministeriö, puheenjohtaja
Pia Rantanen, Paroc Oy Ab
Ilkka Toivokoski, Helsingin Energia
Kati Vaajasaari, Pirkanmaan ympäristökeskus
Sauli Viitasaari, Ympäristöministeriö
Esa Mäkelä, VTT Kemianteekniikka
Margareta Wahlström, VTT Kemianteekniikka, sihteeri

Hankkeen johtoryhmänä toimi lisäksi projektin *"Sivutuotteet maa- ja tierakenteissa – käyttökelpoisuuden osoittaminen"* johtoryhmä, johon kuuluivat seuraavat henkilöt:

Aarno Valkeisenmäki, Tielaitos, puheenjohtaja
Matts Finnlund, Uudenmaan ympäristökeskus
Osmo Koskisto, Tekes
Kauko Kujala, Oulun Yliopisto, Geotekniikan laboratorio
Mikko Leppänen, Viatek-yhtiöt
Ari Seppänen, Ympäristöministeriö
Esa Mäkelä, VTT Kemianteekniikka, sihteeri.

Projektipäällikkönä toimi erikoistutkija Margareta Wahlström VTT Kemianteekniikasta. Tutkimusryhmässä työskentelivät tutkijat Jutta Laine-Ylijoki ja Marko Walavaara VTT Kemianteekniikasta ja erikoistutkija Pasi Vahanne VTT Yhdyskuntateekniikasta.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	4
Alkusanat	5
1. JOHDANTO	9
1.1 TAVOITTEET	9
1.2 TYÖN RAJAUS	9
1.3 NYKYINEN TILANNE	10
2. KAATOPAIKKASÄÄNNÖKSET JA CEN-STANDARDOINTI.....	12
2.1 VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖS KAATOPAIKOISTA	12
2.1.1 Kaatopaikkakelpoisuuden arviointi	12
2.1.2 Kaatopaikkaluokat ja niiden rakennevaatimukset.....	14
2.2 EU:N KAATOPAIKKADIREKTIIVI.....	18
2.3 CEN-STANDARDOINTI.....	20
3. TUTKIMUSVAIHEET JA -MENETELMÄT	22
3.1 TARVITTAVAT TAUSTATIEDOT	22
3.1.1 Jätteen muodostuminen.....	23
3.1.2 Jätteen sisältämät haitta-aineet.....	23
3.1.3 Jätteen laatuvaihtelut.....	23
3.1.4 Jätteen haitallisuus	24
3.2 NÄYTTEENOTTO.....	24
3.2.1 Yleistä	24
3.2.2 Näytteenottotavat	25
3.2.3 Esimerkkejä.....	27
3.3 NÄYTTEIDEN ESIKÄSITTELY	28
3.4 TUTKIMUSMENETELMÄT	29
3.4.1 Kelpoisuustutkimuksen kolmijako	29
3.4.2 Soveltuvat tutkimusmenetelmät.....	30
3.4.3 Tutkimusmenetelmien laajuus	33
3.5 TULOSTEN RAPORTOINTI	33
3.6 ARVIOINTITAPA.....	34
3.7 TESTAUSLABORATORION PÄTEVYYSVAATIMUKSET	35
4. PERIAATTEET SIVUTUOTTEIDEN KAATOPAIKKAKELPOISUUDEN ARVIOIMISEKSI.....	36
4.1 SIVUTUOTTEIDEN MAHDOLLISET RISKITEKIJÄT	36

4.1.1	Tyypilliset häirtatekijät	36
4.1.2	Haitta-aineiden tunnistaminen	38
4.2	KELPOISUUDEN ARVIOINTI.....	39
4.2.1	Yleistä	39
4.2.2	Skenaarioiden tarkastelu	40
4.2.3	Aikaisempi käytäntö pienjätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa	43
4.2.4	Hyötykäytön kelpoisuuskriteerien soveltuminen pysyväälle jätteelle	44
4.2.5	Vertailu luokiteltujen materiaalien päästöihin	45
4.2.5.1	Betonimurske	45
4.2.5.2	Luonnonmateriaalit	47
4.2.5.3	Lentotuhka	48
4.2.6	Esimerkkejä mallitapauksille soveltuvista kelpoisuuskriteereistä	50
4.2.6.1	Kelpoisuuden arviointi skenaariotarkastelun tuloksista.....	50
4.2.6.2	Sijoituskelpoisuuden arviointi kiinteitetystä materiaalista.....	54
4.2.7	Vertailut muissa maissa esitettyihin kriteereihin	55
5.	KELPOISUUDEN ARVIOINTI TIETYLLE KAATOPAIKALLE – MENETTELYTAPASUOSITUKSET	56
5.1	JÄTTEEN KAATOPAIKKAKELPOISUUSARVIOINNIN ERI VAIHEET	56
5.2	JÄTTEIDEN LUOKITTELUSSA HUOMIOITAVIA SEIKKOJA	58
5.2.1	Maarakentamisessa vapaasti hyötykäytettävät sivutuotteet	58
5.2.2	Tietyillä rajoituksilla maarakentamisessa hyötykäytettävät sivutuotteet	58
5.2.3	Kiinteitettyt materiaalit.....	59
5.3	KAATOPAIKKARAKENTEITA KOSKEVAT POIKKEUKSET	60
6.	YHTEENVETO	61
7.	LÄHDELUETTELO.....	65

LIITTEET

- A. CEN/TC 292 ”Characterization of waste”
- B. Saastuneiden maiden ohjeavot eri maissa
- C. Hollantilaiset hyötykäyttökelpoisuuskriteerit
- D. Kaatopaikkakelpoisuuskriteerit Saksassa, Itävallassa ja Hollannissa
- E. Kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten lieventämismahdollisuuksien selvittäminen

1. Johdanto

1.1 TAVOITTEET

Projektin tavoitteena on laatia suositus mineraalisten teollisuuden sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi erityisesti pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikoille. Tutkimus koskee teollisuuden mineraalisia sivutuotteita, joita esimerkiksi laatuvaihtelujen tai rajoitetun käyttötarpeen takia ei voida hyödyntää maarakentamisessa. Raportissa annetaan ehdotus kelpoisuusmenettelystä, mikä sisältää ehdotukset tarkasteltavista parametreista, soveltuvista tutkimusmenetelmistä sekä suositukset arviointimenetelmistä muutamille jätteille. Lisäksi esitetään esimerkkejä muutamien tyypillisten sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiperusteista.

Erityisesti energian tuotannossa syntyvää lentotuhkaa, rikinpoistotuotetta tai kuonaa saatetaan nykyisin sijoittaa kaatopaikalle, jonka rakenne ei vastaa täysin tavanomaisen jätteen kaatopaikalle esitettyjä vaatimuksia. Muita esimerkkejä epäselvistä kaatopaikkaluokittelutapauksista ovat lisäksi lievästi saastuneiden, jo käsiteltyjen maiden – esimerkiksi kiinteytettyjen maamassojen – loppusijoituskelpoisuuden arvioinnit. Arvioinnin taustaselvitysten laajuus ja mahdolliset arviointitavat ovat vielä tällä hetkellä epäselviä.

Hanke kuului osana Tekesin ympäristögeotekniikkaohjelman tutkimuskokonaisuuteen "Sivutuotteet maa- ja tierakenteissa – käyttökelpoisuuden osoittaminen".

1.2 TYÖN RAJAUS

Tässä tarkastellaan mineraalisten, yleensä maarakentamiseen soveltuvien sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuutta. Maarakentamiseen soveltuvat hyötymateriaalit ovat yleensä teollisuuden sivutuotteita sekä energiantuotannossa syntyviä tuhkia ja kuonia. Tärkeimmät maarakenteissa jo yleisesti käytettävät sivutuotteet ja niiden määrät on esitetty taulukoissa (ks. kohta 4.1, taulukot 8 ja 9). Työssä tarkastellaan sekä rakeisia että kiinteytettyjä materiaaleja.

Tämän työn tuloksia ei voida käyttää selvästi haitallisiksi luokiteltujen materiaalien kelpoisuuden arvioinnissa. Työssä ei tarkastella myöskään sivutuotteiden kelpoisuutta kaatopaikan eristemateriaalina, esim. pintaeristeenä.

Tässä Tiedotteessa esitetyt periaatteet perustuvat VTT:ssä saavutettuun kokemukseen ja näkemykseen, joita voidaan käyttää tällä hetkellä perusteena soveltuvuuden arvioinnissa. EU:ssa laaditaan myöhemmin kaatopaikkakelpoisuus kiteerejä, joita tulee

noudattaa myös Suomessa. Suomessa voidaan kuitenkin noudattaa tarpeen mukaan tarkempia ja tiukempia kriteereitä.

1.3 NYKYINEN TILANNE

Suomessa on astunut voimaan Valtioneuvosten päätös kaatopaikoista (VNp 861/97). Siinä on esitetty yleiset periaatteet kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi. EU:n kaatopaikkadirektiivi hyväksyttiin keväällä 1999. Myöhemmin esitetään EU:n kaatopaikkadirektiivin soveltamisessa käytettävät kelpoisuuskriteerit. Suomen viranomaiset eivät anna yleisiä kelpoisuuskriteerejä ennen kuin EU:n yhteiset linjaukset ja mahdolliset kriteerit ovat tiedossa.

Kelpoisuusarviointiin liittyy myös meneillä oleva standardointityö. Parhailaan keskustellaan standardijärjestön CEN (CEN = Comité Européen de Normalisation) jätealan standardointielimissä jätteistä arvioitavista ominaisuuksista. Sen perusteella CEN:ssä kehitetään ja selvitetään testaukseen soveltuvat menetelmät.

Suomessa kehitetään kelpoisuuskriteerejä sivutuotteiden ympäristökelpoisuuden arviointiin. Suomen ympäristökeskuksen Tekes-projektissa ”Teollisuusjätteiden ulkoisen hyödyntämisen kriteerit” (Sorvari 2000) on selvitetty hyväksyttävän riskitason määrittelyperusteita. Projekti kuului osaprojektina VTT:n koordinoimaan Tekes-projektiin ”Sivutuotteet maarakenteissa – käyttökelpoisuuden osoittaminen” (Esa Mäkelä), jossa pyrittiin luomaan selkeät kriteerit sivutuotteiden käytölle.

VTT, joka on jäteasetuksessa mainittu asiantuntijalaitos, on 1970-luvun loppupuolelta asti antanut yksittäisiä lausuntoja teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuudesta. VTT:n soveltamat periaatteet ovat vuosien aikana tarkentuneet. Tällä hetkellä sovellettavat periaatteet on esitetty luvussa 4. VTT osallistuu aktiivisesti jätetestausten standardointityöhön ja on mukana useissa pohjoismaisissa tutkimushankkeissa, joissa arvioidaan eri testausmenetelmien soveltuvuuksia. Lisäksi VTT on mukana EU-projektissa ”Development of leaching test for organic pollutants”, jossa haetaan tutkimusmenetelmiä tiettyjen orgaanisten aineiden liukoisuustestaukseen.

Pirkanmaan ympäristökeskus (ent. Hämeen ympäristökeskus) tutki vuosina 1996–98 epäorgaanisia haitta-aineita sisältävien teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuutta. Työn tuloksia julkaistiin kahdessa tutkimusraportissa (Vaajasaari *et al.* 1997, Vaajasaari *et al.* 1998). Pirkanmaan ympäristökeskuksessa on lisäksi tehty jatkotutkimus, jossa arvioitiin orgaanisia haitta-aineita sisältävien jätteiden kaatopaikkakelpoisuutta käyttäen liukoisuus- ja myrkyllisyystestimenetelmiä (Vaajasaari *et al.* 2000).

Työn alussa selvitettiin myös alueellisilta ympäristökeskuksilta sivutuotteiden mahdollisesta jäteluokittelusta ja massasijoituksen rakenteista tehdyt päätökset. Päätöksiä on tehty vielä melko vähän (alle 20). Alueellisten ympäristökeskusten antamien sivutuotteiden loppusijoitusta koskevien päätösten (v. 1996–99) perusteella ympäristökeskusten linja päätösten perusteluissa ei ole yhtenäinen. Vertailua vaikeuttaa tosin sivutuotteiden laadun erilaisuus eri kohteissa. Päätöksenteon perusteeksi tarvittavien lähtötietojen puutteellisuus on silmiinpistäväntä vanhoissa päätöksissä. Geologisesta ympäristöstä – esim. maaperän laadusta ja pohjaveden pinnan tasosta – ei ole läheskään aina esitetty tutkimustuloksia. Myöskään ympäristön tilaa ei aina ole tarkkailtu lähtötilanteen selvittämiseksi.

Myös lupaehdoissa esitettyjen vaatimusten taso vaihtelee. Tosin tässäkin vaihtelua aiheuttaa luonnollisesti sivutuotteiden ja sijoituspaikkojen erilaisuuden vuoksi. Osassa hakemuksista on ollut riittämättömästi lähtötietoa sivutuotteiden laadusta. Tällöin lupaehdoissa on jätetty kaatopaikkaluokan määrittely avoimeksi, kunnes tarpeelliset lisäselvitykset on tehty. Mikäli kaatopaikkamääräyksistä on lupaehdoissa poikettu, perusteluina on käytetty mm. alueen sijaintia, sivutuotteen pientä vedenläpäisevyyttä ja kaatopaikan toimimista vain yhden jätelajin läjitysalueena.

Suomessa muodostuvat jätteet poikkeavat Keski-Euroopassa muodostuvista jätteistä. Esimerkiksi orgaanisten aineiden osuus jätteissä on Suomessa huomattavasti suurempi, sillä Euroopassa merkittävä osa jätteistä poltetaan. Erityisesti jätteenpolttolaitosten kuonien ja tuhkien ympäristökelpoisuudesta on Euroopassa tehty runsaasti tutkimuksia. Suomessa ongelmana on usein pienten jätevirtojen kaatopaikkakelpoisuuden arviointi. Parhailaan Suomessa selvitetään mahdollisuuksia rinnakkaispolttoon, jossa esimerkiksi lajiteltuja jätemateriaaleja käytetään energiantuotannon lisäpolttoaineena. Muodostuvan tuhkan ja kuonan laadusta ja hyöty- tai sijoituskelpoisuudesta on vielä suppeasti tietoja, mutta tutkimukset ovat meneillään.

2. KAATOPAIKKASÄÄNNÖKSET JA CEN- STANDARDOINTI

2.1 VALTIONEUVOSTON PÄÄTÖS KAATOPAIKOISTA

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista on annettu vuonna 1997 (VNp 861/97). Päätös perustui silloiseen luonnokseen Euroopan unionin kaatopaikkadirektiivistä. Huhtikuun 26. päivänä vuonna 1999 Euroopan unionin neuvosto antoi kaatopaikoista direktiivin (99/31/EY), joka pohjautuu mainittuun luonnokseen. Edellistä valtioneuvoston päätöstä on muutettu direktiivin pohjalta. Uusi valtioneuvoston päätös (VNp 1049/99) tulee voimaan 1.1.2002 (osaksi 1.11.2007).

2.1.1 Kaatopaikkakelpoisuuden arviointi

Suomessa kaatopaikat on jaettu valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista kolmeen ryhmään: pysyvän jätteen kaatopaikka, tavanomaisen jätteen kaatopaikka sekä ongelmajätteen kaatopaikka. Kaatopaikalle saa sijoittaa vain luokituksen mukaisia jätteitä.

Valtioneuvoston päätöksen (861/97/muutos 1049/99) liitteessä 2 on esitetty kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnin yleiset periaatteet. Arvioitaessa jätteen kelpoisuutta tietyn kaatopaikkaluokan kaatopaikalle on huomioitava sekä sijoitusympäristön olosuhteet että jätteen ominaisuudet. Liitettä 2 muutetaan mahdollisesti myöhemmin, kun EU:ssa laaditaan yhtenäiset kelpoisuuskriteerit. Valtioneuvoston päätöksen liitteen 2 mukaan kaatopaikkakelpoisuus arvioidaan seuraavien ominaisuuksien perusteella:

- jätteen koostumus
- jätteen orgaanisen aineksen määrä ja hajoavuus
- jätteen haitallisten aineiden määrä ja niiden liukoisuus
- jätteen ja jätteestä muodostuvan kaatopaikkaveden ekotoksikologiset ominaisuudet.

Valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista on esitetty kelpoisuustutkimuksen kolmijakovaiheet. Vaiheet ovat seuraavat:

- perusmäärittely tai karakterisointi (kaatopaikkakelpoisuustesti); lyhyt- ja pitkäaikainen suotautumiskäyttäytyminen tai jätteen ominaisuuksien tai molempien perusteellinen määrittely
- laadunvalvontatesti; säännöllisin väliajoin tehtävät tarkastukset jätteen ominaisuuksissa mahdollisesti tapahtuvien muutosten havaitsemiseksi

- tarkastus sijoituspaikalla; nopeat tarkastukset, joiden avulla varmistetaan jätteen vastaavan kaatopaikkakelpoisuustestissä ollutta jätettä.

Mineraaliset sivutuotteet ovat yleensä sijoituskelpoisia pysyvän tai tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Erityisesti pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoitettavien jätteiden ominaisuuksista tarvitaan perusteelliset tiedot. Pysyvällä jätteellä tarkoitetaan jätettä, joka ei liukene, pala, hajoa biologisesti tai reagoi muiden aineiden kanssa aiheuttaen vaaraa terveydelle tai ympäristölle ja jossa ei pitkänkään ajan kuluessa tapahdu olennaisia muita fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia muutoksia ja jonka sisältämien haitallisten aineiden kokonaishuuhtoutuminen ja -pitoisuus samoin kuin kaatopaikkaveden myrkyllisyys ympäristölle ovat merkityksettömiä. Pysyvän jätteen ominaisuuksien tulisi olla ns. luonnonmateriaalien kaltaisia. Tällä hetkellä Suomessa on luokiteltu pysyväksi jätteeksi vain muutamia massatyyppisiä (ks. taulukko 1).

Suomessa ei ole virallisia kriteerejä jätteiden luokitukselle. Taulukkoon 1 on koottu muutamia esimerkkejä Suomessa, Tanskassa ja Itävallassa eri jäteluokkiin luokitetuista materiaaleista (Anon. 1996, Anon. 1997).

Taulukko 1. Esimerkkejä Suomessa, Tanskassa ja Itävallassa eri jäteryhmiin luokitelluista materiaaleista.

Suomi		Tanska			Itävalta
Pysyvä jäte	Mahdollisesti pysyvä jäte	Pysyvä jäte, jossa orgaanisten aineiden osuus alle 2 %	Mineralogiset jätteet, joissa orgaanisten aineiden osuus alle 5 %	Sekajätteet, joissa orgaanisten osuus alle 20 % ja joissa haitta-aineiden liukoisuus pieni	Mineraaliset rakennusjätteet
Puhdas maa- ja kiviaines (kivijäte, maajäte, hiekka ja muuta mineraalimaan jakeet, kiviperäiset pölyt)	Vuorivilla	Asbesti	Kipsi	Elektroniikkaromu ym. suuren mittakaavan lajittelusta	Betoni
Puhdas lasi	Uuninpurkujäte	Posliini	Kuona	Lajitteluissa muodostuneet rakennusjätteet	Tiili
Puhdas betoni	Keraamiset jätteet	Lasi	Lentotuhka	Puhdistuslaitosten hiekkänäytteet	Posliini
Puhdas lasikuitu	Katalyytit	Betoni	Poistetut tierakenteet		Laastit
	Keernahiekat	Lämpökäsitelty mineraalivilla	Valimohiekat		Sora ja hiekka
	Hiekkapuhallus hiekka	Tiili	Metalleista likaantuneet maat		Bitumi
	Hiekanerotuksen jätteet	Raudoitettu betoni			Lasi
					Klinkkeri
					Sementti

Kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa on tärkeää selvittää esim. jätteen muodostumistavan perusteella mahdollisia haitta-tekijöitä sekä arvioida eri ominaisuuksien pysyvyyttä ympäristöolosuhteiden muuttuessa. Ympäristökelpoisuustutkimusten pääpaino on ollut pitkään metallien liukoisuusominaisuuksien määrittelyssä. Erityisesti pysyvän ja ongelmajätteen sijoituskelpoisuuden arviointia varten tarvitaan yleensä myös muita tietoja esim. pysyvästä jätteestä materiaalin pysyvyydestä ja ongelmajätteestä haitta-aineiden stabiilisuustietoja – varsinkin jos jätettä on käsitelty ennen sijoitusta. Ekotoksikologisten ominaisuuksien testausmenetelmien standardointi on vasta alkamassa. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että menee vielä useita vuosia ennen kuin luotettavia menetelmiä ja niiden tulkintaohjeita on saatavissa.

2.1.2 Kaatopaikkaluokat ja niiden rakennevaatimukset

Maaperän ja vesien suojelemiseksi on asetettu eri kaatopaikkaluokille yleisiä vaatimuksia mm. pohja- ja pintarakenteista. Kuvissa 1 ja 2 on annettu esimerkit tavanomaisen jätteen kaatopaikan pinta- ja pohjarakenteista.

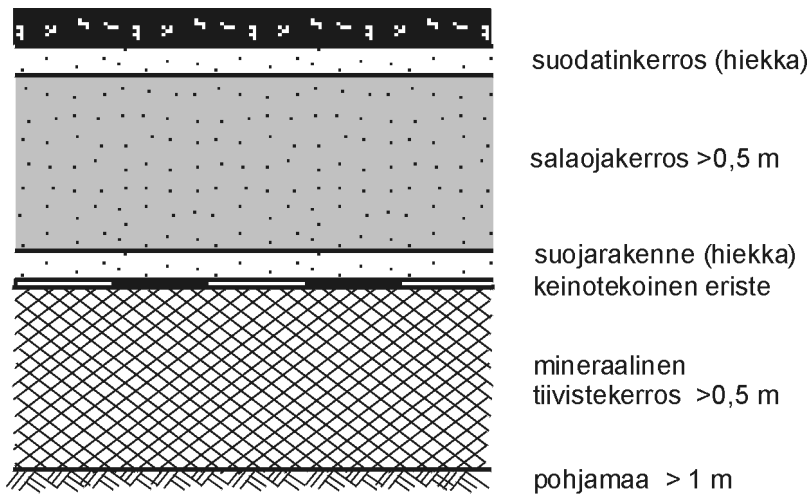
Taulukkoon 2 on koottu vaatimukset kaatopaikkojen pohjarakenteille ja taulukkoon 3 vaatimukset pintarakenteille.

Taulukko 2. Kaatopaikkojen pohjarakenteiden vaatimukset.

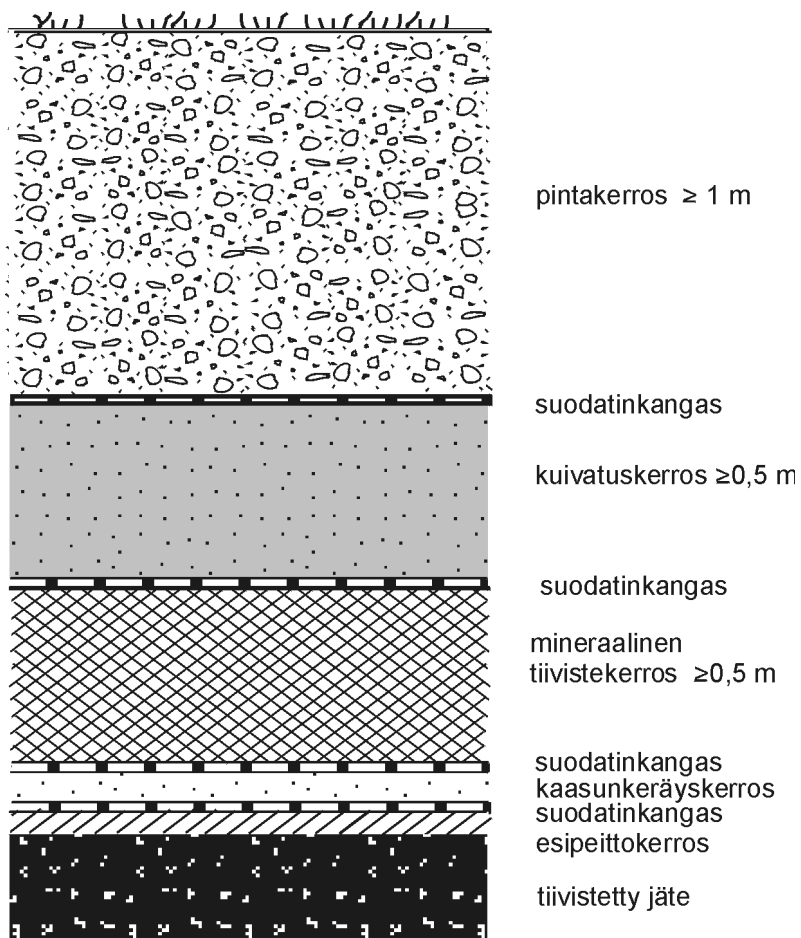
Kaatopaikka-luokka	K (m/s) (maaperä)	Paksuus (m) (maakerros)	Paksuus (m) (tiivistyskerros)	Keinotekoinen eriste + kuivatuskerros (paksuus $\geq 0,5$ m)
Pysyvä jäte	$1,0 \times 10^{-7}$	≥ 1	0,5	Määrätään tapauskohtaisesti
Tavanomainen jäte	$1,0 \times 10^{-9}$	≥ 1	0,5	Vaaditaan
Ongelmajäte	$1,0 \times 10^{-9}$	≥ 5	1,0	Vaaditaan

Taulukko 3. Kaatopaikkojen pintarakenteiden vaatimukset.

Kerros	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka	Ongelmajätteen kaatopaikka
Pintakerros ≥ 1 m	Vaaditaan	Vaaditaan
Kuivatuskerros ≥ 0.5 m	Vaaditaan	Vaaditaan
Tiivistyskerros ≥ 0.5 m	Vaaditaan	Vaaditaan
Keinotekoinen eriste	Ei vaadita	Vaaditaan
Kaasunkeräyskerros	Vaaditaan	Tarpeen mukaan



Kuva 1. Esimerkki kaatopaikan pohjan rakennekerroksista (tavanomaisen jätteen kaatopaikka).



Kuva 2. Esimerkki kaatopaikan pinnan rakennekerroksista (tavanomaisen jätteen kaatopaikka).

Valtioneuvoston päätöksen mukaan kaatopaikkojen pohjarakenteisiin rakennetaan erillinen tiivistyskerros (koostuu sekä rakennetusta tiivistyskerroksesta että keinotekoisesta eristeestä), mikäli maaperän tiiviys ei vastaa luonnostaan taulukon 2 vaatimuksia vedenläpäisevyydestä ja paksuudesta. Pysyvän jätteen kaatopaikoille määrätään keinotekoisen eristeen ja kuivatuskerroksen vaatimukset aina tapauskohtaisesti. Edellä esitetyllä yhdistelmä rakenteella (rakennettu tiivistyskerros ja keinotekoinen eriste) päästään jopa useita satoja kertoja parempaan tiiviyyteen kuin pelkkää rakennettua tiivistyskerrosta tai keinotekoisista eristettä käytettäessä.

Kaatopaikan pintakerrosten rakennejärjestystä voidaan muuttaa perustellusta syystä. Lisäksi taulukoissa 2 ja 3 esitetyistä kaatopaikkojen pohja- ja pintarakenteista voidaan valtioneuvoston päätöksen mukaan poiketa perustellusta syystä; lupaviranomainen voi lieventää vaatimuksia, mikäli voidaan osoittaa, että kaatopaikasta ja jätteiden sijoittamisesta ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle eikä maaperän saastuttamiskiellon rikkomista. Lievempiä vaatimuksia voidaan soveltaa esimerkiksi yhden jätelajin sijoituspaikoille, joilla on estetty mahdolliset päästöt ympäristöön, ja jos sijoituskohde sijaitsee alueella, jolla epäpuhtauksien mahdollinen joutuminen suoto- ja pohjavesiin ei nosta riskitasoa. Taulukoissa 2 ja 3 esitetyt tekniset vaatimukset ovat siten vähimmäisvaatimuksia, joista voidaan poiketa, jos voidaan osoittaa muunlaisen rakennusratkaisun käyttämisen johtavan enintään samansuuruiseen ympäristön kuormittamiseen kuin mainitut vähimmäisvaatimukset täyttävät rakenteet.

Pohjaeristykseen pätehtäviä ovat suotovesien keräilyyn tehostaminen ja haitta-aineiden ympäristöön kulkeutumisen estäminen. Pohjaeristys pitää suunnitella ja rakentaa siten, että rakenteiden toimivuus täyttää vaatimukset koko suunnitellun ajan, mukaan lukien kaatopaikan jälkihoitoaika. Siten kaatopaikan pohjan tulee olla kemiallisesti ja fysikaalisesti riittävän kestävä. Alusrakenteelta eli pohjamaalta edellytetään riittävää kantavuutta pienen vedenläpäisevyyden lisäksi. Riittävä kantavuus on tärkeää sekä kaatopaikkatäytön vakavuuden ja painumien estämisen kannalta että tiivistyskerroksen rakentamisen mahdollistamiseksi.

