



Risk Assessment and Risk Management  
Procedure for Arsenic in the Tampere Region



# Arseenista aiheutuvien riskien hallinta Pirkanmaalla

Esiselvitys ohjauskeinoista ja teknisistä  
menetelmistä riskien vähentämiseksi

Heli Lehtinen  
Jaana Sorvari

Suomen ympäristökeskus



Espoo 2006

Arseenista aiheutuvien riskien hallinta  
Pirkanmaalla

Esiselvitys ohjauskeinoista ja  
teknisistä menetelmistä riskien vähentämiseksi

Heli Lehtinen  
Jaana Sorvari

Suomen ympäristökeskus

## TIIVISTELMÄ

**Lehtinen, Heli. & Sorvari, Jaana. 2006. Arseenista aiheutuvien riskien hallinta Pirkanmaalla – Esiselvitys ohjauskeinoista ja teknisistä menetelmistä riskien vähentämiseksi. Geologian tutkimuskeskus, Erillisjulkaisut, Ramas-projektisarja, 85 sivua, 2 kuvaa, 17 taulukkoa ja 3 liitettä.**

Tämän RAMAS-hankkeen osaprojektin ensimmäisen vaiheen tarkoituksena oli selvittää minkälaisia menettelytapoja ja käytännön menetelmiä on saatavilla arseenista aiheutuvien ympäristöriskien hallitsemiseksi. Sen lähdeaineisto koostui hallinnollisista säädöksistä ja ohjeista, eri alojen asiantuntijoille ja maa-alueita kunnostaville yrityksille kohdennetuista puhelinhaastatteluista ja sähköpostitse tehdyistä kyselyistä sekä koti- ja ulkomaisesta kirjallisuudesta.

Haitallisten aineiden ympäristöriskien hallinnassa käytettävät ohjauskeinot voidaan jakaa oikeudellisiin, tiedollisiin ja taloudellisiin. Näihin kuuluvat mm. erilaiset säädökset, määräykset, ohjeet ja tietorekisterit sekä rahastot, verot ja taloudelliset kannustimet. Oikeudellisiin hallinnollisiin ohjauskeinoihin voidaan edelleen jakaa kolmeen teemaan: tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyt sekä laadun valvonta, pilaavien toimintojen ohjaus ja ympäristön laadun valvonta. Ohjauskeinojen lisäksi riskinhallintaa toteutetaan teknisin keinoin, kuten esimerkiksi kunnostamalla pilaantuneita kohteita tai puhdistamalla talousvedeksi tarkoitettua porakaivovettä.

Arseenin riskinhallinnan kannalta merkittävimmiksi oikeudellisiin hallinnollisiksi ohjauskeinoiksi tunnistettiin arseenidirektiivi (CCA-kylläste), lannoite- ja maanrakennusmateriaaleja koskevat säädökset (tuhkat), säädökset kaatopaikoista ja jätteiden hyväksymisestä kaatopaikoille (tuhkat ja pilaantuneet maa-alueet), ympäristölupa- ja ilmoitusmenettely (kaivokset ja jätteiden käsittelyalueet, pilaantuneet maa-alueet), maaperän kunnostusta ja pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyä ja sijoitusta ohjaavat viitearvot (pilaantuneet maa-alueet, ekologiset ja terveysriskit), vesipuitteidirektiivi ja valmisteilla oleva direktiivi pohjavesien suojelusta (pinta- ja pohjavesien laatu, ekologiset ja terveysriskit) sekä juomavesidirektiivi ja sosiaali- ja terveysministeriön asetukset talousveden laadun valvonnasta (talousveden laatu, terveysriskit). Tiedollinen ohjaus arseenista on vielä hajanaista, mutta juomavesiasioissa arseeniriskien hallinta on suunnitelmallisempaa. Olemassa olevat taloudelliset ohjauskeinot eivät kohdenna yksittäisiin haitta-aineisiin.

Arseenista aiheutuvien riskien hallinta perustuu paljolti arseeniyhdisteiden todettuihin terveysriskeihin, erityisesti syöpävaarallisuuteen juomavesialtistuksessa. Viitearvona päätöksenteossa on käytetty laajalti kansainvälisesti hyväksyttyä juomaveden raja-arvoa 10µg/l As. Ekologiset riskit ovat perusteena maaperän ohjearvoissa, jotka tullaan antaman maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointia koskevassa valtioneuvoston asetuksessa. Näiden ohjearvojen laatimisessa on otettu huomioon arseenin luontaisten pitoisuuksien vaihtelu. Suomessa ei ole vielä annettu kansallisia viitearvoja pinta- tai pohjavesien sallitulle arseenipitoisuudelle. Arseenin ohjearvon sisältävää ilmanlaatudirektiiviä ei myöskään ole vielä toimeenpantu Suomessa. Merisedimenteille on esitetty kansalliset ohjeelliset viitearvot, mutta niitä ei voida suoraan soveltaa RAMAS-hankkeen tutkimusalueen (Pirkanmaa) sisävesillä. Jätteiden hyödyntämisessä (lannoitevalmisteet, maarakentaminen) sovellettavat arseenin kokonaispitoisuuden ja liukoisuuden raja-arvot perustuvat alkujaan kaatopaikan ympäristön ja erityisesti pohjavesien suojeluun haitallisilta suotovesiltä.

Tekniset arseeniriskien hallintakeinot käsittävät lukuisia erilaisia veden ja kiinteän aineksen puhdistustekniikoita. Suomessa juomavesilähteen vaihtamista suositellaan ensisijaiseksi ratkaisuksi porakaivovedessä olevan arseenin riskinhallintaan. Arseenia voidaan myös poistaa vedestä erilaisilla kotitalouskäyttöön suunnitelluilla laitteilla. Suomessa näistä on tarjolla ainakin rautayhdisteeseen perustuva suodatin sekä käänteisosmoosiin ja kalvoihin perustuvia laitteita. Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksissa arseeni ei ole toistaiseksi ollut ylityspääsemätön ongelma. Entisillä puunkyllästämöalueilla kunnostukset on toteutettu pääasiassa kaivamalla pilaantuneet maa-ainekset pois ja sijoittamalla ne kaatopaikalle. Sen sijaan kaivosalueiden arseenilla pilaantuneet, happamat vedet ja toisaalta arseenilla pilaantuneet sedimentit ovat riskinhallinnan kannalta erittäin haasteellisia. Esimerkkejä onnistuneesta riskinhallinnasta on mahdollisesti haettava ulkomailta. Arseenilla pilaantuneita pintavesiä ei Suomessa ole kunnostettu, mutta pintavesien arseenipitoisuuksia seurataan merkittävien kuormittajien, kuten kaivosten, ympäristössä.

**Sähköpostiosoitteet:** [Heli.Lehtinen@ymparisto.fi](mailto:Heli.Lehtinen@ymparisto.fi) ja [Jaana.Sorvari@ymparisto.fi](mailto:Jaana.Sorvari@ymparisto.fi)

**Asiasanat:** ympäristögeologia, arseeni, riskin arviointi, riskinhallinta, lainsäädäntö, maaperä, juomavesi, pilaantuminen, kunnostus, vedenkäsittely, Pirkanmaa, Suomi.

## PREFACE

RAMAS (LIFE04 ENV/FI/000300) is a three-year project, which is jointly funded by the LIFE ENVIRONMENT – program, by the beneficiary, the Geological Survey of Finland (GTK), and by the partners: the Helsinki University of Technology (TKK), the Pirkanmaa Regional Environment Center (PREC), the Finnish Environment Institute (SYKE), the Agrifood Research Finland (MTT), Esko Rossi Oy (ER) and Kemira Kemwater (Kemira).

The acronym RAMAS arises from the project title "Risk Assessment and Risk Management Procedure for Arsenic in the Tampere Region". The project is targeting the whole Province of Pirkanmaa (also called the Tampere Region), which comprises 33 municipalities, and has 455 000 inhabitants within its area. The Finland's third largest city of Tampere is the economical and cultural center of the region.

The project aims to identify the various sources of arsenic in the target area, to produce a health and environmental risk assessment for the region and to present recommendations for the preventive/remediation and water and soil treatment methods. This project is the first in Finland to create an overall, large-scale risk management strategy for a region that has both natural and anthropogenic contaminant sources.

The project's work is divided into logically proceeding tasks, which have responsible Task Leaders who coordinate the work within their tasks:

1. Natural arsenic sources (GTK), Birgitta Backman
2. Anthropogenic arsenic sources (PREC), Kati Vaajasaari until 30.4.2006; Ämer Bilaletdin since 1.5.2006
3. Risk assessment (SYKE), Eija Schultz
4. Risk Management (SYKE), Jaana Sorvari
5. Dissemination of results (TKK), Kirsti Loukola-Ruskeeniemi
6. Project management (GTK), Timo Ruskeeniemi

The project produces a number of Technical Reports, which are published as a special series by GTK. Each report will be an independent presentation of the topic in concern. The more comprehensive conclusions will be drawn in the Final Report of the RAMAS project, which summarizes the projects results. Most of the reports will be published in English with a Finnish summary.

The report at hand is the first one in the series. In future, a cumulative list of the reports published so far will be given in the back cover of each report. All documents can be also downloaded from the project's home page: [www.gtk.fi/projects/ramas](http://www.gtk.fi/projects/ramas) .

## ALKUSANAT

Vuonna 2004 käynnistyi kolmivuotinen EU Life hanke "RAMAS" arseeniriskien arvioinnin ja hallinnan kehittämiseksi alueilla, joilla ympäristön arseenipitoisuudet ovat kohonneet. Tutkimusalueeksi valittiin Pirkanmaan alueellisen ympäristökeskuksen kunnat. Lähtökohtana hankkeelle oli Pirkanmaalla todetut pohjavesien luontaisesti korkeat arseenipitoisuudet.

Tämän esiselvityksen tarkoituksena on selvittää minkälaisia menettelytapoja ja käytännön menetelmiä on saatavilla alueellisen riskinhallinnan toteuttamiseksi. Tässä riskinhallinnassa otettaisiin huomioon paitsi luontaisesta arseenista myös ihmistoiminnasta aiheutuneista ympäristön koho- neista arseenipitoisuuksista aiheutuvat riskit ihmiselle, eliöstölle ja ympäristön laadulle. Taustaksi kuvataan lyhyesti arseenin lähteitä ja arseenille altistumista Suomessa. Tästä raportista on julkaistu myös erillinen englanninkielinen tiivistelmä (Extended Summary. Management of arsenic risks in Pirkanmaa region - Survey on available risk management instruments and tools).

Esiselvitys toteutettiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE). Päättäjänä toimi MMM Heli Leh- tinen ja työn ohjaajana TkL Jaana Sorvari SYKEN tutkimusosastolta. Työn suunnitteluun osallistui DI Outi Pyy SYKEN asiantuntijaosastolta. Harjoittelija Sanna Vienonen avusti aineiston käsittelys- sä. Esiselvitykseen tarvittavan materiaalin hankinnan yhteydessä oltiin yhteydessä useisiin asiantun- tijiin Suomessa. Tietoja hankittiin myös haastatteleamalla muutamia ympäristöhallinnon pilaantu- neiden maa-alueiden neuvottelupäiville (helmikuu 2006) osallistuneita viranomaisia ja Pirkanmaalla järjestettyyn RAMAS -seminaariin (maaliskuu 2006) osallistuneita kuntien edustajia sekä veden puhdistustekniikkaa myyvien ja pilaantuneita maita käsittelevien yritysten (10 yritystä yhteensä) edustajia.

Raportin luonnosta kommentoi kokonaisuutena dosentti, FT Timo Assmuth SYKEN tutkimusosas- toltta. SYKEN tutkimusosastolta saatiin myös materiaalia ja kommentteja koskien arseenista aiheu- tuvia ekologisia riskejä (Eija Schultz) sekä talousveden laatua ja arseeninpoisto tutkimuksia (Matti Valve, Pirjo Rantanen ja Eija Isomäki). Raportin eri osa-alueita kommentoivat mm. asiantuntijat maa- ja metsätalousministeriöstä (Pirjo Salminen, lannoitevalmisteet), metsäntutkimuslaitokselta (Tiina ja Mika Nieminen, arseenitutkimukset), sosiaali- ja terveysministeriöstä (Jari Keinänen, juo- mavesidirektiivi), sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskuksesta (Jarkko Rapala, talousve- siasiat ja Jonna Knuutila, KETU-rekisteri), kasvintuotannon tarkastuskeskuksesta (Mervi Savela ja Raili Laine, torjunta-aineet ja rehujen lisäaineet), geologian tutkimuskeskuksesta (Pekka Suomela, kaivoslainsäädäntö) ja SYKEN asiantuntijaosastolta (kemikaaliyksikön biosidi-, torjunta-aine- ja riskinhallintatiimit, ympäristövahinkoyksikön maaperäryhmä, ympäristöasioiden hallinta -yksikön ympäristölupa- ja jäteasiantuntijat sekä vesivarayksikön pohjavesiryhmä).

Tekijät kiittävät lämpimästi kaikkia haastateltuja ja raporttiluonnokseen kommentteja antaneita henkilöitä.

Helsingissä elokuussa 2006

## Sisällys

<b>PREFACE .....</b>	<b>3</b>
<b>ALKUSANAT .....</b>	<b>4</b>
<b>1. JOHDANTO.....</b>	<b>7</b>
1.1. ARSEENIN ESIINTYMINEN PIRKANMAAN ALUEELLA .....	7
1.2. RISKINHALLINNAN KÄSITTEITÄ .....	7
1.3. RISKINHALLINNAN ALUETASOT JA KOHDENTUMINEN .....	8
<b>2. TAUSTAA ARSEENIN AIHEUTTAMISTA YMPÄRISTÖRISKEISTÄ .....</b>	<b>10</b>
2.1. ARSEENIN YMPÄRISTÖKÄYTTÄYTYMINEN JA HAITALLISUUS .....	10
<b>2.2. IHMISTOIMINNASTA AIHEUTUVA PILAANTUMINEN.....</b>	<b>11</b>
2.2.1. Arseenin käyttökohteet.....	11
2.2.2. Teollisuuden arseenipäästöt.....	13
2.2.3. Kaivostoiminnasta aiheutuvat arseenipäästöt.....	13
2.2.4. Arseeni jätteissä ja maaperässä .....	14
2.3. IHMISTEN ALTISTUMINEN ARSEENILLE SUOMESSA.....	15
2.3.1. Juomaveden ja elintarvikkeiden arseeni .....	15
2.3.2. Muu altistuminen arseenille.....	16
<b>3 KANSAINVÄLINEN NÄKÖKULMA: TALOUSVEDEN ARSEENI.....</b>	<b>17</b>
3.1. ARSEENIONGELMAN LAAJUUS .....	17
3.2. LAATUSTANDARDIT JA MUUT RISKINHALLINTARATKAISUT .....	18
<b>4. ARSEENIN RISKINHALLINNAN SÄÄDÖSTAUSTA EU:SSA JA SUOMESSA.....</b>	<b>20</b>
<b>5. TUOTTEIDEN JA RAAKA-AINEIDEN HYVÄKSYMISMENETTELYT JA LAADUNVALVONTA .....</b>	<b>21</b>
5.1. KEMIKAALILAINSÄÄDÄNTÖ .....	21
5.2. ARSEENIDIREKTIIVI .....	22
5.3. ELINTARVIKKEITA, REHUJA JA LANNOITEVALMISTEITA KOSKEVA OHJAUS .....	23
<b>6. YMPÄRISTÖÄ PILAAVIEN TOIMINTOJEN OHJAUS.....</b>	<b>25</b>
6.1. YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI .....	25
6.2. YMPÄRISTÖLUPAJÄRJESTELMÄ.....	25
6.3. KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖRISKIEN HALLINTA .....	26
6.4. PILAANTUNEEN MAA-ALUEEN KUNNOSTAMINEN .....	28
6.4.1. Säädöstausta .....	28
6.4.2. Kunnostusten ohjaus ja toteuttaminen .....	30
6.4.3. Sallitut riskitasot ja ohjeet.....	30
6.5. JÄTEHUOLTOA KOSKEVA OHJAUS .....	32
6.5.1. Jätteiden luokitus, käsittely ja kansainväliset siirrot .....	32
6.5.2. Jätteiden hyödyntäminen.....	34
6.5.3. CCA-kyllästetyn puun käsittely.....	35
6.6. PILAANTUNEIDEN SEDIMENTTIEN RUOPPAUSTA JA LÄJITTÄMISTÄ KOSKEVAT OHJEET .....	35
<b>7. VESIEN LAADUN TURVAAMINEN.....</b>	<b>36</b>
7.1. VESIPUITEDIREKTIIVI .....	36
7.1.1. Vesipuitedirektiivin toimeenpano Suomessa .....	37
7.1.2. Ehdotus kansallisiksi prioriteettiaineiksi .....	38
7.2. POHJAVESIEN KEMIALLISEN LAADUN TURVAAMINEN.....	39
7.3. VESIHUOLTO JA TALOUSVEDEN LAADUN TURVAAMINEN .....	40
<b>8. HAITALLISTEN AINEIDEN TUTKIMUS, SEURANTA JA REKISTERIT .....</b>	<b>42</b>
8.1. KANSAINVÄLISET JA KANSALLISET OHJELMAT .....	42
8.2. ALUEELLISET JA LAITOSKOHTAISET SEURANNAT .....	45

<b>9. ALUEHALLINNON ROOLISTA RISKIEN HALLINNASSA .....</b>	<b>45</b>
<b>10. TEKNISET RATKAISUT ARSEENIRISKIEN HALLINNASSA .....</b>	<b>46</b>
10.1. YLEISTÄ KÄYTETTÄVISSÄ OLEVISTA MENETELMISTÄ .....	46
10.2. ARSEENIN KÄSITTELYTEKNIKOIDEN VERTAILUJA YHDYSVALLOISTA.....	47
10.2.1. <i>Taustaa</i> .....	47
10.2.2. <i>Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustekniikoiden vertailu</i> .....	48
10.2.3. <i>Arseenipitoiset jätteet ja niiden pysyvyys</i> .....	53
10.3. ESIMERKKEJÄ ARSEENIN KÄSITTELYSTÄ KAIVOSALUEILLA .....	53
10.4. SUOMALAISET KOKEMUKSET ARSEENIN POISTOSTA TALOUSVEDESTÄ .....	55
10.5. MUITA SUOMALAISIA KOKEMUKSIA ARSEENIN KÄSITTELYSTÄ .....	56
10.6. KÄSITTELYTEKNIKOIDEN KEHITYSNÄKYMÄ .....	58
<b>11. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>60</b>
11.1. RISKINHALLINNAN KOHDENTUMINEN .....	60
11.2. MERKITTÄVIMMIKSI TUNNISTETUT OIKEUDELLIS-HALLINNOLLISET OHJAUSKEINOT.....	60
11.3. MUUT OHJAUSKEINOT .....	62
11.4. RISKINHALLINNASTA JA ERI TOIMIJOIDEN ROOLISTA PIRKANMAALLA .....	62
11.5. ARSEENIN KÄSITTELYVAIHTOEHDOT .....	63
<b>EXTENDED SUMMARY .....</b>	<b>64</b>
ARSENIC IN PIRKANMAA REGION .....	64
CONCEPTS OF RISK MANAGEMENT.....	64
LEVELS AND TARGETS OF RISK MANAGEMENT ACTIONS .....	65
THE MOST SIGNIFICANT POLICY INSTRUMENTS IDENTIFIED .....	66
FOCUS OF THE PRESENT RISK MANAGEMENT ACTIONS .....	68
ARSENIC REMOVAL AND TREATMENT TECHNIQUES .....	70
OTHER RISK MANAGEMENT TOOLS .....	72
CONCLUSIONS AND FUTURE PROSPECTS.....	72
<b>KIRJALLISUUS .....</b>	<b>78</b>

**Liite I** Keskeinen yhteisölaainsäädäntö ja kansalliset säädökset arseenia sisältävien tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyissä sekä laadun valvonnassa.