Mineraalisen tiivistyskerroksen toiminnallisena tavoitteena on haitta-aineiden suotautumisen ja diffuusion minimointi. Eräissä tapauksissa tiivistyskerros saattaa myös pidättää haitta-aineita esimerkiksi ioninvaihtomekanismin avulla.

Mineraaliset tiivistysrakenteet voidaan rakentaa esimerkiksi savesta, hienoainespitoisesta (savi, siltti) moreenista, bentoniittisavella parannetusta maa-aineksesta tai teollisuuden sivutuotteesta. Viimeksi mainittuja materiaaleja käytettäessä on erityistä huomiota kiinnitettävä asetettujen toiminnallisten ja ympäristöllisten vaatimusten täyttymiseen. Kaikkien mineraalisten eristemateriaalien käytössä on kiinnitettävä huomiota erityisesti läpäisemättömyyden saavuttamiseen, rakennettavuuteen, käsiteltävyyteen, halkeiluris-

keihin, mahdolliseen rakenteen paisumiseen ja kutistumiseen, materiaalin kemialliseen kestävyYTEEN ja käyttäytymiseen suotoveden suhteen sekä eroosio- ja routakestävyYTEEN.

Keinotekoisien eristeiden tarkoituksena on täydentää mineraalista tiivistyskerrosta suotovesien keräilyä tehostamiseksi ja haitta-aineiden pidättämiseksi. Esimerkiksi orgaaniset haitta-aineet eivät pidä kovinkaan hyvin mineraaliseen tiivistyskerrokseen, joten keinotekoisien eristeiden vaikutus on olennainen.

Kuivatuskerroksen (salaojakerroksen) tarkoituksena on kerätä ja poistaa jätetäytöstä kertyvät suotovedet ja vähentää siten tiivistysrakenteen päälle muodostuvaa vesipainetta. Kuivatuskerros rakennetaan salaajatorista tai -murskeesta, joka on hyvin vettäjohtavaa. Materiaalille asetetaan vaatimuksia kemiallisesta ja mekaanisesta kuormituskestävyydestä sekä hydraulisten ominaisuuksien pysyvyydestä.

Edellä kuvattujen rakenteiden lisäksi pohjarakenteiden toimivuudelle ovat olennaisia myös keinotekoisien eristeiden yläpuolinen suojarakenne ja salaajakerroksen yläpuolinen suodatinkerros.

Pintaeristyksen tehtävänä on estää sade- ja pintavaluntavesien imeytyminen jätetäyttöön ja siten vähentää osaltaan likaantuneiden suotovesien muodostumista ja haitta-aineiden kulkeutumista ympäristöön. Tiiviillä pintarakenteella tehostetaan myös kaasujen talteenottoa. Pintaeristys pitää suunnitella huomioiden vesi- ja tuulieroosio, routa, biologiset tekijät, kuten juurien tunkeutuminen rakenteeseen, ja mahdolliset onnettomuustilanteet. Pintaeristyksen pitää olla läpäisemätön ja kestävä sekä mekaanisesti että kemiallisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä pintaeristyksen ominaisuuksien säilymiseen kaatopaikan pinnan painumisessa.

Kaasunkeräyskerros tehdään karkearakeisesta lajittuneesta aineksesta (esim. sorasta) tai geosyntetisistä kerroksista. Toiminnallisista vaatimuksista ovat tärkeimmät kaasunkeräisykyky, kemiallinen vastustuskyky ja suotovirtausten kestävyys. Minimipaksuutena pidetään yleensä 0,3 metriä.

Keinotekoisien eristeiden tarkoituksena on estää sadeveden imeytyminen jätetäyttöön. Lisäksi sillä tehostetaan kaasujen keräystä. Keinotekoiselle eristeelle asetettavat vaatimukset kohdistuvat lähinnä eristeiden painumien kestävyYTEEN. Lisäksi sillä tulee olla riittävä kemiallinen kestävyys.

Mineraalisen tiivistyskerroksen avulla vähennetään sadevesien imeytymistä jätetäyttöön. Eristeeltä vaaditaan samoja ominaisuuksia kuin kaatopaikan pohjaeristeenä käytettävältä mineraalieristeeltä. Lisäksi on huomioitava jätetäytön painuminen ja eristeiden kuivuminen (halkeiluriski). Eristeenä voidaan käyttää samoja materiaaleja kuin pohjaeristeenäkin, mikäli tekniset ja ympäristölliset vaatimukset täyttyvät.

Valtioneuvoston päätöksessä ei esitetä vaatimusta pintaeristeen vedenläpäisevyydelle. Ainoastaan vaadittava minimieristepaksuus on annettu (0,5 m). Suomen ympäristökeskuksen antaman suosituksen mukaan vedenläpäisevyyden K tulisi olla $\leq 1 \times 10^{-9}$ m/s.

Pintarakenteiden kuivatuskerroksen tehtävänä on johtaa sadevesi (kasvukerroksen läpi suotautuva vesi) pois rakenteesta. Samalla alennetaan tiivistysrakenteeseen kohdistuvaa vesipainetta ja osaltaan vähennetään likaantuneiden suotovesien muodostumista. Kuivatuskerroksen tärkeimmät vaatimukset ovat hyvä vedenläpäisevyys ja eroosiokestävyys. Kuivatuskerrokselle on annettu minimipaksuus (0,5 m) toimivuuden varmistamiseksi ja suosituksena vedenläpäisevyysarvo $K \geq 10^{-3}$ m/s.

Pintamaakerroksen tarkoituksena on suojata mineraalista tiivistyskerrosta roudalta, kuivumiselta ja kasvien juurilta, turvata kasvillisuuden vedensaanti sekä estää osaltaan sadevesien imeytymistä syvemmälle. Pintamaakerroksen materiaali valitaan edellä esitettyjen tavoitteiden pohjalta huomioiden lisäksi kestävyys pintaeroosiota vastaan. Valtioneuvoston päätöksessä edellytetään pintamaakerrokselta vähintään 1,0 metrin paksuutta.

Kaikkien edellä esitettyjen pintarakennekerrosten lisäksi rakennekerroksiin voivat kuulua myös esipeittokerros (heti jätetäytön päälle sijoitettava) ja päällimmäiseksi tuleva humuspitoinen kasvukerros.

2.2 EU:N KAATOPAIKKADIREKTIIVI

Voimassa oleva valtioneuvoston päätös kaatopaikoista on linjassa Euroopan unionin neuvoston kaatopaikkadirektiivin kanssa. Vähäisiä poikkeamia on pyritty huomioimaan uudessa valtioneuvoston päätöksessä (VNp 1049/99), joka tulee voimaan 1.1.2002. Merkittävin direktiivistä aiheutuva muutosehdotus koskee käytössä olevia kaatopaikkoja. Direktiivi edellyttää, että kaikkien käytössä olevien kaatopaikkojen on oltava siinä esitettyjen vaatimusten mukaisia, lukuun ottamatta sijaintia koskevia yleisvaatimuksia, kymmenen vuoden siirtymäajan kuluessa direktiivin voimaan saattamisesta.

Direktiivi jakaa kaatopaikat kolmeen luokkaan niihin sijoitettavan jätteen perusteella. Luokat ovat samat kuin valtioneuvoston päätöksessä esitetyt eli vaarallisen jätteen (valtioneuvoston päätöksessä käytetään termiä ongelmajätteen), tavanomaisen jätteen ja pysyvän jätteen kaatopaikat. Nämä kolme pääluokkaa on direktiivin mukaan mahdollista vielä luokitella eri sijoitustyyppeihin (ns. alaluokkiin), joiden rakenteelle ja päästöille on erilaiset vaatimukset. Direktiivissä on eri kaatopaikkaluokille asetettu erilaiset vaatimukset pohjaeristeistä. Direktiivissä ei aseteta vaatimuksia pintaeristykselle. Siinä annetaan kuitenkin suositukset pintakerroksille ja todetaan, että viranomaisen voi ympäristövaarojen perusteella katsoa suotoveden muodostumisen

estämisen tarpeelliseksi ja siten määrätä pintavuorauksesta. Annetuissa suosituksissa annetaan samat rakennekerrokset kuin suomalaisissa määräyksissäkin. Tosin tiivistyskerrokselle ei anneta edes suositeltavaa vähimmäispaksuutta.

Pohjaeristeitä koskevat määräykset ovat direktiivissä samat kuin valtioneuvoston päätöksessä. Viranomainen voi siten ympäristövaarojen arvioinnin perusteella tarvittaessa päättää, että suotoveden keruu ja käsittely ei ole tarpeellista. Tällöin myöskin kaatopaikan pohjalle ja pohjaeristeille asetettuja vaatimuksia voidaan lieventää. Pysyvälle jätteelle tarkoitettujen kaatopaikkojen osalta vaatimuksia voidaan mukauttaa kansallisen lainsäädännön mukaisesti. Direktiivi poikkeaa yhdessä yksityiskohdassa suomalaisista vaatimuksista: maaperän tiiviiden alittaessa esitetyt vaatimukset pitää valtioneuvoston päätöksen mukaan rakentaa tiivistyskerros, jonka paksuus on vähintään 0,5 m tavanomaisen ja pysyvän jätteen kaatopaikoilla ja 1,0 m ongelmajätteen kaatopaikoilla. Direktiivissä edellytetään kaikilla kaatopaikkatyypeillä samaa, minimissään 0,5 metrin kerrosvahvuutta.

EU:n kaatopaikkadirektiivin liitteessä on esitetty kelpoisuustutkimuksen kolmijakovaiheet, jotka on myös otettu mukaan Suomen valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista (ks. 2.1.1). Tällä hetkellä ainoastaan tason ”tarkastus sijoituspaikalla” testaus on pakollista ja karakterisointi- ja laadunvalvontatasojen testauksia sovelletaan niin laajasti kuin on mahdollista. Myös direktiivin säännösten mukaan tietyt jätetyypit voidaan väliaikaisesti tai pysyvästi jättää tason ”karakterisointi” testauksen ulkopuolelle. Suomessa ei yleensä tutkita ns. selviä jättejakeita (esim. sekalaisia rakennusjätteitä, yhdyskuntajätteitä, toimistojätteitä), vaan ne hyväksytään useimmiten kaatopaikoille alkuperänsä perusteella. Tulevaisuudessa EU:ssa laaditaan mahdollisesti jäteluokat, jolloin laajaa jätteen testausta ei tarvita.

Komission perustamassa teknisessä sopeuttamiskomiteassa (TAC-Technical Adaption Committee for the landfill directive) sovitaan vuoden 2002 loppuun mennessä yhteisistä kaatopaikkakelpoisuuskriteereistä. Kriteerit sitovat myös Suomea, mutta Suomessa voidaan tietysti käyttää tiukempiakin kriteerejä. Tällä hetkellä näyttää mahdolliselta, että ohjeet kaatopaikkakelpoisuusarvioinnin periaatteista viivästyvät mm. standardoinnin ongelmien ja myös eri maiden erilaisten lähtötilanteiden takia. Jätteiden ominaisuuksien kuvaamiseksi on tärkeää löytää soveltuvia testimenetelmiä. Sen jälkeen on mahdollista sopia yhteisistä kaatopaikkakelpoisuuskriteereistä. Monet EU-maat (esim. Saksa) näkevät tärkeimpänä vaiheena jätteen jatkuvan laadunvalvonnan ja sen takia myös standardoinnin pääpaino on ollut laadunvalvontamenetelmien kehittämisessä. Jätteiden karakterisoinnissa on vaikeata sopia hyvin yksityiskohtaisesta kelpoisuusmenettelystä jätteiden erilaisuuden vuoksi (määrät, alkuperä, koostumus ja myös sijoituspaikka).

Kaatopaikan toiminta- ja jälkihoitovaiheen valvonnasta ja tarkkailusta on direktiivissä annettu määräyksiä lähinnä suoto- ja pintavesistä ja kaasujen valvonnasta, pohjaveden

tarkkailusta ja itse kaatopaikan topografian seurannasta (jätteen määrä, painumat jne.). Valvonnan ja tarkkailun tavoitteena on varmentaa, että

- kaatopaikan sisäiset prosessit etenevät tarkoitetulla tavalla
- ympäristönsuojelujärjestelmät toimivat aiotulla tavalla
- kaatopaikan lupaehdot täytetään.

Vastaavia määräyksiä valvonnasta ja tarkkailusta on sisällytetty valtioneuvoston päätökseen kaatopaikoista.

2.3 CEN-STANDARDOINTI

CEN:in alaisuuteen perustettiin keväällä 1992 jätteiden testaukseen ja analysointiin keskittyvä teknillinen komitea TC 292 ”Characterization of waste” (Anon. 1994). Komitean tehtäväalueena ovat jätteiden ominaisuuksien ja käyttäytymisen, *erityisesti liukoisuusominaisuuksien*, määrittämiseen liittyvät menetelmät sekä niihin liittyvä terminologia. Standardointityö liittyy läheisesti EU-kaatopaikkadirektiiviin. Standardointityössä määritellään jätteiden laadun tutkimuksessa käytettävät menetelmät, jotka siten tulevat myös Suomessa pakollisiksi analyysi- ja testausmenetelmiksi.

Tällä hetkellä komitean pääpaino on ollut laadunvalvontatestin kehityksessä. Työ etenee hyvin hitaasti, koska useissa maissa käytännöt ovat erilaisia ja myös näkemuserot testien periaatteista ovat välillä suuria. Työssä on kuitenkin pyritty yhteisiin ratkaisuihin, jotka kaikki jäsenmaat voivat hyväksyä. Siten on jouduttu keskustelemaan perin pohjin eri menetelmien soveltuvuusalueista.

Standardoinnissa on hyvin tärkeänä alueena myös näytteenotto. Näytteenottoon liittyvät näytteenottotekniikka ja -strategia (osanäytteiden lukumäärä, näytteenottotiheys) sekä esikäsittely. Työryhmissä on keskusteltu erityisesti näytteenoton tärkeydestä ja testauslaboratorioon tulevan näytteen edustavuudesta. Virhe näytteenotossa saattaa olla hyvin merkittävä ja loppusijoituksen kannalta ratkaiseva. Ongelmana ovat jätenäytteiden erilaiset muodostumistavat ja varastointitavat, olomuodot sekä myös määrävaihtelut. Siksi hyvin yksityiskohtaisia näytteenotto-ohjeita on vaikeata laatia.

Teknillinen komitea selvitti vuonna 1997 standardointitarpeet jäsenmaille suunnatulla kyselyllä. Uusien tehtävien priorisoinnissa huomioidaan myös Euroopan yleinen tilanne (lainsäädäntö, teollisuus, sijoitusvaihtoehdot jne.), mahdollinen laatus seuranta sekä CEN-testien standardointia varten valmis taustamateriaali. Vuonna 1999 perustettiin uusi työryhmä, jonka tehtävänä on standardoida jätteiden uuttomenetelmä ekotoksikologista testausta varten. Komiteassa selvitetään parhaillaan myös seuraavien työkenttien standardointitarvetta: yhdyskuntajätteet (näytteenotto, karakterisointi) ja biodegradaatio

(jätteen hajoavuustestaus). Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että jätteen biohajoavuustestauksen standardointiin ei ole vielä olemassa riittävästi taustatietoja, vaikka biohajoavuutta pidetään hyvin tärkeänä ja jätteen biohajoavuuteen annetaan myöhemmin rajoituksia.

Fysikaalisten menetelmien standardoinnin tarpeellisuudesta on keskusteltu useita kertoja. Erityisesti kiinteytetyiksi tai granuloiduiksi luokiteltavien materiaalien raja on epäselvä. Luokittelu määräytyy usein fysikaalisten ominaisuuksien kuten puristuslujuuden, vedenläpäisevyyden ja pakkasenkestävyyden perusteella. Liukoisuustestityöryhmässä (laadunvalvonta) standardoidaan myöhemmin menetelmät, joilla voidaan arvioida materiaalin luokittelu kiinteytetyiksi.

Komitean tausta ja organisointi on esitetty liitteessä A.

3. TUTKIMUSVAIHEET JA -MENETELMÄT

Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointi ja arvion tukena olevat menettelytavat on suunniteltava aina tapauskohtaisesti tutkittavan materiaalin muodostumisprosessin ja ominaisuuksien mukaan. Periaatteena on, että esitetään oikeita kysymyksiä jätteen sijoituspaikan kannalta tärkeiden ominaisuuksien selvittämiseksi. Yleisimpiä tarvittavia taustatietoja ovat jätteen synty tapa, muodostuva ja kaatopaikalle sijoitettava jätemäärä, sekä erilaiset arviot jätteen mahdollisesti sisältämistä haitta-aineista. Taustatietojen lisäksi on ennen tutkimuksia ehdottoman tärkeää tietää jätteen suunniteltu sijoitusluokka.

Mikäli taustatiedot osoittavat, että jätteen kaatopaikkakelpoisuusarvioinnin tueksi tarvitaan testausmenettelyä, tutkitaan eri parametrien (esim. lämpötila, aika, nesteen ja kiinteän aineen suhde, raekoko, pH, redox) vaikutusta jätteiden liukoisuusominaisuuksiin ja arvioidaan, miten tulokset ovat sovellettavissa käytännössä. Tutkimusten suunnittelussa on aina tiedostettava, mitkä jätteen ominaisuuksista ovat kaatopaikkasijoituksen kannalta oleellisia. Ilman jätteen perusteellista karakterisointia ei voi pelkän testituloksen perusteella aina yksiselitteisesti arvioida jätteen kaatopaikkakelpoisuutta. Testaus on asiantuntijan väline materiaalin ympäristöominaisuuksien arvioimiseksi.

Käytännössä riittää, että jätteen tuottaja on riittävän hyvin selvillä tuotannossaan tai tuotteestaan syntyvästä jätteestä sekä sen terveys- ja ympäristövaikutuksista. Valtioneuvoston päätöksen kaatopaikoista (VNp 861/97/muutos 1049/99) mukaisessa kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissaärkevin menettelytapa on antaa tehtävä asiantuntijalle, joka voi antaa lausunnon jätteen kaatopaikkakelpoisuudesta eri kaatopaikkaluokille. Seuraavassa on esitetty yleiset tutkimusvaiheet ja -menettelytavat tällaisessa tapauksessa.

3.1 TARVITTAVAT TAUSTATIEDOT

Kaatopaikkakelpoisuustarkastelun lähtökohtana ovat aina riittävät taustatiedot. Taustatietojen avulla tarkastelu osataan kohdistaa jätteen kaatopaikkasijoituksen kannalta oleellisiin asioihin. Vaikka tapauskohtaisuutta pitääkin korostaa, on taustatietotarpeesta mahdollista erottaa tärkeimmät, aina tarvittavat tiedot.

3.1.1 Jätteen muodostuminen

Jätteen yleisten ominaisuuksien hahmottamiselle ja järkevälle näytteenotolle on tarpeellista, että tunnetaan ainakin yleisellä tasolla prosessi tai toiminto, jossa jäte muodostuu. Tällöin jätteen kaatopaikkakelpoisuusarvioon on mahdollista liittää kuvaus jätteen synnystä, jolloin arvio on myöhemmin helpommin jäljitettävissä juuri tutkitunkaltaiseen jätteeseen.

Yksi tärkeimmistä jätteen muodostumista koskevista kysymyksistä on prosessista poistettavan ja kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrä. Jättemäärä voidaan ilmoittaa joko ominaistuotantona tuotetta kohti (esim. kg/t) tai tietyssä ajanjaksossa tuotettuna massamääränä (esim. t/kk). Arviointimenettelyä varten jättemäärää tarkastellaan yleensä vuositasolla (t/a), jolloin riittää, kun jättemäärä tunnetaan tuhansien kilojen tarkkuudella. Jättemäärä vaikuttaa arviointimenettelyn suunnitteluun ja auttaa testaustarpeen määrittämisessä. Suuret jätevirrat vaativat yleensä perusteellista karakterisointia, mutta hyvin pieniä tai satunnaisia jätevirtoja ei yleensä ole aiheellista tutkia liukoisuustestein.

3.1.2 Jätteen sisältämät haitta-aineet

Loppusijoitettavan jätteen mahdollisesti sisältämiä haitta-aineita pyritään mahdollisuuksien mukaan arvioimaan jo taustatietojen keruuvaiheessa. Haitta-aineet tunnistetaan jätteen muodostumisprosessin ja prosessissa käytettävien materiaalien (esim. raaka-aineet, käytetyt kemikaalit, lisä- ja apuaineet) perusteella. Hyvänä apuna ovat erilaiset kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ja tuoteselostukset.

Jätteessä mahdollisesti esiintyvien haitta-aineiden tai niiden haitallisten reaktiotuotteiden pitoisuudet arvioidaan aikaisempien tutkimusten perusteella tai määritetään kemiallisilla analyyseillä. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoitettavan jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnin kannalta riittävä analyysimenetelmän määritys-tarkkuus esimerkiksi metalleille on 100 mg/kg (poikkeuksena elohopea ja kadmium).

3.1.3 Jätteen laatuvahtelut

Samastakin prosessista muodostuvan jätteen laatu vaihtelee tietyissä rajoissa. Tämän laatuvahtelun selvittäminen on oleellista, jotta tutkittava näyte jolle kaatopaikkakelpoisuusarvio ennen kaikkea tehdään, edustaa varsinaista jätevirtaa kaikissa tarvittavissa suhteissa.

3.1.4 Jätteen haitallisuus

Taustatietojen keruuvaiheessa on tarpeellista arvioida karkeasti haitta-aineiden ominaisuuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että mahdolliset riskit tunnistetaan ja tarvittaessa tutkitaan soveltuvilla testeillä. Jätteen haitallisuuden arviointi auttaa arviointimenettelyn suunnittelua.

3.2 NÄYTTEENOTTO

CEN:n jätealan standardoinnissa valmistellaan vielä näytteenottostandardeja. Nordtest on julkaissut menetelmäohjeen ENVIR004, jossa annetaan suositukset energiantuotannossa muodostuvien jätteiden näytteenotolle.

3.2.1 Yleistä

Kelpoisuustutkimuksen tarkoituksena on mitata jätteen kaatopaikkasijoituksen kannalta tärkeät ominaisuudet siten, että saatu tulos kuvaa luotettavasti koko materiaalierää. Taloudellisten ja teknisten syiden vuoksi analysoidaan käytännössä yleensä vain yksi tai useampi näyte eli pieni osa kokonaismäärästä. Tällöin voidaan tutkimustapahtuma jakaa kolmeen eri vaiheeseen: näytteenottoon ja -käsittelyyn sekä varsinaiseen analysointiin.

Vaikka näytteenotto on analyysitapahtuman ensimmäinen vaihe, se jää usein vähimmälle huomiolle. Näytteenotto on kuitenkin yleensä tärkein, vaikein ja kriittisin vaihe koko analyysituloksen kannalta, sillä materiaalin heterogeenisuuden vuoksi näytteenottovirheen on arvioitu muodostavan jopa 80–90 % kokonaisvirheestä. Näytteenotossa tuleekin aina ottaa huomioon seuraavat perusperiaatteet:

- jokaisella partikkelilla tulee olla mahdollisuus valikoitua näytteeseen, minkä vuoksi näytteenottimen aukon tulee olla suurempi kuin tutkittavan materiaalin suurin partikkeli
- näytteenotto suoritetaan satunnaisesti ennalta sovitun näytteenotto-suunnitelman mukaisesti.

Lisäksi näytteenotto tulee toteuttaa ainoastaan silloin, kun näytteenoton kohteena olevassa prosessissa ei esiinny tuotantohäiriöitä.

Näytteenottosuunnitelma laaditaan erikseen jokaista näytteenottotapahtumaa varten, sillä näytteenottomenetelmään vaikuttavat ratkaisevasti tutkittava materiaali sekä näytteenoton tavoitteet. Näytteenoton suunnittelun yhteydessä tulisi käsitellä ainakin seuraavia asioita:

1. Tavoitteen määrittely	Karakterisointi (laatu- ja pitoisuusvaihtelut) → suuri näytemäärä Laadunvalvonta (keskiarvo) → kokoomanäyte Pikatarkistus → yksittäisnäyte
2. Tutkittavat ominaisuudet	
3. Prosessin kuvaus	Prosessiolosuhteet ja -muutokset
4. Materiaalin kuvaus	Materiaalimäärä Raekoko → näytekoko Saatavuus ja käsiteltävyys
5. Näytteenotto	Miten ja milloin näytteenotto suoritetaan? Missä ja kuinka näytteenotto tapahtuu? Kuinka monta erillisnäytettä otetaan? Kuinka suuria erillisnäytteitä otetaan? Miten näytteet merkitään ja säilytetään?

3.2.2 Näytteenottotavat

Näytteenotto voidaan tehdä joko satunnaisesti tai systemaattisesti. Satunnaisessa näytteenotossa yksittäiset osanäytteet otetaan toisistaan riippumatta ja satunnaisesti tutkittavasta materiaalista. Tällöin kaikilla populaation osanäytteillä on yhtä suuri todennäköisyys tulla valituksi kokoomanäytteeseen. Systemaattisen näytteenoton näyte taas koostuu yksittäisistä näytteistä, jotka on otettu kokonaismateriaalista säännöllisesti ajan, määrän tai tilavuuden suhteen. Systemaattisessakin näytteenotossa ensimmäinen näyte otetaan aina satunnaisesti. Näytteenottoväliä valittaessa tulee varoa, ettei näytteenottoväli ole sama kuin materiaalista määritettävien ominaisuuksien luonnollinen vaihteluväli. Muutamista virhelähteistään huolimatta systemaattinen näytteenotto on suositeltavampi kuin satunnainen näytteenotto hallintansa yksinkertaisuuden vuoksi.

Näytteenotto suoritetaan tavallisesti mahdollisimman lähellä tutkittavan materiaalin tuotanto- tai sijaintipaikkaa. Näytteet voidaan ottaa

- pysäytetyltä hihnakuuljettimelta
- vapaasti putoavasta materiaalista
- liikkuvalla hihnakuuljettimelta
- paikallaan olevasta materiaalista (tynnyri, vaunu, varastokasa).

Näytteenotto pysäytetyltä hihnakuuljettimelta on mainituista menetelmistä luotettavin, mutta usein hankalasti toteutettavissa. Näytteenottoa keosta tai kasasta tulisi voimakkaan lajittumisen vuoksi välttää. Käytännössä luotettavimmin edustava näyte saadaan liikkuvasta, vapaasti putoavasta materiaalivirrasta. Näytteenottimen syvyyden tulisi olla vähintään 10 kertaa ja sisähalkaisijan vähintään 2,5 kertaa materiaalin suurimman rakeen koko. Lisäksi näytteenkeräimen tulee olla materiaalin putoamisaukkoa leveämpi ja vastaavasti otettaessa näytettä suoraan hihnakuuljettimelta putoavasta materiaalivirrasta hihnakuuljetinta leveämpi. Näytteenkeräimen syvyys on silloin riittävä, kun materiaali pudotessaan keräimeen ei kimpoile pois ja keräin täyttyy näytteenoton aikana enintään puolilleen.

Erillisnäytteen koko määräytyy yleensä suurimman partikkelikoon perusteella, sillä näytteen tulee olla riittävän suuri, jotta myös materiaalin suurimmat partikkelit mahtuvat näytteeseen. Myös useat muut tekijät, kuten raekokojakauma, maksiminäytekoko ja näytteenotto-olosuhteet vaikuttavat näytekokoon. Tärkein näytekokoa määräävä tekijä on kuitenkin näytteenottotapa, joten käytännössä näytekoko määritellään yleensä kohdekohtaisesti näytteenottoa suunniteltaessa. Näytteenottosuositus tyypillisten sivutuotteiden karakterisointia varten on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Suositukset eri materiaalien näytteenottopaikoiksi ja osanäytteiden kooksi.

Sivutuote	Raekoko (mm)	Näytteenottopaikka	Erillisnäytteen koko (kg)
Betonimurske	50	Murskauksen yhteydessä hihnakuuljettimen päästä	20
Lento- ja turvetuhka	0,002–0,1	Kokoomasiilosta	1
Metallurgiset hiekka	< 4	Kokoomasiilosta	2
Metallurgiset kuona	< 10	Kokoomasiilosta	5
Pohjatuuhka	< 20	Hihnakuuljettimen päästä	10
Rikinpoiston lopputuote (RPT)	0,001–0,25	Reaktorin jälkeisestä poistoputkesta	1,5

Näytteiden lukumäärän tai tarkkojen ohjearvojen määrittäminen ei ole yksiselitteistä, sillä tarvittavien osanäytteiden lukumäärään vaikuttavat useat eri tekijät, kuten näytteenoton tavoite, vaadittu tarkkuus sekä materiaalimäärä ja -ominaisuudet. Yleensä erillisnäytteiden lukumäärä määritellään kohdekohtaisesti näytteenottoa suunniteltaessa.