**Liite II** Keskeinen yhteisölaainsäädäntö ja kansalliset säädökset pilaavien toimintojen ohjauksessa sekä huomioita arseenista.

**Liite III** Keskeinen yhteisölaainsäädäntö ja kansalliset säädökset ympäristön laadun valvonnassa.

# 1. JOHDANTO

## 1.1. Arseenin esiintyminen Pirkanmaan alueella

Hankkeen tutkimusalueella, eteläisellä Pirkanmaalla on havaittu laajoilla alueilla luontaisesti kohonneita arseenipitoisuuksia, erityisesti moreenissa ja porakaivovesissä. Geologian ja kallioperän arseenin suhteen Pirkanmaan voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen pohjois-eteläsuunnassa. Kallioperän luontaisesti kohonneiden pitoisuuksien aiheuttamat ongelmat keskittyvät kahteen eteläiseen alueeseen, joista pohjoisempaan keskittyy myös suurin osa väestöstä. Tälle ns. Tampereen vyöhykkeelle (TB= Tampere belt) sijoittuu myös Ylöjärven kaivosalue, jonka arseeniongelmat ovat tunnettuja. Malminetsintään liittyvissä maaperänäytteissä arseenipitoisuudet ovat paikoin hyvin suuria, jopa 9 280 mg/kg As on mitattu moreenin alaosista erään kultamineralisaation alueelta. Valtakunnallisen geokemiallisen kartoituksen näytteissä Pirkanmaan moreenin hienoaineksen arseenipitoisuuden mediaani on kaikilla kolmella alueella (PB 11,5 mg/kg, TB 5,92 mg/kg ja CFGC 3,72 mg/kg) valtakunnallista mediaania (2,6 mg/kg) korkeampi. Eteläisin vyöhyke (PB= Pirkanmaa belt) jatkuu samankaltaisena Pirkanmaan alueen ulkopuolellekin kaakkoon ja etelään. Pohjoisin vyöhyke (CFGC= Central Finland Granitoid Complex) on ongelmiltaan erilainen. Siellä arseeniriskit liittyvät pääosin teollisen toiminnan, kuten puun kyllästämisen, seurauksena syntyneeseen ympäristön pilaantumiseen. Pirkanmaan porakaivovesinäytteissä arseenipitoisuudet ylittivät 22,5 % yhteensä 965 näytteestä juomaveden terveysterveystason ohjearvon. Pintavesissä arseenipitoisuudet ovat yleensä pieniä. (Backman ym. 2006).

Parviainen ym. arvioivat raportissaan (2006), että merkittävimmät ihmisen toiminnasta aiheutuvat arseenin lähteet Pirkanmaalla ovat kyllästämöjä, kyllästysaineen pilaamia maita ja kyllästysaineella käsiteltyä puutavaraa. Mahdollisina riskialueina tulevaisuudessa he pitävät mm. vanhoja jätteenkäsittelyalueita ja kaivoksia jätealueineen. Tiedot arseenin kulkeutumista ja vaikutuksista ympäristöön näillä kohteilla ovat vielä puutteellisia. Maaperästä ja jätealueilta arseeniyhdisteet kulkeutuvat vesiliukoisina helposti myös raakaveden lähteisiin ja aiheuttavat riskin talousveden laadulle. Vaikka luontaisesti korkea arseenipitoisuus raakavedessä onkin Pirkanmaan alueella tunnistettu laajemmaksi riskitekijäksi kuin ihmisen toiminnasta aiheutuva ympäristön pilaantuminen, on perusteltua selvittää tarkemmin myös etenkin jätteiden ja jätteen käsittelyn arseeniriskien hallintaa.

Pirkanmaan alueen luontaisia arseenipitoisuuksia ja antropogeenisiä arseenilähteitä ja näille altistumista on selvitetty tarkemmin muissa RAMAS -osahankkeiden raporteissa (Backman 2006 ja Parviainen ym. 2006). Arseenin terveys- ja ympäristövaikutuksia kuvataan yksityiskohtaisesti RAMAS -hankkeen osaprojektin "Risk assessment" raporteissa (tekeillä). Raportit ovat saatavilla RAMAS-hankkeen internet-sivuilta: [www.gtk.fi/projects/ramas](http://www.gtk.fi/projects/ramas).

## 1.2. Riskinhallinnan käsitteitä

Riskillä tarkoitetaan haitan tai vaaran ilmenemisen todennäköisyyttä. Ympäristön pilaantumisen tapauksessa haitalla tai vaaralla tarkoitetaan yleisesti ympäristöön eli ihmiseen, eliöstöön tai muuhun suojeltavaan kohteeseen kuten esim. pohjaveden laatuun kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Haitallisten vaikutusten tarkastelussa pääpaino on ollut ns. toksikologisilla riskeillä mm. pilaantuneita maa-alueita tarkasteltaessa. Taloudelliset, psykologiset, sosiaaliset, tekniset ja ns. välilliset vaikutukset ovat yleensä jääneet vähemmälle huomiolle. Etenkin mahdollisia taloudellisia vaikutuksia on toki tarkasteltu, mutta lähinnä välillisinä eli ympäristöriskien ilmentymisen ja niihin kohdistuvien rajoittamistoimien kautta. Varsinkin psykologisten ja sosiaalisten vaikutusten arviointia on vaikeuttanut arviointimenetelmien puuttuminen.



Riskinarvioinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa riskit eli haitan tai vaaran suuruus ja sen ilmenemisen todennäköisyys pyritään arvioimaan. Riskinarviointi voi perustua erilaisiin mittauksiin (eri ympäristönsien ja elimistön haitta-ainepitoisuudet, liukoisuuskokeet), mallinnukseen (esim. haitta-aineiden kulkeutumisen mallinnus, altistumisen mallinnus), biologisiin kokeisiin eliöstöllä tai ekologisiin tutkimuksiin. Yksinkertaisimmillaan riskinarviointi voi olla ympäristöstä mitattujen pitoisuuksien vertailua riskiperustaisiin viitearvoihin (esim. maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa käytettävät ohjearvot tai talousveden laatuvaatimukset).

Riskinhallinnalla tarkoitetaan kaikkia niitä menettelytapoja ja menetelmiä, joilla riskinarvioinnissa tunnistettuja riskejä pyritään vähentämään ja poistamaan. Haitallisista aineista aiheutuvien riskien hallinnassa näitä ovat erilaiset oikeudelliset-hallinnolliset, tiedolliset ja taloudelliset ohjauskeinot. Yksittäisen pilaantuneen alueen ja pistemäisen pilaantumiskohteen (kts. 1.3. kuva 1. Hot Spots) tasolla riskinhallintaa voidaan toteuttaa myös maankäytön ohjauksen ja rajoitusten avulla sekä teknisillä keinoilla. Teknisillä keinoilla tarkoitetaan tässä erilaisia aktiivisia toimia, joilla haitta-aineiden lähteitä, kulkeutumista ja/tai niille altistumista, ja/tai vaikutuksia pyritään rajoittamaan. Esimerkkeinä voidaan mainita pilaantuneen maa-aineksen ja pohjaveden käsittely ja haitta-aineiden eristäminen tai saattaminen haitattomaan muotoon esimerkiksi stabiloimalla.

Riskinhallinta voi myös käsittää riskien rajoittamisen sellaisessa tapauksessa, jolloin altistuminen on jo tapahtunut. Esimerkkinä tällaisesta riskinhallinnasta on elimistöön joutuneen haitta-aineen, kuten arseenin, vaikutusten eliminoimiseksi annettava lääkehoito (mm. Tchounwou ym. 2004). Tässä hankkeessa rajoitetaan ns. ennakoivaan riskinhallintaan eli lääkehoitoa ja muita vastaavia altistuksen jälkeisiä menettelyjä ei tarkastella.

Ohjauskeinot on ymmärretty tässä selvityksessä laajasti, käsittäen kaikki julkishallinnon ohjauskeinot. Niihin sisältyvät säädökset, ohjeet ja strategiaohjelmat, julkishallinnon tietojärjestelmät, tutkimus, neuvonta ja valistus sekä taloudelliset ohjauskeinot. Viimeksi mainitut käsittävät mm. julkiset rahoitusjärjestelmät. Taloudellisia ohjauskeinoja ei ole tässä tarkkaan selvitetty, sillä yleisesti ottaen nämä ovat harvoin lähtökohdiltaan yksittäisen haitta-aineen riskinhallintaan liittyviä. Tarkastelu painottuukin oikeudellisiin-hallinnollisiin ohjauskeinoihin ja tieto-ohjaukseen.

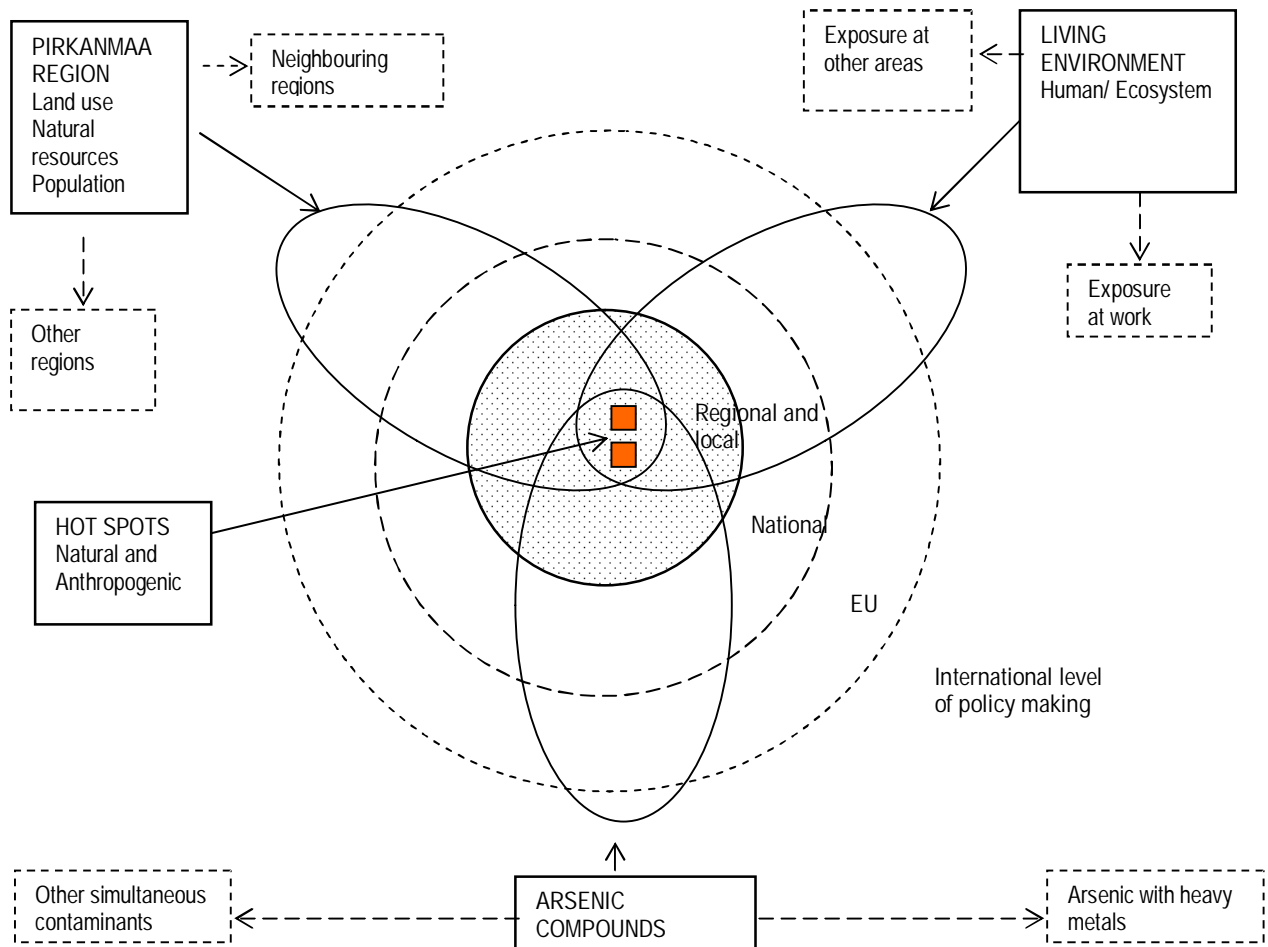
### **1.3. Riskinhallinnan aluetasot ja kohdentuminen**

Suomessa käytössä olevat oikeudelliset-hallinnolliset ohjauskeinot perustuvat monin osin Euroopan Unionin yhteisötason säädöksiin ja kansallista lainsäädäntöä sovelletaan periaatteessa kaikilla alueilla samalla tavalla. Suomessa ei ole erillisiä aluetason lakeja tai säädöksiä.

Alueellinen näkökulma haitallisista aineista aiheutuvien terveys- ja ympäristöriskien hallintaan on vielä jäsentymätön meillä Suomessa. Alueellista ja kohdekohtaista riskinhallinnan näkökulmaa on jonkin verran pohdittu suomalaisissa tutkimuksissa (Tammiranta 2000, Sorvari & Antikainen 2004). Arseeniriskien hallintaa, erityisesti juomaveden terveysriskien näkökulmasta, on pohdittu myös kansainvälisellä tasolla, mm. WHO:n kokoamassa laajassa katsauksessa vuodelta 2001.

Riskinhallinnan ohjauksen kohteena voi olla arseenipäästö ympäristön eri osiin (kuva 1. Arsenic compounds) tai toisaalta elinympäristön kemiallinen laatu (kuva 1. Living Environment). Arseenin päästölähteillä tarkoitetaan tässä esiselvityksessä arseenipitoisia tuotteita, tuotannon raaka-aineita, pilaavaa toimintaa eri toimialoilla sekä jo pilaantunutta maaperää ja jätteitä. Ihmisen elinympäristöllä (Living environment/ human) tarkoitetaan lähinnä ihmisen asuinympäristöä ja paikallisia ravinnontuotannon alueita. Esiselvityksessä ovat mukana kaikki kuvassa 1 esitetyt aluetasot, mutta pääpaino on kansallisella tasolla. Aluehallinnon roolia arseeniriskien hallinnassa pohditaan lyhyesti yhteisötason ja kansallisen katsauksen jälkeen. Työympäristössä altistumisen ja työsuojelun osalta

tarkastelu rajoittuu riskinhallinnassa käytettävien viitearvojen esittelyyn. Ekosysteemeistä paino on maaperällä ja pintavesillä. Seuraavassa työvaiheessa perehdytään tarkemmin riskien hallintaan alue- ja paikallistasolla. Tätä varten tarvitaan tulokset riskinarvioinnista eli tiedot merkittävimmistä riskeistä, niiden suuruudesta ja ulottuvuuksista mm. alueellisesti sekä altistumisen kohdentumisesta Pirkanmaalla.



Kuva 1. Näkökulmia arseeniriskien hallintaan: arseenin päästölähteiden hallinta (Arsenic compounds), elinympäristön laadun varmistaminen (Living environment), riskin hallinta pilaantuneilla kohteella (Hot spots) ja riskin hallinnan alueelliset erityispiirteet (Pirkanmaa region). (mukaeltu Assmuth ja Jalonen 2005).

Usein arseeni esiintyy yhdessä muiden haitta-aineiden kanssa, kuten yleisen arseenilähteen, CCA-kyllästeen tapauksessa. Suomalaisista tietokannoista tehdyt hautkin osoittivat, että arseeni sisältyy yleensä raskasmetallien kanssa samaan tarkasteluun. Riskinhallintaa ei tällöin käytännössä suunnitella pelkästään arseenin aiheuttamien riskien perusteella (ks. kuva 1, "Other simultaneous contaminants" ja "Arsenic with heavy metals"). Tässä selvityksessä tämä näkökulma jää vähemmälle, koska koko RAMAS-hankkeen tarkoituksena on keskittyä ainoastaan arseenista aiheutuviin riskeihin ja näiden hallintaan.

Vaikka RAMAS-hankkeen lähtökohtana on ympäristössä jo olevasta haitta-aineesta eli arseenista aiheutuvien riskien hallinta, on riskinhallintaa syytä tarkastella laajemmasta näkökulmasta sisältäen myös pilaantumisen lähteiden riskinhallinnan. Kokonaisvaltaisempi tarkastelu on tarpeen mm. pyrittäessä hallitsemaan arseenin ainevirtoja laajemmalla aluetasolla. Paikallisempaa ja kohdekohtaista riskinhallintaa suunniteltaessa voi muista lähteistä johtuvalla tausta- ja lisäaltistuksella (mm. elintarvikkeet, hengitysilma) olla suuri merkitys. Tässä esiselvityksessä käsitelläänkin laajasti ym-

päristön laatuun liittyvän riskinhallinnan ohella päästöihin ja muihin teolliseen tuotantoon ja ihmis-toimintaan liittyvien arseeniriskien hallintaa.

## 2. Taustaa arseenin aiheuttamista ympäristöriskeistä

### 2.1. Arseenin ympäristökäyttäytyminen ja haitallisuus

Arseeniyhdisteiden ominaisuuksista, ympäristökäyttäytymisestä ja haitallisuudesta eliöille on kerätty tietoa mm. suomenkieliseen raporttiin "Arseeni Suomen luonnossa – ympäristövaikutukset ja riskit" (Loukola-Ruskeeniemi & Lahermo (toim.) 2004). Laajemmin samoja asioita käsitellään mm. kansainvälisen asiantuntijapaneelin raportissa arseenista ja arseeniyhdisteistä (IPCS 2001). Luon-taisesti kohonneista arseenipitoisuuksista ja diffuuseista tai pistemäisistä päästölähteistä aiheutuvia ekologisia riskejä on selvitetty Suomessa niukasti. Tarkastelut ovat painottuneet terveysriskeihin.

Arseeni on puolimetalli eli metalloidi, jolla on sekä epämetallin että metallin ominaisuuksia. Arsee-nin yleisin mineraali luonnossa on arseenikiisu  $\text{FeAsS}$ . Samaa mineraalia on usein myös kalliota peittävässä moreenissa. Arseeni esiintyy helppoliukoisessa muodossa tyypillisessä pohjaveden pH:ssa. Arseeniyhdisteet muuttuvat vielä helppoliukoisemmaksi pH:n noustessa. Veteen liuenneena arseeni esiintyy pääasiassa arsenaattina ( $\text{As}^{5+}$ ), arseniittina ( $\text{As}^{3+}$ ), metyyliarsonihappona ( $\text{CH}_3\text{AsO}(\text{OH})_2$ ) ja dimetyyliarsiinihappona ( $(\text{CH}_3)_2\text{AsOOH}$ ). Arseenin biogeokemiallinen kierto muodostuu kolmesta pääasiallisesta reaktiosta: hapetus-pelkistysreaktioista arseniitin ja arsenaatin välillä, arseenin pelkistymisestä ja metyloitumisesta sekä orgaanisten arseeniyhdisteiden muodostumisesta. Hapellisissa oloissa, mm. vedessä ja sedimenteissä, arseenin on havaittu esiintyvän lähes kokonaan viidenarvoisena arsenaattina.

Arseeni liikkuu yleensä helposti ympäristössä, mutta maaperässä liikkumista rajoittavat sitoutumi-nen savekseen, hydroksideihin ja orgaaniseen ainekseen. Arseenin vaikutusten selvittämistä hanka-loittaa mm. sen esiintyminen eri hapetusasteilla ja yleensä yhtäaikaaisesti muiden haitallisten ainei-den kanssa. Arseenin liukoisuuteen vaikuttavat erityisesti ympäristön pH ja redox-potentiaali. Mik-robien toiminta voi myös edistää eri arseeniyhdisteiden liukoisuutta.

Epäorgaaniset arseeniyhdisteet ovat tavallisesti myrkyllisempiä kuin orgaaniset yhdisteet ja kol-menarvoinen arseniitti on todettu monille eliöille myrkyllisemmäksi kuin viidenarvoinen arsenaatti. Arseenilla ei ole yleensä suurta kertymistaipumusta kasveihin tai eläimiin, joskin ympäristön suuri arseenipitoisuus nostaa pitoisuutta eliöissä. Erityisesti epäorgaaniset arseeniyhdisteet esim. arseeni-trioksidi eli arsenikki ovat tappavan myrkyllisiä ihmiselle. Pitkäaikaisen altistumisen pienille pitoi-suuksille ilman, ravinnon tai juomaveden kautta on todettu aiheuttavan hyvin monia terveydellisiä haittoja. Juomaveden arseenin on todettu lisäävän riskiä sairastua mm. iho-, keuhko-, munuais- tai maksasyöpään.

Arseenin vaikutuksia eliöstöön Suomen olosuhteissa ei vielä tunneta kovin kattavasti. Laajana kar-toituksena on selvitetty mm. sienien ja kalojen arseenipitoisuuksia (Pelkonen ym. 2006, Venäläinen ym. 2004). Arseenin biosaatavuutta ja haitallisuutta on tutkittu mikrobeilla (mm. Petänen 2001) sekä mikrobien ja kasvien muodostamassa mikrokosmoksessa (Turpeinen 2002). Arseenin kemiaa ja haitallisuutta on tutkittu myös kyllästämöjen maaperässä (Schultz ym. 2004). Lisäksi on tutkittu tuhkan käyttöä metsälannoituksessa ja siihen liittyviä ympäristöriskejä, erityisesti ojitetuilla turve-mailla Metsäteho Oy:n koordinoimassa tutkimuksessa vuosina 1997-2003. Tähän tutkimukseen on sisällytetty arseenimäärityksiä mm. turpeista, tuhkista, metsämaasta, lähivesistä, sienistä ja marjoista (mm. Ukonmaanaho ym. 2004, Moilanen ym. 2006).

## 2.2. Ihmistoiminnasta aiheutuva pilaantuminen

### 2.2.1. Arseenin käyttökohteet

Arseenin myrkyllisyys on tunnettu maailmalla ja Suomessakin jo historiallisista ajoista. Arseenin myrkyvaikutuksia on käytetty aikanaan laajalti hyväksi mm. loisten, tuholaisten ja rikkakasvien torjunnassa. Nykyisin käyttö on suhteellisen vähäistä, koska monien arseenipitoisten kemikaalien käyttöä on rajoitettu voimakkaasti.

Ihmistoiminnasta aiheutuvia arseenin lähteitä voivat edelleen olla puunkyllästys, tuotantoeläinten ravintolisät, tuotantoeläinten pesuliuokset, kasvintorjunta-aineet, metalliseosteet (mm. lyijyakut, laakerit, lyijyammukset ja juotteet), elektroniikka, puolijohteet, palonestomateriaalit ja antifouling-maalit (Fiedler 2003). Myös lääkkeissä, valokuvateollisuudessa, lasin ja keramiikan valmistuksessa sekä tekstiiliteollisuudessa ja nahan parkitsemisessa on voitu käyttää arseenipitoisia raaka-aineita. Lisäksi ongelmana on koettu arseenipitoiset vedenpuhdistuksen jätteet ja yleisemminkin arseenipitoisen jätteen käsittely ja loppusijoitus. (IPCS 2001, U.S.EPA 2003a, EA.UK 2002).

Suomessa eniten arseenia käyttänyt toimiala on puunkyllästys. Kyllästysaineiden riskejä ei alkuun tunnistettu ja niiden käyttö oli varomatonta ja liiallistakin. Puun painosta jopa 10 prosenttia saattoi olla kyllästysainetta. Kyllästämöjen toiminta on ollut usein lyhytaikaista tai niitä on siirretty paikasta toiseen. Teollisessa puun suojauksessa on käytetty yhtenä tehoaineena diarseenipentoksidia ( $\text{As}_2\text{O}_5$ ) 1950-luvulta lähtien. Eniten näillä, myös kromia ja kuparia sisältävillä CCA-kyllästeillä, on suojattu puhelin- ja lyhtypylväitä sekä sahatavaraa. Valmisteesta riippuen CCA-kyllästeet sisältävät 10-25% arseenioksideja (Lehto ym. 1998). CCA-kyllästettä on myös valmistettu Suomessa ja valmistetaan vähäisessä määrin edelleen, ainakin Boliden Harjavalta Oy Porin kuparielektrolyysilaitoksella (Länsi-Suomen ympäristölupaviraston päätös 30.9.2005).

Vuonna 2005 Suomessa valmistettiin arseenia, arseenipentoksidia tai arseenitrioksidia yhteensä 719 tonnia. Samaan aikaan maahamme tuotiin useita tonneja arseeniyhdisteitä (taulukko 1). Arseeniyhdisteiden valmistajia tai maahantuojia ovat mm. eräät suuret metalli- ja kemianteollisuuden yritykset, kuten Mondo Minerals ja Univar (STTV 2006). Diarseenipentoksidia myytiin CCA-kyllästeen mukana Suomessa noin 200-600 tonnia vuosittain vuosina 1994-2003. Vuonna 2004 myynti laski 110 tonniin, koska arseenin käyttöä rajoitettiin voimakkaasti lainsäädännöllä. Samana vuonna kyllästetystä sahatavarasta vietiin noin 15 prosenttia ulkomaille. (Suomen ympäristökeskus, kemikaaliyksikkö<sup>1</sup> 2006).

Taulukko 1. Arseeniyhdisteiden maahantuonti, valmistus ja yhdisteistä valmistettujen tuotteiden lukumäärä vuonna 2005 Suomessa. (STTV 2006, KETU-rekisteri 31.5.2006<sup>2</sup>).

Yhdiste	Maahantuonti t	Valmistus t	Tuotteiden lukumäärä
Arseenipentoksidi	20	484	5
Arseenitrioksidi	0	0,001	2
Arseeni	0,1	235	8

<sup>1</sup> Suomen ympäristökeskus (SYKE) seuraa biosidien myyntimääriä Suomessa. SYKE myös valvoo vaarallisten kemikaalien vientiä ja tuontia.

<sup>2</sup> Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV) ylläpitää kemikaalirekisterin tuoterekisteriä (KETU), joka sisältää tietoja Suomessa markkinoilla olevista kemikaaleista. Tiedot perustuvat kemikaalien valmistajien ja maahantuojien tekemiin kemikaali-ilmoituksiin.

Metallien jalostuksessa saadaan sivutuotteena arseenitrioksidia ( $As_2O_3$ ). Arseenitrioksidista voidaan valmistaa mm. alkuainearseenia. Suomessa kupari- ja nikkelikasteiden sisältämää arseenia ei nykyisin enää eroteta ja puhdisteta tuotteeksi (Hakala 2005). Metallin jalostuksessa arseenia käytetään Suomessa sinkkitehtaalla kobolttin erottamiseen (Tarja Wiikinkoski, Länsi-Suomen alueellinen ympäristökeskus, suullinen tieto 30.5.2006). Arseenitrioksidia käytetään Suomessa vähäisiä määriä sellaisenaankin, lähinnä laboratoriokemikaalina (STTV Jonna Knuutila 31.5.2006). Vähäisiä määriä arseeniyhdisteitä voidaan käyttää myös eläinten konservointiin ja metallien pintakäsittelyyn (Hakala 2005).

Seosaineena arseenia ja sen epäorgaanisia yhdisteitä käytetään elektroniikkakomponenttien (puoli-johteet, piikiekot, aurinkokennot, optiset kuidut), lasin ja keramiikan, erikoismetallien (lyijy- ja kupariseosteet) ja loisteputkien valmistuksessa sekä ja antimikrobiologisenä lisäaineena (fenoksiarsinioksidi) muovien tuotannossa. Näistä ei ole Suomen käyttömääriä tiedossa. Arseenia voi olla epäpuhtautena pieniä pitoisuuksia myös palonestoaineessa (antimonitrioksidi). Kotimaisista geologisista muodostumista peräisin olevaa arseenia voi esiintyä mm. turvetuhkassa ja savukaasujen rikinpoiston lopputuotteessa. Lisäksi pilaantunut maa-aines ja ongelmajätteet voivat sisältää arseenia (STTV 2006, Hakala 2005).

Vielä 1950- ja 1960-luvuilla Suomessa käytettiin muutamia torjunta-aineita, joissa oli tehoaineina arseeniyhdisteitä. Näitä olivat perunan varsiston hävittämiseen sallitut arseenitrioksidia, natriumarsenaattia tai alkaliarsenaattia sisältävät tuotteet ja tuholaisen torjuntaan soveltuvat mm. lyijy-, sinkki- ja kalsiumarsenaattia sisältävät valmisteet. Kauppanimiä olivat mm. Foliatox, Duphar, Arska, Kalsiumarsenaatti, Arsenos, Arsenol, Narseeni, Lyarsen, Lyijyarsenaatti PB, ja ZN 52. Näitä kauppanimiä myytiin yhteensä noin 150 tonnia ennen käyttökieltoja. Eniten myytiin kalsiumarsenaattia sisältäviä torjunta-aineita. Jo 1960-luvulla kiellettiin maa- ja metsätalousministeriön päätöksellä mm. arseenitrioksidi-, arsenaatti- ja arseniittipitoisten torjunta-aineiden markkinointi. (KTTK, torjunta-aineosasto 8.2.2006).

Koko Euroopassa ei ole hyväksytty kahta muualla maailmalla rehun lisäaineena käytettyä arseeniyhdistettä: Nitarsone ja Roxarsone<sup>3</sup>. Näiden mm. siipikarjan kokkidioosin torjuntaan käytettyjen yhdisteiden arseeni kulkeutuu eläinten suoliston läpi muuttumattomana ja päätyy lannan mukana maaperään. Tuotteiden maaperäriskit on havaittu mm. Yhdysvalloissa<sup>4</sup>.

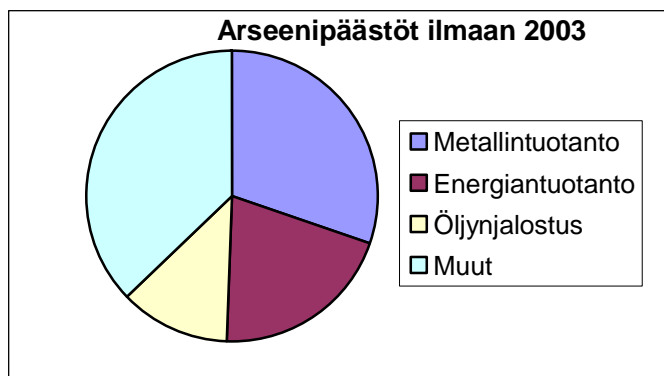
Arseeniin perustuvien torjunta-aineiden tai rehujen lisäaineiden lisäksi arseenia voi esiintyä epäpuhtautena muissakin maatalouden käyttämissä tuotteissa tai raaka-aineissa. Suomessa rehu- ja lannoitevalmisteista suurimpia arseenipitoisuuksia on havaittu eräistä kivennäisainetuotteista (rehut) ja merileväjauheesta (lannoitevalmiste). Molempia käytetään Suomessa vähäisiä määriä. Teollisuuden sivutuotteista korkeimpia pitoisuuksia on löydetty lannoitevalmisteena sellaisenaan käytettävästä turvetuhkasta. Lehmiä sorkkapesuaineena on käytetty kuparisulfaattia, jossa on epäpuhtautena arseenia. Kuparisulfaatin käyttö sorkkapesuaineena kielletään vuoden 2006 loppuun mennessä. (SYKE, kemikaaliosasto 31.5.2006).

<sup>3</sup> Roxarsone = 3-nitro-4-hydroxyphenylarsonic acid, 31.1.2006 Lääkelaitoksen ja 1.2.2006 KTTK:n kielteiset lausunnot yhdisteen hyväksymisestä EU:n markkinoilla eläinlääkkeeksi tai rehun lisäaineeksi. Myöskään Nitarsone-yhdistettä koskevalle hakemukselle ei ole annettu hyväksyntää.

<sup>4</sup> Lisätietoja mm.: [http://gsa.confex.com/gsa/2003AM/finalprogram/abstract\\_62679.htm](http://gsa.confex.com/gsa/2003AM/finalprogram/abstract_62679.htm)

### 2.2.2. Teollisuuden arseenipäästöt

Erilaisista tuotantoprosesseista ja arseenia sisältävistä tuotteista arseeniyhdisteet kulkeutuvat päästöjen mukana ilmaan, maahan, vesiin ja jätteisiin. Suomessa merkittävä arseenin ilmakuormittaja on metallintuotanto (noin 1 t/a) (Kuva 2.). Suurimmat yksittäiset päästölähteet ovat tällä hetkellä Kokkolassa ja Harjavallassa. Suurimmassa osassa Suomen kuntia arseenikuormitus ilmasta on alle 45 kiloa vuodessa. Arseenipäästöt ilmaan vähentyivät jopa 90 % vuodesta 1990 (33,2 t) vuoteen 1995 (3,5 t). Tämän jälkeen vuotuiset päästöt ovat vaihdelleet. Päästöjen vähenemisen on tehnyt mahdolliseksi polttotekniikoiden ja prosessien hallinnan tekninen kehitys ja uuden tekniikan käyttöönotto laitosten erotinlaitteissa ja rikinpoistolaitoksissa. (Melanen ym. 1999, [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) 29.5.2006)



Kuva 2. Vuonna 2003 arseenin kokonaispäästöt ilmaan olivat 3,2 tonnia ja vuonna 2004 3,8 tonnia. [[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > ympäristön tila > ilma > ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa, viitattu 29.5.2006]

Teollisuuden arseenipäästöt vesiin ovat 2000-luvulla vaihdelleet vuosittain 1-1,8 tonnin välillä. Päästöt olivat samaa tasoa jo 1990-luvun puolivälissä. Vesiin pääsee eniten arseenia metallien valmistuksen, kemianteollisuuden sekä kaivos- ja louhustoiminnan toimialoilta. Näistä merkittävin arseenipäästölähde on metallien valmistus. Suomen seitsemästä vesienhoitoalueesta kahdella arseeni on arvioitu yhdeksi merkittävimmistä haitta-aineista ns. prioriteettiaineiden lisäksi. Vuoksen vesienhoitoalueella arseenikuormitus on ollut noin 0,44 t/a ja Oulujoen-Iijoen vesienhoitoalueella noin 0,15 t/a. (Silvo ym. 2006 ja [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > ympäristön tila > pintavedet > vesistöjen kuormitus > teollisuuden vesistökuormitus, viitattu 7.3.2006)

Parviainen ym. (2006) ovat selvittäneet RAMAS-hankkeen yhteydessä Pirkanmaan alueen teollisen toiminnan ja jätevedenpuhdistamojen päästöjä. Alueella on 137 pilaavaa toimintaa, jotka on ympäristöluvuissa velvoitettu tarkkailemaan toiminnan ympäristövaikutuksia. Ympäristölupaa edellyttävistä laitoksista 26 edustaa metalliteollisuutta. Saatavilla olevasta aineistosta voitiin päätellä, että Pirkanmaan teollisesta toiminnasta tai jätevedenpuhdistamoista ei ilmeisesti pääse kovin merkittäviä määriä arseenia vesistöihin tai ilmaan. Merkittävimmät päästöt ovat lähtöisin saha- ja kyllästä-möalueilta. Koko Suomen mittakaavassa teollisuus ja yritystoiminta oli vuosien 1976-2000 välillä toiseksi yleisin pohjaveden pilaantumisten aiheuttaja (ml. kaikki haitta-aineet). Teollisuuden ja yritystoiminnan pilaantumistapauksista viidesosa aiheutui puunkyllästämöistä. (Molarius & Poussa 2002).