Näytteet pakataan materiaalin ominaisuuksien perusteella valittuun sopivaan pussiin tai astiaan. Lisäksi ne merkitään siten, että kukin näyte voidaan yksikäsitteisesti tunnistaa. Tärkeitä tietoja ovat esimerkiksi näytteenottopaikka ja -aika sekä näytteenottaja.

3.2.3 Esimerkkejä

Karakterisointinäytteet

Erillisnäytteitä sivutuotteiden karakterisointia varten otetaan systemaattisella näytteenotolla 20 kappaletta. Ensimmäinen näyte otetaan satunnaisesti hetkellä, jolloin prosessissa ei esiinny tuotantohäiriöitä. Seuraavat 19 erillisnäytettä otetaan ensimmäisestä näytteestä vuorokauden välein viitenä päivänä viikossa neljän viikon ajan. Erillisnäytteet toimitetaan sellaisina testauslaboratorioon, jossa näytteet esikäsitellään tapauskohtaisen suunnitelman mukaisesti.

Osanäytteiden lukumäärä voidaan kuitenkin vähentää (esimerkiksi kymmeneen), jos jäte voidaan arvioida riittävän homogeeniseksi jätteen raekokojakauman, käytettyjen raaka-aineiden sekä lisäaineiden ja muodostustavan perusteella. Tällöin tarvitaan kuitenkin dokumentoituja taustatietoja (esim. aikaisemmat tutkimukset, prosessitiedot).

Erikoistapauksissa saatetaan jätteen heterogeenisuuden takia joutua ottamaan erittäin suuriakin osanäytteitä (yli 100 kg). Käytännön syistä erillisnäytteiden lukumäärä rajataan yleensä muutamiiin (esim. 3–5). Näissä tapauksissa erillisnäytteet tutkitaan sellaisina, eikä niitä yhdistetä kokoomanäytteeksi. Erillisnäytteet kuvaavat siten hetkellistä tilannetta, joka on huomioitava tulosten tulkinnessa.

Laadunvalvontanäytteet

Sivutuotteiden laadunvalvontanäytteiden tutkiminen tapahtuu yleensä kokoomanäytteistä, ja laadunvalvontanäytteenotto suunnitellaan materiaalikohtaisen karakterisoinnin yhteydessä saatujen tuloksien perusteella. Koska laadunvalvontanäytteiden lukumäärä ja näytteenottotiheys riippuvat syntyvistä materiaalmäärästä, esitetään laadunvalvontanäytteenotto tapahtuvaksi tavallisesti tiettyä muodostuvaa materiaalmäärää kohti. Tällä hetkellä ainakin muutamien sivutuotteiden, kuten betonimurskeen ja valimohiekkojen laadunvarmistusnäytteenottosuunnitelma on sisällytetty materiaalien laadunvarmistusjärjestelmien yhteyteen (Wahlström ja Laine-Ylijoki 1996b, Orkas et al. 1999). Taulukossa 5 on esimerkkinä esitetty valimohiekoille laadittu laadunvarmistusnäytteiden ottosuunnitelma (Orkas et al. 1999), jota voidaan soveltaa myös jätteille, jotka on tarkoitus sijoittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle.

Taulukko 5. Valimohiekkojen laadunvarmistusjärjestelmäehdotukseen sisällytetty näytteenottosuunnitelma (Orkas et al. 1999).

Valimossa muodostuva hiekkamäärä	Näytteenottiheys (ensimmäinen vuosi)	Laadunvarmistusnäytteet
< 1000 t/v	<ul style="list-style-type: none"> Kaksi näytteen ottokertaa per vuosi Jokainen näytteen ottokerta koostuu kolmesta erillisestä osanäytteestä. Osanäytteet otetaan kerran viikossa kolmen (3) viikon ajan (mielellään samana arkipäivänä ja noin samaan kellonaikaan) 	Jokaisen näytteen ottokerran osanäytteet kootaan kokoomanäytteeksi. Kokoomanäytteet tutkitaan.
1000-5000 t/v	<ul style="list-style-type: none"> Kolme näytteen ottokertaa per vuosi 	Ks. ed.
5000-10000 t/v	<ul style="list-style-type: none"> Neljä näytteen ottokertaa per vuosi 	Ks. ed.
> 10000 t/v	<ul style="list-style-type: none"> Viisi näytteen ottokertaa per vuosi 	Ks. ed.

3.3 NÄYTTEIDEN ESİKÄSITTELY

Näytteiden käsittelyssä ja säilytyksessä on varmistuttava siitä, että materiaalin ominaisuudet eivät pääse muuttumaan. Yleensä näytteet tulee säilyttää tiiviisti suljettuina viileässä tilassa.

Tutkimukset tulee tehdä mahdollisemman homogeeniselle massalle, mikä vaatii usein jätteen esikäsitteilyä ennen testausta. Vaihtoehtoisesti, esimerkiksi hyvin heterogeenisista materiaaleista, voidaan tutkia erillisesti useita rinnakkaisnäytteitä. Lisäksi ennen analysointia näytteet joudutaan yleensä esikäsittelemään mekaanisesti, yhdistelemään erillisnäytteet kokoomanäytteeksi ja pienentämään näytekoko laboratorionäytekokoon. Suoritettavat toimet määräytyvät kuitenkin näytteenoton tavoitteiden ja materiaaliominaisuuksien perusteella, minkä vuoksi yleisiä ohjeita näytteiden käsittelystä ei ole usein saatavilla. Esikäsitteilymenetelminä käytetään, esimerkiksi seulomista, jauhatusta sekä murskausta. Sopivia näytteenjakomenetelmiä ovat pyörivän jakajan käyttö, näytteenpuolitus tai keon puolitus. Suositeltavimpana näistä voidaan pitää pyörivän jakajan käyttöä.

Näytteen raekoko vaikuttaa liukoisuusominaisuuksiin, mikä on huomioitava tulosten tulkinnassa. Raekoon pienentäminen voi esim. kasvattaa aineiden liukoisuuksia näytteen pinta-alan kasvaessa. Karkean jätteen testaus edellyttää yleensä jätteen raekoon pienentämistä sopivalla menetelmällä (esim. murskaus, jauhatus), jotta saadaan edustava laboratorionäyte.

3.4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Jätteiden ominaisuudet on tunnettava perusteellisesti luotettavan kaatopaikkakelpoisuusarvion tekemiseksi. Jätteen perusominaisuudet on yleensä tutkittava kattavilla karakterisointitesteillä, mikäli aikaisempia tietoja ei ole saatavissa. Karakterisoinnin jälkeen jätteen laatua seurataan määrääjoin ns. laadunvalvontatesteillä. Jätteen perusominaisuudet on tutkittava uudestaan aina, kun jätteen ominaisuudet muuttuvat prosessiojen tai muodostumisprosessin lähtöaineiden muutosten vuoksi. Karakterisointi pitää tehdä myös, jos jätteen sijoituspaikkaolot muuttuvat merkittävästi.

3.4.1 Kelpoisuustutkimuksen kolmijako

Valtioneuvosten päätöksessä kaatopaikoista (VNp 861/97/muutos 1049/99) ja EU:n kaatopaikkadirektiivissä jätteiden liukoisuustestit on jaoteltu käyttötarkoituksen perusteella seuraavan kolmijaon mukaisesti:

1. *Karakterisointitestit* (basic characterization tests) tai *kaatopaikkakelpoisuustestit*, joilla selvitetään jätteiden aiheuttamaa ympäristökuormitusta lyhyellä ja pitkällä aikavälillä, eri haitta-aineiden maksimiliukoisuuksia sekä jätteiden liukoisuusominaisuuksien muuttumista esim. eri pH- ja redox-olosuhteissa.
2. *Laadunvalvontatellit* (compliance tests), joilla tarkoitetaan jätteiden laadunvalvontaan soveltuvia pikatestejä. Testeillä tarkistetaan, vastaavatko jätteen ominaisuudet perusmäärittelyssä saatua kuvaa ja täyttääkö jäte sallitut vaatimukset tai erityiset vertailuarvot. Laadunvalvontatesteillä saadaan myös karkea arvio liukenevista aineista sellaisessa ympäristössä, jossa pelkästään jätteen ominaisuudet määräävät eri aineiden liukoisuudet.
3. *Tarkastus kaatopaikalla* tai *tarkastustestit* (on-site verification tests), joilla tarkistetaan, onko jäte aikaisemmin tehtyjen tutkimusten mukaista. Testit on kehitetty lähinnä kaatopaikkasijoitusta varten, eivätkä ne välttämättä ole liukoisuustestejä. Tyypilliset tarkastustestit suoritetaan kenttäoloissa esimerkiksi yksinkertaisin fysikaalis-kemiallisin mittauksin (pH, sähkönjohtavuus) tai aistinvaraisin (haju, väri) arvioin.

3.4.2 Soveltuvat tutkimusmenetelmät

Tutkimussuunnitelmaa tehtäessä ja testausmenetelmää valittaessa on tärkeää varmistautua menetelmän soveltuvuudesta juuri kyseiseen tapaukseen. Kuten edellä on tullut ilmi, testejä on erilaisia ja moneen tarkoitukseen. Jätteiden ominaisuuksien tutkimuksissa tulisi, mahdollisuuksien mukaan, käyttää jätteiden tutkimiseen kehitettyjä standardoituja testejä. Näin saadaan keskenään vertailukelpoisia tutkimustuloksia. Liitteessä A on esitetty koottuna jätestandardoinnin nykytilanne Euroopassa (CEN). Maaperätutkimusmenetelmien standardointi tapahtuu ISO:n alaisuudessa teknisessä komiteassa ISO/TC 190 ”Soil Quality”. Tietoja maaperästandardointiin kehitetyistä menetelmistä löytyy mm. internet-sivuilta (osoite: <http://www.iso.ch/>). Esimerkkejä jätteiden ominaisuuksien tutkimiseen soveltuvista menetelmistä on esitetty taulukoissa 6a ja 6b.

Liukoisuustestien periaatteet ja soveltuvuusalueet on aikaisemmin esitetty VTT:n Tiedotteissa 1801 (Wahlström & Laine-Ylijoki 1996a) ja 1852 (Wahlström & Laine-Ylijoki 1997). Granuloiduille ja kiinteytetyille jätteille on kehitetty eri testimenetelmät. Granuloitujen jätteiden liukoisuustuloksia (mg/kg jätettä) tulkitaan yleensä ns. L/S-suhteen perusteella. L/S-suhteella tarkoitetaan veden määrää (L) suhteessa kontaktissa olleen jätemateriaalin määrään (S). Kiinteytetyistä materiaaleista tutkitaan yleensä materiaalien pintahuuhtelua ja diffuusioliukenemistä, ja tulokset (mg/m²) tulkitaan yleensä testiajan funktiona.

Taulukko 6a. Esimerkkejä jätteiden koostumustutkimuksiin soveltuvista menetelmistä (CEN/TC292:n standardoinnin tilanne joulukuussa 2000).

Ominaisuus	Esimerkki soveltuvista testeistä	Huom!
Kokonaispitoisuusmääritykset	<ul style="list-style-type: none"> Mikroaaltohajoitus (prEN 13656) Kuningasvesiuute (prEN 13657) Sulate Röntgen 	Standardointi meneillään CEN:ssä. Varmistettava että käytettävä menetelmä soveltuu ko. jätematriisille ja haitta-aineille. Menetelmän rajoitukset ilmoitettava.
Kuudenarvioisen kromin määritys jätteestä	<ul style="list-style-type: none"> Vesiuutteesta määritetään kuudenarvoinen kromi kolorimetrisesti 	Uuttotapa selvitettävä. CEN/TC 230:sta pyydetään menetelmää veden määrittämiseksi.
Näytteen esikäsittelyvaiheet ennen kokonaispitoisuusmäärityksiä	<ul style="list-style-type: none"> Kuivaus, murskaus, jauhatus, eri fraktioiden jako jne 	Työ aloitettu keväällä 2000
Kuiva-aineen ja vesipitoisuuden määritys	<ul style="list-style-type: none"> Kuiva-ainepitoisuus 105°C Aseotrooppinen tislauk Karl-Fischer 	Standardointi meneillään
Orgaanisen aineen osuus	<ul style="list-style-type: none"> TOC-määritys (prEN 13137) Hehkutushäviö lämpötilassa esim. 550 °C 	TOC-menetelmä lähes valmiina. Menetelmää hehkutushäviön määrittämiseksi ei vielä valmiina CEN:ssä.
Hiilivedyt	<ul style="list-style-type: none"> Gravimetrinen menetelmä GC-menetelmä (alue C₁₁-C₃₉) (prEN14039) 	Gravimetrinen menetelmä ei vielä valmiina CEN:ssä. GC-menetelmä lausunnolla v. 2001
Kloori, rikki pitoisuus	Happipommiliuotus	Standardointi meneillään
PAH	Testisuositus Nordtest-raportissa (Karstensen 1996)	
PCB	Testisuositus Nordtest-raportissa	Standardointi meneillään

Taulukko 6b. Esimerkkejä jätteiden kelpoisuustutkimuksiin soveltuvista menetelmistä (standardoinnin tilanne joulukuussa 2000).

Ominaisuus	Esimerkki soveltuvista testeistä	Huom!
Laadunvalvontatesti: Liukoisuusominaisuuksien karkea arviointi granuloidusta jätemateriaalista	pr EN 12457 osa 3: Materiaalia ravistellaan 6 tuntia L/S-suhteella 2. Suodatuksen jälkeen kuivaamatonta materiaalia ravistellaan vielä 18 tuntia L/S-suhteella 8 (kumulatiivinen L/S-suhte 10). prEN 12457 osat 1, 2 ja 4: Yksivaiheinen ravistelutesti L/S-suhteessa 2 tai 10.	Soveltuu laadunvalvontaan. Neljää menetelmäversiota standardoitu.
Laadunvalvontatesti: Liukoisuusominaisuuksien karkea arviointi kiinteytetystä materiaalista	Vedellä kyllästetty kiinteytetty materiaali säilytetään vedessä noin 2 vuorokautta. Vettä vaihdetaan testin aikana 2–3 kertaa.	Standardointi meneillään.
Karakterisointitesti: Liukoisuuden arviointi eri aikaväleillä	Nordtest ENVIR 002 tai NEN 7343: Typpihapolla happamaksi tehty vesi, jonka pH-arvo on 4, pumpataan tutkittavalla materiaalilla täytettyyn kolonniin alakautta ja vesifraktiot kerätään kolonnin yläosasta. Testin aikana kerätään seitsemän eri vesifraktioita L/S-suhteen funktiona. Hollantilaisen testistandardin mukaan jatketaan L/S arvoon 10, mikä kestää noin 20 d. Nordtest-menetelmän mukaan testi lopetetaan L/S-suhteessa 2.	Simuloi liukoisuutta rakenteessa. Standardointi meneillään CEN:ssä.
Karakterisointitesti: Diffuusioliukenemisen arviointi	NEN 7345: Näytekappaletta säilytetään 64 vuorokautta vedessä, jonka pH-arvo on ennen koekappaleen upotusta säädetty hapolla arvoon 4. Veden määrä suhteessa näytekappaleen tilavuuteen on 5. Vettä ei sekoiteta kokeen aikana. Kokeen aikana vesi vaihdetaan 6 h:n, 1 d:n, 2,25 d:n, 4 d:n, 9 d:n, 16 d:n, 36 d:n ja 64 d:n kuluttua kokeen aloittamisesta	Testi antaa tietoja: - eri aineiden liukoisuusmekanismista (esim. diffuusion kautta tapahtuvasta liukenemisestä) - liukenevien aineiden määrästä tietyssä ajanjaksossa esim. pinta-alaa kohden - eri aineiden kemiallisesta ja fysikaalisesta sitoutumisesta
Karakterisointitesti: pH-muutosten vaikutus	pH-staattiset testit: Näytettä sekoitetaan tislattuun veteen. Vesiseokseen pH säädetään vakio pH-arvoon (alueella 4–12) ja seoksen pH-arvo pidetään vakiona esim. happolisäyksellä.	Standardointi meneillään.
Ekotoksikologiset vaikutukset	Esim. mahdollisista testeistä ovat <i>Daphnia magna</i> , <i>Microtox</i>	Standardointi alkamassa. Lisätietoja julkaisusta Vaajasaari <i>et al.</i> 1998
Geoteknisten ominaisuuksien arviointi	Puristus-, vetolujuus, vedenläpäisevyys	Standardointitarve selvitetään.. Erityisen tärkeätä kiinteytetyn materiaalin pysyvyyden arvioimiseksi

3.4.3 Tutkimusmenetelmien laajuus

Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi tarvittavien tutkimusten laajuus riippuu jo olemassa olevan taustatiedon määrästä, muodostuvasta ja sijoitettavasta jätemäärästä, jätteen laadusta (mm. kokonaispitoisuudet) ja laatuvaihteluista sekä suunnitellusta sijoituskohteesta.

Mahdollisesti pysyväksi jätteeksi luokiteltavasta materiaalista tai lievennetyin rakennevaatimuksin perustetulle kaatopaikalle sijoitettavasta materiaalista tarvitaan hyvin perusteelliset tutkimukset. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoitettavalle jätteelle riittää yleensä laadunvalvontatestien taso sekä tietoja haitallisten aineiden kokonaispitoisuuksista. Mikäli haitta-aineen kokonaispitoisuus on merkittävä (esim. ylittää merkittävästi saastuneen maan raja-arvon) tarvitaan kuitenkin lisätestejä (esim. pH staattiset testit). Taulukossa 7 on esitetty tutkimusmenetelmille kolme eritasoista menettelytapaa (taustatieto-, laadunvalvonta- ja karakterisointitaso). Kulloisessakin arviointitapauksessa tarvittava taso riippuu tutkittavan jätteen mainituista ominaisuuksista.

Taulukko 7. Kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin tarvittavien tutkimusmenetelmien laajuuteen vaikuttavia teollisuuden sivutuotteiden ominaisuuksia.

Kriteeri	Tutkimusmenetelmien laajuus	
	Sijoitus pysyvän jätteen kaatopaikalle	Sijoitus tavanomaisen jätteen kaatopaikalle
<i>Haitta-ainepitoisuus</i> *		
Alle tavoitearvon	1	1
Alle raja-arvon	3	2 (tapauksesta riippuen)
Yli raja-arvon	3	3 (tapauksesta riippuen)
<i>Jättemäärä</i>		
Erittäin pieni (< 1 t/a)	1	1
Pieni (< 50 t/a)	2–3	2 (haitta-ainepitoisuus alhainen) 3 (haitta-ainepitoisuus merkittävä)
Suuri	3	3

* Jätteen tai sivutuotteen haitta-ainepitoisuus verrattuna maan saastuneisuuden arvioinnissa käytettyihin arvoihin

- 1: Taustatietotaso (esim. käyttöturvallisuustiedotteet, haitta-aineiden tunnistaminen, kokonaispitoisuuksien määrittäminen)
- 2: Laadunvalvontataso (kokonaispitoisuudet, laadunvalvontatesteissä liukenevat aineet, testimenettely esim. CEN-testi)
- 3: Karakterisointitaso (kokonaispitoisuudet, karakterisointitesteissä liukenevat aineet, testimenettely esim. kolonnitesti + pH-staattinen testisarja tai joissakin tapauksissa CEN-testi + pH-staattinen testisarja)

3.5 TULOSTEN RAPORTOINTI

Kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa käytettävistä testeistä saadaan tulokseksi yleensä haitta-aineen liukoisuus tutkittavasta materiaalista. Granuloitujen jätteiden liukoisuus-

testitulokset ilmoitetaan yksikössä mg haitta-ainetta / kg jätettä (mg/kg) ja kiinteytettyjen jätteiden liukoisuustestitulokset yksikössä mg haitta-ainetta / m² kiinteytettyä jätettä / aikayksikkö (esim. mg/m²/64 d). Tulosten lisäksi tutkimusraporteissa ilmoitetaan testimenettelyn mukaan myös seuraavia testaukseen liittyviä yleistietoja:

- jätteen laatu (esim. granuloitu, kiinteytetty, liete)
- jätteen alkuperä ja määrä
- kuvaus näytteenotosta, jos saatavilla
- laboratorionäytteen tiedot (esim. näytteen saapumispäivämäärä, näytteen koko, aistinvarainen arvio, kuiva-ainepitoisuus)
- näytteen esikäsittely (esim. murskaus, kuivaus, näytteen jakaminen, kokoomanäytteen teko, seulominen)
- testiohjelma ja -laitteisto (tehdyt määritykset ja testit, esim. ravistelujen tai vesivaihtojen lukumäärä, lisätyt vesimäärät)
- testauslaboratorion lämpötila testin aikana
- jokaisen testin kuluessa kerätyn suodoksen ominaisuudet (esim. suodoksen tilavuus, pH-arvo, sähkönjohtokyky, redox-potentiaali)
- kaikki havainnot testin suorittamisen aikana (esim. kaasunmuodostus, suodoksen voimakas väri, sakan muodostus).

Testisuodosten analyysimenetelmistä ilmoitetaan yleensä seuraavat tiedot:

- analysoitava haitta-aine
- analyysimenetelmä ja -päivämäärä
- analyysimenetelmän määrittäjä ja mittausepävarmuus.

3.6 ARVIOINTITAPA

Jätteiden kelpoisuustutkimusten tulosten arviointi on vaativa tehtävä. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, että jätteen perusmäärittelyyn ja karakterisointiin liittyvä testaustulosten arviointi ja jätteen sijoituskelpoisuuden arviointiin liittyvien lausuntojen antaminen on asiantuntijan tehtävä. Tässä yhteydessä asiantuntija voi laatia yhteistyössä jätteen tuottajan tai viranomaisen tai molempien kanssa esim. erillisen jätteen laaduntarkkailuohjelman, jonka tulokset ovat riittävän tarkasti sidoksissa perusmäärittelyyn. Laaduntarkkailuun liittyvät arvioinnit voidaan tehdä usein rutiininomaisesti ilman asiantuntijan lausuntoja. Pääpiirteitä ja periaatteita sovellettavista kelpoisuuden arviointimenettelyistä on kuvattu luvussa 4.

3.7 TESTAUSLABORATORION PÄTEVYYSVAATIMUKSET

Jätetutkimuksen testaussuunnitelmat on laadittava usein tapauskohtaisesti. Kaikki vaiheet, erityisesti jätteen esikäsittelyvaiheet, on valittava siten, että tutkimustulokset ovat toistettavissa ja mahdolliset epävarmuustekijät on otettu huomioon jo testauksen suunnittelussa. Näytteiden esikäsittelytapojen ja tutkimusmenetelmien tulee olla niin hyvin dokumentoituja, että testaus voidaan myöhemmin toistaa ja saadut tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia.

Testauslaboratoriolta, varsinkin ulkopuolisille palveluja myyviltä laboratorioilta, pitää edellyttää kokemusta jätemateriaalien testauksesta. Näin voidaan välttää soveltumattomien testien tai esikäsittelymenetelmien käyttö tutkimuksissa. Väärien testien seurauksena tulosten luotettavuus on rajallinen. Kokemuksen ja vertailutietojen kertymisen kautta myös laboratorion tulosten luotettavuus kasvaa.

EU:ssa on korostettu laadunvarmistuksen tärkeyttä ympäristöanalyseissä. Tämä tarkoittaa, että laboratoriossa on laadunvarmistusjärjestelmä ja että käytetyt menetelmät ovat mahdollisimman pitkälle akkreditoituja. Mikäli mahdollista, tulisi kemiallisten analyysien laadunvarmistukseen säännöllisesti käyttää myös soveltuvia referenssimateriaaleja (esim. sertifioituja tai omia vertailumateriaaleja). Akkreditointi varmistaa analyysitulosten luotettavuutta, sillä nykyään se edellyttää testaustoiminnan jatkuvaa seurantaa ja kontrollia.

4. PERIAATTEET SIVUTUOTTEIDEN KAATOPAIKKAKELPOISUUDEN ARVIOIMISEKSI

4.1 SIVUTUOTTEIDEN MAHDOLLISET RISKITEKIJÄT

4.1.1 Tyypilliset haittatekijät

Maarakentamiseen soveltuvat hyötymateriaalit ovat yleensä teollisuuden sivutuotteita ja pääosin energiantuotannossa muodostuvia jätteitä, tuhkia ja kuonia. Tärkeimmät maarakenteissa jo yleisesti käytettävät sivutuotteet ja niiden määrät on esitetty taulukoissa 8 ja 9. Yleensä haittatekijät määräytyvät kemiallisen koostumuksen (lähinnä haitallisen aineen pitoisuuden) ja haitallisten aineiden liukoisuuden perusteella. Taulukoissa on esitetty arvio sivutuotteiden sisältämisestä mahdollisista haittatekijöistä kirjallisuudessa esitettyjen koostumus- ja liukoisuustietojen perusteella.

Taulukko 8. Maarakenteissa nykyisin Suomessa käytettäviä teollisuuden sivutuotteita ja arvio niiden oletettavasti sisältämisestä haitallisista aineista koostumuksen tai liukoisuusominaisuuksien perusteella. Määrätiedot ovat vuosilta 1996–1997. Lähteet: Mäkelä et al. 1995, Orkas et al. 1999, Wahlström & Laine-Ylijoki 1996b, CROW 1994, Kohtamäki 1995.

Teollisuudenala	Syntyvä määrä t/a	Mahdolliset haittatekijät
Energiantuotanto		
Kivihiilen lentotuhka	380 000	As, Cr, Mo, Se, V, SO ₄ ²⁻ , pöly
Kivihiilen pohjatuhka	95 000	As, Cr, Mo, Se, V, SO ₄ ²⁻ , pöly
Kivihiilen rikinpoistotuote, puolikuivamenetelmä	30 000	SO ₄ ²⁻ , Cl ⁻ , pöly
Turvetuhkat	130 000	As, Cr, Mo, Se, V, F, SO ₄ ²⁻ , pöly
Metallurginen teollisuus		
Masuunihiekka	550 000	
LD-teräskuona	170 000	V, alkalisuus
Ferrokromikuona	290 000	Cr
Rakennustoiminta		
Betonimurske		Cr, Pb, Cu, Cd, SO ₄ ²⁻ sekä syntypaikan perusteella mahdollisesti PAH ja PCB
- Purkujäte	400 000	
- Uudisrakentamisen betonijäte	100 000	
- Betoniteollisuuden jätebetoni	70 000	

Taulukko 9. Maarakentamisessa mahdollisesti hyödynnettäviksi soveltuvia teollisuuden ja muun tuotannon sivutuotteita.

Teollisuudenala	Syntyvä määrä t/a	Mahdolliset haittatekijät
Energiantuotanto		
Märkämenetelmän kipsi	80 000	SO ₄ ²⁻
Sekatuhka	300 000	Cr, Mo, Se, F, SO ₄ ²⁻ , pöly
Puutuhka		Cr, Mo, Se, F, SO ₄ ²⁻ , pöly
Metallurginen teollisuus		
Nikkelikuona	120 000	Co, Ni
Cu-rikastehiekka	250 000	Ei tiedossa
Rikinpoistokuona	40 000–50 000	Ei tiedossa
Teräsenkakuona	20 000	Ei tiedossa
Jaloteräskuona	160 000	Ei tiedossa
Sähköteräskuona	25 000	Ei tiedossa
Kaivos- ja valimoteollisuus		
Valimohiekka	130 000	Cr, orgaaniset komponentit (esim. PAH, fenoli), muut metallit
Sivukivi/malmikaivokset	6 200 000	Ei tiedossa
Sivukivi/kalkkikaivokset	900 000	Ei tiedossa
Sivukivi/mineraalikaivokset	3 200 000	Ei tiedossa
Jätekivi, ylijäämämaa	4 500 000	Ei tiedossa
Rakennuskiviteollisuus		
Sivukivi	3 000 000	Ei tiedossa
Rakennustoiminta		
Tiilijäte	50 000–75 000	
Kemianteollisuus		
Kipsi	1 100 000	SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ ?
Kipsi (rautapitoinen)	70 000	SO ₄ ²⁻
"Muta" (ilmeniittijäte)	50 000	SO ₄ ²⁻ , Cr, Co, Cu, Ni, V, Zn
Paperiteollisuus		
Kuitu- ja pastalietteet	50 000	TOC
OPA-sakka		Ei tiedossa
Siistausjäte		TOC
0-kuitu		TOC
Viherlipeäsakka	95 000	Orgaaninen aines, raskasmetallit, korkea vesipitoisuus
Yhdyskuntajätteet		
Jäterenkaat	30 000	Orgaaniset aineet
Muovirouhe		
Lasijäte	64 000	
Saastunut maa		
Kiinteytetty maa-aines		Tapauskohtaisesti arvioitava
Lievästi saastunut tai puhdistettu maa-aines		Tapauskohtaisesti arvioitava

Kaatopaikkasijoituksessa sivutuotteiden mahdolliset haittatekijät ovat seuraavia:

- sivutuotteen suora toksisuus tai haitallisuus esim. ihmisille, eläimille ja vesieliöille (esim. kuudenarvoisen kromin kokonaispitoisuus)
- liukoisuusominaisuudet (seurauksena haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön)
- biologisen toiminnan vaikutukset (esim. haihtuvien ja liukoisten rikkipitoisten yhdisteiden muodostuminen tietyssä mikrobiympäristössä, pH-redox-ympäristön muutos)
- reaktiivisuus erityisesti veden kanssa (esimerkiksi pysyvyys sijoitusympäristössä).