### 2.2.3. Kaivostoiminnasta aiheutuvat arseenipäästöt

Kaivos- ja louhustoiminnan suurimmat ympäristövaikutukset liittyvät yleensä sulfidimalmien louhintaan ja rikastamiseen. Sulfidien hapettuminen voi johtaa happamien, metallipitoisten valumavesien muodostumiseen. Erityisesti kullan ja hopean, nikkelin, koboltin, arseenin, vismutin, kadmiumin, elohopean ja antimonin louhinnasta syntyvissä valumavesissä voi olla arseenia. (Heikkinen & Noras 2005).

Kokoluokaltaan maailmanluokan kaivannaisesiintymiä Suomessa ovat Kemin kromimalmit, Pyhäsalmen sinkki-kupari-malmit, Sotkamon Lahnaslammen talkkiesiintymä sekä Siilinjärven fosfaattimalmi. Näistä arseenia pääsee ympäristöön ainakin Lahnaslammen esiintymän hyödyntämisestä. Metallikaivosten määrä ja louhinta ovat laskeneet selvästi 1970-luvun huippuvuosista. Enimmillään Suomessa oli 22 metallikaivosta vuonna 1974. Vuonna 2005 neljästä kaivoksesta louhittiin noin 3,6 miljoonaa tonnia metallista malmia. Uusi kultakaivos avattaneen Huittisissa ja päätös Suurikuusikon kultakaivoksen avaamisesta Kittilään tehtiin kesäkuussa 2006. Näiden lisäksi Suomessa on vireillä useita kulta- ja nikkeli-kaivoshankkeita sekä joitakin hankkeita platinaryhmän metallien, kuparin tai muiden metallien esiintymien hyödyntämiseksi. (KTM 2006, Mondo Minerals Oy & Jaakko Pöyry Infra/ PSV –Maa ja Vesi 2005).

Pirkanmaan alueella on toiminut viisi kaivosta, joissa kaikissa aktiivinen kaivostoiminta on loppunut. Oriveden Kutemajärven kultakaivos suljettiin vuonna 2003, mutta toimintaa käynnistetään uudelleen. Toiminnan käynnistämiseen on jo saatu ympäristölupa (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 24.2.2006). Ylöjärvellä louhittiin kuparia ja vanadiinia ja Viljakkalan Haverissa louhittiin kultaa ja kuparia. Kahdessa eteläisemmässä kaivoksessa kiinnostuksen kohteena ovat olleet Ni-Cu –esiintymät (Kylmäkoski ja Vammala). Kaivosalueita on kuvattu tarkemmin RAMAS-hankkeen toisessa raportissa (Parviainen ym. 2006).

#### **2.2.4. Arseni jätteissä ja maaperässä**

Merkittävä arseenipitoinen jäte-erä on käytöstä poistuva, CCA-kyllästeellä käsitelty puutavara. Se luokitellaan ongelmajätteeksi. Arvioidaan, että hetkellä Suomessa olisi käytössä yli 10 miljoonaa kuutiota kyllästettyä puutavaraa. Tämä määrä sisältää myös muun kuin CCA:lla, kuten esimerkiksi kreosootilla, kyllästetyn puutavaran. Kyllästetyn puun kierrätyksestä on rajoitettu ympäristö- ja terveysriskien vuoksi. Tämän jäte-erän käsittely onkin osin ratkaisematta. (Parkanon voimalaitoshankkeen YVA 2006). Hylätyn, kyllästetyn puutavaran arseenimäärän arvioivaan olevan huipussaan vuonna 2015, jolloin se olisi pohjoismaissa yhteensä 160 tonnia arseenia vuodessa (Suomen osuus reilu viidesosa). Tämä on seurausta 1970-luvulla huippunsa saavuttaneesta arseenin käytöstä. (Nordic Council of Ministers 1999).

Kyllästetyn puutavaran lisäksi polttolaitoksissa syntyvä kivihiihi- ja turvetuhka, metalliteollisuuden kuonat ja tuhkat, kaivosten sivukivet, rikastushiekat ja jätevedet sekä teollisuuden jätevedet ja puhdistamolietteet voivat sisältää havaittavia määriä arseenia. RAMAS-hankkeessa on selvitetty tarkemmin mm. eräiden kiinteiden jätteiden ja tuhkien arseenin kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia (Parviainen ym. 2006).

Teollisuuden ja kulutuksen tuottamien jätteiden ohella pilaantuneen maa-alueen kunnostuksessa syntyvä, pois kaivettu arseenipitoinen maa-aines on jätehuollollinen ongelma. Pilaantuneita maa-alueita koskevissa kunnostuspäätöksissä arseni oli mm. vuonna 2004 mainittu 30 kohteessa yhteensä 388 päätöksestä. Lisäksi haitta-aineena mainittiin yleisesti raskasmetallit 55 kohteessa. Näissä arseenikin on voinut sisältyä haitta-aineisiin. Arseenia sisältävillä pilaantuneilla maa-alueilla on sijainnut mm. kyllästämöjä, kaatopaikkoja (saha, asevarikko), täyttömaita (mm. tuhkat), kauppa-putarhoja, ratapihoja, ampumaratoja, valimo, nahkatehdas, paja, korjaamo, romuliike, telakka, maalaamo, lämpökeskus ja akkujen murskaamo. (Jaakkonen 2005).

Valtakunnallisessa rekisterissä pilaantuneiden maa-alueiden rekisterissä oli vuonna 2003 yhteensä 185 suolakyllästämökohdetta. Suolakyllästämöillä maaperän arseenipitoisuudet ovat vaihdelleet välillä 10-26 000 mg/kg. Kyllästämöillä etenkin kyllästysylijinterin suulla havaitaan usein valumia ja ympäristössä on runsaasti pilaantunutta puu- ja kuorijätettä maahan sekoittuneena. Kyllästysainetta on myös valunut maahan varastoiduista pinoista (Lehto ym. 1998). Tutkimuksen kohte-

na olevalla Pirkanmaan alueella on toiminut kaikkiaan 16 puunkyllästämöä, joista kaksi CCA-kyllästämöä oli vielä toiminnassa v. 2006 alussa (Parviainen ym. 2006).

Kaatopaikkojen ympäristöriskejä Suomessa on selvitetty erillisessä kartoituksessa 1990-luvun alussa. Arseenin havaittiin levinneen kaatopaikkojen ympäristöön (Assmuth ym. 1990). Vanhoilla kaatopaikoilla arseenia voi olla sellaisissakin tuotteissa ja materiaaleissa, joiden myynti on kielletty vuosikymmeniä sitten. Kaatopaikat ovat erityisen merkittävä riski pohjavesille. Vuosina 1976-2000 todetuista 330 merkittävästä pohjaveden pilaantumistapauksesta 28 tapauksessa kaatopaikka tunnistettiin pilaantumisen lähteeksi (Molarius & Poussa 2002). Pirkanmaalla on ollut yli 130 kaatopaikkaa, mutta vuoden 2006 alussa toiminnassa oli enää 7 kaatopaikkaa (non-hazardous waste). Näistä kolme on kuntien yhdyskuntajätteen kaatopaikkoja ja neljä teollisuuden omistamia. Kaikkiaan 16 jätteenkäsittelypaikalla oli lupa lievästi pilaantuneiden maiden käsittelyyn. (Parviainen ym. 2006).

Ampumaradoilla tavattu arseeni on peräisin lyijyhauleista, joissa sitä on epäpuhtautena 0,1-0,5%. Suomessa ampumarata-alueilla pitoisuudet ovat olleet alle 200 mg/kg. (Naumanen ym. 2002). Pirkanmaalla on ollut yli 110 ampumarataa, joista noin 72 on edelleen käytössä. Ampumaratoja on sijoitettu myös ensimmäisen luokan pohjavesialueille (29kpl/110kpl). Tutkimukset (yhteensä kuu- den ampumaradan tulokset) Pirkanmaalla ovat osoittaneet, että arseenipitoisuudet ovat melko alhaisia (max 28 mg/kg). (Parviainen ym. 2006).

Pirkanmaan alueella on toiminut 15 kauppapuutarhaa, mutta ne on pääosin perustettu arseenipitoisten torjunta-aineiden käyttökiellon jälkeen. Kauppapuutarhojen maista ei ole analysoitu arseenia Pirkanmaalla. (Parviainen ym. 2006). Arseenipitoisia torjunta-aineita on voitu käyttää myös metsätaimatarhoilla. Suomessa tutkituilla metsätaimatarhoilla ei ole kuitenkaan todettu merkittäviä arseenipitoisuuksia (Jaakkonen & Sorvari 2006). Maatilojen ja viljelymaiden arseenipitoisuuksista raportoidaan myöhemmin toisessa RAMAS-hankkeessa.

## **2.3. Ihmisten altistuminen arseenille Suomessa**

### **2.3.1. Juomaveden ja elintarvikkeiden arseeni**

Suomen elintarvikevirasto on todennut vuonna 2002 juomaveden arseeniriskien vuoksi arseenin olevan kansanterveydellisesti merkittävämpi ongelma kuin nitraatti tai alumiini (EVI 2002). Arvio perustuu osin 1990-luvulla toteutettuihin kaivovesien arseenipitoisuuksien kartoituksiin (Backman ym. 1994, Lahermo ym. 2002) ja osin kansainvälisiin tutkimustuloksiin juomaveden arseenipitoisuuksien vaikutuksesta eräiden syöpien esiintymiseen. Laajaan kaivovesikartoitukseen ryhdyttiin mm. malmitutkimusten perusteella. (Backman & Loukola-Ruskeeniemi 2005). Tutkimuksissa on todettu tietyillä alueilla korkeita arseenipitoisuuksia etenkin porakaivojen, mutta myös muutaman kuilukaivon vedessä. Suurimmat arseenin terveystriskit aiheutuvatkin siten yksittäisten kotitalouksien porakaivojen tai pienimpien pohjavesilaitosten toimittamasta vedestä. Yksittäisten kotitalouksien porakaivoja on kallioperän luontaisesti kohonneiden arseenipitoisuuksien esiintymisalueella noin 2000-10 000. Tarkkaa lukua ei tiedetä (Valve ym. 2005). Koko Suomen laajuudessa tarkastelussa vain 3 % tutkituista 263 porakaivosta veden arseenipitoisuus ylitti terveystriskiperusteisen juomaveden ohjearvon 10 µg/l. Keskimääräiset pitoisuudet olivat alhaisia (taulukko 2).

Suurten vesilaitosten toimittama vesi (taulukko 2) on arseenipitoisuuden suhteen täyttänyt juomavesidirektiivin laatuvaatimuksen (max. 10 µg/l As). Viimeisimmässä koko Suomen kattaneessa, vesilaitosten veden laatua kartoittaneessa tutkimuksessa oli aineistona vesilaitosten valvontaraportit vuodelta 1996. Tässä aineistossa arseenipitoisuudet ylittivät noin kymmenessä tapauksessa talousveden laatuvaatimuksen (10 µg/l). Aikanaan vesilaitosten teettämien vesianalyyysien arseenin toteamisraja saattoi olla luokkaa 50 µg/l ja ylittää näin juomavedelle asetetun laatuvaatimuksen vii-



sinkertaisesti. Aineiston arseenia koskevan osuuden epäluotettavuuden vuoksi sitä ei aikanaan raportoitu. (Kujala-Räty ym. korjattu painos 2001).

Pienien pohjavesilaitosten (alle 500 huoneistoa) veden laatua selvitettiin ns. PIPOT -tutkimuksessa, johon kerättiin aineistoa vuoden 2005 tammikuuhun asti. Arseenipitoisuuksista saatiin tietoja vain satunnaisesti. PIPOT -tutkimuksen erityisenä kiinnostuksen kohteena oli veden mikrobiologinen laatu. Arseenista ei voida yleistää tämänkään tutkimuksen perusteella koko Suomen vesilaitoksia koskevia johtopäätöksiä. (Isomäki 2006). Pienillä vesilaitoksilla arseenipitoisuutta ei ole välttämättä mitattu vielä kertaakaan, joten yllätyksiä voi vielä tulla. Vuoden 2005 syksyllä havaittiin mm. kahdella Länsi-Suomen alueen pienellä vesilaitoksella<sup>5</sup> ohjearvon ylittävä arseenipitoisuus.

Suomessa epäorgaanisten arseeniyhdisteiden saanti elintarvikkeista on noin 10 µg /vrk. Useimmissa kotimaisissa elintarvikkeissa, kuten maitotaloustuotteissa, lihassa ja kasviksissa arseenipitoisuudet ovat olleet alhaisia 1970-luvulta lähtien, yleensä alle 0,05 mg/kg. Kalastuksen ja kulutuksen kannalta merkittävimpien meri- ja järvikalojen arseenipitoisuuksia kartoitettiin viimeksi 2000-luvun alussa kalojen vierasaineprojektissa. Tutkimuksesta ilmeni, että arseenipitoisuudet kaikissa tutkituissa kaloissa ovat vähäisiä ja selvästi EU:n asettamien raja-arvoja pienempiä. Silakan arseenipitoisuudet olivat suurempia kuin muiden tutkittujen kalojen (maksimissaan 1 mg/kg), mutta kansainvälisessä vertailussa todetut pitoisuudet silakoissa ovat alhaisia. Silakan arseenipitoisuudet korreloivat iän ja koon suhteen eli pitoisuudet ovat korkeimpia suurikokoisissa ja iäkkäissä kaloissa. (EVI 2002, Venäläinen ym. 2004).

Etelä-Suomen alueelta vuosina 1977-1999 kerätyistä ruokasienistä on analysoitu arseenipitoisuuksia (myös Cd, Pb, ja Ni) sekä ns. puhtailla tausta-alueilla että alueilla, jotka ovat teollisuuspäästöjen vaikutuspiirissä. Alueet olivat tavanomaisia sienestyspaikkoja. (Pelkonen ym. 2006). Tutkimuksen lopullisia tuloksia ei ole vielä julkaistu.

Taulukko 2. Arseenipitoisuuksia vesinäytteissä koko Suomen kattavista aineistoista. (Lahermo ym. 2002 ja vuoden 2003 tulokset vesilaitosten valvonnasta, STTV raportteja 1:2005).

Veden lähde	Arseenipitoisuus	
	Keskiarvo tai max	Mediaani
Porakaivot	1,00 µg/l	0,16 µg/l
Lähteet	0,58 µg/l	0,10 µg/l
Rengaskaivot	0,52 µg/l	0,20 µg/l
Suurten vesilaitosten toimittama vesi	0,06 µg/l , pohjavesi 0,02 µ/l , pintavesi (max 1,0 µ/l)	

### 2.3.2. Muu altistuminen arseenille

Juomaveden ja elintarvikkeiden lisäksi ihmisten altistumista arseenille on selvitetty lähinnä työsuojeluun (mm. Hakala 2005, Aitio ym. 1996, Korttinen & Liukkonen 1996) ja maaperän pilaantumistapauksiin liittyneissä tutkimuksissa. Arseenille on arvioitu altistuvan Suomessa noin 1300 työntekijää (tiedot vuosilta 1985-2003) kuparimetallien tuotannossa ja niihin liittyvissä prosesseissa, valmistettaessa ja käytettäessä puunkyllästysaineita sekä käsiteltäessä kyllästettyä puuta, käytettäessä arseenia lasitehtaissa, emalointityössä ja laboratorioissa. Altistumisen on todettu olevan merkittävää

<sup>5</sup> Vimpeli, Hallapuron vesiosuuskunta (20-30 m<sup>3</sup>/vrk vettä noin 30 taloudelle), arseenipitoisuus noin 60 µg/l sekä Teuva, Luovan vesiosuuskunta (lisätietoja kunnasta).

myös hävitettäessä ongelmajätteitä, siirrettäessä ja käsiteltäessä arseenilla pilaantuneita maamassoja sekä valmistettaessa elektroniikkakomponentteja. Arseenia on mitattu työntekijöiden virtsasta ja jonkin verran työilmasta. Vuosina 1994-2003 tehtiin lähes 5000 virtsan arseenipitoisuuden määrittäystä, joista 38 % arseeni pitoisuus ylitti altistumattomien viiterajan 30 nmol/l ja 13 % ylitti toimenpiderajan 70 nmol/l, joka vastaa altistumista ilman kautta HTP-arvon suuruiselle pitoisuudelle. Yksittäisiä suuria pitoisuuksia ilmasta on mitattu eräiden piikiekkujen valmistuksen ja pilaantuneen maan käsittelyyn liittyvissä työvaiheissa. (Hakala 2005).

Kuparin tuotannossa yrityksen omana toimintana tehdyssä selvityksessä on todettu vähäisenkin arseenipitoisen pölyn joutumisen käsistä suun alueelle aiheuttavan merkittävää virtsan arseenipitoisuuden kohoamista (Hakala 2005). Myös pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustoimien yhteydessä arseenipitoisen pölyn tahaton kulkeutuminen suuhun voi olla merkittävä altistusreitti. Erityisesti pilaantuneilla maa-alueilla, jotka ovat asuinkäytössä tahaton maansyönti (mm. huonosta käsihygieniasta johtuva ja pienillä lapsilla myös suora maansyönti) ja ruoansulatuksen kautta tapahtuva altistuminen (pilaantuneella maalla viljeltävät ravintokasvit, pilaantunut talousvesi) voivat aiheuttaa merkittäviä riskejä. Altistuksen ja tästä aiheutuvien terveysvaikutusten suuruus ja todennäköisyys (eli riskit) riippuvat aina pilaantuneen alueen olosuhteista, kuten ympäristön arseenipitoisuuksista, maankäytöstä (altistujat, altistusajat, altistusmekanismit) ja ympäristön ominaisuuksista (esim. maan peitto, pohjavesiolosuhteet).

Pilaantuneen maaperän, talousveden ja ravinnon lisäksi altistumista muiden ympäristönsien, kuten esimerkiksi pintavesien (uitaessa) tai elinympäristön (muu kuin työympäristö) hengitysilman sisältämälle arseenille ja tästä aiheutuvia riskejä ei Suomessa tietyvästi ole selvitetty.

Tupakan viljelyssä on käytetty aikanaan arseenipitoisia torjunta-aineita, mutta nykyään ne on kielletty useimmissa maissa. Arseenia voi esiintyä tupakassa pieniä määriä luontaisestikin. Yhdysvaltojen ympäristöviranomaiset arvioivat 1980-luvulla, että yhden tupakka-askin polttamisessa tupakoija altistuu noin 6 µg:lle arseenia. (viitattu raportissa: EA.UK 2002).

## **3 KANSAINVÄLINEN NÄKÖKULMA: TALOUSVEDEN ARSEENI**

### **3.1. Arseeniongelman laajuus**

Puhtaan juomaveden turvaaminen on ollut suuri haaste monissa köyhissä maissa. Näitä maita on tuettu mm. suunnittelemalla ja toteuttamalla porakaivojen käyttöön perustuvaa vesihuoltoa. Eri puolilla maailmaa on toisaalta todettu laajoillakin pohjaveden muodostumisalueilla yli 10 µg/l ja reilusti yli 50 µg/l luontaisia arseenipitoisuuksia pohjavedessä. Porakaivoista pumpatun juomaveden arseenipitoisuus ja siitä aiheutuvat vakavat terveyshaitat ovat tulleet ikävänä yllätyksenä mm. Bengaljoen suistossa. Terveyshaitat ovat tuolla alueella ilmenneet näkyvinä oireina mm. ihossa noin 5-10 vuoden viiveellä arseenipitoisen juomaveden käytön alkamisesta. Ensimmäiset havainnot juomavedessä luontaisesti esiintyvän arseenin terveyshaitoista tehtiin jo 1960-luvulla Taiwanissa, 1970-luvulla Chilessä ja 1980-luvulla mm. Ghanassa ja Meksikossa. (Kinniburgh & Smedley (toim.) 2001).

Eniten ihmisiä altistuu pohjaveden arseenille Bengaljoen suistossa, Taiwanissa, Australiassa, Pohjois-Kiinassa, Unkari-Romania-alueella, Meksikossa, Perussa, Chilessä, Argentiinassa ja lounaisissa Yhdysvaltojen osavaltioissa. Euroopan yhteisön jäsenmaista myös Slovakiassa on todettu suhteellisen suuria, geologisista ominaispiirteistä johtuvia arseenipitoisuuksia vesilaitosten jakamassa vedessä. Geokemialtaan ongelmallisia alueita pohjaveden arseenin suhteen on myös mm. Espanjassa ja Portugalissa. Arseeniongelmia on todettu myös kaivosalueilla ja geotermisten lähteiden

den yhteydessä mm. Thaimaassa, Ghanassa, Kreikassa, Itävallassa, Lounais-Englannissa, Uudessa Seelannissa, Kanadan länsiosissa, Alaskassa ja Kamtchatkan niemimaalla. Näillä alueilla myös pintavesi voi olla voimakkaasti saastunutta. (Backman ym. 2006, Kinniburgh & Smedley (toim.) 2001, WHO Fact sheet 210, May 2001, Alaerts ym. 2001).

Juomaveden riittävyys ja veden hygieeninen laatu ovat globaalilla tasolla muihin vedenlaatuongelmiin nähden merkittävämpiä ongelmia. Arseeniongelmaa ei pidä kuitenkaan vähätellä, sillä arseenin aiheuttamien, suhteellisen vakavien terveystahojen ehkäiseminen lääketieteellisin keinoin on varsin rajallista. Lisäksi epäorgaanisen arseenin poistaminen juomavedestä turvalliseen pitoisuuteen asti on yleensä teknisesti vaativampaa kuin muiden laatuongelmien poistaminen. Ongelmana arseeniriskien hallitsemisessa on myös mm. arseenipitoisuuden voimakas vaihtelu pienelläkin alueella. Porakaivoveden arseenipitoisuuden syvyysuuntainen vaihtelu on monilla alueilla ennustettavampaa kuin horisontaalinen vaihtelu. Horisontaalisesta vaihtelusta johtuen jokaisen kaivon arseenipitoisuus on tutkittava erikseen ja monilta alueilta on mahdollista löytää puhdistakin vettä. Tiheään poratuilla alueilla on mahdollista, että aluksi puhtaaksi todettu kaivovesi pilaantuu vähitellen (ei Suomessa). Tällöin onkin varauduttava arseenipitoisuuden seurantaan.

Veden arseenipitoisuuden ja todettujen terveystahojen välillä ei ole yksiselitteistä yhteyttä. Vielä osin selvittämättömistä syistä johtuen mm. Bangladeshissa vakavimmat terveystahot eivät sijaitse korkeimpien pohjaveden arseenipitoisuuksien alueella.

### 3.2. Laatustandardit ja muut riskinhallintaratkaisut

Talovesuden laatuun kiinnitetään entistä enemmän huomiota ja haitallisten alkuaineiden tai yhdisteiden pitoisuuksien raja-arvot ovat jatkuvan tarkastelun kohteena etenkin Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Maailmanlaajuisen terveysjärjestön, WHO:n terveysperusteisia juomaveden laadun ohjeistoja on useimmiten käytetty lähtökohtana kansallisten raja-arvojen asettamisessa.

Ensimmäiset juomaveden laatustandardit julkaistiin WHO:ssa vuonna 1958 ja silloin pidettiin 0,20 mg/l hyväksyttävänä arseenin pitoisuutena. Vuonna 1968 standardia laskettiin 0,05 mg/l uudelleen arvioinnin seurauksena. Vuonna 1984 tämä pitoisuus vahvistettiin viralliseksi ohjeistoksi. Vuonna 1993 uusitussa juomaveden laadun ohjeistuksessa arseenin ohjeellista, hyväksyttävää pitoisuusrajaa alennettiin entisestään. Nyt ohjeistoksi on ehdotettu 0,01 mg/l. Tätä "tilapäistä" (=provisional) WHO:n ohjeistoa olisi riskinarvioinnin perusteella voitu vielä laskeakin, mutta vastaan tuli laboratoriodien analyysitarkkuus. (WHO Fact sheet 210, 2001).

Suomessa havahduttiin juomaveden arseeniriskeihin 1990-luvun alussa. Riskien vähentämiseksi tiukennettiin mm. talovesuden laatuvaatimusta arseenille ja suljettiin kaivoja, joissa pitoisuudet ylittivät uuden raja-arvon. Vuoden 1995 alusta tuli voimaan Sosiaali- ja terveysministeriön päätös arseenin raja-arvon laskemisesta pitoisuudesta 50 µg/l pitoisuuteen 10 µg/l. (Backman & Loukola-Ruskeeniemi 2005). Samana vuonna Suomi liittyi Euroopan yhteisöön. Tärkein talovesuden laatuasioita ohjaava yhteisötason säädös on juomavesidirektiivi vuodelta 1998. Tämän direktiivin viitearvo arseenille on sama kuin STM:n esittämä.

Yhdysvalloissa arseenin terveysperusteisen juomaveden raja-arvon alentamista vuonna 2001 (50 > 10 µg/l) edelsi vilkas tutkimus aiheesta. Arseenin syöpävaarallisuudesta alhaisilla juomaveden pitoisuuksilla oltiin saatu uutta näyttöä Yhdysvalloissakin toteutetuissa tutkimuksissa. Ohjeistoa ehdotettiin ensin laskettavaksi jopa 5 tai 8 µg/l:aan, mutta tämä todettiin ilmeisesti liian suureksi taoudelliseksi haasteeksi haja-asutusalueiden pienille vesilaitoksille. WHO:n suositusta alhaisempi raja-arvo löytyy maailmalta, Australian 7 µg/l (Alaerts ym. 2001, Rantanen & Valve 2002).

### Talousveden arseenin raja-arvo Suomessa

"Arseenin raja-arvo oli Suomessa 50 µg/l aina 1994 vuoden loppuun asti määrättyinä Lääkintöhallituksen yleiskirjeellä. Kun Suomi liittyi EU:iin vuoden 1995 alusta se implementoi vanhan juomavesidirektiivin (80/778/ETY) STM:n päätöksellä, johon otettiin jo silloin direktiiviä tiukempi arseenin raja-arvo 10 µg/l. Vanhassa direktiivissä raja oli siis 50 µg/l. Uuteen juomavesidirektiiviin (98/83/EY) otettiin WHO:n esittämä raja-arvo arseenille eli 10 µg/l, mikä Suomenkin oli helppo hyväksyä, koska se oli ollut meillä rajana jo vuoden 1995 alusta." (Ylitarkastaja Jari Keinänen, STM)

WHO on kerännyt muiden YK:n organisaatioiden kanssa yhteistyössä tietoa juomaveden arseenista ja tästä aiheutuvien terveysriskien hallintakeinoista. Vuonna 2001<sup>6</sup> julkaistussa katsauksessa on esitelty riskinhallintakeinoja, jotka ovat monelta osin sovellettavissa ja niitä on osin sovellettukin Suomessa talousveden terveysriskien hallinnassa. Raja-arvot ovat vain yksi väline juoma- tai talousveden arseenista aiheutuvien terveysriskien hallinnassa. Laajempaa juomaveden arseeniriskien hallintastrategiaa ovat pohtineet mm. Maailmanpankin asiantuntijat edellä mainitussa raportissa (Alaerts ym. 2001). He painottavat köyhien ja kehittyvien valtioiden harvaan asutun maaseudun arseeniongelmiin hallintaa. Maailmanpankki rahoittaa mm. Bangladeshissa arseeniriskien hallintaan ja vesihuollon järjestämiseen keskittyvää hankekokonaisuutta. Raportissa todetaan, että toimivista riskien hallintamenetelmistä on niukasti kokemuksia.

Maailmanpankin kehitysmaa-asiantuntijat toteavat, että juomaveden sisältämästä arseenista aiheutuvien terveysriskien hallinnan toteuttamiseen tarvitaan laaja kirjo instituutioita ja vahva paikallinen sitoutuminen (taulukko 3). Ehdotetun mukainen toimintamalli soveltunee hyvin myös kansallisen riskinhallintastrategian suunnitteluun Suomessa. Useimmissa maissa vesihuollosta vastaavat ministeriöt johtavat tällaisen riskinhallintastrategian toteuttamista. Tärkeintä on kouluttaa ympäristöterveydestä vastaavia viranomaisia, jotka yleensä saavat ensimmäisenä tiedon pilaantumisesta. Kouluttaminen on tärkeää, koska arseeni ei ole yleensä ollut, tunnetusta toksisuudestaan huolimatta rutiiniseurannan kohteena. Tärkeää olisi myös tunnistaa terveyshaitat ja seurata niiden ilmenemistä. Maatalousviranomaisten tärkeänä tehtävänä on kasteluveden arseenin vaikutusten selvittäminen ja haittojen minimointi. Lisäksi etenkin tutkimuslaitoksissa tuotetaan arvokasta taustatietoa mm. arseenin kulkeutumisesta ja biosaatavuudesta.

Taulukko 3. Juomaveden arseenin riskinhallinnassa huomioitavat osa-alueet. (Tiivistetty suomeksi Alaerts ym. 2001, s. 24-25).

Juomaveden arseeniongelman vakavuuden mittarit	Mahdolliset strategiset työkalut
<b>Tunnistetut arseenilähteet ja pilaantuneisuus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kansallinen tietojen keruu</li> <li>• Näytteenoton ja laboratorioanalyysien kehittäminen</li> </ul>
<b>Taloudelliset vaikutukset</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilaantuneisuustiedon integrointi avainsektoreille</li> </ul>
<b>Paikallinen, suora altistuminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuki yksittäisten kaivojen arseenipitoisuuden analysoimiseksi</li> <li>• Tiedollinen tuki terveysvaikutuksista ja vaihtoehtoisista vesilähteistä</li> </ul>

<sup>6</sup> [www.who.int](http://www.who.int) > Water Sanitation and Health (WSH) > Drinking Water Quality > United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water (PDF)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitkäaikainen tekninen tuki puhtaan juomaveden saamiseksi</li> </ul>
<b>Epäsuora altistuminen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pohjavesihydrologian perustutkimus ja mallintaminen</li> <li>• Arseenin huomioiminen vesihuollon hankkeiden ympäristövaikutusten arvioinneissa</li> </ul>
<b>Tiedon taso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiedon levittäminen ongelman laajuudesta ja käyttökelpoisista tekniikoista</li> </ul>
<b>Oikeudellis-hallinnollisen ohjauksen mahdollisuudet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aloita paikallisista instituutioista</li> <li>• Selkiytä instituutioiden roolia</li> <li>• Integroi arseeni yleisiin vesihuollon, vesien suojelun, terveydensuojelun, maatalouden ja ympäristönsuojelun strategioihin</li> </ul>
<b>Kansainvälinen yhteistyö</b>	Kansainvälisten tietoverkoston luominen ym.

Myös Yhdysvalloissa on herätty myös tukemaan kehitysmaiden juomaveden arseeniongelman ratkaisua. Miljoonan dollarin Grainger Challenge Prize<sup>7</sup> –palkinto odottaa tutkijoita, jotka esittävät kesäkuuhun 2006 mennessä parhaan systeemin kehitysmaiden juomaveden arseeniongelman ratkaisemiseksi. Systeemin pitää olla teknisesti yksinkertainen, luotettava, helposti ylläpidettävä, sosiaalisesti hyväksytty ja kustannuksiltaan sopiva. Näillä ei välttämättä saavuteta Suomessa vaadittavaa puhdistustasoa.

#### 4. ARSEENIN RISKINHALLINNAN SÄÄDÖSTAUSTA EU:SSA JA SUOMESSA

Haitallisten aineiden aiheuttamien riskien hallinnan säädöspohja on edelleen hajanainen, vaikka EU:ssa on saatu aikaan useita integroivia säädöksiä. Säädökset voidaan yleisellä tasolla jaotella kemikaaleja ja valmisteita koskeviin sekä päästöjä ja ympäristön laatua koskeviin. Liitteisiin I - III on koottu tätä pääjaottelua noudattaen tärkeimpiä haitallisten aineiden riskinhallintaa koskevia säädöksiä ja niiden toteuttamista Suomessa sekä arseeniin liittyviä huomioita. Erillisiä säädöksiä ja muita oikeudellis-hallinnollisia ohjauskeinoja on käsitelty yksityiskohtaisemmin luvuissa 5, 6 ja 7. Säädösten lisäksi haitallisten aineiden politiikkaa ilmentävät yhteisötasolla mm. tutkimus- ja kehitysohjelmien painotukset, erilaiset tiedonannot, teemastrategiat<sup>8</sup> ja kansainväliset ympäristösopimukset.

Euroopan unionin tasolla tärkeitä yhtenäistäviä säädöksiä ovat mm. REACH asetus kemikaalilainsäädännöstä ja IPPC -direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi. Arseeni ja sen yhdisteet on määritelty IPPC-direktiivissä<sup>9</sup> ympäristöä pilaavaksi aineeksi. Tässä direktiivissä määritellään myös yleiset toimilupien haku-, myöntämis- ja tarkistamismenettelyt ja vahvistetaan kaikille luvulle vähimmäisvaatimukset. Vähimmäisvaatimukset koskevat perusvelvollisuuksien noudattamista, päästöjen raja-arvoja ympäristöä pilaaville aineille, päästöjen tarkkailua sekä kaukokulkeutuvan tai rajojen yli leviävän saasteen minimointia.