Massasijoituksessa on oleellista arvioida myös sivutuotteiden geoteknisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi kaatopaikalla edellytetään, että läjitetyn massan tulee olla riittävän stabiili siten, että materiaali ei leviä kaatopaikalta ympäristöön. Lisäksi massakerroksen päälle tulee voida sijoittaa muita jätteitä. Lisäksi tarvitaan tietoja kiinteytettyjen materiaalien pitkäaikaiskestävyydestä (esim. puristuslujuudesta).

Ympäristöriskiä kuvaavat seurattavat ominaisuudet ovat samoja kuin sivutuotteiden hyötykäyttökelpoisuuden arvioinnissa. Esimerkkejä tutkittavista ominaisuuksista ovat

- jätteen koostumus (esim. karkea arviointi muodostumistavan perusteella tai kemiallinen analysointi)
- jätteen olomuodon karakterisointi (esim. ominaisuudet joiden kautta voidaan arvioida jätteen käsiteltävyys kaatopaikalla, kuten tahmeus, liettyminen veden kanssa)
- haitallisten aineiden määrä ja niiden ominaisuuksien arviointi
- liukoisuusominaisuudet
- reaktiivisuus (esim. kaasun muodostusvaara, liettyminen)
- biologinen hajoavuus (erityisesti pysyvän jätteen kaatopaikoille sijoitettaville jätteille).

4.1.2 Haitta-aineiden tunnistaminen

Metallien kokonaispitoisuuksia voidaan verrata maan saastuneisuuden arviointia varten esitettyihin tavoite- ja raja-arvoihin seuraavasti:

- Pysyvän jätteen kaatopaikka: Mikäli sivutuotteen haitta-ainepitoisuudet alittavat maaperälle annetun tavoitearvon (ohjearvon), kyseistä sivutuotetta voidaan pitää haitattomana ja sijoittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle. Mikäli pitoisuudet ylittävät mainitut arvot, on haitta-aineiden ominaisuudet (esim. liukoisuusominaisuudet) selvitettävä tarkemmin ennen jätteen sijoittamista kaatopaikalle.
- Tavanomaisen jätteen kaatopaikka: haitta-aineen voidaan olettaa esiintyvän polttoprosessin tuhkassa tai kuonassa oksideina tai silikaatteina. Näitä sivutuotteita voidaan pitää kaatopaikkakelpoisina, jos haitta-aineiden kokonaispitoisuudet alittavat saastuneille maille annetut raja-arvot. Mikäli pitoisuudet ylittävät raja-arvot, on haitta-aineiden ominaisuudet selvittävä tarkemmin.

Euroopassa ei ole annettu yhtenäisiä ohjearvoja maan saastuneisuuden arvioimiselle. Muutamien maiden maaperän saastuneisuuden arvioimiseksi esitetyt tavoite- ja raja-arvot on koottu liitteeseen B. Eri maiden tavoitearvoissa on merkittäviä eroja. Tämä johtuu riskinarvioinnissa tarkastelluista altistuskohteista. Suomessa on huomioitu erityisesti ekotoksikologiset vaikutukset (mm. pieneliöille). Sen sijaan Ruotsissa on painopiste ollut ihmiseen kohdistuvissa terveysvaikutuksissa, jolloin päädytään usein huomattavasti korkeampiin tavoitearvoihin. Taulukkoon on myös koottu tietoja Hollannissa ja Itävallassa esitetyistä enimmäispitoisuuksista orgaanisille haitta-aineille. Nämä arvot ovat suurempia kuin maaperälle esitetyt arvot.

4.2 KELPOISUUDEN ARVIOINTI

4.2.1 Yleistä

Kelpoisuus-kriteerien kehityksessä voidaan käyttää seuraavia lähestymistapoja:

- skenaarioiden tarkastelu (tapauskohtainen tarkastelumalli)
- nykyinen käytäntö (esim. minimivaatimuksena on säilyttää nykyiset kelpoisuus-kriteerit)
- hyötykäytön kriteerien soveltaminen lähinnä pysyvän jätteen kelpoisuuden arvioimisessa
- vertailevia tutkimuksia (ts. päätetään, että tietyt jätetyypit ovat kaatopaikkakelpoisia esim. pysyvän jätteen kaatopaikalle ja verrataan muiden jätteiden ominaisuuksia näihin tyyppitapauksiin).

Kelpoisuuden arvioinnissa on tärkeätä valita lähestymistapa, jonka perusteella jätteiden kelpoisuutta arvioidaan yhdenmukaisesti. Pienjätteiden (määrä alle 10 t/v) kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa voidaan valita yksinkertaiset kelpoisuus-kriteerit

(esim. kokonaispitoisuuden ja yhden liukoisuustestin tulosten perusteella). Pienjätteiden kelpoisuuden arviointiin käytetyt kriteerit eivät siten ole sovellettavissa suurille massamäärille muutoin kuin, että nämä kriteerit on ainakin täytettävä. Sivutuotteiden kelpoisuuden arvioinnissa tarvittava taustatietomäärä riippuu oleellisesti sen kaatopaikan luokasta, jolle sivutuote aiotaan sijoittaa. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle voidaan sijoittaa jonkin verran päästöjä aiheuttavia jätteitä karkeammin tiedoin kuin pysyvän jätteen kaatopaikalle.

Yleisiä kaatopaikkakelpoisuuden arviointiperiaatteita ovat seuraavat:

- Jätteen osoittaminen pysyväksi jätteeksi edellyttää perusteellisia taustatietoja kaikista riskitekijöistä. Pysyvän jätteen kaatopaikalle ei tulisi ottaa vastaan ominaisuuksiltaan ja luokittelultaan epävarmoja jätelajeja. Pysyvän jätteen ominaisuuksien ja ympäristövaikutusten olisi oltava luonnolle merkityksettömiä, ns. luonnonmateriaalien kaltaisia. Myös vapaasti hyötykäytettävälle materiaalille annettuja kriteerejä (esim. liukoisuus, haitta-ainepitoisuus) voidaan soveltaa pysyvän jätteen kaatopaikalle tarkoitetuille jätteille.
- Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle voidaan yleensä sijoittaa sellaisia jätteitä, joiden päästöjä pidetään kohtuullisina. Esimerkkejä soveltuvista hyväksyttävyysskriteereistä ovat esimerkiksi rajoitetun hyötykäytön (esim. sijoitus eristettynä) kriteerit ja saastuneen maan raja-arvot. Tässä voidaan käyttää myös menettelyä, jossa eri jätteiden päästöjä verrataan keskenään ja tietyt materiaalit luokitellaan kaatopaikkakelpoiseksi.
- Erikoistapaukset (skenaariotarkastelut): mahdollisten päästöjen hyväksyttävyyss arvioidaan tapauskohtaisesti huomioiden sivutuotteen ominaisuudet, sijoitustapa ja sijoitusympäristö. Jos esimerkiksi kaatopaikkarakenteiden kerrospaksuuksiin tai ominaisuuksiin halutaan lievennyksiä, tarvitaan luotettavat perusteet sijoitustavalle. Tällöin on usein tarpeen tehdä samat perusteelliset tutkimukset kuin pysyvän jätteen luokituksessa.

4.2.2 Skenaarioiden tarkastelu

Skenaariossa tarkastellaan sivutuotteesta tehtyä rakennetta (massamäärä, kerrospaksuus, eristekerrokset, sijoitustapa kuten tiivistykset) ja sijoituspaikan olosuhteita (esim. sijoitusympäristön erikoispiirteet ja herkkyys sekä käyttö tulevaisuudessa, pohjarakenteet, suotoveden kulkeutuminen ympäristöön). Skenaarion tarkastelussa tulee käydä läpi CEN-metodologiaohjeessa (ENV 12920) esitettyjä näkökohtia.

Metodologiaohjeessa on esitetty perusteellisen liukoisuustutkimuksen eri vaiheet sekä annettu esimerkkejä huomioitavista tekijöistä. Metodologiaohje sisältää luettelon jätteiden liukoisuusominaisuuksien tutkimuksissa huomioitavista tekijöistä ja tutkimusta varten tehtävät selvitykset tai arviot materiaalista ja sijoituspaikasta. Metodologiaohjeen eri vaiheet on esitetty taulukossa 10.

Metodologiaohje on kirjoitettu hyvin yleisellä tasolla. Tarkoitus on, että tapauskohtaisesti valitaan esim. tutkittavat tekijät ja esitetään perusteet tarkastelun ulkopuolelle jätettävälle tekijöille. Soveltuvat testimenetelmät ja valittujen testien perustelut esitetään. Kaikkien tekijöiden (esim. biologisten tekijöiden) vaikutusta ei kuitenkaan voida luotettavasti arvioida olemassa olevilla testeillä, vaan niiden vaikutuksista tehdään vain karkeat oletukset. Skenaarion lopputuloksena on kuvaus materiaalin kaikista tärkeimmistä ominaisuuksista ja päästöistä eri aikaväleillä ja vaikutuksista eri muutostilanteissa. Varsinaisen päätöksen sijoituksesta tekee yleensä viranomainen skenaariotarkastelun tulosten pohjalta.

Standardoinnissa on korostettu erityisesti skenaariotarkastelun tärkeyttä. Mahdolliset yhteiset kaatopaikkakelpoisuuskriteerit kehitetään varmaankin ns. skenaariotarkastelun pohjalta. Siinä valitaan tarkastelun kohteeksi muutamia tyypillisiä jätteitä (esim. jätteenpolttolaitoksen kuona) ja arvioidaan skenaarion pohjalta hyväksyttäviä ja käytännössä toteuttavissa olevia kelpoisuuskriteereitä. Skenaariotarkastelu soveltuu erityisesti suurille jätemäärille. Tarkastelua suositellaan erityisesti silloin kun yhtä jätelajia sijoitetaan kaatopaikalle, jonka rakenteet eivät täysin vastaa annettuja ohjeita tai kun jokin haittatekijä ylittää annetun ohjearvon.

Käytännössä hyötykäytön ja kaatopaikkasijoituksen skenaariotarkastelun vaiheet ovat samat. Eroja on hyväksyttävyysskriteereissä. Esimerkiksi VTT:n riskinarviointiraportissa (Wahlström et al. 1999) on arvioitu kivihiilen lentotuhkan hyötykäyttösijoituksen päästöt eri aikaväleillä. Samalla periaatteella voidaan tehdä arvioita massasijoituksesta tulleista päästöistä. Lisäksi VTT Tiedotteessa 1852 (Wahlström & Laine-Ylijoki 1997) on esitetty muutamia käytännön esimerkkejä. Kappaleessa 4.2.6 esitetään esimerkkejä kelpoisuuden arviointiin soveltuvista kriteereistä.

Taulukko 10. Metodologiaohjeessa (ENV 12920) esitetyt jätteiden ja sivutuotteiden liukoisuusominaisuuksien karakterisoinnin eri vaiheet ja sisältö.

Vaihe	Sisältö
1. Tehtävän määrittäminen	<ul style="list-style-type: none"> Tarkasteltava materiaalityyppi Sijoitustapa tai hyötykäyttömuoto Tutkimuksen tarkoitus (esim. laadunvalvonta)
2. Sijoituspaikan kuvaus	<ul style="list-style-type: none"> Käsittelytavan tekninen kuvaus (lajittelu, murskaus, tiivistys). Sijoituspaikan geotekninen kuvaus (ympäristö, ympäröivien materiaalien paksuus) Hydrogeologinen kuvaus (ympäröivien materiaalien vedenläpäisevyys, veden pääsy, kulku ja poisvirtaus) Biologisten olosuhteiden kuvaus Sijoituspaikalla valitsevat olosuhteet (rakennusvaiheessa) Pahimman tilanteen skenaario (onnettomuustilanne, tulva)
3. Jättemateriaalin kuvaus (karakterisointi)	<p>Esimerkkejä tarkasteltavista ominaisuuksista:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tarkasteltavan materiaalin tausta (synty tapa) Kokonaisanalyysi Fysikaaliset ominaisuudet (mm. tiheys, huokoisuus) Mineralogia, spesiaatio Kemialliset ominaisuudet (materiaalin puskurikapasiteetti, termodynaaminen stabiilisuus, mahdollisesti biologisesti hajoavan orgaanisen aineen osuus, herkkyys redox-muutoksiin) Mekaaniset ominaisuudet
4. Liukoisuuteen vaikuttavien avaintekijöiden identifiointi	<p>Esimerkkejä tarkasteltavista parametreista:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kemialliset parametrit (kemialliset tekijät kuten pH, redox, CO₂, suolapitoisuus) Mekaaniset parametrit (mekaanisten tekijöiden vaikutus liukoisuusominaisuuksiin) Fysikaaliset parametrit (lämpötila, vedenläpäisevyys, kosteus, absorptiokyky, veden kulkeutuminen) biologiset parametrit (hajoaminen, kaasunmuodostus) liukoisuuteen vaikuttavien parametrien vaikutusta arvioidaan ja esitetään tarvittavat testit, jotka luodaan kuvaamaan yksittäisten parametrien vaikutusta.
5. Liukoisuuskäyttäytymisen mallintaminen	<ul style="list-style-type: none"> relevanttien parametrien integrointi käyttäytymismalliin liukoisuusominaisuuksien ennustaminen ajassa
6. Mallien validointi (oikeaksi todistaminen)	<ul style="list-style-type: none"> arvio laboratoriotulosten siirrettävyydestä kenttäolosuhteisiin tulosten vertailu luonnossa esiintyviin vastaaviin tapauksiin
7. Loppupäätelmät	<p>Loppupäätelmissä verrataan tuloksia alkuperäiseen tehtävämäärittelyyn. Lopputulosten perusteella on mahdollista, että tulokset antavat riittävästi tietoja tehtävään ratkaisuun. Toisaalta lopputuloksena voi olla, että jotkut vaiheet saatetaan joutua tutkimaan uudestaan tai että olemassa olevat testit eivät tarjoa luotettavaa vastausta tehtävään.</p>

4.2.3 Aikaisempi käytäntö pienjätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa

Aikaisemmin on Suomessa erityisesti pienten jäte-erien kelpoisuustutkimuksissa melko yleisesti käytetty Yhdysvaltain ympäristöviranomaisten (EPA) kehittämää TCLP-testiä (EPA 1990, EPA 1980), jossa jätettä ravistellaan happamassa (etikkahappopitoisessa) vedessä noin vuorokausi. EPA on esittänyt luettelon tiettyjen haitallisten aineiden sallituista enimmäispitoisuuksista testisuodoksissa. Mikäli raja-arvot ylittyvät, EPA luokittelee jätteen ongelmajätteeksi. Mainitut raja-arvot vastaavat yleensä satakertaisia juomavesistandardeja. Vastaavanlaisia enimmäispitoisuusarvoja voidaan käyttää suuntaa-antavina myös muille haitallisille metalleille (esim. sinkki ja nikkeli). Testiin liittyvät raja-arvot on esitetty taulukossa 11.

TCLP-testi on nyt poistuva menetelmä. Tämä menetelmä ei ole saanut Euroopassa kannatusta, koska testi ei kuvaa kaatopaikkaolosuhteita Euroopassa. Euroopassa poltetaan merkittävä osa yhdyskuntajätteistä eikä teollisuusjätteitä ja yhdyskuntajätteitä sijoiteta sekaisin.

Pienjätteille VTT suosittelee nykyisin seuraavia tutkimuksia:

- koostumuksen arviointi, tarvittaessa myös haitta-aineiden kokonaispitoisuuksien tutkiminen
- yksinkertainen liukoisuustesti (pr EN 12457, osat 1-4)
- mahdollisesti maksimiliukoisuuden tutkiminen (esim. pH-staattinen testi kriittisillä pH-alueilla), jos haitta-aineiden pitoisuudet tai liukoisuus ovat merkittäviä. Testin standardointi on meneillään CEN:ssä.

Yleisiä kelpoisuuskriteerejä ei ole vielä annettu, ja soveltuvien menetelmien standardointi on vielä kesken. VTT arvioi tällä hetkellä tulosten merkittävyyttä tapauskohtaisesti. Arvioinnissa huomioidaan kuitenkin vanhat TCLP-testien kelpoisuuskriteerit, jotta kelpoisuustutkimuksissa säilyisi sama tulkintamalli, kunnes uudet yhtenäiset eurooppalaiset kriteerit saadaan. Taulukossa 11 esitettyjä pitoisuuksia voidaan myös pitää sivutuotteiden enimmäisliukoisuusarvoina.

Taulukko 11. EPA:n esittämät enimmäispitoisuusarvot (ilmoitettuna testisuodokselle ja laskettuna mg/kg jätettä).

		EPA:n ilmoittamat enimmäispitoisuusarvot testisuodoksessa, mg/l	EPA:n ilmoittamat enimmäispitoisuusarvot laskettuna massaa kohti, mg/kg jätettä
Hopea	(Ag)	5,0	100
Arseeni	(As)	5,0	100
Kadmium	(Cd)	1,0	20
Lyijy	(Pb)	5,0	100
Elohopea	(Hg)	0,2	4
Barium	(Ba)	100	2000
Kromi	(Cr)	5 (kromi VI)	100
Seleeni	(Se)	1	20
Kupari	(Cu)	30*)	600
Nikkeli	(Ni)	2–5*)	40–100
Sinkki	(Zn)	300 *)	6000

*) HUOM! Metallit eivät ole mukana EPA:n luettelossa. Esitetty arvo on satakertainen talousvedelle asetettu enimmäispitoisuusarvo lääkintöhallituksen mukaan ja/tai satakertainen talousvedelle asetettu enimmäispitoisuusarvo sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön päätöksen mukaan (Viite: Lääkintöhallituksen yleiskirje nro 1977/90).

4.2.4 Hyötykäytön kelpoisuusstandardien soveltuminen pysyväille jätteille

Pysyvän jätteen määritelmä tarkoittaa, että materiaalista aiheutuvien päästöjen tulisi olla merkityksettömiä esim. luonnonmateriaaliin verrattuna. Tätä voisi tulkita siten, että käytännössä sivutuotteiden maarakentamiskäytölle (päällystämätön sijoituskohte) esitettyjen kriteerien tulisi täyttyä.

Rakeisten tai granuloidujen sivutuotteiden vapaan hyötykäytön ja samalla pysyväksi jätteenksi tapahtuvan luokittelun lähtökohtana VTT ehdottaa seuraavia kelpoisuusstandardeja:

- vesiuutteiden pH-arvot ovat neutraaleja tai emäksisiä (esim. pH > 6)
- epäorgaaniset metallit: Mahdolliset haitta-aineet tunnistetaan esim. vertailemalla tapauksen mukaan pitoisuuksia saastuneen maan tavoite- tai raja-arvoihin. Mikäli haitta-aineen pitoisuus on merkittävä, tutkitaan metallien liukoisuus liukoisuustestillä. (Soveltuvat testit valitaan massamäärän ja haitta-ainepitoisuuksien perusteella. Soveltuvat liukoisuustestit granuloiduille materiaaleille ovat pH-staattiset testit, mahdollisesti kolonnitesti ja CEN-testi.)
- orgaaniset haitta-aineet: Haitta-aineiden pitoisuuksia verrataan saastuneen maan ohjearvoihin.

Kiinteitettyjen sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuustutkimuksen lähtökohtana voidaan pitää seuraavia kelpoisuuskriteereitä:

- Kiinteitettyille materiaaleille voidaan hyväksyä suurempia kokonaispitoisuusarvoja kun granuloiduille materiaaleille.
- Mikäli haitta-aineen metallipitoisuus on merkittävä, ts. pitoisuus ylittää merkittävästi saastuneen maan raja-arvot, metallien liukoisuus arvioidaan diffuusiotestillä.
- Kiinteitettyjen materiaalien riittävä pysyvyys kaatopaikkasijoitusolosuhteissa on arvioitava soveltuvilla testeillä (esim. puristuslujuus, vedenläpäisevyys).

VTT on teollisuuden sivutuotteiden sijoituskelpoisuuden arvioinnissa aikaisemmin käyttänyt metalleille perusteina hollantilaisia tulkintakriteerejä (ks. liite C) ja orgaanisille yhdisteille lähtökohtana saastuneiden maiden ohjearvoja. Suomen ympäristökeskus on v. 2000 esittänyt metallien enimmäisliukoisuudelle ohjearvot mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Virallisia liukoisuuskriteerejä ei ole tällä hetkellä esitetty Suomessa.

4.2.5 Vertailu luokiteltujen materiaalien päästöihin

Pysyväksi jätteeksi on Suomessa luokiteltu mm. puhdas betoni ja ylijäämämaat ja ei-pysyväksi jätteeksi mm. kivihiilen lentotuhka ja turpeen lentotuhka.

4.2.5.1 Betonimurske

Betonimurskeen sisältämiä betonista peräisin olevia ympäristölle haitallisia aineita ovat lähinnä kromi, molybdeeni ja sulfaatti. Purkubetonijätteen sekaan on voinut joutua myös muuta rakennusjätettä, joten se saattaa sisältää lisäksi muita mahdollisesti ympäristölle haitallisia aineita. Ympäristölle haitallisia ovat, esimerkiksi taulukossa 12 esitetyt rakennusmateriaalien sisältämät aineet. Taulukossa 13 on esitetty eri betonijätteistä määritetyt kokonaispitoisuudet. Tulosten mukaan betonimurskeista ei ole löydetty merkittävästi muita haitallisia aineita kuin kromia ja sulfaattia. Siten voidaan olettaa, että puhtaan betonin metalliliukoisuudet kuvaavat hyvin purkubetonin liukoisuusominaisuuksia (ks. taulukko 14).

Taulukko 12 . Rakennusmateriaalien mahdollisesti sisältämät haitalliset aineet.

Haitallinen aine	Käyttökohde
Orgaaninen kadmium	Lisäaine muoveissa
Metallinen kadmium	Pintakäsittelyaine
Metallinen elohopea	Ilmaisimet ja kytkimet sähköisissä asennuksissa
Metallinen lyijy	Viemäriputkien tiivistykset
Orgaaninen lyijy	Lisäaine muoveissa
PCB-yhdisteet	Liitoskiteet, kondensaattorit ja liukumattomat lattiapäällysteet
CFC-yhdisteet	Jäähdytysaineet ja muovieristeet
Öljyt ja PAH	Öljyvuodot esim. koneista, kattohuopa, bitumi
Kromi	Betoni, laasti
Molybdeeni	Betoni
Fenoliyhdisteet	Eristeet, liimat

Taulukko 13. Betonijätteen mahdollisesti sisältämät haitta-aineet.

	Purkujäte	Ontelo-laattajäte	Betonimurske (granulaatit) (CROW 1994)		Betonimurske (puhdas betoni) (Kälvesten 1996)	
			Keskiarvo	Hajonta	Näyte A	Näyte B
Al mg/kg	12900	14400	25300			
As					1,34 ± 0,11	1,39±0,10
Cd	2,6	3,3	0,3	0,13–1	2,75 ± 0,14	0,137±0,002
Co					4,23 ± 0,07	3,52±0,10
Cr	20	29	104	30–160	87,9± 9,0	55,5±5,0
Cu	15	18		7–20	9,82 ± 0,37	7,63±0,15
Hg	<0,02	<0,02	0,10		<0,0433	<0,0438
Mo	<2	<2		2–3	<6,18	<6,18
Ni					263± 2	146±1
Pb	11	10	25	11–50	6,36 ± 0,19	5,91±0,03
V					29,8± 4,3	9,65±6,38
Zn	59	44	70	51–100	52,3± 0,7	41,8±1,1
Fenoli-indeksi ¹⁾	<0,2	<0,2				
PAH	0,042	0,96				
PCB						
Näyte 1-3	0,066	<0,015				
Näyte 1	0,085	<0,015				
Näyte 3	0,020	<0,015				
Hehkutushäviö %	2	2			3,8	3,3

1) Fenolipitoisuudet määritetty fenolistandardiliuoksen (C₆H₅OH) perusteella.

Taulukko 14. Esimerkkejä betonimurskeesta liuenneista haitta-aineista (mg/kg). Testimenetelmänä kaksivaiheinen CEN-testi pr EN 12457 tai kolonnitesti NEN 7343. Tulokset perustuvat pääasiassa VTT:n omiin testeihin.

Haitta-aine	Keskiarvo		Min.		Max.		Mediaani		N	
	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
sulfaatti	51	231	3	37,9	1100	1300	57	220	11	12
kloridi	32	64	8,4	16	182	435	29	51	6	6
arseeni	0,01	0,02	0,002	0,01	0,02	0,10	0,01	0,01	3	3
barium	0,08	0,35	0,002	0,01	2,1	9,9	0,13	0,44	3	3
kadmium	0,002	0,006	0,000	0,001	0,02	0,02	0,00	0,01	14	14
kromi	0,07	0,26	0,02	0,05	0,20	1,71	0,07	0,29	14	14
kupari	0,05	0,12	0,01	0,02	0,14	0,36	0,06	0,13	14	13
koboltti	0,01	0,03	0,00	0,01	0,03	0,09	0,02	0,05	2	2
elohopea	0,0005	0,003	0,001	0,002	0,001	0,005	0,001	0,004	2	2
molybdeeni	0,02	0,10	0,02	0,05	0,03	0,20	0,03	0,13	2	2
nikkeli	0,04	0,06	0,02	0,02	0,07	0,20	0,04	0,06	5	4
lyijy	0,02	0,10	0,00	0,01	0,11	0,26	0,04	0,15	10	10
sinkki	0,04	0,12	0,01	0,02	0,31	1	0,03	0,1	9	7
alumiini	2,4	17,8	0,7	8,2	7,2	39	2,4	16,3	6	6

4.2.5.2 Luonnonmateriaalit

Luonnonmateriaalien liukoisuusominaisuuksia on tutkittu vähän. Taulukossa 15 esitetään muutamia tuloksia tiemateriaalien liukoisuusominaisuuksista. Tutkittuja luonnonmateriaaleja olivat kalliomurske, sora, moreeni ja tierakenteiden luiskista otetut näytteet.

Taulukko 15. Esimerkkejä luonnonmateriaaleista (kalliomurske, sora, moreeni) liukenevista haitta-aineista. Testimenetelmänä kaksivaiheinen CEN-testi pr EN 12457 tai kolonnitesti NEN 7343. Tulokset perustuvat pääasiassa VTT:n omiin testeihin.

Haitta-aine	Keskiarvo		Min.		Max.		Mediaani		N	
	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Sulfaatti	16	22	1	2	58	127	17	22	8	8
Kloridi	82	84	82	84	82	84	82	84	1	1
Arseeni	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	8	8
Kadmium	0,0002	0,001	0,0002	0,001	0,001	0,002	0,0002	0,001	11	8
Kromi	0,003	0,02	0,002	0,01	0,004	0,02	0,004	0,02	11	8
Kupari	0,01	0,02	0,00	0,01	0,58	0,85	0,004	0,02	11	8
Mangaani	0,04	0,16	0,01	0,05	0,13	0,39	0,04	0,13	7	7
Molybdeeni	0,02	0,10	0,02	0,10	0,03	0,10	0,02	0,10	7	7
Nikkeli	0,01	0,02	0,004	0,02	0,09	0,11	0,004	0,02	11	8
Lyijy	0,004	0,02	0,002	0,02	0,08	0,10	0,004	0,02	11	8
Vanadiini	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	7	7
Sinkki	0,03	0,15	0,01	0,02	0,05	2,40	0,04	0,20	11	8

4.2.5.3 Lentotuhka

Kivihiihen polton sivutuotteena syntyvä lentotuhka on jauhemaista, erikokoisista pallomaisista hiukkasista ja pienistä neulasmaisista kiteistä koostuvaa materiaalia. Lentotuhkan laatu riippuu polttoprosessista, käytetystä kivihielestä ja savukaasun erotustekniikasta. Pölypoltossa lentotuhka erotetaan pääosin sähkösuodattimella ennen rikinpoistoa.

Lentotuhkan tyypillinen raekoko vaihtelee 2–100 µm. Lentotuhka sisältää 15–25 % pienhiukkasia (< 10 µm). Vain nämä alle 10 µm hiukkaset pääsevät keuhkoihin ja voivat sitoutua sinne aiheuttaen erilaisia keuhkosairauksia, allergioita, astmaa ym. Lentotuhkasta aiheutuvia pölyhaittoja on siten syytä minimoida tuhkan käsittelyssä ja huolehtia työohjeiden noudattamisesta.

Kivihiihen lentotuhkan vesiutteet ovat neutraaleja tai alkalisia (pH-arvo on 8–11). Lentotuhkasta ei muodostu kaasuja esim. materiaalia kostutettaessa.