<sup>7</sup> Lisätietoa internetistä <http://www.nae.edu/nae/granger.nsf?OpenDatabase>, referoitu 28.6.2006

<sup>8</sup> Esimerkkinä mm. EU:n ympäristöterveysstrategia (KOM (2003)338)

<sup>9</sup> IPPC Neuvoston direktiivi, annettu 24. syyskuuta 1996, ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi [EYVL L 257, 10.10.1996]

Vuonna 2000 astui voimaan EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi, joka kokoaa yhteen mm. pinta- ja pohjavesiä koskevaa sääntelyä. Vesipuitedirektiivi huomioi vedet sekä elinympäristönä että vesivä- rana, jota voidaan käyttää raakavetenä vesihuollossa. Pilaantumisen ehkäisemisessä ja hallinnassa tämä puitedirektiivi korostaa yhdenmukaista lähestymistapaa, jossa asetetaan sekä päästöraja-arvoja että ympäristölaatuunormeja. Ympäristön laatua koskevia säädöksiä on koottu useiden puitedirek- tiivien sateenvarjon alle. Vesien lisäksi ilman laadusta on oma puitedirektiivinsä. Maaperän laatua koskevaa puitedirektiiviä ei vielä ole, mutta sellaista valmistellaan<sup>10</sup>. Maaperän suoje- lu haitallisilta aineilta onkin toistaiseksi ollut yhteisötasolla lainsäädännöllisesti jäsentymätöntä ja hallinnollisesti- kin paljon kehittymättömämpää kuin vesien tai ilman suoje- lu. Esimerkiksi pilaantuneiden maiden kunnostamisesta säädetään edelleen kansallisesti. Maaperän ja pohjaveden kunnostamisessa synty- vät maa- ja kiviainekset, lietteet sekä nestemäiset ja kiinteät massat määritellään yhteisön jätelain- säädännössä kuitenkin jätteiksi. Jätteiden mahdollisesti aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä pyritään hallitsemaan useilla eri säädöksillä, jotka koskevat mm. jätteiden luokittelua, käsittelyä, loppusijoitusta ja kansainvälisiä siirtoja.

Monilla toimialoilla toiminnanharjoittajien lakisääteinen tuotteiden (esim. lannoitevalmisteet) oma- valvonta on korostunut. Yrityksillä voi olla käytössä vapaaehtoisia ympäristöjärjestelmiä (esim. ISO 14000), jotka yleensä kattavat haitallisista aineista aiheutuvien ympäristöriskien hallinnan.

## **5. Tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyt ja laadunval- vonta**

### **5.1. Kemikaalilainsäädäntö**

Euroopan komissio antoi vuonna 2003 asetusehdotuksen yhteisön kemikaalilainsäädännön uudis- tamisesta. Tällä ns. REACH –asetuksella on tarkoitus korvata yli 40 nykyistä säädöstä. Tavoitteena on ihmisen terveyden ja ympäristönsuojelun tehostaminen ja lisäksi eurooppalaisen kemianteolli- suuden innovatiivisuuden lisääminen. Uusi järjestelmä edellyttäisi kaikkien sellaisten aineiden re- kisteröintiä, joiden tuotanto- tai tuontimäärä on yli tonnin vuodessa. Asetusluonnoksen taustalla ovat merkittävät tiedon puutteet käytössä olevien kemikaalien haitallisista vaikutuksista. Rekiste- röinti vapauttaisi laajaan käyttöön tietoa, jota ei ole aikaisemmin ollut saatavissa. Lisäksi komissi- olta olisi haettava erillinen lupa erityistä huolta ihmisen terveydelle tai ympäristölle aiheuttavien ai- neiden käyttöön. Tulevaisuudessa ainakin maahantuotavan CCA-kyllästetyn puutavaran on tarkoi- tus tulla REACH –asetuksen valvontamenettelyiden piiriin. (SYKE, STTV & YM 2006).

Arseenin ja sen yhdisteiden haitalliset vaikutukset on tunnettu pitkään, toisin kuin monen muun aineen. Euroopan yhteisön alueella arseenipitoisten torjunta-aineiden, suojauskemikaalien ja lää- keiden käyttöä onkin voimakkaasti rajoitettu jo aikaisemman lainsäädännön perusteella. Näille val- misteille, joihin kuuluvat mm. puunsuoja- ja limantorjuntakemikaalit, on sovellettu Suomessa en- nakkotarkastusmenettelyä. Muut suojauskemikaalit tulevat vähitellen biosididirektiivin (98/8/EY) mukaisesti hyväksymismenettelyn piiriin. Viranomaiset seuraavat suojauskemikaalien käyttömääriä vuosittain.

---

<sup>10</sup> Euroopan komissio valmistelee EU:n maaperästrategiatyön pohjalta annettavaa direktiiviä. Siinä määriteltäisiin tar- kemmin maaperäseurannan suuntaviivat. Oletettavasti direktiiviehdotukseen kirjataan seurantavelvoitteita myös haital- listen aineiden osalta. Ainevalikoimasta on keskusteltu, mutta päätösehdotuksia ei vielä ole tehty. (Suomen ympäristö- keskus 2004).

## 5.2. Arseenidirektiivi

Keskeisin säädös arseenilähteiden kontrolloimiseksi Euroopan unionin maissa on vuonna 2003 annettu EU:n komission direktiivi 2003/2/EY arseenin markkinoille saattamisesta ja käytön rajoituksesta. Suomessa on tähän direktiiviin perustuen annettu valtioneuvoston asetus (440/2003), joka tuli voimaan 30.6.2004. Parhailaan valmistellaan opasta tämän arseenilla käsiteltyä puuta koskevan asetuksen ja siihen liittyvien eräiden säännösten tulkinnasta (SYKE, STTV & YM 2006). Arseenidirektiiviä valmisteltaessa riskejä arvioitiin perusteellisin tutkimuksin. Suomessa selvitettiin mm. puunsuojauksessa käytetyn tehoaineen, arseenipentoksidin ympäristö- ja terveysvaikutuksia (Assmuth 1996). Kooste pohjoismaiden tekemistä selvityksistä julkaistiin muutama vuosi myöhemmin (Nordic Council of Ministers 1999).

Arseenidirektiivi kieltää arseenin ja arseeniseoksien käytön estämään eliöiden kasvua veneiden rungoissa, vedenalaisissa pyydyksissä ja rakenteissa, teollisuuden vesien käsittelyssä sekä puunsuojakemikaalina, eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta. Näissä poikkeustapauksissa käytöstä aiheutuvia haittoja pyritään ehkäisemään puutavaran merkinnöillä ja kyllästämöjen sekä käyttäjien ohjeistuksella. Arseenia sisältävällä CCA-kyllästeellä (tyyppi C) käsiteltyä puuta voidaan luovuttaa ammatimaiseen tai teollisuuskäyttöön, jos puun rakenteellinen kestävyys on välttämätöntä ihmisen tai karjan turvallisuuden kannalta ja jos ihmisten joutuminen ihokosketukseen käsitellyn puun kanssa on epätodennäköistä puun käyttöaikana, seuraavissa käyttökohteissa:

- Julkisten rakennusten, maatalous- ja toimistorakennusten sekä teollisuustilojen kantavat puurakenteet
- Sillat ja siltarakenteet
- Makean tai murtoveden kanssa kosketuksiin joutuvat puiset rakenneosat, esimerkiksi laiturit ja sillat
- Meluaidat ja lumivyörysuojat
- Liikenneväylien aidat, liikenteen ohjaus- ja törmäysturvalaitteet
- Karja-aitauksessa käytettävät kuoritut havupuupylväät
- Perustukset ja maan tukirakenteet
- Voimansiirto-, televiestintä- ja valaisinpylväät
- Maanalaisten raiteiden ratapölkkyt.

EU:n biosidisäädöksistä johtuen vuoden 2006 syyskuun alusta arseenipitoista kyllästettä ei saa enää tuoda EU:n ulkopuolelta eikä käyttää pylväidenkään kyllästämiseen EU:n alueella. Arseenilla kyllästetyn puun maahantuonti EU:n ulkopuolelta ja käyttö edellä mainittuihin käyttökohteisiin ja edellytyksillä sen sijaan on tämänkin jälkeen sallittua, ainakin toistaiseksi. Arseenikyllästettä saa edelleen valmistaa EU:ssa ja viedä pois alueelta.

Arseenipitoinen, kyllästetty puutavara on luokiteltu vuodesta 2002 lähtien ongelmajätteeksi. Samana vuonna kiellettiin jo CCA-kyllästetyn puun käyttö kokonaan leikkivälineissä, leikkikenttärakenteissa ja elintarvikkeiden tai ravintokasvien kanssa kosketuksissa olevissa rakenteissa. Kyseisenä vuonna arvioitiin, että Suomessa myynnissä olevasta kyllästetystä sahatavarasta 90 % oli vielä käsitelty arseenia sisältävällä CCA-kyllästeellä. Korvaavia vaihtoehtoja ei ollut vielä kehitetty ja otettu käyttöön. Samana vuonna kiellettiin jo CCA-kyllästetyn puun käyttö kokonaan leikkivälineissä, leikkikenttärakenteissa ja elintarvikkeiden tai ravintokasvien kanssa kosketuksissa olevissa rakenteissa. (Penttinen ym. 2002).

Korvaaviksi teollisiksi käsittelyiksi CCA-kyllästeelle on kehitetty lämpökäsittelyä ja kuparipohjaisia tai uusiin orgaanisiin yhdisteisiin perustuvia kyllästeitä. Puun suojauksessa voidaan käyttää tehoaineina lisäksi mm. boori- ja fluoridiyhdisteitä, 2-Etyyliheksanoaattijohdannaisia, orgaanisia klooriyhdisteitä ja bentsotiatsoleja. (SYKE, kemikaaliosasto 31.5.2006).

### 5.3. Elintarvikkeita, rehuja ja lannoitevalmisteita koskeva ohjaus

Arseeni voi kulkeutua elintarvikeketjuun tuotannossa käytettävien kemikaalien lisäksi rehujen, lannoitevalmisteiden, kuten maanparannusaineiden, tai kasvualustojen epäpuhtautena. Maan pH:n nostamiseen käytetään mm. teollisuuden ja energiantuotannon tuhkia, joissa on vaihtelevia määriä arseenia.

Maatilojen raskasmetallitaseita ja mahdollisuuksia vähentää raskasmetallikuormitusta on selvitetty mm. EU:n AROMIS<sup>11</sup> -hankkeessa (2001-2003). Suomessa näitä selvitetään yksityiskohtaisemmin myös maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa RAKAS-yhteistutkimushankkeessa (2004-2006). Hankkeissa on tuotettu ja tullaan tuottamaan tietoa maatilojen tuotantopanosten, tuotteiden, lannan, kotovaraisten rehujen sekä viljelymaiden arseenipitoisuuksista ja tilakohtaisista raskasmetalli- ja arseenitaseista. Tutkimuksessa on mukana sekä kasvinviljely- että maitotiloja. Tilakohtaiset aineiden massataseet määritetään EU:n AROMIS-hankkeen mallintamistyökaluilla raskasmetalleille ja arseenille tavanomaisella tilakohtaisella peltotasemallilla. Kaikkia RAKAS-hankkeen tuloksia ei ole vielä raportoitu. (Mäkelä-Kurtto & Justen 2005).

Haitallisten aineiden, kuten arseenin, riskejä elintarvikeketjussa on pyritty vähentämään mm. asettamalla raja-arvoja ja valvomalla pitoisuuksia markkinoilla olevista tuotteista. EU:n ulkopuolella WHO ja FAO ovat yhteistyönä antaneet kansainvälisiä ohjeita (Codex standards) mm. erilaisten elintarvikkeiden haitta-aineille ja lisäaineille (JEFCA), joita on voitu soveltaa myös Suomessa. Suomessa vierasainedirektiivin toteuttamiseen liittyvissä, eläimistä saatavien elintarvikkeiden vuositaisissa valvontatutkimuksissa ei ole ollut mukana arseenia. Metalleista siinä on mukana lyijy, kadmium ja elohopea. (EVI, EELA & MMM 2004).

Markkinoilla olevien rehu- ja lannoitevalmisteiden, kuten maanparannusaineiden sekä kasvualustojen, arseenipitoisuuksia on seurattu Suomessa säännöllisesti. Seurattavissa tuotteissa on mukana mm. erilaisia turpeita ja teollisuuden sivutuotteita. Tulokset on julkaissut Kasvintuotannon tarkastuskeskus (KTTK, 1.5.2006 alkaen Elintarvikeeturvallisuusvirasto EVIRA). Viimeisin raportti on syksyltä 2005. Raportissa on esitelty myös hyvin yksityiskohtaisesti rehu- ja lannoitevalmisteita koskevat säädökset, kuten hyväksytyt poikkeamat tuoteselosteissa ilmoitetuista pitoisuusarvoista<sup>12</sup>. Vuoden 2004 tai 2005 näytteissä ei ollut sellaisia arseenipitoisuuksia, jotka johtaisivat valmistus- tai tuontierien kieltoihin tai huomautuksiin

Nykyisen lainsäädännön ulkopuolelle on Suomessa jäänyt kokonaan lannoitteiden ja muiden lannoitevalmisteiden metsäkäyttö. Lannoitelain soveltamisalan ulkopuolelle on rajattu myös käsittelemätön puhdistamo- ja sakokaivoliete, silloin kun niitä on käytetty sellaisenaan lannoitevalmisteena. Lannoitevalvonnan ulkopuolelle on lisäksi jäänyt useita kymmeniä jätevedenpuhdistamoita, jotka valmistavat maanparannusaineita joko myyntiin yksityisille toiminnanharjoittajille, kuten viherrakentajille tai kuluttajille, tai luovutukseen, esimerkiksi kaupungin tai kunnan omaan maisemointikäyttöön. Näitä puutteita pyritään korjaamaan lannoitelainsäädännön uudistuksessa. Uusi lannoitevalmistelaki (hyväksyttäneen kesäkuussa 2006) ja sen nojalla annetut asetukset (valmisteilla) lannoitevalmisteista sekä toiminnanharjoittajista ja valvonnasta tulevat korvaamaan nykyisen lannoitelain sekä sen alaiset maa- ja metsätalousministeriön päätökset.

Valmisteilla olevan lannoitevalmistelain ympäristövaikutuksista on todettu, että mahdollisia raskasmetallipitoisuuksien (ml. arseeni) ohjeiden ylityksiä pyritään ehkäisemään muun muassa vaatimalla valmistajien omavalvontaa, lannoitevalmisteita valmistavien laitosten hyväksymismenette-

<sup>11</sup> <http://www.ktbl.de/english/projects/aromis/forum/index.htm>

<sup>12</sup> MMMp 138/1998, liite 2



lyllä sekä tehostamalla markkinavalvontaa. Ehdotuksessa on pyritty erityisesti ottamaan huomioon lannoitteina käytettävien teollisuuden sivutuotteiden käytön lisääntymisestä johtuva mahdollinen riski ympäristölle. Tällaisia riskejä voisivat olla esimerkiksi haitalliset aineet sekä ihmis-, eläin- ja kasviperäiset taudinaiheuttajat. Ehdotuksessa on myös pyritty huomioimaan lähivuosina EU:ssa suunnitteilla olevat puhdistamolietteen ja biohajoavaan jätteen käsittelyä koskevat, tiukentuvat vaatimukset sekä maaperän suojeluun liittyvät vaatimukset.

Lannoitevalmistelakiin liittyvän asetuksen luonnoksessa<sup>13</sup> lannoitevalmisteista esitetään mm. uutta tyyppinimeä "maanparannustuhka". Arseenin raja-arvoksi esitetään 25 mg/kg kuiva-ainetta maanviljelys- ja puutarhakäytössä sekä maisemoinnissa ja viherrakentamisessa. Lannoitevalmisteen metsäkäytössä olisi sallittu 50 mg/kg pitoisuus. Kaksinkertainen sallittu määrä metsäkäytössä selittyy suuremmilla kertalannoitusmäärillä, sillä lannoituskertojen väli voi olla jopa 40-50 vuotta. Raja-arvon valmistelussa on käytetty apuna mm. valvontatutkimusten aineistoa, joka osoittaa arseenipitoisuuksien pysyneen yleensä alle 25 mg/kg kuiva-ainetta. Kun on kyse epäorgaanisena lannoitteena sellaisenaan käytettävästä sivutuotteesta, kuten puun ja turpeen tuhkasta valmistetusta maanparannustuhkasta, tulee lannoitevalmisteen epäorgaanisten haitta-aineiden liukoisuus ja fenoli-indeksi testata. Testauksessa käytettäisiin EY:n neuvoston päätöksen (2003/33/EY) perusteita ja menetelmiä jätteen hyväksymiseksi kaatopaikalle. Liukoisuuksien tulisi alittaa em. päätöksen mukaiset tavanomaiselle jätteille tarkoitetut metallien ja fenoli-indeksien arvot. Tuotteet eivät myöskään saisi olla toksisia todettuna vähintään kahdella erityyppisellä toksisuustestillä.

Taulukko 4. Maa- ja metsätalousministeriön päätökset enimmäispitoisuuksista rehuissa (2006) ja eräissä lannoitevalmisteissa (1994) sekä arseenin maksimipitoisuudet mg/kg vuosien 2004 ja 2005 (1.1.-30.6.2005) tuotenäytteissä, rehuvalmisteissa 12 prosentin kosteudelle laskettuna (KTTK 2005).

Näytetyyppi	Maksimipitoisuus Mg/kg (kasvualustat mg)	Arseeninäytteiden määrä	MMM päätökset enimmäispitoisuuksista
<b>Rehuaineet</b>	9,4 (kivennäisrehu, magnesiumoksidi)	13 yht. 2004 ja 2005 alku	Rehuaineet ja täysrehut 2 mg/kg sekä täydennys- rehut 4 mg/kg, paitsi luetelluissa poikkeuksis- sa (vaihtelu 4-40 mg/kg)**
<b>Rehuseokset ja lisäaineet</b>	13 (hivenaineseos)	44 (2005 alku) ja 143 (2004)	
<b>Lannoitteet*</b>	1,0	27 yht. 2004 ja 2005 alku	
<b>Kalkitusaineet ja sellaisenaan käytettä- vät sivutuotteet</b>	13 (puun- ja turpeentuhka)	16 yht. 2004 ja 2005 alku	50 mg/kg***
<b>Maanparannusaineet, kompostit ja lantaseokset</b>	20 (rekisteröimätön tuote)	16 yht. 2004 ja 2005 alku	50 mg/kg***
<b>Lannoitetut kasvualustat</b>	4 mg (puutarha- ja viherraken- nusmulta sekä rekisteröimätön kasvualusta)	31 yht. 2004 ja 2005 alku	10 mg/kg***

\* Vuosina 2002 ja 2003 lannoiteista ei vielä analysoitu arseenia. Vuosien 2004 ja 2005 lannoitenäytteissä arseenia oli maksimissaan 0,5-1 mg/kg, yhtä merileväjauhenäytettä lukuun ottamatta. Kyseisessä näytteessä arseenia oli 28 mg/kg.

<sup>13</sup> Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevan toiminnan harjoittamisesta ja sen valvonnasta. Luonnos 1.6.2006.

\*\* Maa- ja metsätalousministeriön asetus haitallisista aineista, tuotteista ja eliöistä rehuissa 3/2006 (valtuutus rehulais- sa). Suurimmat poikkeamat pitoisuudessa sallitaan merileväjauholla ja merilevästä saaduille rehuaineille. Suurehkoja poikkeamia on sallittu muillekin merieliöistä jalostetuille rehuaineille. Niitä käytetään vähäisessä määrin. Suurin sallittu pitoisuus koskee kokonaisarseenia ja se on laskettu rehulle, jonka kosteuspitoisuus on 12 %.

\*\*\* Maa- ja metsätalousministeriön päätös eräistä lannoitevalmisteista 21.1.1994. Liite 2. (valtuutus lannoitelais- sa)

## 6. Ympäristöä pilaavien toimintojen ohjaus

### 6.1. Ympäristönsuojelulaki

Tuotteisiin ja raaka-aineisiin kohdistuvan ohjauksen lisäksi riskinhallintaa voidaan toteuttaa itse tuotantoa ja siinä käytettäviä prosesseja sekä haitta-aineita kuten arseenia sisältävien materiaalivirtojen käsittelyä koskevilla säädöksillä, määräyksillä ja ohjeilla. Suomessa ympäristön pilaamista koskevaa lainsäädäntöä on koottu ympäristönsuojelulakiin (YSL 86/2000). Ympäristönsuojelulla toimeenpannaan yhteisödirektiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi (IPPC, 96/61/EY). YSL:ssä kielletään maaperän (YSL 7 §) ja pohjaveden pilaaminen (YSL 8 §<sup>14</sup>). Maaperän tai pohjaveden pilaamiseen ei voida myöntää rajoitettua lupaa, kuten vesien tai ilman pilaamiseen. YSL sisältää myös jätteiden käsittelyä koskevia säädöksiä.

YSL:n mukaan valtioneuvosto voi eri asetuksella säätää mm. ympäristön laadusta, seurannasta ja tarkkailusta, päästöistä ympäristöön sekä maaperässä olevien haitallisten aineiden suurimmista sallituista pitoisuuksista. Pilaavien toimintojen ohjauksessa käytetäänkin apuna erilaisia viitearvoja kuten päästönormeja ja haitallisten aineiden sallittuja ympäristöpitoisuuksia. Nämä perustuvat yleensä arvioon ympäristö- tai terveysriskeistä. Päästönormit on määritelty yleisesti toimiala- tai laitospoh- taisesti, kun ympäristön laadun viitearvot on yleisesti annettu kansallisella tasolla. Päästönormien noudattamista ja ympäristön laatua valvotaan lupamenettelyjen ja toiminnanharjoittajan toteuttaman velvoitetarkkailun kautta. Ympäristön laatua valvotaan myös erilaisten alueellisten, kansallisten ja kansainvälisten seurantaohjelmien puitteissa (ks. tarkemmin luku 8).

Suomessa ympäristön laadun yleisiä viitearvoja on annettu maaperälle (ks. luku 6.4.3.) ja talousve- tenä käytettävälle pohjavedelle (ks. luku 3.2.), nämä sisältävät myös arseenin viitearvot. Pinta- tai pohjavesille ei sen sijaan ole esitetty kansallisella tasolla viitearvoja. Ilman arseenipitoisuudelle ulkoilmassa on annettu Euroopan unionin tasolla tavoitearvo 6 ng/m<sup>3</sup>. Tämän direktiivin (107/2004/EY) toimeenpanoa valmistellaan Suomessa. Lisäksi sosiaali- ja terveysministeriö on an- tanut asetuksen työpaikkailman haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (STMa 109/2005, HTP-arvot 2005).

### 6.2. Ympäristölupajärjestelmä

YSL:n mukaan ympäristöä pilaavaa toimintaa harjoittava on velvollinen hakemaan lupaa toiminnal- leen. Lupavelvolliset toiminnot ja lupien käsittely määritellään tarkemmin ympäristönsuojelulaissa sekä sitä täydentävässä asetuksessa (169/2000). Lupavelvollisia toimintoja, joissa arseeni voi aihe- uttaa ympäristö- tai terveysriskin, ovat mm. metallien jalostus, kaivostoiminta sekä jätteiden käsitte- ly ja loppusijoitus.

Ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupajärjestelmä on keskeinen osa mm. haitallisten ainei- den vesistöriskien hallintaa. Lupamenettely kattaa periaatteessa kaiken teollisen toiminnan sekä yhdyskuntajätevedenpuhdistamojen ja kaatopaikkojen vesistö päästöt. Ympäristöluvanvaraisia ovat

<sup>14</sup> Lisäksi Valtioneuvoston päätös pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta, 364/1994.

myös ympäristönsuojeluasetuksen liitteessä 1 mainittujen aineiden, kuten arseenin ja sen yhdisteiden, päästöt vesiin tai vesihuoltolaitoksen viemäriin. Lupaa ainepäästölle ei tarvittaisi, jos päästö sisältäisi niin vähäisen määrän mainittuja ainetta, ettei päästämisestä voisi aiheutua ympäristön pilaantumisen vaaraa tai haittaa vesihuoltolaitoksen toiminnalle. (YM 5.6.2006).

Lupapäätöksissä tulee määritellä mm. suurin sallittu päästömäärä ja miten tarkkailu toteutetaan. Ympäristöluvissa määrätään toiminnan harjoittaja yleensä laatimaan toiminnan ja sen ympäristövaikutusten seurantaan veloitettarkkailuohjelma. Toiminnan ympäristö- ja terveysvaikutusten tarkkailu on tärkeä tiedon lähde arvioitaessa toiminnasta ympäristöön pääsevien haitallisten aineiden, kuten arseenin, aiheuttamia riskejä. Tarkkailutietoja voidaan käyttää apuna suunnattaessa riskinhallintatoimia ja kun valvotaan toimien onnistumista. Toiminnanharjoittajan riskinhallintatoimien riittävyttä arvioidaan suhteessa lupaehdoissa asetettuihin tavoitteisiin.

Viranomaisen tulee lupaharkinnassaan ottaa huomioon mm. parhaan saatavilla olevan tekniikan ns. BAT<sup>15</sup> -periaate (YSL 4.1 § 3-kohta) ja ympäristön kannalta parhaan käytännön eli BEP<sup>16</sup> -periaate (YSL 4.1 § 4-kohta). Sitä, mitä BAT -periaatteella tarkoitetaan on täsmennetty ympäristönsuojeluasetuksessa (YSA 37). Ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate puolestaan edellyttää, että noudatetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä, kuten työmenetelmiä sekä raaka-aine- ja polttoainevalintoja (YSL 4.1 § 4-kohta). Ympäristölainsäädännössä edellytetään myös jätteen vähentämistä ja hyötykäytön edistämistä (JäteL 4 §, 6 §, YSL 4 §).

### 6.3. Kaivostoiminnan ympäristöriskien hallinta

Kaivostoiminta oli Suomessa kotimaisten toimijoiden käsissä ennen ETA-sopimukseen ja Euroopan unioniin liittymistä. Suurimmat toimijat olivat osin valtion omistuksessa ja toimintaa ohjattiin lähinnä kaivoslailla (KaivosL 503/1965), jossa säädellään niukasti ympäristöriskien hallinnasta. ETA-sopimukseen ja sittemmin Euroopan Unioniin liittymisen myötä kaivoselinkeino avautui muillekin kuin kotimaisille toimijoille. Muutos toi 1990-luvun lopulla ulkomaiset yrittäjät kaivosalalle. Kaivostoiminnan säätely oli tapahtunut kaivoslain lisäksi lähinnä vesilain nojalla. Ympäristölainsäädännön kehityksen mukana kaivostoimintaa alettiin valvoa tarkemmin.

Kaivoslaissa on niukasti ympäristönsuojelua koskevia määräyksiä. Kaivoslain 23a §:n mukaan määrätään kuitenkin, että ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetussa laissa (YVA-laki 468/94) tarkoitettua hanketta koskevaan kaivospiirihakemukseen on liitettävä YVA-lain mukainen arviointiselostus. Jos selostuksessa on kaivoslain säännösten soveltamiseksi tarpeelliset tiedot hankkeen ympäristövaikutuksista, ei samaa selvitystä tarvita uudestaan. YVA-lakia sovelletaan Suomessa metallimalmien louhintaan, rikastamiseen ja käsittelyyn, kun irrotettavan aineksen kokonaismäärä on vähintään 550 000 tonnia vuodessa ja avolouhoksiin, joiden pinta-ala on yli 25 hehtaaria (YVA asetus 6 § kohta 2a). Kaivokselle ei ole yleensä sijoitusvaihtoehtoja, mutta rikastushiekka- ja sivukivien läjitysalueiden sijoittamiselle voi olla. Vaikka hankkeeseen ei tulisikaan sovellettavaksi täysimittainen YVA-lain mukainen YVA-menettely, on toiminnanharjoittajan oltava riittävästi selvillä hankkeen ympäristövaikutuksista (selvilläolo-velvollisuus, YVAL 25 §).

Kaivostoiminnan hallinnointi, valvonta sekä lainsäädännön kehittäminen kuuluvat kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) toimivaltaan. Kaivannaistoimintaan kuuluvia tehtäviä hoitaa myös KTM:n hallinnonalaan kuuluva Turvatekniikan keskus (TUKES). Kaivoslain (503/1965) mukaan kauppa- ja teollisuusministeriö myöntää kaivoskivennäisten etsinnässä ja hyödyntämisessä tarvittavat luvat.

<sup>15</sup> BAT = Best Available Technology

<sup>16</sup> BEP = Best Environmental Practice

Lisäksi kauppa- ja teollisuusministeriö pitää kaivosrekisteriä, jossa on tiedot varaus-, valtaus- ja kaivosoikeuksista. Ministeriön internet-sivuilla voi nähdä missä valtausvaraukset, valtaukset ja kaivospiirit sijaitsevat, ketkä ovat niiden haltijoita ja kuinka kauan ne ovat voimassa.

Kaivosten ympäristöluvut käsittelee ympäristölupavirasto. Ympäristölupamenettelyä on sovellettu myös kaivoksen lopettamiseen, jos toiminnan aikainen vanha lupa on ollut riittämätön. Ympäristönsuojelulain ja vesilainsäädännön lisäksi ympäristöluvassa on otettava huomioon jätelainsäädäntö, kemikaalien ja räjähteiden käsittelyä ja varastointia sekä maankäyttöä ja rakentamista koskevat säännökset. Vuosina 2000-2005 Suomessa annettiin seitsemän kaivostoimintaa koskevaa ympäristölupaa, joissa arseeni oli yksi mainituista kontrolloitavista haitta-aineista (Taulukko 5).

Kaivoksen sulkemista varten voidaan toiminnanharjoittaja mm. velvoittaa ympäristönsuojelulain mukaisiin vakuuksiin alueiden kunnostamista varten. Kaivoksen sulkemisen jälkeen alueen jätepa-toihin voidaan soveltaa lakia patoturvallisuudesta, jolloin niiden valvonta siirtyy alueelliselle ympäristökeskukselle turvatekniikan keskukselta (TUKES). Kaivosoikeuden purkauduttua vuosia sitten, voi herätä kiinnostus muuttaa alueen maankäyttöä. Rakentaminen kaivosalueiden läheisyyteen on monin tavoin riskeille altista, mutta sitä ei ole rajoitettu säädöksillä. Kaivoksen sulkemisen jälkeisestä tarkkailusta vastaa YSL:n 90 § mukaan toiminta-alueen haltija, jos ympäristövaikutusten arvioimiseksi todetaan tarpeelliseksi tarkkailla ympäristöä. Saman pykälän mukaan lupaviranomaisen on annettava riittävät määräykset toiminnan lopettamiseksi tarvittavista toimista, kuten tarkkailusta, jos toiminnan aikainen lupa ei sisällä niitä. Asia käsitellään kuten lupahakemus. Vanhoilla kaivosalueilla lainsäädännön tulkitseminen on monimutkaista samaan tapaan kuin vanhoilla maaperän pilaantumiskohteilla. Omistussuhteet voivat mm. olla mutkikkaita. Laajalla kaivosalueella toiminnanharjoittaja on saattanut omistaa osan maa-alueesta ja osalla alueesta on vain kaivosoikeuteen perustuva pakkotoimioikeus.

Käsikirjaan kaivoksen sulkemisesta (Heikkinen & Noras 2005) on koottu kaikki kaivoksen toiminnan eri vaiheissa haettavat luvat ja muut tehtävät ilmoitukset. Käsikirjassa käsitellään lainsäädännön lisäksi yleisesti kaivostoiminnan ympäristövaikutuksia, sulkemisen kriteerejä ja tavoitteita, parhaita käyttökelpoisia tekniikoita, hyviä sulkemisen käytäntöjä, systemaattisen riskinhallinnan soveltamista ja sulkemiseen liittyviä tutkimusmenetelmiä.

Taulukko 5. Ne kaivostoimintaa koskevat ympäristölupapäätökset 1.3.2000-31.12.2005, joissa arseeni on mainittu. Lisäksi Huittisten Jokisivun kaivoksen lupapäätös vuodelta 2006. Kohteita ei ollut Pirkanmaalla. Suomen ympäristökeskus/ ympäristöasioiden hallinta. Arkisto 22.5.2006.

Hakija & pvm	Sijainti	Päätöksen sisältö	Arseeni luvissa
Mondo Minerals Oy, 16.11.2001	Polvijärvi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lipasvaaran kaivosalueen ympäristölupa talkin ja nikkelin louhimiseen.</li> </ul>	Vesien käsittelyssä arseenin saostusta ferrisulfaattilla maa-altaassa. Arseenipitoisuuksille on annettu lupaehtoja.
Riddarhyttan Resources Ab, 1.11.2002	Kittilä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suurikuusikon kultakaivoksen ja rikastamon ympäristölupa ja vesilain mukainen lupa (YVA arviointiselostus 2001).</li> </ul>	Esitetty arseenin biologista hapestusta, jonka tuloksena syntyy hyvin stabiilia kalsiumferriarsenaattisakkaa, lisäksi syanidiliuoksen sakassa arseenia, myös arseenipitoista pölyä syntyy.  Arseenipitoisuuksia tarkkailtava annettujen lupaehtojen täyttymi-

Mondo Minerals Oy, 23.9.2002	Sotkamo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lahnaslammen kaivoksen sivukiven läjitysalueen laajentamisen ympäristölupa (YVA arviointiselostus 2001).</li> </ul>	<p>seksi. Vesien käsittelyä ei vielä ratkaistu.</p> <p>Vesien käsittelyssä huomioitava arseeni (käsittelyt kuvattu ympäristölupahakemuksen liitteessä). Arseenipitoisuuksia mitataan tarkkailuohjelman mukaisesti pinta-, pohja- ja suotovesistä.</p>
Mondo Minerals Oy, 20.12.2004	Kaavi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kaavin rikastamon määrääkertainen ympäristölupa (talkkija nikkelimälmin vaahdotusta).</li> </ul>	Ratkaisematta arseenipitoisten rikastushiekka-alueiden käsittelytoiminnan loputtua. Arseenipitoisuuksia jätevesissä tarkkailaan.
Luzenac Suomi Oy, 19.11.2004	Sotkamo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alasen talkkikaivoksen ja rikastamon ympäristölupa (nikkelin rikastusta).</li> </ul>	Kaivoksella tarkkailtaisiin arseenia mm. rikastushiekasta, prosessi- ja kuivatus- ja talousvesistä, sedimentistä, kaloista sekä lähialueen marjoista ja sienistä.
Gold Fields Arctic Platinum Oy, 7.12.2005	Ranua ja Tervola	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhangon avokaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupa (palladium, platina, rodium, kulta, kupari ja nikkeli).</li> </ul>	Malmassa arseenia, jonka pitoisuutta tarkkaillaan ympäröivästä vesistöstä ja rikastushiekasta.
Riddarhyttan Resources Ab, 14.10.2005	Kittilä	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suurikuusikon kultakaivoksen ja rikastamon syanidinpoiston tehostaminen.</li> </ul>	Haitallisten aineiden riskien hallinta osin vielä ratkaisematta (vrt. edellä). Syanidi poistettaisiin ROLB-menetelmällä.
Polar Mining Oy, 20.3.2006	Huittinen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jokisivun maanalaisen kaivoksen ympäristölupa kulta-malmin louhimiseksi.</li> </ul>	Arseenia tarkkailtaisiin kuivanapito- ja pohjavesistä, kaivoista, laskeutusaltaista ja lietteistä.

## 6.4. Pilaantuneen maa-alueen kunnostaminen

### 6.4.1. Säädoistausta

Vain harvoissa Euroopan maissa on säädetty erillistä pilaantunutta maaperää ja sen puhdistamista koskevaa lainsäädäntöä. Useimmiten pilaantuneet maa-alueet sisältyvät yleisen ympäristönsuojelulainsäädännön, jätelainsäädännön tai pohjavesiä koskevan sääntelyn soveltamisalaan. Meillä kunnostushankkeisiin sovelletaan pääasiallisesti ympäristönsuojelulakia (YSL 86/2000), jätehuoltolakia (JHL 673/1978) ja jätelakia (JäteL1072/1993)<sup>17</sup>, mutta muutakin lainsäädäntöä voidaan joissakin tapauksissa soveltaa<sup>18</sup> (mm. Ruuska 2001).