Kivihiihen lentotuhkassa palattomien aineiden osuus on pieni (hehikutushäviö on yleensä alle 10 %). Kivihiihen lentotuhka ei sisällä merkittävästi orgaanisia yhdisteitä. Julkaistut PAH-pitoisuudet ovat olleet alle 0,5 mg/kg, eikä merkittäviä määriä kloorattuja yhdisteitä ole löydetty (Hjelmar 1996).

Lentotuhkassa metallit esiintyvät yleensä oksideina tai silikaatteina. Pääkomponentit ovat piin, alumiinin ja raudan yhdisteet. Lentotuhka sisältää myös pieniä määriä

haitallisia metalleja. Metallipitoisuuksia on verrattu saastuneille maille esitettyihin tavoite- tai ohjearvoihin ja raja-arvoihin. Pitoisuudet ovat yleensä alle saastuneen maan raja-arvojen ja usein lähellä tavoitearvoja.

Kivihiilen lentotuhkasta liukenee jonkin verran suoloja, lähinnä sulfaattia ja kalsiumia. Ympäristökelpoisuustutkimuksissa on seurattu erityisesti molybdeenin, kromin, vanadiinin, arseenin ja seleenin liukoisuustuloksia. Näiden metallien liukoisuudet ovat olleet lähellä esimerkiksi hollantilaisia maarakennuskäytölle ehdotettuja enimmäisliukoisuussuosituksia. Taulukoissa 16 ja 17 on esitetty esimerkkejä kivihiilen, turpeen sekä turpeen ja purun lentotuhkan liukoisuusominaisuuksista.

Taulukko 16. Esimerkkejä kivihiilen lentotuhkan liukoisuusominaisuuksista kahdessa L/S-suhteessa. Testimenetelmänä kaksivaiheinen CEN-testi pr EN 12457 tai kolonnitesti NEN7343. Tulokset perustuvat pääasiassa VTT:n omiin testeihin.

Haitta-aine	Keskiarvo		Min.		Max.		Mediaani		N	
	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
sulfaatti	1723	2962	303	650	17000	30000	2300	3600	14	14
fluoridi	0,84	3,11	0,4	1,3	2,8	9,1	0,6	3,2	5	6
kloridi	75	76	5	6	4180	4230	54	73	11	10
arseeni	0,04	0,14	0,02	0,02	0,16	1,60	0,03	0,14	10	9
barium	0,41	2,50	0,05	0,54	3,28	14,56	0,48	2,00	4	3
kadmium	0,0008	0,004	0,0001	0,0005	0,006	0,030	0,001	0,003	9	7
kromi	0,89	2,42	0,003	0,02	5,6	11,5	1,8	3,3	15	16
kupari	0,01	0,03	0,002	0,01	0,097	0,30	0,009	0,02	10	9
elohopea	0,0004	0,0025	0,0004	0,002	0,0004	0,004	0,0004	0,002	4	5
molybdeeni	2,79	8,15	0,004	1,94	29,0	48,7	3,6	7,7	11	11
nikkeli	0,01	0,03	0,003	0,01	0,020	0,10	0,008	0,03	8	7
lyijy	0,009	0,04	0,001	0,00	0,090	0,34	0,008	0,04	7	6
seleeni	0,45	1,13	0,04	0,04	20,0	47,0	0,3	0,8	4	3
vanadiini	0,34	1,59	0,02	0,22	1,1	5,40	0,6	1,88	11	12
sinkki	0,05	0,18	0,02	0,01	0,60	8,75	0,04	0,20	9	8
alumiini	2,48	16,5	0,40	2,00	7,50	40,0	2,20	24,0	5	5
nitraatti	7,11	90,5	2,00	60,0	15,0	130	12,0	95	3	3
fosfaatti	0,5	3,4	0,12	2,00	2,00	10,0	0,40	2,5	3	4

Taulukko 17. Esimerkkejä turpeen sekä turpeen ja purun lentotuhkan liukoisuusominaisuuksista kahdessa L/S-suhteessa. Testimenetelmänä kaksivaiheinen CEN-testi pr EN 12457 tai kolonnitesti NEN7343. Tulokset perustuvat pääasiassa VTT:n omiin testeihin.

Haitta-aine	Keskiarvo		Min.		Max.		Mediaani		N	
	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10	L/S 2	L/S 10
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
Sulfaatti	14	318	1	2	2300	8200	5	1415	4	6
Kloridi	1900	705	1900	280	1900	1900	1900	660	1	3
Arseeni	0,02	0,05	0,01	0,02	0,11	0,27	0,01	0,05	4	6
Barium	4,80	6,80	4,80	6,80	4,80	6,80	4,80	6,80	1	1
Kadmium	0,001	0,003	0,0004	0,001	0,001	0,01	0,001	0,01	5	7
Kromi	0,08	0,17	0,004	0,004	1,10	1,60	0,14	0,37	10	12
Kupari	0,01	0,04	0,004	0,01	0,01	0,60	0,01	0,02	4	6
Elohopea	0,001	0,003	0,0004	0,002	0,001	0,003	0,001	0,003	5	5
Molybdeeni	0,79	2,04	0,05	0,22	2,90	4,70	1,60	2,60	9	11
Nikkeli	0,004	0,02	0,00	0,02	0,004	0,02	0,004	0,02	5	5
Lyijy	0,01	0,02	0,00	0,02	0,03	0,04	0,004	0,02	5	5
Seleen	0,03	0,19	0,02	0,11	0,10	0,27	0,02	0,25	3	3
Vanadiini	0,03	0,18	0,01	0,04	0,11	4,40	0,02	0,15	10	12
Sinkki	0,03	0,06	0,02	0,01	0,05	0,30	0,02	0,10	7	9
Alumiini	380	1000	380	1000	380	1000	380	1000	1	1

4.2.6 Esimerkkejä mallitapauksille soveltuvista kelpoisuuskriteereistä

4.2.6.1 Kelpoisuuden arviointi skenaariotarkastelun tuloksista

Skenaariotarkastelulla voidaan arvioida eri aikaväleillä tunnistettujen haittatekijöiden suuruutta (esim. haitta-aineen pitoisuutta suotovedessä tai liukenevia aineita sijoituspaikan pinta-alaa kohden). Näitä arvioita voidaan verrata vertailuarvoihin, joita pidetään sijoituspaikalla hyväksyttävinä. Tästä voidaan arvioida hetkelliset päästöt tai ns. keskimääräiset päästöt koko tarkasteluajana. Päästöt esim. suotoveen ovat yleensä suurimmat sijoituksen alkuaikoina. Joissakin maissa on ehdotettu, että tarkastellaan päästöjä tietyn sijoitusajan jälkeen. Mikäli suotoveden haitta-ainepitoisuudet tietyn ajanjakson jälkeen (esim. 30 vuoden kuluttua) eivät muodosta riskiä ympäristölle voidaan sijoituspaikan suotovesien keräily lopettaa. Tämä voisi olla eräs lähestymistapa tarkasteltaessa rakenteita, jotka eivät täysin vastaa tavanomaisen jätteen kaatopaikan rakennetta.

Tarkastellaan kohdassa 4.2.5 esitettyjä keskimääräisiä pitoisuustasoja kahdelle tilanteelle. Valitaan yksinkertaisuuden vuoksi lähestymistavaksi CEN-laadunvalvontatestissä määritetyt kaksi L/S-suhde-aluetta: L/S 0-2 ja L/S 0-10. Tarkastelukohteeksi

otetaan sijoituspaikka, jonka korkeus on 5 metriä, materiaalin tiheys on $1,5 \text{ t/m}^3$ ja sijoituspaikan vuotuinen sademäärä on 300 mm. Karkeasti voidaan arvioida, että sijoituskohteessa L/S-suhteen 2 saavuttamiseksi menisi noin 50 vuotta ja L/S-suhteen 10 saavuttamiseksi noin 250 vuotta.

Taulukoissa 18 ja 19 on esimerkkinä verrattu kuvitellun rakenteen suotovesituloksia luonnossa esiintyviin pitoisuuksiin, minimaalista haittaa vesieliöille aiheuttaviin pitoisuuksiin sekä tavanomaisen jätteen kaatopaikan suotoveden laatuvaihteluihin. Taulukossa 18 on esitetty muissa maissa käytettyjä vaatimuksia vesistöön johdettavalle kaatopaikan suotovedelle. Vertailusta saadaan selville tarvittava laimennuskerroin, jolla saavutettaisiin sama pitoisuustaso kuin esim. luonnonvesissä.

Betonimurskeesta muodostuneen suotoveden keskimääräiset pitoisuudet ovat alhaisia. Pitoisuudet ovat usein lähellä tai alle kanadalaisia ohjearvoja, jotka on annettu makealle vedelle vesieliöiden suojelemiseksi. Lentotuhkan suotoveden kromi- ja molybdeeni-pitoisuudet ylittävät juomavesistandardit. Sijoituskohteessa voidaan kuitenkin olettaa tapahtuvan laimennuksia muualta tulevan veden vaikutuksesta. Esimerkiksi 10-kertaisen laimennuksen jälkeen keskimääräiset pitoisuudet ovat lähellä em. kanadalaisia ohjearvoja. Lentotuhkarakenteen suotoveden keskimääräinen pitoisuustaso (mediaani L/S-alueella 0-10) alittaa tai on lähellä ulkomailla kaatopaikkavesille annettuja käsittelyvaatimuksia (ks. taulukko 20).

Taulukko 18. Betonimurskeesta suotoveteen liuenneet keskimääräiset pitoisuudet ja erilaiset vertailuarvot kelpoisuuden arvioimiseksi.

Aine	Betonimurske L/S 0-2 (liukeneva mediaanipit. mg/kg)	Betonimurske L/S 0-10 (liukeneva mediaanipit. mg/kg)	Betonimurske L/S 0-2 (suotoveden keskim. pitoisuudet mg/l)	Betonimurske L/S 0-10 (suotoveden keskim. pitoisuudet mg/l)	Purovesi (mediaanipit. g/l) (Lahermo 1996)	Kanadalaiset ohjearvot vesieliöiden suojelemiseksi makeassa vedessä (CCME 1994)	Tanskalaiset laatukriteerit pohjavedelle (saastuneen maan kunnostuksessa) (Miljøstyrelsen 1997)
Sulfaatti	180	500	90	50			
Kloridi	29	51	15	5			
Arseeni	0,004	0,012	0,002	0,001	0,00036	0,05	0,008
Kadmium	0,005	0,010	0,003	0,001	<0,00002	0,0002–0,002 *)	0,0005
Kromi	0,076	0,300	0,04	0,03	0,0005	0,02 (kalat)	0,025
Kupari	0,055	0,120	0,03	0,01	0,00064	0,002–0,004*)	0,1
Elohopea	0,0006	0,002	0,0003	0,0002	0,00023	0,0001	
Molybdeeni	0,020	0,050	0,01	0,005	0,00015		0,02
Nikkeli	0,025	0,060	0,01	0,006	0,00052	0,025–0,15*)	
Lyijy	0,025	0,073	0,01	0,007	0,00023	0,001–0,007*)	
Sinkki	0,037	0,100	0,02	0,01	0,00053	0,030	0,1

*) veden kovuuden mukaan

Taulukko 19. Kivihiilen lentotuhkasta suotoveteen liuenneet keskimääräiset pitoisuudet ja erilaiset vertailuarvot kelpoisuuden arvioimiseksi (mg/l).

Aine	Lentotuhka L/S 0-2 (liukeneva mediaanipit. mg/kg)	Lentotuhka L/S 0-10 (liukeneva mediaanipit. mg/kg)	Lentotuhka L/S 0-2 (suotoveden keskim. pitoisuudet mg/l)	Lentotuhka L/S 0-10 (suotoveden keskim. pitoisuudet mg/l)	Juomavesi-standardit Suomessa	Espoon Ämmässuon kaatopaikan suotoveden ka. pit. vuonna 1995 (Pelkonen 1997)	Kanadalaiset ohjearvot vesieliöiden suojelemiseksi makeassa vedessä (mg/l) (CCME 1994)
Sulfaatti	2400	3000	1000	300	150		
Kloridi	54	73	30	7	100		
Arseeni	0,02	0,07	0,01	<0,01	0,01		0,05
Barium	0,26	7,6	0,2	4			
Kadmium	0,001	0,003	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	0,0002–0,002 *)
Kromi	1,8	3,2	1	0,3	0,05	0,02	0,02 (kalat)
Kupari	0,01	0,02	0,005	0,002	1		0,002–0,004*)
Elohopea	<0,0005	<0,005	<0,0005	<0,0005			0,0001
Molybdeeni	4,1	6,3	2	0,6	0,07		
Nikkeli	0,01	0,03	0,005	0,003	0,02		0,025–0,15*)
Lyijy	0,01	0,03	0,005	0,003	0,01	0,003–0,005	0,001–0,007*)
Seeleni	0,18	0,50	0,09	0,05			0,001
Vanadiini	0,60	1,83	0,3	0,2			0,02 ^{**)}
Sinkki	0,04	0,2	0,02	0,02	3	0,3–0,7	0,030

*) veden kovuuden mukaan, **) alustava ekotoksikologinen tavoitearvo pintavedessä (Efroymson *et al.* 1997)

Taulukko 20. Kaatopaikkavesien käsittelyvaatimukset Saksassa, Hollannissa ja Sveitsissä (Doedens & Theilen 1992, ref. M. Pelkonen). Saksalaiset vaatimukset ovat myöhemmin hieman tiukentuneet.

Parametri	Saksa 1989		Sveitsi 1988		Hollanti	
	I mg/l	II mg/l	I mg/l	II mg/l	I mg/l	II mg/l
COD	400	(150) 200	d	d	-	-
BOD ₅	-	20	d	20	300-400 _d	7-20 _d
SS	20 a	20	d	20	-	-
Cl ⁻	-	-	d	d	-	-
SO ₄ ²⁻	-	-	d	300	300	500
TKN	-	-	-	-	300	8-15 d
NH ₄ -N	-	(10) 50 b	d	d	200	4-8 d
NO ₃ -N	-	-	d	d	-	-
NO ₂ -N	-	(10 b)	3	0,3	-	1-4 d
Pb	0,5 a	0,5 a	0,5	0,5	0,2	0,05
Cd	0,1 a	0,1 a	0,1	0,1	0,01	0,0025
Cr(VI)	-	-	0,5	0,1	0,375	0,075
Cr (kok.)	0,5 a	0,5 a	2,5	2,1	-	-
Cu	0,5 a	0,5	1	0,5	0,25	0,05
Ni	0,5 a	0,5	2	2	0,17	0,1
Hg	0,05 a	0,05	0,01	0,01	0,002	0,0005
Zn	2 a	2 a	2	2	1	0,2
Sn	-	-	2	2	-	-
Fe	-	-	20	2	-	-
AOX	0,5 a	0,5 a	-	-	-	-
EOX	-	-	-	-	0,005	0,005
Fenoli	-	-	5	0,05	-	-
Kok. hiilivedyt	-	-	20	10	-	-
Kala-toksisuus-luokka	(2 a)	2	-	0-5 d	-	-

I = yleiseen viemäriin, II = suoraan vesistöön

a = perustuu nykytekniikan tasoon

b = perustuu yleisesti käytössä olevaan tekniikkaan

d = riippuu jätevedenpuhdistamon koosta tai vesistön olosuhteista

4.2.6.2 Sijoituskelpoisuuden arviointi kiinteitetystä materiaalista

Kiinteitettyjen materiaalien kelpoisuuden arviointiin vaikuttavat seuraavat tekijät:

- haitta-aineiden kokonaispitoisuus ja liukoisuus
- kiinteitetyn materiaalin.

Kiinteitettyjen materiaalien kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa voidaan ottaa lähtökohdaksi hyötykäytön kriteerit. Saastuneista maista tehtyjen kiinteitettyjen massojen kaatopaikkakelpoisuusvaatimukset (sijoitus tavanomaiselle kaatopaikalle) on esitetty Tekesin julkaisussa ”Saastuneen maan tutkiminen ja kunnostus” (ks. taulukko 21).

Muiden kuin hyötykäyttökriteerien käyttöä on tällä hetkellä vaikea suositella, koska kiinteitettyjen materiaalien tutkimuksista on Euroopassa vielä melko vähän kokemuksia. Kiinteityksessä saavutetaan yleensä taulukossa 21 esitetyt liukoisuusominaisuudet. Merkittävin ongelma on materiaalikerrosten pitkäaikaispysyvyyden arviointi. Liukoisuusvaatimusten lieventämisessä tarvitaan vielä perusteellista tutkimusta liukeneemisilmiöstä massasijoituskohteissa, joissa on useiden metrien paksuinen kerros kiinteitettyä massaa. Useissa maissa (esim. Itävallassa) on esitetty, että ongelmajätteeksi luokitellusta materiaalista kiinteittämällä saatu massa voidaan sijoittaa ainoastaan tavanomaisen jätteen kaatopaikalle.

Taulukko 21. Ehdotus kiinteitetyn saastuneen maan kaatopaikkasijoituksen edellyttämistä tutkimuksista, sijoitusohjearvoista ja muista sijoitusedellytyksistä. Kaatopaikkasijoitus käsittää myös saastuneen maan käytön kaatopaikoille sijoitettavissa kenttärakenteissa ja muissa vastaavissa kaatopaikoille sijoitettavissa rakenteissa (Mroueh et al. 1996).

Tutkittava ominaisuus ja testisuositus	Ohjearvot	Muut sijoitusedellytykset
Haitta-aineiden pitoisuudet maa-aineksessa (keskiarvopitoisuus)	- Metallit: $\leq 100 \times$ Samase -raja-arvo* - Orgaaniset (ei VOC): $\leq 10 \times$ Samase -raja-arvo* - VOC $\leq 0,05$ % tai osoitettava haihtumisen rajoittaminen	Yhdyskuntajätteen kaatopaikka, jolla on voimassa oleva jätelupa. Sijoitettava siten, että ei ole alttiina kaatopaikan suotovesille***
Liukoisuus, NEN 7345 tai vastaava	Liukoisuus < sijoituspaikkaryhmän 1 B ohjearvon (liite 2)	
Puristuslujuus betoninormien mukaisella testillä	Lujuus ≥ 1 MN/m ²	
Vedenläpäisevyys	$K \leq 10^{-8}$ m/s	
a) Pakkaskestävyys ASTM D560-57 tai vastaava**	12 sykliä ≤ 10 % tai	b) Pintasuojaus > 1 m maakerroksella, vettä läpäisemättömällä kerroksella (asfaltti tai muu materiaali ($K < 10^{-9}$ m/s)) tai muulla vastaavalla routimiselta suojaavalla kerroksella**

* Erityisen haitallisille, heikosti stabiloituville epäpuhtauksille (esim. elohopea, dioksiinit) sallittavat maksimipitoisuudet arvioitava erikseen

** Pakkaskestävyys arvioitava, mikäli materiaalia ei ole routimisen estämiseksi suojattu kohdan b) mukaisesti

*** Esim. erillisille alueelle tai eristettynä muusta jätteestä $\geq 0,5$ m:n vettä läpäisemättömällä ($K \leq 10^{-9}$ m/s) mineraalieristeellä tai vastaavalla.

4.2.7 Vertailut muissa maissa esitettyihin kriteereihin

Liitteeseen D on kerätty Saksan, Itävallan ja Hollannin kelpoisuusvaatimuksia. Useissa maissa kelpoisuusvaatimukset perustuvat juomavesistandardeihin eli on arvioitu, että ravistelutestin (yleensä L/S-suhteessa 10) suodoksen metallipitoisuuksia tulisi verrata juomavesistandardeihin. Kriteerit on useissa maissa valittu todennäköisesti siten, että tietyt jätteet olisivat sijoituskelpoisia tietyille sijoituspaikoille.

Eri maiden kaatopaikkasijoitukselle esitetty liukoisuusraja-arvot poikkeavat toisistaan jonkin verran. Esimerkiksi pysyväälle jätteelle kuudenarvoiselle kromille on Saksassa esitetty merkittävästi tiukemmat enimmäispitoisuusarvot kuin Itävallassa. Joiltakin tärkeiltä aineilta, kuten molybdeeniltä, puuttuu enimmäispitoisuusarvo kokonaan Saksassa ja Itävallassa.

Mikäli taulukoissa 14–17 esitettyjä liukoisuusarvoja verrataan pysyväälle jätteelle esitettyihin liukoisuusvaatimuksiin, todetaan seuraavaa:

- Luonnonmateriaalien liukoisuusarvot eivät ylitä pysyväälle jätteelle annettuja enimmäisliukoisuusarvoja.
- Betonimurskeen liukoisuusarvot eivät yleensä ylitä pysyväälle jätteelle annettuja enimmäisliukoisuusarvoja.
- Lentotuhkan liukoisuusarvot ylittävät selvästi Saksassa ja Itävallassa pysyväälle jätteelle annetut liukoisuusarvot.

5. KELPOISUUDEN ARVIOINTI TIETYLLE KAATOPAIKALLE – MENETTELYTAPASUOSITUKSET

Kaatopaikkaluokka määräytyy yksiselitteisesti jätteen laadun perusteella. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista antaa kuitenkin mahdollisuuden poiketa kaatopaikkojen pohja- ja pintarakenteille annetuista vaatimuksista edellyttäen, että poikkeavan rakenneratkaisun käyttäminen johtaa enintään samansuuruiseen ympäristön kuormittamiseen kuin vähimmäisvaatimukset täyttävän rakenteen käyttäminen. Toistaiseksi ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä siitä, miten kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten lieventämismahdollisuudet selvitetään.

Tässä luvussa esitetään yleiset toimintaohjeet jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi ja menettelytapa, jolla voidaan tietyissä tapauksissa selvittää, onko mahdollista lieventää kaatopaikalle asetettuja vaatimuksia. Ohjeet ovat seikkoja, jotka on huomioitava kyseisissä tapauksissa. Lähinnä luettelomuodossa esitetyt ohjeet ovat mahdollisimman yksinkertaisia ja käytännönläheisiä.

Lopullisen päätöksen jätteen sijoituksesta tekee aina jätehuoltoviranomainen.

5.1 JÄTTEEN KAATOPAIKKAKELPOISUUSARVIOINNIN ERI VAIHEET

Taulukossa 22 on esitetty luettelo asioista, jotka pitää huomioida tai selvittää, kun halutaan arvioida teollisuusjätteen kaatopaikkakelpoisuutta. Jokainen arviointitapaus on erilainen ja tapauskohtaisuutta on syytä korostaa. Täten kaikkia esitettyjä kohtia ei ole aina tarkoituksenmukaista käydä läpi yhtä huolellisesti.

Taulukko 22. Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnin pääpiirteet.

Toiminta	Selvitettävät tiedot / huomioitavat tai dokumentoitavat asiat	Vastuutaho
Riittävien taustatietojen kerääminen	<ul style="list-style-type: none"> Perustiedot jätteen muodostumisprosessista Tiedot lähtömateriaaleista (esim. käyttöturvallisuustiedotteet) Jättemäärän arviointi (t/a) 	Jätteen tuottaja
Testaustarpeen arviointi	<ul style="list-style-type: none"> Suunniteltu sijoitusluokka (kaatopaikkaluokka) Jätteen sisältämien haitta-aineiden kartoitus Haitta-aineiden kokonaispitoisuuksien määrittäminen (mg/kg) Jätteen ja haitta-aineiden yleiset ja ympäristöominaisuudet Sijoittamisen yleiset riskit 	Jätteen tuottaja, asiantuntija, testauslaboratorio
Näytteenoton suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> Suurten jätevirtojen laatuvaihtelun selvittäminen Näytteen luonne (kokoomanäyte vai kertaanäyte?) Näytteenoton edustavuuden takaaminen 	Jätteen tuottaja, asiantuntija, viranomainen
Näytteenotto	<ul style="list-style-type: none"> Näytteenotto yleensä vain normaalissa ajotilanteessa Näytteenottaja ja näytteenottajan pätevyys Näytemäärä 	Jätteen tuottaja, asiantuntija, viranomainen
Testausohjelman laadinta	<ul style="list-style-type: none"> Testaustarpeen arvioiminen Haittaominaisuuksien (esim. kokonaispitoisuusmääritykset) tutkimuksiin soveltuvien menetelmien valinta (menetelmien soveltuvuusalue, rajoitukset) Sopivan liukoisuustestin / sopivien testien valinta (karakterisointitestit / laadunvalvontatestit) Analysoitavien komponenttien valinta (esim. liukenevat haitta-aineet) 	Testauslaboratorio
Laboratorionäytteen valmistus	<ul style="list-style-type: none"> Esikäsittelytarpeen selvittäminen Esim. kuivaus, murskaus, seulominen, jakaminen testimenettelyn mukaan Kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen 	Testauslaboratorio
Testaus	<ul style="list-style-type: none"> Testien suorittaminen Haitta-aineiden analysoiminen Testitulosten käsittely ja raportointi 	Testauslaboratorio
Tulosten arviointi	<ul style="list-style-type: none"> Testien riittävyyden ja soveltuvuuden arvioiminen ja toteaminen 	Testauslaboratorio, asiantuntija
Laaduntarkkailuohjelman laatiminen	<ul style="list-style-type: none"> Karakterisointitestien ja laadunvalvontatestien välisten korrelaatioiden selvittäminen Jätteen kaatopaikkasijoituksen kannalta oleellisten ominaisuuksien tunnistaminen 	Asiantuntija
Lausunto	<ul style="list-style-type: none"> Lausunto jätteen sijoituskelpoisuudesta 	Asiantuntija
Jätteen luokittelu ja sijoituspäätös	<ul style="list-style-type: none"> Jätteen sijoituspäätös Kaatopaikan eristerakenteet 	Viranomainen

5.2 JÄTTEIDEN LUOKITTELUSSA HUOMIOITAVIA SEIKKOJA

Valtioneuvoston päätöksessä on esitetty yleinen määritelmä pysyvän jätteen ominaisuuksista (ks. luku 2.1.1.). Se antaa mahdollisuuksia tulkinnalle. Ongelmana on lähinnä jätteiden luokitteluperusteiden puute. EU:ssa valmistellaan kuitenkin tällä hetkellä yleisiä luokitteluperiaatteita tietyille jätteiden ominaisuuksille (esim. orgaanisen aineen osuudelle ja liukoisuudelle), mutta todennäköisesti luokittelun tulkinnan mahdollisuus säilyy tulevaisuudessakin, sillä kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa joudutaan ottamaan huomioon kaikki jätteiden ominaisuudet.

Asiantuntija ja testauslaboratorio esittävät taustatiedot ja perusteet jätteiden sijoituskelpoisuudelle. Tärkeänä osana kelpoisuusarviota on perusteiden esittäminen selkeästi ja ymmärrettävästi. Tärkeää on myös, että tehtyjä ratkaisuja voidaan jälkikäteen tarkistaa, kun materiaalien ominaisuuksista tai haittaominaisuuksien ympäristöhaitoista tulee lisätietoja (esim. yhtenäisiä EU-kriteerejä), jolloin testausta ja näytteenottoa ei tarvitse uusia.

5.2.1 Maarakentamisessa vapaasti hyötykäytettävät sivutuotteet

Pysyvän jätteen kaatopaikalle voidaan sijoittaa vain sellaisia jätteitä, joiden ympäristövaikutukset ovat vähäisiä. Pysyvän jätteen kaatopaikan rakenteet ovat samankaltaisia kuin hyötykäyttörakenteet, mutta erona ovat lähinnä sijoitettavat määrät ja sijainti. Teollisuuden sivutuotteet voidaan luokitella pysyviksi, jos niiden hyötykäyttö maarakentamisessa on lähes vapaata (ks. luvussa 4.2.4 esitettyjä kriteerejä). Lisäksi ympäristövaikutusten arvioimiseksi tarvitaan samat tiedot riskitekijöistä kuin maarakentamisessa.

Esimerkkinä pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoituskelpoisesta jätteestä on betonimurske. Toisena esimerkkinä on *lähes* puhdas maa. Mikäli poistettavassa maakerroksessa on vain muutamia kohtia, joissa pitoisuudet ovat lähellä raja-arvoja ja muuten tutkitut pitoisuudet ovat lähellä puhtaan maan tavoitearvoja, on VTT yleensä pitänyt poistettavia massoja sijoituskelpoisina pysyvän jätteen kaatopaikalle.

5.2.2 Tietyillä rajoituksilla maarakentamisessa hyötykäytettävät sivutuotteet

Tavanomaisen jätteen kaatopaikkarakenteet on mitoitettu jonkin verran päästöjä aiheuttaville jätteille. Jätteen ympäristövaikutuksia voidaan pitää pieninä, jos jätteen ominaisuudet ovat lähellä hyötykäyttökelpoisuuden arviointiin annettuja raja-arvoja. Tällaisille materiaaleille on perusteltua selvittää sijoituskelpoisuus kaatopaikalle, jonka

rakennevaatimukseen (erityisesti pohjarakenteet) on tehty lievennyksiä. Arvio joudutaan tekemään tapauskohtaisesti. Hyväksyttävät kaatopaikkarakenteet riippuvat paitsi jätteen ominaisuuksista myös kaatopaikkaolosuhteista (sijoitettava määrä, muut mahdolliset jätteet) sekä erityisesti kaatopaikan sijainnista. Itävallassa ja Tanskassa on ehdotettu ns. jäännösmateriaalien kaatopaikkaluokkaa, joka olisi alaluokkana tavanomaisen jätteen kaatopaikkaluokassa.

Esimerkiksi kivihiilen lentotuhkaa voidaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Lentotuhkan ympäristövaikutukset kaatopaikkasijoituksessa ovat kuitenkin pieniä. Taulukon 17 mukaan kivihiilen lentotuhkalle esitetyn esimerkkitapauksen suotoveden laimennustarve on luokkaa 10, jotta pitoisuudet olisivat lähellä esim. vesieliöiden suojelemiseksi annettuja ohjearvoja. Lentotuhkaa voidaan VTT:n käsityksen mukaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, jonka rakenteessa on lievennyksiä. Lievennysratkaisut riippuvat kuitenkin pitkälti sijainnista.

Jätteille, jotka sijoitetaan lievennetyin perustein rakennetulle tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, tarvitaan lähes yhtä perusteelliset tutkimukset kuin jätteiden maarakentamisen hyötykäyttökelpoisuuden arvioinnissa.

5.2.3 Kiinteytetyt materiaalit

Kiinteytettyjen materiaalien luokittelussa tulisi huomioida lähtömateriaalin ominaisuudet (esim. haitta-aineiden kokonaispitoisuudet) ja pysyvyys kiinteytettynä. Mikäli jäte ennen kiinteytystä luokitellaan ongelmajätteeksi, voidaan jäte kiinteytettynäkin sijoittaa vain tavanomaisen jätteen kaatopaikalle tai erikoiskaatopaikalle. Vaikka kiinteytetyn massan liukoisuusarvot eivät ylittäisi esim. hyötykäyttökriteerejä, ei yleensä haluta ottaa riskejä jätteen pitkäaikaiskestävyyden suhteen. Muista kuin ongelmajätteistä kiinteytetyjä massoja voidaan sijoittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle, jos hyötykäyttökriteerit alittuvat ja jos jätteen sisältämistä haitta-aineista (esim. pitoisuusvaihteluväli massassa, liukoisuusominaisuudet ennen kiinteytystä) sekä pitkäaikaiskestävyydestä on sijoituskohteessa perusteelliset tiedot.

5.3 KAATOPAIKKARAKENTEITA KOSKEVAT POIKKEUKSET

Valtioneuvoston päätöksessä kaatopaikoista (861/97/muutos 1049/99) todetaan seuraavaa: ”Lupaviranomainen voi päätöksellään *lieventää* VNp:n kohdassa 2–4 (Vesien hallinta ja käsittely, Maaperän ja vesien suojelu, Kaatopaikkakaasun hallinta) tarkoitettuja vaatimuksia

- kaatopaikkavesien keräämisestä yhteen ja käsittelystä
- kaatopaikan pohja- ja pintarakenteista tai
- kaatopaikkakaasun keräämisestä yhteen ja hyödyntämisestä tai käsittelystä,

jos kaatopaikan pitäjä kaatopaikan terveys- ja ympäristövaikutusten kokonaisarvioinnin perusteella luotettavasti osoittaa, ettei kaatopaikasta ja jätteiden sijoittamisesta sille voi aiheutua pitkänkään ajan kuluessa jätelaissa tai -asetuksessa taikka valtioneuvoston päätöksessä tarkoitettua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle eikä jätelain 22§:n 1 momentissa tarkoitetun maaperän saastuttamiskiellon rikkomista.”

Kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten lieventämismahdollisuuksien selvitystyö perustuu aina *jätteen laatuun ja sijoituspaikan ympäristöolosuhteisiin*. Mikäli jäte ei ole laadultaan pysyvää, mutta kuitenkin ominaisuuksiltaan hyvin selkeästi lähellä pysyvää jätettä, voidaan harkita lievennettyjä vaatimuksia kaatopaikkarakenteille. Lopulliset lieventämismahdollisuudet riippuvat kohteen ympäristöstä. Liitteessä E on käyty yleispiirteisesti läpi niitä seikkoja, jotka täytyy huomioida lieventämismahdollisuuksia selvittäessä ja esitetään toimintatapa kyseiselle menettelylle. Käytettävä lähestymistapa ja selvitettävät seikat on kuitenkin aina määritettävä tapauskohtaisesti.

6. YHTEENVETO

Raportissa tarkastellaan mineraalisten sivutuotteiden kelpoisuutta pysyvän ja tavanomaisen jätteen kaatopaikoille. Tutkimus rajattiin teollisuuden mineraalisiin sivutuotteisiin tai jätteisiin, joita esimerkiksi laatuvaihtelujen tai rajoitetun käyttötarpeen takia ei voida hyödyntää maarakentamisessa. Erityisesti energian tuotannossa syntyvää lentotuhkaa, rikinpoistotuotetta tai kuonaa saatetaan nykyisin sijoittaa kaatopaikalle, jonka rakenne ei täysin vastaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle esitettyjä vaatimuksia. Muita esimerkkejä epäselvistä kaatopaikkaluokittelutapauksista ovat lisäksi lievästi saastuneiden, jo käsiteltyjen maiden – esimerkiksi kiinteytettyjen maamassojen – loppusijoituskelpoisuuden arvioinnit. Arviointiin tarvittavien taustaselvitysten laajuus ja mahdolliset arviointitavat ovat vielä tällä hetkellä epäselviä.

Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/97/muutos 1049/99) on linjassa Euroopan unionin neuvoston vuonna 1999 hyväksymän kaatopaikkadirektiivin (99/31/EY) kanssa. Kaatopaikkadirektiivin hyväksymisen myötä Euroopassa perustettiin komitea, jonka tehtävänä on vuoteen 2002 mennessä sopia yhteisistä kaatopaikkakelpoisuuskriteereistä EU-maille. Suomen on kriteerien hyväksymisen jälkeen saatettava ne kansallisesti voimaan.

Nykylainsäädännön mukaan (861/97/muutos 1049/99) kaatopaikat luokitellaan kolmeen ryhmään: pysyvän jätteen kaatopaikkoihin, tavanomaisen jätteen kaatopaikkoihin ja ongelmajätteen kaatopaikkoihin. Valtioneuvoston päätöksen liitteessä on esitetty kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnin yleiset periaatteet. Arvioitaessa sivutuotteen tai jätteen kelpoisuutta tietyille kaatopaikkatyypille on huomioitava sekä sijoitusympäristön olosuhteet että jätteen ominaisuudet. Kaatopaikkasijoituksessa sivutuotteiden mahdolliset haittatekijät voivat olla esimerkiksi joitakin seuraavista:

- Sivutuotteen suora toksisuus tai haitallisuus
 - esimerkiksi kuudenarvoisen kromin kokonaispitoisuuden vaikutukset ihmisille, eläimille ja vesieliöille
- Liukoisuusominaisuudet
 - seurauksena haitallisten aineiden kulkeutuminen ympäristöön
- Biologisen toiminnan vaikutukset
 - esimerkiksi haihtuvien ja liukoisten rikkipitoisten yhdisteiden muodostuminen tietyssä mikrobiympäristössä
 - esimerkiksi pH-redox-ympäristön muutos
- Reaktiivisuus erityisesti veden kanssa
 - esimerkiksi pysyvyys sijoitusympäristössä.

Ympäristöriskiä kuvaavat seurattavat ominaisuudet ovat samoja kuin sivutuotteiden hyötykäyttökelpoisuuden arvioinnissa. Esimerkkejä tutkittavista ominaisuuksista ovat

- jätteen koostumus
 - esim. karkea arviointi muodostumistavan perusteella tai kemiallinen analysointi
- jätteen olomuodon karakterisointi
 - esim. ominaisuudet joiden kautta voidaan arvioida jätteen käsiteltävyys kaatopaikalla, kuten tahmeus, liettyminen veden kanssa
- haitallisten aineiden määrä ja niiden ominaisuuksien arviointi
- liukoisuusominaisuudet
- reaktiivisuus
 - esimerkiksi kaasun muodostusvaara
 - liettyminen
- biologinen hajoavuus
 - erityisesti pysyvän jätteen kaatopaikkajätteille sijoitettaville jätteille
- jätteen ja jätteestä muodostuvan kaatopaikkaveden ekotoksikologiset ominaisuudet.

Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arvioimiseksi tarvittavien tutkimusten laajuus riippuu jo olemassa olevan taustatiedon määrästä, muodostumistavasta ja sijoitettavasta jätemäärästä, jätteen laadusta (mm. kokonaispitoisuudet) ja laatuvaihteluista sekä suunnitellusta sijoituskohteesta. Taustatietojen avulla tarkastelu osataan kohdistaa kaatopaikkasijoituksen kannalta oleellisiin asioihin.

Jätteiden ominaisuuksien tutkimuksissa tulisi, mikäli mahdollista, käyttää jätteiden tutkimiseen kehitettyjä standardoituja testejä. Jätteiden kelpoisuustutkimuksissa on tärkeänä osana liukoisten aineiden arviointi lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Esimerkkejä soveltuvista testeistä on esitetty raportissa. Ekotoksikologisten ominaisuuksien testausmenetelmien standardointi on vasta alkamassa ja todennäköisesti kuluu vielä vuosia ennen kuin luotettavia menetelmiä ja niihin liittyviä tulkintaohjeita on saatavissa.

Jätteen perusmäärittelyyn ja karakterisointiin liittyvä testaustulosten arviointi sekä jätteen sijoituskelpoisuuslausuntojen antaminen ovat asiantuntijan tehtäviä. Tässä yhteydessä asiantuntija voi laatia – yhteistyössä jätteen tuottajan tai viranomaisen tai molempien kanssa – esimerkiksi erillisen jätteen laaduntarkkailuohjelman. Laaduntarkkailuun liittyvät arvioinnit voidaan usein tehdä rutiinimaisesti ilman asiantuntijan lausuntoja.

Käytännön ongelmana sivutuotteiden tai jätteiden kaatopaikkasijoituksessa on tällä hetkellä jätteiden luokitteluperusteiden puute, kun ns. raja-arvoja eri sijoitusluokille ei ole määritelty. Tässä vaiheessa, kun odotetaan EU:n mahdollisia yhteisiä kaatopaikkakelpoisuuskrityerejä, ei voida esittää tulosten tulkintaan yksiselitteisiä kelpoisuusarvoja, vaan lähinnä tapauskohtaiseen tarkasteluun soveltuvia lähestymistapoja ja vertailuarvoja.

VTT:n käsityksen mukaan kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa Suomessa voidaan nykyisin ja todennäköisesti myös tulevaisuudessa käyttää seuraavia lähestymistapoja:

- tapauskohtainen tarkastelumalli (skenaarioiden tarkastelu)
- nykyinen käytäntö (esim. minimivaatimuksena säilyttää nykyiset kelpoisuuskrityerit)
- hyötykäyttökrityerien soveltaminen kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa
- vertailevat tutkimukset, ts. verrataan sijoitettavien jätteiden ominaisuuksia tyyppi-tapauksiin, joissa tietyt jätetyypit on määritelty kaatopaikkakelpoisiksi esimerkiksi pysyvän jätteen kaatopaikalle.

Yleisiä kaatopaikkakelpoisuuden arviointiperiaatteita ovat VTT:n näkemyksen mukaan seuraavat:

Pysyvä jäte:

Mikäli sivutuotteen haitta-ainepitoisuudet alittavat maaperälle annetun tavoitearvon (ohjearvon), kyseistä sivutuotetta voidaan pitää haitattomana ja se voidaan sijoittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle. Mikäli pitoisuudet ylittävät mainitut arvot, on haitta-aineiden ominaisuudet (esim. liukoisuusominaisuudet) selvitettävä tarkemmin ennen jätteen sijoittamista kaatopaikalle. Myös vapaasti hyötykäytettävälle materiaalille annettuja krityereitä (esim. liukoisuus, haitta-ainepitoisuus) voidaan soveltaa pysyvän jätteen kaatopaikalle tarkoitetuille jätteille.

Jätteen osoittaminen pysyväksi jätteeksi edellyttää perusteellisia taustatietoja kaikista riskitekijöistä. Pysyvän jätteen kaatopaikalle ei tulisi ottaa vastaan ominaisuuksiltaan ja luokittelultaan epävarmoja jätelajeja. Pysyvän jätteen ominaisuuksien olisi oltava luonnonmateriaalien kaltaisia.

Tavanomainen jäte:

Kaatopaikalle voidaan yleensä sijoittaa sellaisia jätteitä, joiden päästöjä voidaan pitää kohtuullisina. Esimerkiksi polttoprosessin tuhkassa tai kuonassa voidaan haitta-aineen olettaa esiintyvän oksideina tai silikaatteina, jolloin niihin sitoutuneet metallit ovat niukkaliukoisia. Esimerkkejä soveltuvista hyväksyttävyysskrityereistä ovat esimerkiksi saastuneen maan raja-arvot. Näitä sivutuotteita voidaan pitää kaatopaikkakelpoisina, jos

haitta-aineiden kokonaispitoisuudet alittavat kyseisille aineille annetut raja-arvot. Mikäli pitoisuudet ylittävät raja-arvot, on haitta-aineiden ominaisuudet selvittävä tarkemmin.

Erikoistapaukset:

Kaatopaikkaluokka määräytyy yksiselitteisesti jätteen laadun perusteella. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista antaa kuitenkin mahdollisuuden poiketa kaatopaikkojen pohja- ja pintarakenteille annetuista vaatimuksista edellyttäen, että poikkeavan rakenneratkaisun käyttäminen johtaa enintään samansuuruiseen ympäristön kuormittamiseen kuin vähimmäisvaatimukset täyttävän rakenteen käyttäminen. Mahdollisten päästöjen hyväksyttävyys arvioidaan tapauskohtaisesti huomioiden sivutuotteen ominaisuudet, sijoitustapa ja sijoitusympäristö. Jätteen ympäristövaikutuksia voidaan pitää pieninä, jos jätteen ominaisuudet ovat lähellä hyötykäyttökelpoisuuden arviointiin annettuja raja-arvoja. Tällaisille materiaaleille on perusteltua selvittää sijoituskelpoisuus kaatopaikalle, jonka rakennevaatimuksiin (erityisesti pohjarakenteet) on tehty lievennyksiä. Arvio joudutaan tekemään tapauskohtaisesti. Hyväksyttävät kaatopaikkarakenteet riippuvat paitsi jätteen ominaisuuksista myös kaatopaikkaolosuhteista (sijoitettava määrä, muut mahdolliset jätteet) sekä erityisesti kaatopaikan sijainnista. Jätteille, jotka sijoitetaan lievennetyin perustein rakennetulle tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, tarvitaan lähes yhtä perusteelliset tutkimukset kuin jätteiden maarakentamisen hyötykäyttökelpoisuuden arvioinnissa.

Tässä tiedotteessa esitetään mahdollisimman käytännönläheisesti sivutuotteiden tai jätteiden tutkimusvaiheet ja erilaiset lähestymistavat jätteen sijoituskelpoisuuden arvioimiseksi eri kaatopaikkatyypeille. Esimerkkimateriaaleina on tarkasteltu betonimurskettä ja lentotuhkaa. Raportissa on myös tarkasteltu huomioitavia seikkoja silloin, kun tapauskohtaisesti halutaan selvittää, onko mahdollista lieventää kaatopaikalle asetettuja vaatimuksia.

7. Lähdeluettelo

Anon. 1997. Affaldsdeponering. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 9, 1997. Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen. 100 s.

Anon. 1996. Federal Law Gazette for the Republic of Austria. No 164/1996. Issued on April 10th, 1996.

Anon. 1994. Characterization of Waste in Europe, State of the Art. Final Draft. Delft: CEN/TC 292.

CCME 1994. Canadian Water Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment.

CROW 1994. Uitloggen op karakter. Handboek Uitloogkarakterisering. II Materialen. The Netherlands: Ede.

DIN 38414 S4. 1984. German Standard Procedure for Water, Wastewater and Sediment testing - Group S (Sludges and sediments); Determination of leachability (S4). Berlin: Institut für Normung.

Doedens & Theilen 1992, ref. M. Pelkonen. 1997. Kaatopaikkavesien käsittelyvaihtoehtoista. Seminaariesitys. Esitetty koulutustilaisuudessa "Kaatopaikat ja jäteluettelo", 13.2.1997, SYKE, Helsinki.

Efroymson, R. A., Suter, G. W. II, Sample, B. E. & Jones, D. S. 1997. Preliminary Remediation Goals for Ecological Endpoints. Oak Ridge: U.S. Department of Energy, ES/ER/TM-162/R2. 24 s. + liitt. 8 s.

ENV 12506 (1999): Characterization of waste—Chemical analysis of eluates—Determination of pH, As, Cd, CrVI, Cu, Ni, Pb, Zn, Cl⁻, NO₂⁻, SO₄²⁻. Brussels: European Committee for Standardization.

ENV 13370 (2000) Characterization of waste—Chemical analysis of eluates—Determination of Ammonium-N, AOX, conductivity, Hg, phenol index, TOC, CN⁻_{easily liberatable}, F⁻. Brussels: European Committee for Standardization.

ENV 12920. 1997. Characterization of waste—Methodology Guideline for the Determination of the Leaching behaviour of Waste under Specified Conditions. Brussels: European Committee for Standardization.

EPA. 1990. Land disposal restriction. Federal Register Vol. 55 (March 29th). s. 11863–11857.

EPA. 1980. Identification and listing of hazardous waste, Federal Register Vol. 45 (May 19th). s. 33084–33133.

Euroopan yhteisö. Neuvoston direktiivi 1999/31/EY, annettu 26 päivänä huhtikuuta 1999, kaatopaikoista. *Virallinen lehti nro L 182 , 16/07/1999 S. 0001 - 001*.

Hjelmar, O., Christensen, T. H. ja Ludvigsen, K. 1996. Preliminary study of the possibilities of classifying waste products for utilization. Draft report for the Danish EPA (in Danish).

Johansson, H.G., Ydrevik, K. & Arvidsson, H. 1996. Crushed concrete—a material for use in construction of roads. Linköping: VTI Notat 1-1996.

Kohtamäki, T. 1995. Teollisuusjätteiden käyttö maarakentamisessa Satakunnan alueella. Lisensiaatintutkimus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakennustekniikan osasto.

Karstensen, K. H. 1996. Nordic Guideline for Chemical Analysis of Contaminated Soil Samples. Espoo: Nordtest, NT Techn Report 329. 159 s.

Kälvesten, E. 1996. Miljömässig karakterisering av vägbyggnadsmaterial (Laboratory study of the leaching from road building materials). Linköping: University of Linköping. Examensarbete. LiU-IFM-Kemi-Ex504.

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. ja Salminen, R. 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia-purovedet ja sedimentit. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 149 s.

Latvala, M. 1999. Kokemuksia bulk-materiaalin näytteenotosta. Eurolab-Finland seminaari 16.3.1999. Näytteenotto ja mittauksen epävarmuus.

Lääkintöhallituksen yleiskirje nro 1977/90.

Mroueh, U.-M., Järvinen H.-L. & Lehto, O. 1996. Saastuneiden maiden tutkiminen ja kunnostus. Teknologia katsaus 47/96. Helsinki: Teknologian kehittämiskeskus. 194 s.

Mulder, E. 1991. The Leaching behaviour of Some Primary and Secondary Raw Materials Used in Pilot-scale Road bases. In: Waste Material in Construction. Ed. J. J. J. R. Goumans, H. A. van der Sloot & Th. G. Aalbers. Elsevier Science Publishers. s. 255–264.

Mannio, J., Verta, M., Järvinen, O. 1993. Trace metal concentrations in the water of small lakes, Finland. *Applied Geochemistry*, nro 2, s. 57–59.

Miljöstyrelsen. 1997. Miljöstyrelsens udkast til Vejledning om oprydning af forurenede lokaliteter. Danmark.

Mäkelä, E., Wahlström, M., Pihlajaniemi, M., Mroueh, U.-M., Keppo, M. & Rämö, P. 1999. Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteet ja lentotuhka maarakentamisessa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1952. 61 s. + liitt. 3 s.

Mäkelä, E., Wahlström, M., Mroueh, U.-M., Keppo, M. & Rämö, P. 1995, Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteiden ja lentotuhkan hyötykäyttö maarakentamisessa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Julkaisuja 809. 78 s. + liitt. 8 s.

NEN 7343. 1992. Leaching characteristics of building materials and solid waste material –Leaching tests–Determination of leaching characteristics of inorganic components from granular and building waste materials. Delft: NNI.

NT ENVIR 002. 1995. Solid waste, granular inorganic material: Column test. Espoo: Nordtest.

NT ENVIR 004. 1996. Solid waste, particulate materials: Sampling. Espoo: Nordtest.

NT ENVIR 005. 1998. Leaching test procedure for granular waste materials: Serial Compliance Batch Leaching Test.

Orkas, J., Vehmas, M., Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1999. Valimoiden ylijäämähiekan hyötykäyttö- ja sijoituskelpoisuus. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Valimotekniikan laboratorio. TKK-VAL-1. 40 s. + liitt. 20 s.

prEN 12457. (1998). Characterization of waste–Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials. Determination of the leaching of constituents from granular waste materials and sludges. Brussels: European Committee for Standardization.

prEN 13137 (1999): Characterization of waste–Determination of total organic carbon (TOC) in waste. Brussels: European Committee for Standardization.

prEN 13656 (1999) Characterization of waste – Microwave assisted digestion with hydrofluoric (HF), nitric (HNO₃) and hydrochloric (HCl) acid mixture for subsequent determination of elements in waste. Brussels: European Committee for Standardization.

prEN 13657 (1999) Characterization of waste – Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements in waste. Brussels: European Committee for Standardization.

prEN 14039 (2000). Characterization of waste - Determination of hydrocarbon content in the range of C10-C40 by gas chromatography. Brussels: European Committee for Standardization.

Pelkonen, M. 1997. Kaatopaikkavesien käsittelyvaihtoehdoista. Seminaariesitys. Esitetty koulutustilaisuudessa ”Kaatopaikat ja jäteluettelo”, 13.2.1997, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Sigfrid, L. 1993. Miljöstörande material i rivningsavfall. Reforsk FoU 81.

Sorvari, J. 2000. Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 421. 119 s. + liitt. 25 s.

Tossavainen, M. & Forssberg, E. 1999. The potential leachability from natural road construction materials. The Science of the Total Environment Vol. 239. s. 31-47.

Vaajasaari, K., Dahlbo, H. & Pönni, S. 1997. Liukoisuustestit jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden määrittämisessä. Väliraportti. Hämeenlinna: Hämeen ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut no 47. 76 s.

Vaajasaari, K., Dahlbo, H., Joutti, A., Schultz, E., Ahtiainen, J., Nakari, T., Pönni, S. & Nevalainen, J. 1998, Liukoisuus- ja biotestit jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden määrittämisessä. Loppuraportti. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 202. 84 s.

Vaajasaari, K., Joutti, A., Schultz, E., Ahtiainen, J. & Kulovaara, M. 2000. Liukoisuus- ja myrkyllisyystestit orgaanisia haitta-aineita sisältävien jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arvioinnissa. Loppuraportti. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus. Alueelliset ympäristöjulkaisut 198. 82 s.

Valtioneuvoston päätös (861/97) kaatopaikoista. Annettu Helsingissä 4 päivänä syyskuuta 1997.

Wahlström, M., Eskola, P., Laine-Ylijoki, J., Leino-Forsman, H., Mäkelä, E., Olin, M & Juvankoski, M. 1999. Maarakentamisessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden riskinarviointi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1995. 79 s. + liitt. 54 s.

Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1997. Ympäristötekijät ja niiden tutkiminen maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien liukoisuustutkimuksissa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1852. 78 s. + liitt. 12 s.

Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1996a Standardoidut liukoisuustestimenetelmät maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien ympäristötestauksessa. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1801. 44 s. + liitt. 16 s.

Wahlström, M. & Laine-Ylijoki, J. 1996b. Mineraalisen rakennusjätteen kierrätys–Mineraalisen rakennusjätteen laadunvarmistusjärjestelmä. Espoo: VTT Kemia-tekniikka. Julkaisematon.

Ympäristöministeriö. 1997. Jäteasetuksen mukaisten jätteen ominaisuuksien selvittäminen. Muistio 13.2.1997.

Ympäristöministeriö. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti. Loppuraportti. Helsinki: Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto Muistio 5/1994. 218 s.

Liite A: CEN/TC 292 "Characterization of waste"

1. Komitean tausta ja työn merkitys

CEN:in alaisuuteen perustettiin keväällä 1992 jätteiden testaukseen ja analysointiin keskittyvä teknillinen komitea TC 292 "Characterization of waste". Komitean tehtäväalueena ovat jätteiden ominaisuuksien ja käyttäytymisen, *erityisesti liukoisuusominaisuuksien*, määrittämiseen liittyvät menetelmät sekä niihin liittyvä terminologia. Standardointityö liittyy läheisesti myös Suomea koskevaan EU-kaatopaikkadirektiiviin. Direktiivissä esitetään vähimmäisvaatimukset eri kaatopaikka-luokkiin hyväksyttävälle jättemateriaaleille. Standardointityössä määritellään jätteiden laadun tutkimuksessa käytettävät menetelmät, jotka siten tulevat myös Suomessa pakollisiksi analyysi- ja testausmenetelmiksi. Suomen kannalta on näin ollen tärkeää olla vaikuttamassa menetelmien valintaan ja kehittämistyöhön. Työn tuloksia voidaan hyödyntää myös hyötykäyttömateriaalien ympäristövaikutusarvioinnissa.

2. Työn organisointi

Komitean alaisuudessa toimii tällä hetkellä seitsemän työryhmää (WG), joista kahdessa standardoidaan liukoisuustestejä:

WG1: Näytteenottotekniikat

WG2: Liukoisuustestit rutiinitutkimuksissa

WG3: Liukoisuustesteissä saadun vesiutteen analysointimenetelmät

WG4: Terminologia

WG5: Jätteen analysointimenetelmät

WG6: Liukoisuustestit jätteen karakterisoinnissa

WG7: Ekotoksikologiset testit.

Liukoisuustestejä standardoidaan kahdessa työryhmässä. Työryhmä WG6 perustettiin vuonna 1994 työryhmän WG2 rinnalle, koska liukoisuustestien standardointityö katsottiin niin laajaksi. Työt jaettiin siten, että työryhmässä WG2 standardoidaan liukoisuustestejä laadunvalvontaa varten ja työryhmässä WG6 standardoidaan liukoisuustestejä jätteen karakterisointia varten. Käytännössä liukoisuusominaisuuksien perusteellista tutkimista (ns. karakterisointia) tehdään vain suurille jätevirroille, ja yleensä karakterisointi suoritetaan vain kerran, elleivät jätteen laatu tai sijoituspaikkaolosuhteet tai molemmat ole merkittävästi muuttuneet. Vuonna 1999

päätettiin lisäksi perustaa seitsemäs työryhmä, jonka tehtävänä on standardoida jätteiden kelpoisuuden arviointiin soveltuvat ekotoksikologiset testit.

Liukoisuustyöryhmien työ on ollut useiden maiden kiinnostuksen kohteena ja työryhmissä on käyty varsin vilkkaita keskusteluja. Työryhmien WG2 ja WG6 tuloksiin liittyy myös taloudellisia seikkoja, sillä valitut testimenetelmät vaikuttavat todennäköisesti suoraan jätteiden kaatopaikkakelpoisuuteen.

Komiteatyössä jätteiksi luetaan varsinaisen jätteen lisäksi myös jäännöstuotteet, uusiokäyttöön kelpaavat jätteet, teollisuuden sivutuotteet ja toisioraaka-aineet (secondary raw materials). Sen sijaan räjähdysaine- ja teurasjätteet, radioaktiiviset jätteet, kaasupäästöt ja jätevedet eivät kuulu komitean työkenttään. Komiteassa ei käsitellä raja-arvoja eikä tuotteiden tai prosessien määritelmiä.

Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto vuonna 2000 valmiina tai valmisteilla olevista menetelmistä.

Taulukko 1. Standardointikomiteassa CEN/TC 292 valmisteilla olevat standardi-ehdotukset (tilanne 2000).

Työryhmä (aihe ryhmä)	Standardiehdotus	Tilanne
WG1 (Näytteenotto – Sampling techniques for waste)	Sampling Techniques (CEN/TC292/WG1 Doc. N47 Rev.)	Luonnos lähes valmis. Ehdotus mahdollisesti lausunnolle v. 2001.
	Introduction of the "shop shelves" concept for standardization of waste sampling	Työn alla
WG2 (Laadunvalvontatestit – Leaching test procedures)	PrEN 12457, Parts 1-4 (draft February 2000). Characterization of waste – Leaching – Compliance test for leaching of granular materials and sludges	Standardiluonnos lausunnolla v. 1996 ja 2000. Neljäs menetelmä liitetty standardiin. Todennäköisesti valmis v. 2001.
	Draft compliance test for leaching monolithic materials of regular shape	Työn alla. Todennäköisesti lausunnolle v. 2002.
WG3 (Uuttoliuosten analysointi – Leachates – Analyses and properties)	EN 12506 (1996): Characterization of waste – Chemical analysis of eluates – Determination of pH, As, Cd, CrVI, Cu, Ni, Pb, Zn, Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₄ ²⁻ (CEN Draft prENV 12506, September 1996)	Hyväksytty
	EN 13370 (2000) Characterization of waste – Chemical analysis of eluates – Determination of Ammonium-N, AOX, conductivity, EOX, Hg, phenol index, TOC, CN ⁻ easily liberatable, F ⁻	Hyväksytty
	pr EN 13137 (1999): Characterization of waste – Microwave assisted digestion with aqua regia for subsequent determination of the acid soluble portion of metals in waste	Lausunnolla, standardiluonnos tarkistettu 2000
	pr EN 13657 (1999) Characterization of waste – Digestion for subsequent determination of aqua regia soluble portion of elements in waste	Lausunnolla, standardiluonnos tarkistettu v. 2000
WG4 (Terminologia – Terminology)	List of material related terms (CEN/TC292/WG4 Doc. N54)	Tekeillä
WG5 (Jätteiden analyysit – Analysis of waste)	prEN 13137 (1999): Characterization of waste – Determination of total organic carbon (TOC) in waste	Standardiluonnos valmis. Lausunnolla v. 1998. Hyväksytty
	prEN 14039 (2000): Characterization of waste. Determination of hydrocarbons by gaschromatography	Lausunnolla v. 2001
	Characterization of waste. Gravimetric determination of hydrocarbons. Extraction method	Tekeillä
	Determination of total halogens and total sulfur in waste by oxygen/hydrogen flame combustion (Wickbold method)	Tekeillä
	Characterization of waste – Determination of dry residue and water content	Tekeillä
WG6 (Liukoisuustestien karakterisointi – Basic characterization test for leaching behaviour)	ENV 12920 (1997): Characterization of waste – Methodology Guideline for the Determination of the Leaching Behaviour of Waste under Specified Conditions	Hyväksytty
	Continuously controlled pH stat method	Tekeillä
	Upflow percolation test	Lähes valmis. Lausunnolle v. 2001

3. Työryhmien aikaansaannoksia

Näytteenottotyöryhmä WG1 on jakanut standardointityön kahteen osaan:

- 1) Näytteenottomenetelmät (välineet)
- 2) Näytteenottostrategia (näytteiden lukumäärä, koko, näytteenottotiheys jne.)

Näytteenottomenetelmien standardiluonnos on lähes valmis. Luonnoksessa esitetään teknisiä kuvauksia ja kuvia näytteenottimista, jotka soveltuvat kiinteille materiaaleille, nesteille ja lietteille. Luonnoksessa on viittauksia erityisesti hollantilaisiin ja itävaltalaisiin standardeihin, mutta myös EPA- ja ASTM-standardeihin. Luonnos on hyvin yleisellä tasolla ja sen soveltaminen käytännössä vaatii näytteenottajilta kokemusta ja asiantuntemusta. Työ etenee hyvin hitaasti sihteeristön resurssipulan takia.

Strategialuonnoksen aikataulusta on käyty alustavia keskusteluja. Näytteenottostrategia (eli kuinka monta näytettä otetaan ja miten) on erittäin tärkeä, koska sillä on merkittäviä taloudellisia vaikutuksia. Työryhmässä strategiatyö on jaettu neljään osaan:

- Näytteenottosuunnitelman sisältö (tarvittavat taustatiedot, dokumentointi, organisointi)
- Näytteenottotekniikka (näytteiden lukumäärä, mistä näyte otetaan)
- Näytteiden esikäsittely ja kestäväointi
- Näytteenjako laboratorionäytteeksi.

Liukoisuustestien standardointi tapahtuu sekä **liukoisuustyöryhmässä WG2** että **liukoisuuskarakterisointityöryhmässä WG 6**. Työryhmässä WG2 liukoisuustestit on jaettu käyttötarkoituksen perusteella kolmeen ryhmään:

- 1) *Karakterisointitestit* (basic characterization tests), joilla selvitetään jätteiden ympäristökuormitusta lyhyellä ja pitkällä aikavälillä, eri aineiden maksimi-liukoisuuksia sekä liukoisuusominaisuuksien muuttumista eri pH- ja redox-olosuhteissa
- 2) *Laadunvalvontatestit* (compliance tests), joilla tarkoitetaan laadunvalvontaan soveltuvia pikatestejä. Testeillä tarkistetaan, täyttääkö jäte sallitut vaatimukset tai spesifiset referenssiarvot. Testeillä saadaan myös karkea arvio liukenevista aineista sellaisessa ympäristössä, jossa pelkästään jätteen ominaisuudet määräävät eri aineiden liukoisuudet.
- 3) *Tarkastustestit* (on-site verification tests), joilla tarkistetaan, onko jäte aikaisemmin tehtyjen tutkimusten mukaista. Testit on kehitetty lähinnä kaatopaikkasijoitukselle, eivätkä ne välttämättä ole liukoisuustestejä.

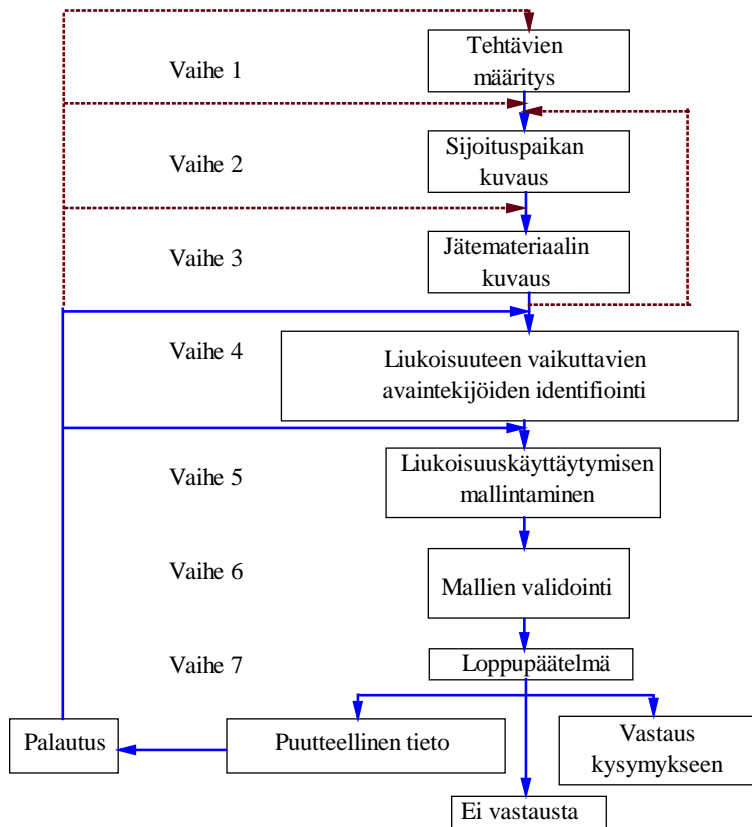
Työryhmän WG2 standardointityössä etusijalle on asetettu *laadunvalvontatestit*. EU:n kaatopaikkadirektiivissä viitataan laadunvalvontatestiin, jota tarvitaan jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden tutkimiseen. Granuloiduille ja stabiloiduille jätteille (esim. kiinteytetyille jätteille) tarvitaan erilaiset testit. Liukoisuustyöryhmä on valmistellut standardiluonnoksen laadunvalvontatesteiksi, jotka soveltuvat epäorgaanisten aineiden liukenevuuden tutkimiseen granuloiduista jätteistä (Compliance tests for leaching of granular waste materials). Vuonna 1996 lausunnolla olleessa standardiluonnoksessa esitettiin kolme eri laadunvalvontatestiä, joissa käytetään hieman erilaisia testiolosuhteita. Testin valitsemiselle ei annettu ohjeita. Lausuntokierroksella luonnokseen saatiin runsaasti kommentteja ja lisäksi vaatimus neljännessä testimenetelmästä. Standardiluonnos on nyt korjattu ja neljäs testimenetelmä on lisätty. Uudet luonnokset ovat olleet lausuntokierroksella jäsenmaissa vuonna 2000. Jokaisessa laadunvalvontatestimenetelmässä on sama peruseriaate, mutta eroavaisuuksia on esim. testattavan materiaalin raekoossa ja testausvaiheiden lukumäärässä (yksinkertainen ravistelu tai kaksivaiheinen ravistelu). Standardiehdotukset menevät lopulliseen äänestykseen todennäköisesti v. 2001.

Parhaillaan kehitetään kiinteytetyille jätteille soveltuvaa laadunvalvontatestiä. Testi on luonnosvaiheessa aikaisintaan vuoden 2001 loppupuolella ja valmiina aikaisintaan vuonna 2002. Työssä on ollut ongelmana löytää kiinteytetyille materiaaleille selkeät ja yksiselitteiset luokittelukriteerit.

Karakterisointitestien standardointityö on aloitettu vuonna 1996. Työryhmässä on laadittu jätteiden tutkimiseen soveltuva menettelyohje (ENV 12920), jossa on yleisellä tasolla esitetty karakterisointityön eri vaiheet (kuva 1). Menettelyohjeissa ei esitetä yksittäisiä testimenetelmiä. Laadittua menettelyohjetta käytetään työryhmässä pääasiallisesti standardointityön suunnittelussa. Tekninen komitea päättää myöhemmin metodologiastandardin statuksesta eli tehdäänkö luonnoksesta EN-standardi.

Standardoitavien testien priorisointia varten työryhmässä käsitellään esimerkinomaisesti muutamia tyyppisijoituspaikkoja ja niiden liukoisuustutkimuksissa huomioitavia tekijöitä. Ensimmäiseksi standardoitavat testit ovat kolonnitesti ja pH-staattinen testi. Työ etenee hyvin. Ensimmäisiä standardiehdotuksia saadaan todennäköisesti vuonna 2001.

Karakterisointitestien priorisoinnissa huomioidaan myös Euroopan yleinen tilanne (lainsäädäntö, teollisuus, sijoitusvaihtoehdot jne.), laadunvalvontatestien täydennystarve sekä CEN-testien standardointia varten valmis taustamateriaali.



Kuva 1. Karakterisoinnin eri vaiheet (ENV 12920).

Uuttoliuosten analyysityöryhmässä WG3 on saatu valmiiksi kaksi standardimenetelmää, joissa annetaan suositukset liukoisuustestien vesiuutteiden tutkimiseen soveltuvista menetelmistä. Testauslaboratoriossa saadaan myös käyttää omia menetelmiä, jos niiden soveltuvuus on varmistettu. Suositettuja standardimenetelmiä pitäisi käyttää lähinnä riitatapauksissa.

Työryhmässä viimeistellään kahta standardiluonnosta koskien raskasmetallien ja eräiden alkuaineiden kokonaisuusmäärittäystä kuningasvesihappoutolla ja mikroaaltouunikäsitteilyllä. Ongelmana ovat puutteelliset tiedot menetelmien rajoituksista, eli menetelmillä ei aina saada määritettyä kokonaispitoisuuksia. Tämä saattaa aiheuttaa joissakin tapauksissa sekaannusta, kun esimerkiksi rikin ja kloorin määrittämiseen on tulossa menetelmäohjeita myös työryhmästä WG5 (jätteiden analyysit).

Terminologiatyöryhmän WG4 tehtäväkentästä on keskusteltu pitkään. Kun työ aloitettiin vuonna 1994, ei ollut selvyyttä, miten työ tulisi järjestää. Esimerkiksi terminologian jakamisesta materiaalitermeihin ja jätteiden käsittelytermeihin on päädytty työn edetessä. Useiden maiden edustajien mielestä WG4:n tulisi palvella ensisijaisesti muita työryhmiä, kun taas WG4 olisi halunnut, että työkenttä olisi vieläkin laajempi koskien jätemäärittämää. Myöhemmin on ilmennyt, että lainsäädännössä hyväksytyt termit ei voida EU:ssa helposti muuttaa eikä jätteiden käsittelyyn liittyviä termitä tarvitse kiireellisesti standardisoida. Työryhmä on kuitenkin koontanut raportin eri maiden virallisista jätemäärittämistä.

Työryhmän ensimmäinen standardiluonnos jättemateriaaleihin liittyvistä termeistä on valmistunut. Seuraavaksi työryhmä standardisoi materiaalin käsittelyyn liittyviä termejä. Työryhmä on vastannut eri työryhmien esittämiin määritelmäpyyntöihin (esim. antanut määritelmät termeille ”eluate, leachate”).

Jätteiden analyysityöryhmä WG5 on saanut valmiiksi TOC-standardimenetelmän joka on lausuntokierroksessa hyväksytty, mutta ei vielä viimeistelty. Työryhmässä on valmisteltu standardiluonnokset hiilivety määräyksiin soveltuvista menetelmistä (kaksi mahdollista menetelmää olemassa: gravimetrinen ja kaasukromatografinen). Seuraavat työtehtävät ovat kokonaiskloorin ja -rikin määräyksiin soveltuvat menetelmät. Aikataulun mukaan hiilivety-, kokonaiskloori ja -rikkianalyysimenetelmien standardiluonnokset saadaan valmiiksi vuonna 2001. Työ on kuitenkin hieman myöhässä.

Ektotoksikologisten testien työryhmän WG7 työ on aloitettu v. 1999. Työryhmän tehtävä on standardoida uuttomenetelmä (esim. L/S-suhde, suodatustapa) ekotoksikologista testausta varten.

4. Uudet tehtäväkentät

Jätteiden loppusijoituksen kannalta oleellimmat tutkittavat ympäristöominaisuudet ovat tällä hetkellä koostumus, liukoisuus (myös liukoisten aineiden kokonaismäärä), reaktiivisuus, syttyvyys ja stabiilisuus. Stabiilisuustutkimukset koskevat lähinnä ns. pysyviä ja kiinteytettyjä jätteitä. Taulukossa 2 on esimerkkinä teknisen komitean vuonna 1997 kokoama luettelo jätteiden kaatopaikkakelpoisuustutkimuksissa mahdollisesti selvitettävistä ominaisuuksista. Luettelossa mainittuja ominaisuuksia ei ole tietenkään tarpeen tutkia kaikista jätetyypeistä. Monet ominaisuudet ovat tärkeitä lähinnä suurten jättemäärien kaatopaikkakelpoisuustutkimuksissa.

Teknisen komitean sihteeristö järjesti vuonna 1997 jäsenmaille kyselyn standardointitarpeesta. Teknisen komitean kokouksessa vuonna 1998 perustettiin työryhmä, joka käy läpi biohajoavuustestauksen ja yhdyskuntajätteen karakterisointivaiheiden standardointitarvetta. Mahdollisesti jatkotoimenpiteistä päätetään myöhemmin.

Fysikaalisten menetelmien standardoinnin tarpeellisuudesta on myös keskusteltu. Erityisesti kiinteytetyiksi tai granuloiduiksi luokiteltavien materiaalien raja on epäselvä. Luokittelu määräytyy usein fysikaalisten ominaisuuksien, kuten puristuslujuuden, vedenläpäisevyyden ja pakkasenkestävyyden perusteella.

Taulukko 2. Esimerkkejä mahdollisesti selvittävistä jäteominaisuuksista (luettelo laadittu eurooppalaisessa standardointityössä CEN/TC292 “Characterization of waste”).

Chemical/elemental composition (various digestion methods and analytical techniques)
Leaching properties

Chemical speciation
Spatial distribution of chemical species in particles
Mineralogy
Morphology
Rheology
Vapor pressure
Water/moisture content
Loss of ignition
pH on contact with water
Acid neutralization capacity
Redox properties/capacity
Ion exchange capacity
Adsorption properties
Particle size distribution
Surface area
Pore volume
Pore volume distribution
Compaction properties
Bulk density
Particle density
Hydraulic conductivity (saturated/unsaturated conditions)
Pore pressure
Mechanical strength
Mechanical durability
Freeze/thaw properties

Biodegradability
Content of microorganisms
Ecotoxicological properties
Toxicological properties

EU:ssa laaditaan tulevaisuudessa (todennäköisesti vasta useiden vuosien päästä) ohjeita kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin liukoisuusominaisuuksien perusteella. CEN:n työn tulokset ovat sitovia. Standardointityö etenee kuitenkin hitaasti, koska monet maat haluavat säilyttää jo olemassa olevat kaatopaikkakelpoisuusstandardit.

Liite B: Saastuneiden maiden ohjearvot eri maissa

Taulukko 1. Esimerkkejä eri maissa puhtaalle maaperälle esitetystä tavoitearvoista. Taulukossa on esitetty myös hollantilaiset orgaanisten aineiden enimmäispitoisuudet maarakentamisessa käytettävässä mineraalisessa rakennusmateriaalissa ja itävaltalaiset suositukset enimmäispitoisuudelle tietyssä kaatopaikkaluokassa.

AINE	SUOMI UUDET TAVOITE- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksiko- logisten riskien perusteella))	SUOMI UUDET RAJA- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksiko- logisten riskien perusteella)	SUOMI Vanhat SAMASE- ohjearvot puhtaalle maaperälle (esimerkkejä)	SUOMI Vanhat SAMASE- raja-arvot (ns. toimen- pideraja-arvot)	RUOTSI Tavoitearvo asuinalueella (terveysriskien perusteella)	RUOTSI Tavoite- arvo, sijainti pohjavesi- alueella	RUOTSI Tavoite- arvo, sijainti pohjavesi- alueen ulko- puolella	TANSKA: Puhtaan maa- Perän laatu- kriteerit (terveys vaikutusten perusteella)	HOLLANTI Enimmäis- Pitoisuus höyrykäyttö- materiaalissa	ITÄVALTA Ylijäämä- maan kaato- paikka (sulussa geol. materiaaleille annettu enimmäis- pitoisuus)	ITÄVALTA Rak. jätteen kaatopaikka (lasimaisille materiaaleille voidaan tapauskoht. hyväksyä korkeammat pitoisuudet)
Viitteet	Assmuth 1997	Assmuth 1997	Ympäristömini- steriö 1994	Ympäristömini- steriö 1994	SNV 1996	SNV 1996	SNV 1996	Miljostyrelsen 1995	Anon. 1995	Anon. 1996	Anon. 1996
Vesiuutteen pH											
Epäorg. haitta-aineet											
As mg/kg	13	60	10	50	15	15	40	20		50 (200)	200
Ba			600	600							
Cd	0,3	10	0,5	10	0,4	1	12	0,5		2 (4)	10
Co			50	200	30	60	250			50	100
Cr	80	500	100	400	120	250	250	500 (CrVI 20)		300 (500)	500
Cu	32	400	100	400	100	200	200	500		100 (500)	500
Hg	0,2	5	0,2	5	1	5	7			1 (2)	3
Mo			5	200				5			
Ni	40	300	60	200	35	150	200			100 (500)	500
Pb	38	300	60	300	80	300	300	40		150 (500)	500
Sb			5	40							
Se			1	10							
Sn			50	300							
V			50	500	120	200	200				
Zn	90	700	150	700	350	700	700	500			1500
Aromaattiset hiilivedyt											
Bentseeni mg/kg	0,06	2,5	0,5	25				1,5	1,25		
Etyylibentseeni			5						1,25		
Tolueni			2						1,25		

Jatk.

AINE	SUOMI UUEDET TAVOITE- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksikolo- gisten riskien perusteella *)	SUOMI UUEDET RAJA- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksikolo- gisten riskien perusteella)	SUOMI Vanhat SAMASE- ohjearvot puhtaalle maaperälle (esimerkkejä)	SUOMI Vanhat SAMASE- raja-arvot (ns. toimenpide- raja-arvot)	RUOTSI Tavoitearvo asuinalueella (terveysriskien perusteella)	RUOTSI Tavoitearvo, sijainti pohjavesialue- lla	RUOTSI Tavoitearvo, sijainti pohjaveden alueen ulkopuolella	TANSKA Puhtaan maaperän laatukriteerit (terveysvaiku- tusten perus- teella, ei ekotoks. riskien perusteella)	HOLLANTI Enimmäispit. Höyrykäyttö- materiaalissa	ITÄVALTA Ylijäämä- maan kaatopaikka (suluissa geol. materiaaleille annettu enim- mäispitoisuus)	ITÄVALTA Rak. jätteen kaatopaikka (lasimaisille materiaaleille voidaan tapauskoht. hyväksyä korkeammat pitoisuudet)
Ksyleeni			0,5						1,25		
Styreeni			5					40			
o-dihydroksibentseeni											
m-dihydroksibentseeni											
p-dihydroksibentseeni											
<i>Polyaromaattiset hiilivedyt</i>											
Naftaleeni	0,14	100	1	40					5 *)		
Fenantreeni			5						20 *)		
Antraseeni	0,12	50	5	40					10 *)		
Fluoranteeni			1						35 *)		
Kryseeni			2						10*)		
Bentso(a)antraseeni									50 *)		
Bentso(a)pyreeni	0,26	40	2	40	0,3 ***)	0,7 ***)	0,7 ***)	0,1 (0,1 ekotoks. riskien perusteella)	10*)		
Bentso(k)fluoranteeni			2						50*)		
Indeno(1,23cd)pyreeni			2						50*)		
Bentso(ghi)peryleeni			2						50 *)		
PAH yhteensä			20		20 ^{iv)}	40 ^{iv)}	40 ^{iv)}	5 (1 ekotoks. Riskit)	***) (Betoni- murske < 50)	0,5	2,0
<i>Fenolit ja kloorifenolit</i>											
Fenolit			10	40	4	10	40		1,25		
Kresoli			2	15 (40 2- kresoli)							
Nitrofenoli, mono-								125			
Nitrofenolit, di-								10			
Nitrofenolit, tri-								30			
2,4-dinitrotoluen					0,5	2	20				

Jatk.

AINE	SUOMI UUEDET TAVOITE- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksikolo- gisten riskien perusteella)	SUOMI UUEDET RAJA- ARVOEHD. (terveysriskien ja ekotoksikolo- gisten riskien perusteella)	SUOMI Vanhat SAMASE- ohjearvot puhtaalle maaperälle (esimerkkejä)	SUOMI Vanhat SAMASE- raja-arvot (ns. toimenpide- raja-arvot)	RUOTSI Tavoitearvo asuinalueella (terveysriskien perusteella)	RUOTSI Tavoitearvo, sijainti pohjavesi- alueella	RUOTSI Tavoitearvo, sijainti pohjaveden alueen ulkopuolella	TANSKA Puhtaan maaperän laatukriteerit (terveysvaikutu- sten perusteella, ei ekotoksiko- logisten riskien perusteella)	HOLLANTI Enimmäispit. Hyötykäyttö- materiaalissa	ITÄVALTA Ylijäämä- maan kaato- paikka (suluissa geol. materiaaleille annettu enim- mäispitoisuus)	ITÄVALTA Rak. jätteen kaatopaikka (lasimaisille materiaaleille voidaan tapauskoht. hyväksyä korkeammat pitoisuudet)
Hiilivedyt										20	100
Pentakloorifenoli	0,02	4	0,4	4	0,1	3	5	0,15 (0,005 ekotoks. riskien perusteella)			
Kloorifenolit (kok.)					2	10	10	3			
Muut yhdisteet (esim.)											
Ftlaaatti DEHP								25			
Muuta ftlaatit								250			
PCB (kok.)			0,05						0,5		
EOCl kok.									3 mg Cl/kg		
Orgaanoklooratut torjunta-aineet (kok.)									0,5		
Ei-klooratut torjunta- aineet (kok.)									0,5		
Mineraaliöljyt			100 bensiini 600 raskas polttoöljy						500		

*) terveysriskien ja ekotoksikologisten riskien perusteella laskettu maaperälle, jossa savipitoisuus on 25 % ja orgaanisen aineen pitoisuus 3 %

**) ei sovelleta asfalttigranulaateille

***) karsinogeenisten PAH-yhdisteiden summa: bentso(a)antraseeni, kryseeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(a)pyreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, dibentso(a,h),antraseeni.

iv) muiden PAH-yhdisteiden summa: naftaleeni, asenaftaleeni, asenafeeni, fluoreeni, fenantreeni, antraseeni, fluoranteeni, pyreeni, bentso(ghi)peryleeni.

Viitteet:

1. Anon. 1996. Deponieverordnung BGBl Nr. 49/1996
2. Anon. 1995. "567, Besluit van 23 november 1995: Bouwstoffenbesluit bodem- en oppervlaktewaterenbescherming
3. Assmuth, T., Selvitys ja ehdotuksia ympäristövaarallisten aineiden pitoisuuksien ohjearvoista maaperässä – tiedolliset perusteet, määrittelyperiaatteet, soveltaminen, kehittäminen, Suomen ympäristökeskus, 92, Helsinki 1997, 56 s.
4. Miljöstyrelsen (1995). Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og drikkevand. Miljö- og Energiministeriet Miljöstyrelsen. Nr 12.
5. Miljöstyrelsen (1995). Okotoksikologiske jordkvalitetskriterier. Miljö- og Energiministeriet. Miljöstyrelsen. Nr. 13.
6. SNV (Naturvårdsverket), Generella riktvärden för förorenad mark. Beräkningsprinciper och vägledning för tillämpning. Efterbehandling och sanering. Rapport 4638.
7. Ympäristöministeriö (1994). Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti, loppuraportti. Helsinki: Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto Muistio 5/1994. 218 s.

Liite C: Maarakentamisessa käytettävien mineraalisten sivutuotteiden liukoisuudelle esitetyt kriteerit

Suomessa ei ole esitetty liukoisuustesteille virallisia ohjearvoja jätteiden tai sivutuotteiden sijoituskelpoisuuden osoittamiseksi. Taulukkoihin 1 ja 2 on koottu sekä Suomen ympäristökeskuksen v. 2000 esittämät enimmäisliukoisuusohjearvot teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa (Sorvari 2000) että Suomessa aikaisemmin yleisesti sovelletut hollantilaisten aikaisemmin sivutuotteille esittämät maarakentamiskäytön ohjearvosuositukset (Aalbers et al. 1993).

Taulukossa 1 on esitetty **granuloituille tai rakeiselle materiaaleille** annetut enimmäisliukoisuusarvot. Ohjearvot on annettu kolonnitestissä (NEN7343, NT ENVIR 002) liuenneiden aineiden määrille (L/S 10). Kyseiset ohjearvot on esitetty esimerkkitapaukselle, jossa materiaalin paksuus sijoituskohteessa on 0,7 metriä. Tiukemman enimmäisliukoisuusohjearvon (ryhmä 1) alittuessa kolonnitestillä tutkittua materiaalia voidaan käyttää lähes rajoituksetta maarakentamisessa. Väljemmän enimmäisliukoisuusohjearvon (ryhmä 2) alittuessa materiaalia voidaan käyttää maarakentamisessa siten, että veden pääsy materiaaliin on estetty ja materiaali ei ole kosketuksissa pohjaveden kanssa (hollantilainen vaatimus sijoitus vähintään 0,5 metriä pohjaveden tason yläpuolelle).

Taulukko 1. Kolonnitestille esitetyt (kumulatiivinen L/S 10) enimmäispitoisuusehdotukset **granuloitujen jätteiden tai sivutuotteiden** käytölle maarakentamisessa. Ohjeavot on laskettu esimerkkitapaukselle, jossa materiaalikerroksen paksuus sijoituskohteessa on 0,7 m. (Aalbers et al. 1993, Sorvari 2000).

	Kolonnitestissä liuenneille aineille annetut enimmäispitoisuusohjeavot, mg/kg			
Haitta-aine	Hollantilaiset enimmäispitoisuusohjeavot		SYKE:n esittämät enimmäispitoisuusohjeavot	
	Ryhmä 1*	Ryhmä 2**	Ryhmä 1	Ryhmä 2
Arseeni (As)	0,88	7,0	0,14	0,85
Barium (Ba)	5,5	58	10	28
Kadmium (Cd)	0,032	0,066	0,011	0,015
Koboltti (Co)	0,42	2,5	1,1	2,5
Kromi (Cr)	1,3	12	2,0	5,1
Kupari (Cu)	0,72	3,5	1,1	2,0
Elohopea (Hg)	0,018	0,076	0,014	0,032
Molybdeeni (Mo)	0,28	0,91	0,31	0,50
Nikkeli (Ni)	1,1	3,7	1,2	2,1
Lyijy (Pb)	1,9	8,7	1,0	1,8
Antimoni (Sb)	0,045	0,43	0,12	0,40
Seleeni (Se)	0,044	0,10	0,060	0,098
Tina (Sn)	0,27	2,4	0,85	3,1
Vanadiini (V)	1,6	32	2,2	10
Sinkki (Zn)	3,8	15	1,5	2,7
Kloridi (Cl ⁻)	600	8 800	250	Ei annettu
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	750	22 000	1500	Ei annettu
Fluoridi (F ⁻)	13	100	11	25
Bromi (Br ⁻)	2,9	4,1	Ei annettu	Ei annettu
CN-vapaa	0,013	0,076	0,06	0,098
CN-kompleksi	0,067	0,38	ei annettu	Ei annettu

*ryhmä 1: lähes rajoitukseton käyttö maarakentamisessa

**ryhmä 2: käyttö maarakentamisessa siten, että veden pääsy materiaaliin on estetty ja materiaali ei ole kosketuksissa pohjaveden kanssa

Taulukossa 2 on esitetty **kiinteytetylle materiaalille** ehdotetut enimmäisliukoisuusohjeavot. Ohjeavot on annettu diffuusiotestissä (NEN 7345) liuenneiden aineiden määrälle. Hollantilaiset arvot on esitetty kahdelle sijoitusryhmälle: sijoitusryhmässä IA (sijoitus pysyvästi kosteaan sijoituskohteeseen) ja IB (sijoitus eristämättömänä ajoittain kosteisiin sijoituspaikkoihin). Suomen ympäristökeskuksen esittämä arvo kiinteytetty materiaalille on laskettu sijoituspaikalle, joka on ajoittain kostea.

Taulukko 2. Diffuusiotestille esitetyt enimmäisliukoisuusohjearvoehdotukset kiinteytetyille rakennusmateriaaleille, joissa diffuusiokerroin on alle 10^{-11} m/s.

Aine	Kiinteä rakennusmateriaali ($V > 50 \text{ cm}^3$) Enimmäispitoisuusohjearvot, $\text{mg/m}^2/64 \text{ d}$		
	Hollantilaiset enimmäispitoisuusohjearvot		SYKE:n esittämät enimmäispitoisuusohjearvot
	Ryhmä 1A	Ryhmä 1B	
arseeni (As)	41	140	58
barium (Ba)	600	2 000	2800
kadmium (Cd)	1,1	3,8	2,1
koboltti (Co)	29	95	280
kromi (Cr)	140	480	550
kupari (Cu)	51	170	250
elohopea (Hg)	0,4	1,4	1,6
molybdeeni (Mo)	14	48	70
nikkeli (Ni)	50	170	270
lyijy (Pb)	120	400	210
antimoni (Sb)	3,7	12	36
seleeni (Se)	1,4	4,8	14
tina (Sn)	29	95	280
vanadiini (V)	230	760	700
sinkki (Zn)	200	670	330
bromi (Br)	29	95	Ei annettu
kloridi (Cl)	18 000	54 000	Ei annettu
fluoridi (F)	1 300	4 400	2800
sulfaatti (SO_4^{2-})	27 000	80 000	Ei annettu
CN-kompleksi	7,1	24	Ei annettu
CN-vapaa	1,4	4,8	14

Kirjallisuus

Aalbers, Th.G., de Wilde, P.G.M., Rood, G.A., Vermij, P.H.M., Saft, R.J., van den Beek, A.I.M., van de Broeckman, M.H., Masereeuw, P., Kamphuis, Ch., Dekker, P.M. & Valtinjn, E. 1993. Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire ouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlaktewateren-bescherming. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, RIVM-rapport no 771 402 006. 456 s.

Sorvari, J. 2000. Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Helsinki: Suomen ympäristökeskus, Suomen ympäristö 421. 119 s. + liitt. 25 s.

Liite D: Kaatopaikkakelpoisuuskriteerit Saksassa. Itävallassa ja Hollannissa

Parametri	Saksa			Itävalta				Hollanti	
	Pysyvä jäte	Tav. Jäte	Ongelma- jätteen kaatopaikka	Ylijäämä- maan kaatopaikka	Purkubetoni- jätteiden Kaatopaikka	Jännös- materiaalien Kaatopaikka	Massa- sijoitus (tav. kaatop.)	Tavanomainen kaatopaikka	Erikois- kaatopaikka
Viite	1)	1)	1)	2)	2)	2)	2)	3)	3)
Testi	DIN L/S 10	DIN L/S 10	DIN L/S 10	DIN L/S 10	DIN L/S 10	DIN L/S 10	DIN L/S 10	Kolonne L/S 1	Kolonne L/S 1
PH	5,5-13	5,5-13	4-13	6,5-11	6-13	6-12	6-13	5-13	alue 3-13
Johtokyky, mS/m	1000	5000		150	300	1000	ei määr.		
As	2	5	10	0,5	0,75	1	ei määr.	8	8
Ba				10	20	100	ei määr.	40	110
Cd	0,5	1	5	0,05	0,5	1	ei määr.	0,2	0,5
Co				1	2	5	ei määr.	1	4
Cr VI	0,5	1	5	0,5	0,5	1	20		
Cr				1	2	20	ei määr.	30	30
Cu	10	50	100	2	10	10	ei määr.	8	10
Hg	0,05	0,2	1	0,01	0,05	0,1	ei määr.	0,08	0,08
Mo				ei määr.	ei määr.	ei määr.	ei määr.	0,01	0,6
Ni	2	10	20	1	2	10	ei määr.	8	10
Pb	2	10	20	1	2	10	ei määr.	4	25
Sb				ei määr.	ei määr.	ei määr.	ei määr.	0,1	0,7
Se				ei määr.	ei määr.	ei määr.	ei määr.	0,01	0,6
Sn				ei määr.	ei määr.	ei määr.	ei määr.	0,02	1,5
V				ei määr.	ei määr.	ei määr.	ei määr.	0,3	20
Zn	20	50	100	10	20	100	ei määr.	10	40
Br								0,5	6
CN-yhd.								0,1	1,5
CN-vapaa	1	5		0,2	1	1	20	0,02	0,3
F	50	250	500	20	50	100	500	12	140
SO4			50000		5000 (140000)		25000	18000	18000
Cl				2000	5000	ei määr.	ei määr.		

1) Technical Instructions on the Recycling, Treatment and Other Management of wastes from Human Settlements (TA Siedlungsabfall), Dated 14 May, 1993, Federal Gazette No 99

2) Deponieverordnung BGBl Nr. 49/1996

3) Aalbers, Th. (1992). Uitloging van zware metalen en anionen uit afvalstoffen in realtie tot bodem-en grondwater bescherming: grenswaarden C2, C3 en C4-afvalstoffen, RIVM, Rapport no 771401002.

Liite E. Kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten lieventämismahdollisuuksien selvittäminen

Seuraavassa käydään yleispiirteisesti läpi niitä seikkoja, jotka täytyy huomioida lieventämismahdollisuuksia selvittäessä ja esitetään toimintatapa ko. menettelylle (ks. taulukko 1). Kaatopaikat eroavat toisistaan niin jätteen laadun kuin sijaintipaikankin suhteen, joten lähestymistapa ja selvittävät seikat on aina määritettävä tapauskohtaisesti.

1. Lähtötilanne

Lähtötilanteen selvittämisellä tarkoitetaan kohteen ympäristön tilan selvittämistä taustapitoisuuksien määrittämiseksi. Selvitystyö kohdistuu lähinnä pinta- ja pohjavesiin sekä likaantumista epäiltäessä myös maaperään. Ilmanlaatuun, kasvillisuuteen, eläimistöön ym. vastaaviin asioihin kohdistuvia tutkimuksia ei tämän julkaisun yhteydessä käsitellä.

Uuden kaatopaikan tapauksessa pääasialliset tutkimukset kohdistetaan kaatopaikan tulevalle alueelle ja sen välittömään lähiympäristöön. Tutkimukset laajennetaan kattamaan myös arvioitu vaikutusalue. Vaikutusalueen ulkopuolelta otetaan lisäksi tutkimukseen mukaan taustapisteitä tarkkailu- ja havaintotulosten vertailun ja ympäristövaikutusten arvioinnin mahdollistamiseksi.

Myös vanhan kaatopaikan tapauksessa tutkimuksen pääkohteena on kaatopaikan välitön ympäristö laajennettuna kaatopaikan vaikutusalueen tarkastelulla. Taustapisteiden merkitys on huomattava ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Pintavesien suhteen kaatopaikan vaikutusalue on rajattavissa karttatarkastelun ja maastokäyntien perusteella määrittelemällä kaatopaikan valuma-alue. Maaperän pohjavesien valuma-alue ei aina noudata maaston topografiaa, mutta pintavesien valuma-alueen avulla voidaan usein määritellä myös maaperän pohjavesien valuma-alue ja päävirtaussuunnat. Kalliopohjaveden suhteen pohjaveden virtausreitit ja -suunnat saattavat poiketa huomattavastikin maaperän pohjavesivirtauksesta. Kartta- ja maastotarkastelulla pystytään kuitenkin arvioimaan yleisellä tasolla kallioperän suurrakenteita. Yksityiskohtaisemman virtauskuvan muodostaminen kalliopohjavedestä edellyttää aina laajojen tutkimusten tekemistä.

2. Sijainti ja ympäristö

Pohjaveden laadun lisäksi selvittäviä asioita ovat mm. maaperätekijöistä riippuvat hydrologiset tekijät, kuten imeytymisen ja valunnan määrä, ja pohjaveden virtauskuva virtausnopeuksineen. Maaperän rakenteen selvittäminen kuuluukin aina vaadittavien lähtötietojen listalle. Tutkimusmenetelminä voidaan käyttää geoteknisiä kairauksia sekä geofysikaalisia mittauksia.

Kohdealueen geologista sijaintia arvioidaan maaperän, kallioperän ja hydrogeologian perusteella. Erityistä huomiota kiinnitetään alueelliseen hydrologiaan ja pohjavesien virtauksiin.

Kaatopaikka-alueen ympäristössä selvittävät seikat sisältävät mm. ihmistoiminnan eli rakennetun ympäristön ja maankäytön.

3. Todetut ympäristövaikutukset

Vanhojen kaatopaikkojen suhteen käydään läpi tarkkailuohjelman perusteella kerättyjä tuloksia ja mahdollisesti todettuja ympäristövaikutuksia. Tarpeen vaatiessa ympäristövaikutuksia selvitetään laajennetun näytenpisteverkon ja lisänäytteiden perusteella.

Tarkkailutulosten tulkintaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Pitoisuusarvoja on aina verrattava vanhoihin tuloksiin ja taustapitoisuuksiin huomioiden samalla sadannan vaihtelu ja muut luonnolliset vuodenaikaisvaihtelut. Alueelliset ominaispiirteet, kuten muun ihmistoiminnan vaikutukset, tulee myös huomioida tuloksia tarkasteltaessa. Lisäksi näytteenottotapa, kuljetukset ja analyysimenetelmä laboratoriotyöskentelyineen vaikuttavat tuloksiin.

4. Jätteen laatu

Jätteille, joiden ominaisuudet ovat lähellä hyötykäyttökelpoisuuden arviointiin annettuja raja-arvoja, on perusteltua selvittää sijoituskelpoisuutta kaatopaikalle, jonka rakenteelle on tehty lievennyksiä. Jätteen kaatopaikkakelpoisuuden määrittämismenettelyä on käsitelty tämän julkaisun aikaisemmissa kappaleissa 4 ja 5.2.

5. Arvioidut ympäristövaikutukset

Kaatopaikasta mahdollisesti aiheutuvia ympäristövaikutuksia ja niiden vaikutusaluetta arvioidaan jätteen laadun ja kaatopaikan sijainnin perusteella. Tarkastelussa huomioidaan vaatimusten mukaiset normaalit kaatopaikkarakenteet ja suotovesien käsittelytapa.

6. Kaatopaikkarakenteet

Perustuen aikaisemmissa kohdissa esitettyyn aineistoon arvioidaan mahdollisuudet käyttää vaatimuksista poikkeavia kaatopaikkarakenteita. Arvion tueksi voidaan esittää esim. teknisiä tarkasteluja, kuten vedenläpäisevyys- ja suotovesimäärälaskelmia, tai todettuja vähäisiä ympäristövaikutuksia. Vaatimuksista poikkeavia rakenteita voidaan esittää käytettäväksi joko sellaisenaan tai yhdessä täydentävien lisätoimenpiteiden tuella. Lisätoimenpiteenä tulevat kysymykseen esim. happamuuden säätö, tehostettu tarkkailu tai varautuminen pohja- tai pintaveden suojapumppauksiin.

7. Riskinarviointi

Mikäli edellisissä kohdissa esitetty toimintatapa osoittautuu riittämättömäksi tai epävarmaksi, on syytä tehdä kohteessa täydellisempi riskinarviointi. Periaatteessa edellä esitettyssä toimintatavassa kerätään kohdetiedot ja tunnistetaan riskit eli riskien tunnistamisen osalta ollaan jo varsinaisen riskinarviointiprosessin alkuvaiheissa. Varsinaisessa riskinarvioinnissa tarkennetaan kriittisten aineiden leviämistä ja lisäksi arvioidaan kohteiden altistus ja altistusvaikutukset sekä luonnehditaan riskit.

Kriittisten aineiden leviämisen arvioinnissa voidaan käyttää apuna pohjavesimallinnusta (joskus myös pintavesimallinnusta) sekä kemiallista kulkeutumismallinnusta, jossa huomioidaan kriittisten aineiden ominaisuudet ja käyttäytyminen luonnossa.

8. Seuranta ja dokumentointi

Kohteelle laaditaan pinta- ja pohjavesien tarkkailuohjelma, jossa huomioidaan rakenteille asetettujen lievennettyjen vaatimusten mahdollisesti aiheuttamat lisätarpeet esim. tihennetyn tarkkailun tai laajennetun tarkkailuverkon suhteen. Suositeltava menettelytapa on laatia alueelle pinta- ja pohjavesien hallintajärjestelmä, jolla varaudutaan mahdollisten haitallisten ympäristövaikutusten hallintaan. Hallintajärjestelmän tarkoituksena ei kuitenkaan ole tässä tapauksessa toimia osana arvioitujen eli odotettavissa olevien ympäristövaikutusten hallintajärjestelmää, vaan sillä varaudutaan odottamattomiin tapahtumiin. Toisin sanoen hallintajärjestelmällä haetaan lisävarmuutta, mutta sen ei odoteta toimivan kaatopaikkarakenteiden yhtenä osana, esim. korvaamassa suotovesien keräilyjärjestelmän puuttumista.

Ympäristövaikutusten seurannan lisäksi jätteen laatua seurataan säännöllisesti. Mikäli jätteen laatu muuttuu oleellisesti tarkastelussa käytetyistä lähtöarvoista, on jätteen vieminen kaatopaikalle keskeytettävä välittömästi ja koko arvioprosessi on käynnistettävä uudelleen alkaen jätteen ominaisuuksien määrittelystä.

Kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten lieventämismahdollisuuksien selvitystyössä kerätty aineisto dokumentoidaan huolellisesti ja säilytetään oleellisilta osiltaan. Apuna voidaan käyttää tietokonepohjaisia tiedonhallinta- ja paikkatietojärjestelmiä.

Selvitystyöhön perustuvat suositukset perustellaan huolellisesti ja esitetään yhdessä lähtöaineiston kanssa ympäristölupahakemuksen liitteenä.

9. Asiantuntijaryhmä

Kaatopaikkarakenteille asetettujen vaatimusten tapauskohtainen lieventäminen on perustettava erittäin monipuolisen ja huolellisen tarkastelun tuloksiin. Tarkastelussa on yllettävä riittävän hyvälle ympäristövaikutuksien arvioinnin ja teknisen tarkastelun tasolle, jotta päätöksenteko voidaan perustaa varmalle pohjalle. Arviointiryhmän asiantuntevuuteen ja kokemukseen on siten kiinnitettävä erityistä huomiota.

Taulukko 1. Kaatopaikkaluokille asetettujen vaatimusten tapauskohtainen lieventämismahdollisuuksien selvitys: menettelytapa ja huomioitavat seikat.

TYÖVAIHE	SISÄLTÖ
Lähtötilanneselvitys	Ympäristön tilan selvittäminen tausta-arvojen määrittämiseksi: -pintavedet -pohjavedet -maaperä (tarvittaessa). Vanha kaatopaikka: -kaatopaikan mahdollisen vaikutusalueen ulkopuolinen tilanne. Uusi kaatopaikka: -suunniteltu sijaintipaikka -vaikutusalue ja taustapisteet.
Sijaintiympäristön määrittely	Kohteen geologinen sijainti: -topografia -maa- ja kallioperä -hydrogeologia. Alueellinen hydrologia. Rakennettu ympäristö ja maankäyttö.
Todettujen ympäristövaikutusten selvitys	Todetut ympäristövaikutukset pinta- ja pohjavesiin (vanhat kaatopaikat). Vertailu taustapitoisuuksiin huomioiden mm. -alueelliset ominaispiirteet -sadanta -luonnolliset vuodenaikaisvaihtelut.
Jätteen laadun selvitys	Selvitetään ympäristön kannalta oleelliset jätteen ominaisuudet, esim. -jätteen tasalaatuisuus -kemiallinen pysyvyys -vedenläpäisevyys -kaasunmuodostus.
Ympäristövaikutusten arviointi ja riskien tunnistaminen	Arvioidaan mahdollisia ympäristövaikutuksia alueen sijainnin ja jätteen laadun perusteella ottaen huomioon vaaditut kaatopaikkarakenteet ja suotovesien käsittelytapa.
Kaatopaikkarakenteiden tekninen tarkastelu	Arvioidaan mahdollisuudet käyttää vaatimuksista poikkeavia rakenteita joko sellaisenaan tai yhdessä täydentävien lisätoimenpiteiden tuella, esim. happamuuden säätö.
Riskinarviointi	Tarvittaessa tehdään riskinarviointi.
Seuranta ja dokumentointi	Laaditaan tarkkailuohjelma sekä suunnitelma pinta- ja pohjavesien hallintajärjestelmäksi, joilla saadaan lisävarmuutta toteutettavalle ratkaisulle. Seurataan jätteen laatua säännöllisesti. Olennaisin tutkimus- ja havaintoaineisto dokumentoidaan huolellisesti esim. paikkatieto- ja tiedonhallintaohjelmien avulla Suositukset perustellaan ja esitetään yhdessä lähtöaineiston kanssa.
Asiantuntijaryhmä	Arviointiryhmän asiantuntevuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.



Tekijä(t) Wahlström, Margareta, Laine-Ylijoki, Jutta, Walavaara, Marko & Vahanne, Pasi			
Nimeke Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus			
Tiivistelmä <p>Tutkimuksen tavoitteena oli luoda selkeä ja toimiva menettelytapa maa- ja tierakenteissa hyötykäytettävien teollisuuden sivutuotteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Tiedotteessa annetaan ehdotus kelpoisuusmenettelystä, mihin kuuluu ehdotus tarkasteltavista parametreistä, soveltuvista tutkimusmenetelmistä sekä esimerkkejä kelpoisuusarviointiin soveltuvista kriteereistä.</p> <p>Tutkimuksen pääpaino oli pysyvän tai tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sopivien jätteiden kelpoisuuden arvioinnissa. Tyypillisten sivutuotteiden ominaisuuksia tarkasteltiin, ja niiden kaatopaikkakelpoisuus arvioitiin erilaisten lähestymistapojen perusteella. Kun tässä vaiheessa odotetaan EU:n mahdollisia yhteisiä kaatopaikkakelpoisuus-kriteerejä, ei voida esittää tulosten tulokinnassa yksiselitteisiä kelpoisuusarvoja, vaan lähinnä tapauskohtaiseen tarkasteluun soveltuvia lähestymistapoja ja vertailuarvoja.</p> <p>Jätteen kaatopaikkaluokka määräytyy jätteen laadun perusteella. Kaatopaikkarakenteisiin ja kaatopaikkavesien keräilyyn ja käsittelyyn voidaan kuitenkin tehdä lievennyksiä perustellusta syystä. Tiedotteessa on tarkasteltu myös niitä seikkoja, jotka on huomioitava tapauskohtaisesti, kun halutaan selvittää kaatopaikalle asetettujen vaatimusten mahdollisia lievennyksiä.</p> <p>Tutkimus oli osa laajempaa tutkimuskokonaisuutta, jonka päätavoitteena oli laatia opas teollisuuden sivutuotteiden ympäristökelpoisuuden ja teknisen toimivuuden osoittamiseksi lupa- ja tuotteistamismenettelyssä. Kaatopaikkakelpoisuusarviointia tarvitaan, kun sivutuotteita ei voida esimerkiksi laatuvaihtelujen tai rajoitetun käyttötarpeen takia hyödyntää maarakenteissa.</p>			
Avainsanat residues, by-products, minerals, waste disposal, landfills, granular, materials, leaching, environmental effects, assessment, quality requirements			
Toimintayksikkö VTT Kemiantekniikka, Prosessit ja Ympäristö, Biologinkuja 7, PL 1401, 02044 VTT			
ISBN 951-38-5805-7 (nid.) 951-38-5806-5 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Projektinumero KET4360	
Julkaisuaika Huhtikuu 2001	Kieli suomi, engl. tiiv.	Sivuja 69 s. + liitt. 19 s.	Hinta B
Projektin nimi Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus		Toimeksiantaja(t) Teknologian kehittämiskeskus (Tekes), Helsingin Energia, Paroc Oy Ab, VTT Kemiantekniikka, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. +358 9 4561
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2086
VTT-TIED-2086

Author(s) Wahlström, Margareta, Laine-Ylijoki, Jutta, Walavaara, Marko & Vahanne, Pasi			
Title Landfill acceptability of industrial by-products			
Abstract <p>The aim of this project was to develop a clear and practical procedure for assessing the acceptance of landfilling of industrial by-products normally utilized in earthworks. Recommendations about the landfill acceptability of mineral by-products, such as parameters to be investigated and investigation methods suitable for these investigations, are presented. Some examples of criteria applicable for assessment of the landfill acceptability of typical industrial by-products are also given.</p> <p>Typical characteristics of by-products were studied and their acceptance for landfilling, especially on landfills for inert wastes or non-hazardous waste, was evaluated using different approaches. At this point, until a uniform waste classification and acceptance procedure has been adopted, it is not possible to give definitive acceptance criteria for the interpretation of the test results. The evaluation is made case-specifically using suitable comparisons and reference values.</p> <p>Each different class of landfill (hazardous, non-hazardous or inert) has different requirements for its construction and collection and treatment of leachate. These requirements can be reduced by the decision of the authorities on the basis of an assessment of the environmental risks for the particular case. The site-specific aspects to be considered in these cases are listed in this report.</p> <p>This study was part of a larger research entity aimed at developing a guide for the assessment of the environmental and technical suitability of by-products in the permission and product qualification process. Waste acceptance procedures are needed when by-products cannot be used in earthworks, for example, because of quality variations or limited demand.</p>			
Keywords residues, by-products, minerals, waste disposal, landfills, granular, materials, leaching, environmental effects, assessment, quality requirements			
Activity unit VTT Chemical Technology, Process and Environmental, Biologinkuja 7, P.O.Box 1401, FIN-02044 VTT, Finland			
ISBN 951-38-5805-7 (soft back ed.) 951-38-5806-5 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number KET4360	
Date April 2001	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 69 p. + app. 19 p.	Price B
Name of project Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus		Commissioned by Technology Development Centre of Finland (Tekes), Helsinki Energy, Paroc Oy Ab, VTT Chemical Technology, VTT Building and Transport	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back ed.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

VTT KEMIANTEKNIikka – VTT KEMITEKNIKK – VTT CHEMICAL TECHNOLOGY

- 1876 Hakala, Sirpa, Virtanen, Yrjö, Meinander, Kerstin & Tanner, Toini. Life-cycle assessment, comparison of biopolymer and traditional diaper systems. 1997. 91 p. + app. 1 p.
- 1898 Eskola, Paula & Mroueh, Ulla-Maija. Kivihiilivoimalan sivutuotteiden maarakennuskäytön elinkaariarviointi. 1998. 82 s. + liitt. 11 s.
- 1907 Mroueh, Ulla-Maija & Loikkanen, Torsti. Tulevaisuuden kaupunkivoimala. 1998. 98 s.
- 1912 Kumpulainen, Heikki, Lehikoinen, Jarmo, Muurinen, Arto & Ollila, Kaija. Kemialliset vuorovaikutukset käytetyn ydinpoltoaineen loppusijoitustilan lähialueella. 1998. 58 s.
- 1921 Arnold, Mona, Kuusisto, Sari & Mroueh, Ulla-Maija. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt vuonna 1996. 1998. 35 s.
- 1928 Calsson, Torbjörn & Vuorinen, Ulla. The reliability of solubility data. Results from a limited literature survey focusing on Ni, Pd and Np. 1998. 39 p. + app. 21 p.
- 1951 Puustinen, Harri, Aunela-Tapola, Leena, Tolvanen, Merja, Vahlman, Tuula & Kovanen, Keijo. Determination of uncertainty of automated emission measuring systems under field conditions using a second method as a reference. 1999. 31 p. + app. 3 p.
- 1952 Mäkelä, Esa, Wahlström, Margareta, Pihlajaniemi, Miina, Mroueh, Ulla-Maija, Keppo, Martti & Rämö, Pia. Kivihiilivoimaloiden rikinpoistotuotteiden ja lentotuhkien hyötykäyttö maarakentamisessa. Jatkotutkimus. 1999. 61 s. + liitt. 3 s.
- 1956 Katajajuuri, Juha-Matti & Loikkanen, Torsti. Elektroninen painoviestintä. Ympäristövaikutukset ja ympäristöhallinnan tarve. 1999. 53 s. + liitt. 4 s.
- 1962 Eskola, Paula, Mroueh, Ulla-Maija, Juvankoski, Markku & Ruotoistenmäki, Antti. Maarakentamisen elinkaariarviointi. 1999. 111 s. + liitt. 16 s.
- 1972 Virtanen, Yrjö, Torkkeli, Sirpa & Wilson, Bob. Evaluation of a Delphi technique based expert judgement method for LCA valuation – DELPHI II. 1999. 125 p. + app. 17 p.
- 1973 Rasilainen, Kari, Luukkonen, Ari, Niemi, Auli, Olin, Markus, & Pöllä, Jukka. The feasibility of modelling coupled processes in safety analysis of spent nuclear fuel disposal. 1999. 83 p. + app. 4 p.
- 1974 Mälkki, Helena, Hongisto, Mikko, Turkulainen, Tarja, Kuisma, Jaakko & Loikkanen, Torsti. Vihreän energian kriteerit ja elinkaariarviointi energiatuotteiden ympäristökilpailukyvyyn arvioinnissa. 1999. 117 s. + liitt. 24 s.
- 1995 Wahlström, Margareta, Eskola, Paula, Laine-Ylijoki, Jutta, Leino-Forsman, Hilikka, Mäkelä, Esa, Olin, Markus & Juvankoski, Markku. Maarakentamisessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden riskin arviointi. 1999. 79 s. + liitt. 55 s.
- 2000 Kumpulainen, Heikki, Lehikoinen, Jarmo & Muurinen, Arto. Modelling of chemical evolution in the near-field of the spent nuclear fuel repository. A case study. 1999. 23 p.
- 2014 Laine-Ylijoki, Jutta, Mroueh, Ulla-Maija, Wellman, Kari & Mäkelä, Esa. Maarakentamisen elinkaariarviointi. Ympäristövaikutusten laskentaohjelma. 2000. 43 s. + liitt. 12 s.
- 2034 Katajajuuri, Juha-Matti, Loikkanen, Torsti, Pahkala, Katri, Uusi-Kämppe, Jaana, Voutilainen, Pasi, Kurppa, Sirpa, Laitinen, Pirkko, Mikkola, Hannu, Kivinen, Tapani & Salo, Seppo. Ympäristöhallintaa tukevan tietopohjan kehittäminen osana maatiilojen laatuajrjestelmää. Case: Rehuohran elinkaariarviointi. 2000. 134 s. + liitt. 4 s.
- 2055 Stén, Pekka, Olin, Markus & Lehikoinen, Jarmo. Surface complexation on iron oxides with reference to the oxide films formed on material surfaces in nuclear power plants. 2000. 70 p.
- 2062 Lehikoinen, Jarmo & Olin, Markus. Modelling the transport in the porous layer of oxide films formed on material surfaces in nuclear power plants. A BWR case study. 2000. 31 p. + app. 2 p.
- 2073 Harju, Tiina, Tolvanen, Merja, Wahlström, Margareta, Pihlajaniemi, Miina, Helenius, Jouko, Salokoski, Pia, Siltaloppi, Leena & Lehtovaara, Jaakko. Turvevoimalaitoksen raskasmetallitase ja tuhkan sijoituskelpoisuus. 2000. 67 s. + liitt. 2 s.
- 2085 Valkiainen, Matti, Klobut, Krzysztof, Leppäniemi, Sami, Vanhanen, Juha & Varila, Reijo. PEM-polttokennoon perustuvat mikro-CHP-järjestelmät. Tilannekatsaus. 2001. 60 s.
- 2086 Wahlström, Margareta, Laine-Ylijoki, Jutta, Walavaara, Marko & Vahanne, Pasi. Teollisuusjätteiden kaatopaikkakelpoisuus. 2001. 69 s. + liitt. 19 s.