<sup>17</sup> Jätehuoltolakia ja jätelakia pitää osin soveltaa, jos pilaantuminen on tapahtunut ennen vuoden 1994 alkua. Ennen vuotta 2000 pilaantuneen pohjaveden puhdistamisvastuu määräytyy puolestaan vesilain (264/1961) perusteella. Kunnostamista koskevan asian käsittelyssä ja menettelyssä noudatetaan kuitenkin aina ympäristönsuojelulakia.

<sup>18</sup> Rakennus- ja maankäyttölaki 132/1999, kaivoslaki 503/1965, kemikaalilaki 744/1989 ja terveydensuojelulaki 763/1994

Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostamista koskevat tärkeimmät säädökset on annettu ympäristönsuojelulain 12. luvussa. Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen yleiseksi tavoitteeksi on asetettu ympäristö- ja terveystarpeiden poistaminen (YSL 75 §). Pilaantuneen maaperän kunnostamiseen<sup>19</sup> ja maa-aineksen käsittelyyn tarvitaan ympäristönsuojelulain mukainen lupa. Tietyin edellytyksin pilaantuneen maa-alueen kunnostushanke voidaan käsitellä ilmoitusmenettelyssä. Päätöksen lupahakemuksesta tai ilmoituksesta tekee alueellinen ympäristökeskus tai ympäristölupavirasto. Helsingissä toimivalta on siirretty määräajaksi kaupungin ympäristölautakunnalle.

Viime vuosina ilmoitusmenettely on vakiintunut yleisimmäksi hallinnolliseksi menettelyksi (95-99 % kunnostushankkeista) raskaamman ympäristölupamenettelyn sijaan. Vuonna 2004 alueelliset ympäristökeskukset tekivät yhteensä 388 kunnostuspäätöstä, joista 14 oli varsinaisia ympäristölupia ja loput ilmoituksia. Ympäristölupaa on vaadittu mm. hankkeilta, joissa sovelletaan tavanomaisesta poikkeavia kunnostusmenetelmiä tai pilaantuneet maat on tarkoitus eristää paikoilleen. Muutamissa pilaantuneiden maamassojen loppusijoittamista koskevissa hankkeissa on sovellettu YVA-lain mukaista arviointimenettelyä.

Pilaantuneen maa-alueen kunnostushanketta koskevassa ilmoituksessa tulee kuvata mm. käytettävä puhdistusmenetelmä, jätteiden käsittely sekä puhdistustyön suorittaminen (YSA 25§ 4-kohta). Ilmoituksen johdosta annettavaan päätökseen voi sisältyä ympäristöluvan tarkkailuohjelman kaltaisia velvoitteita. Yleensä mahdolliset ympäristöhaitat on selvitettävä etukäteen ja minimoitava hanketta toteutettaessa. Viranomaiset ovat edellyttäneet kunnostuksissa noudatettavan BAT -periaatetta silloin, kun on haluttu toiminnanharjoittajalta perusteellinen, eri kunnostusvaihtoehtojen vertailuun perustuva ehdotus kunnostusmenetelmästä.

Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksen juridista perustaa on tarkoitus vahvistaa. Vuoden 2006 aikana annettaneen ympäristöministeriön esityksestä valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Tavoitteena on edistää ympäristöriskien kustannustehokasta poistoa ja ohjata käytettävissä olevia resursseja kunnostustarpeen kiireellisyyden mukaan. Asetus<sup>20</sup> sisältäisi mm. terveystarpeisiin ja ekologisiin riskeihin perustuvat aine- tai aineryhmäkohtaiset maaperän ohjearvot. Myös arseenille on esitetty kyseiset ohjearvot. Asetuksen ohella annettaisiin erillinen sovellusopas, joka sisältää kuvauksen ohjearvojen johtamisessa käytetyistä menetelmistä ja tietolähteistä sekä haitta-ainekohtaiset tietokortit.

Valtioneuvoston asetusta sovellettaisiin vain maaperään, ei sedimenttien tai pohjavesien pilaantuneisuuden tai puhdistustarpeen arviointiin. Arvioinnin olisi perustuttava aina kohdekohtaiseen arviointiin haitallisten aineiden aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle tai ympäristölle eli ns. riskinarviointiin. Riskinarvioinnissa olisi otettava huomioon erityisesti:

- maaperässä todettujen haitallisten aineiden pitoisuudet, haitallisten aineiden kokonaismäärä, ominaisuudet, sijainti maaperässä ja taustapitoisuus,
- maaperä- ja pohjavesiolosuhteet alueella ja muut haitallisten aineiden kulkeutumiseen ja leviämiseen vaikuttavat tekijät,
- alueen ja sen ympäristön ja pohjaveden nykyinen ja suunniteltu tuleva käyttötarkoitus,
- altistuminen lyhyen ja pitkän ajan kuluessa ja siitä mahdollisesti ilmenevä haitta tai vaara terveydelle tai ympäristölle,
- haitallisten aineiden mahdolliset yhteisvaikutukset sekä
- käytettävien tutkimustietojen ja muiden lähtötietojen sekä arviointimenetelmien epävarmuustekijät.

<sup>19</sup> Ympäristönsuojelulaissa kunnostamisen sijasta käytetään termiä ”puhdistaminen”.

<sup>20</sup> Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Luonnos 2.2.2006.

Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa voitaisiin käyttää edellä kuvatun kohdekohtaisen arvioinnin ohella maaperästä mitattuja haitallisten aineiden pitoisuuksia.

#### 6.4.2. Kunnostusten ohjaus ja toteuttaminen

Viimeisten 15 vuoden aikana Suomessa on kunnostettu yli 3000 pilaantunutta maa-aluetta. Varoja tähän on käytetty arviolta yli 200 miljoonaa euroa. Vuoteen 2005 mennessä valtio oli osallistunut yhteensä 300 kunnostushankkeen rahoittamiseen. Näiden hankkeiden kokonaiskustannukset ovat olleet yli 20 miljoonaa euroa. Aloitettavia puhdistushankkeita on vuosittain noin 400. Pilaantuneita maamassoja käsitellään vuosittain 500-600 000 tonnia. Määrä vaihtelee vuosittain yksittäisten suurten kohteiden vuoksi. (Suomen ympäristökeskus, ympäristövahinkoyksikkö 2006).

Pilaantuneiden maa-alueiden tutkimisesta, riskinarvioinnista, kunnostuksen toteuttamisesta, työsuojelusta ja laadunvarmennuksesta on laadittu useita oppaita (mm. Sarkkila ym. 2004, Mroueh ym. 2004, Alanko & Järvinen 2001, Penttinen 2001, Sorvari & Assmuth 1997, Nikulainen & Kalevi 1997). Lisäksi pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöjä on selvitetty mm. PIRRE<sup>21</sup>-hankkeessa. PIRRE –hankkeessa kehitettiin päätöksenteon työkalu, jonka avulla voidaan arvioida eri kunnostusmenetelmillä saavutettavan riskien vähenemän ja kunnostusmenetelmien ympäristövaikutuksien, kustannusten sekä sosiaalisten vaikutusten välistä suhdetta. Mallikohteena tarkasteltiin mm. ampumarataa, jossa yhtenä haitta-aineena oli arseeni.

Yleisin kunnostusmenetelmä on ollut käsittely, jossa pilaantunut maamassa kaivetaan ylös ja käsitellään muualla. Paikalla toteutettavia eli *in situ* –ratkaisuja on vähän ja niissä on yleensä ollut pilaavana aineena haihtuvia hiilivetyjä. Pohjaveden puhdistuksessa *in situ* toteutettava ”pump and treat”-menetelmä eli pohjaveden pumppaus ja käsittely erillisessä yksikössä on yleisin. Kiinteän aineksen käsittelyinä on ollut lähinnä polttoa, stabilointia tai orgaanisten haitta-aineiden kompostointia. Pirkanmaalla on mm. stabiloitu arseenipitoisia massoja kenttärakenteeseen neljässä kohteessa.

Pois kaivetut pilaantuneet maamassat voidaan myös eristää erilliseen loppusijoituspaikkaan tai puhdistettavalle alueelle. Esimerkiksi Pirkanmaalla arseenipitoisia aineksia on eristetty kunnostuskohteelle mm. Vilppulassa. Eristettyjen massojen loppusijoituspaikat on usein tulkittu kaatopaikoiksi, joilla on oltava ympäristölupa (YSL 28 §). Pilaantuneen maa-aineksen sijoittaminen, käsittely ja mahdollinen hyötykäyttö edellyttää erillisen ympäristöluvan. Alueella tai laitoksella, johon pilaantunutta maa-ainesta sijoitetaan, tulee siten olla lupa ottaa sitä vastaan. Toistaiseksi pilaantuneet maa-ainekset on Suomessa loppusijoitettu lähinnä kaatopaikoille, jossa ne on joko läjitetty tai hyödynnetty kaatopaikkojen peittorakenteissa ja muotoilussa tai jätteiden välipeittoina. Muutoin pilaantuneiden maa-ainesten hyötykäyttö on ollut vähäistä.

#### 6.4.3. Sallitut riskitasot ja ohjearvot

Pilaantuneen maa-alueen kunnostustarpeen ja –tavoitteiden määrittely voi perustua joko kohdekohtaiseen riskinarviointiin ja riskien vertailuun sallittuihin riskitasoihin tai mitattujen pitoisuuksien vertailuun yleisiin viitearvoihin, kuten ohjearvoihin. Vertailtaessa kohteessa arvioituja terveystarpeita sallittuihin riskitasoihin syöpävaarallisten aineiden tapauksessa, kuten arseenin, kunnostuspäätösten perusteena käytetty usein sallittua lisäsyöpäriskitasoa<sup>22</sup>  $10^{-5}$ . Muiden terveystarpeiden osalta on

<sup>21</sup> Pilaantuneiden maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus, hanke v. 2003-2006, Lisätietoja <http://www.ymparisto/syke/pirre>

<sup>22</sup> Lisäsyöpäriskitaso  $10^{-5}$  tarkoittaa sitä, että riski sairastua syöpään on 1 tapaus 10000:ta ihmistä kohden.

noudatettu yleistä käytäntöä, jonka mukaan riskilukuna käytettävä vaaraosamäärä<sup>23</sup> (Hazard Quotient, HQ) on maksimissaan 1. Ekologisten riskien osalta sekä arviointimenettelyt että käytännöt sallittujen riskitasojen määrittelyssä ovat vielä hyvin vakiintumattomia. (Sorvari teoksessa Sorvari & Antikainen 2004).

Ensimmäiset ohjeelliset haitallisten aineiden pitoisuusarvot maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen määrittelyyn annettiin Suomessa vuonna 1994 ns. SAMASE-projektin yhteydessä. Arseenin ohjeellisiksi pitoisuusrajoiksi esitettiin ohjearvoa 10 mg/kg ja raja-arvoa 50 mg/kg (Puolanne ym. 1994). Raja-arvon ylittyminen olisi osoitus mahdollisista riskeistä ihmiselle, jolloin jonkinlaiset riskinhallintatoimet ovat yleensä tarpeen. Ohjearvon alittavaa maata pidettäisiin puhtaana. Näiden ns. SAMASE-arvojen laatimisessa käytettiin perusteena Hollannissa esitettyjä ABC-arvoja. Joidenkin aineiden osalta ohjearvoja on myöhemmin päivitetty uusien tutkimustulosten perusteella. (mm. Assmuth 1997). Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamista koskevissa hallintopäätöksissä on SAMASE-arvojen lisäksi toisinaan viitattu muihin ohjearvoihin. Tällaisia ovat olleet erityisesti STM:n asettamat talousveden laatuvaatimukset, kohteessa on havaittu pohjaveden pilaantuminen tai pilaantumisriski. Ainakin kunnostussuunnitelman tasolla kunnostuksen tavoitepitoisuuksien määrittelyssä on toisinaan sovellettu myös muissa maissa asetettuja ekologia ohje- ja viitearvoja. Esimerkiksi vesistöjen osalta on käytetty mm. Kanadan CCME:n (Canadian Council of the Ministers of the Environment) esitettyjä ekologiaan riskeihin pohjautuvia viitearvoja (Sorvari teoksessa Sorvari & Antikainen 2004).

Valmisteilla olevaa valtioneuvoston asetusta varten maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen määrittelyssä apuna käytettäviä ohjearvoja on edelleen päivitetty. Asetuksen liitteessä on tarkoitus luetella 50 sellaista alkuainetta, ainetta tai aineryhmää, jotka ovat yleisiä maaperän pilaajia ja joille katsottaisiin tämän vuoksi tarpeelliseksi määrittää yleiset ohje- ja seuranta-arvot. Ohjearvot eivät ota huomioon haitallisten aineiden kulkeutumista ja leviämistä, eikä niiden perusteella voitaisi arvioida suoraan esimerkiksi pohjaveden pilaantumisriskiä. Arseni kuuluu aineisiin, joiden kulkeutumista pohjavesiin pidetään erityisenä uhkana. Tällaiset aineet, on ohjearvolistassa merkitty erikseen p-kirjaimella.

Valmisteilla olevan asetuksen sisältämässä haitallisten aineiden luettelossa ilmoitetaan ensin luonnon taustapitoisuudet (Kts. taulukko 6, sivu 32), joilla tarkoitetaan metalleilla ja metalloideilla (ml. As) mineraalimaan kokonaispitoisuuden mediaania moreenin hienoaineksesta ilmoitettuna. Luvut perustuvat GTK:n toteuttaman valtakunnallisen moreenikartoituksen tuloksiin. Metallien ja metalloidien (ml. As) osalta luonnon taustapitoisuuksia käytettäisiin ns. *tavoitearvoina*. Näiden lisäksi asetuksessa annettaisiin *alemmat ohjearvot* ja *ylemmät ohjearvot*. Metallien ohjearvot perustuisivat ekologisten tai terveysperusteisten riskitasojen perusteella määritettyihin pitoisuusarvoihin. Tavoitearvon ylittyminen viittaisi mahdollisesta ihmistoiminnasta peräisin olevasta kuormituksesta. Alempaa ohjearvoa on tarkoitus käyttää vertailuarvona tavanomaisen maankäytön alueella (esim. asuinalue) ja ylempää ohjearvoa vähemmän herkän maankäytön alueella (teollisuus-, varasto-, liikenne- ja muut vastaavassa käytössä olevat alueet).

Asetusluonnoksen ohjearvoissa ekologisen riskitason määrittely on perustunut ensisijaisesti hollantilaisen asiantuntijalaitoksen (National Institute of Public Health and the Environment, RIVM) arvioimaan uusimpaan kansainväliseen tutkimustietoon ja RIVM:n sekä EU:n kemikaalitoimiston esittämiin riskinarvioinnin periaatteisiin (ECB 2003; Traas). Ekologisten riskitasojen määrittelyssä on käytetty apuna lajikohtaisia tutkimuksia (lajit) tai ekosysteemin toimivuutta kuvaavia tutkimuksia (prosessit). Ihmisen altistumista on puolestaan arvioitu Risk Human –altistusmallilla. Arviointityös-

<sup>23</sup> Vaaraosamäärä on arvioidun haitta-aineen annoksen tai pitoisuuden suhde sallittuun eli vielä turvalliseksi katsottuun annokseen tai pitoisuuteen.



sä on otettu huomioon myös suomalaisen ympäristön erityispiirteitä. Ohjearvot määräytyvät sen riskitekijän (ekologiset riskit, terveysriskit) perusteella, joka tuottaa riskinarvioinnissa alhaisemman arvon. Arseenilla määräävä tekijä on ollut ekologinen riski.

Taulukko 6. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annettavassa valtioneuvoston asetustuonnoksessa ja asetuksen liitteenä annetussa soveltamisopasluonnoksessa esitetyt tavoite- ja ohjearvot arseenille sekä niiden perustana olevat riskitasot. e = ekologisiin riskeihin perustuva, t = terveysriskeihin perustuva

<b>Riskitaso</b>	<b>Riskitasoa vastaava As-pitoisuus</b>	<b>Seuranta- ja ohjearvot (As)</b>
<b>Pitoisuus, joka arvioidaan maaperässä haittattomaksi.</b>	2,6 mg/kg (0,3-20 mg/kg)	Tavoitearvo <b>taustapitoisuus</b>
<b>Pitoisuus, joka voi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia 50 %:lle maaperän eliöistä tai mikrobiologisista prosesseista.</b>	56 mg/kg (lajit) 160 mg/kg (prosessit)	Alempi ohjearvo <b>50 mg/kg (e)</b>
<b>Pitoisuus, joka aiheuttaa suurinta hyväksyttävää päiväannosta vastaavan altistumisen pientaloalueella ihmisen eliniän aikana.</b>	424 mg/kg	
<b>Pitoisuus, joka voi aiheuttaa merkittävää haittaa maaperän biologisille toiminnoille.</b>	-	Ylempi ohjearvo (e) <b>100 mg/kg</b>
<b>Pitoisuus, joka aiheuttaa teollisuusalueella työskentelevälle ihmiselle suurinta hyväksyttävää päiväannosta vastaavan altistumisen.</b>	2920 mg/kg	

## 6.5. Jätehuoltoa koskeva ohjaus

### 6.5.1. Jätteiden luokitus, käsittely ja kansainväliset siirrot

Jätteet luokitellaan ominaisuuksiensa ja niiden sisältämien haitta-aineiden pitoisuuksien perusteella eri luokkiin. Tämä luokittelu vaikuttaa jätteen käsittelypaikan ja -tekniikan valintaan sekä hyödynnettävyyteen. Suomessa luokittelun perusteena olevan jäteluettelon sisältävä EU direktiivi on saatettu voimaan erillisellä, 22.11.2001 annetulla ympäristöministeriön asetuksella (N:o 1129) ja vuonna 2005 valmistui päivitetty opas jätteiden luokituksesta. Jätteiden luokittelemisessa ongelmajätteiksi noudatetaan kemikaalilainsäädännön mukaisia, haitallisuuteen perustuvia, aineiden ja valmisteiden luokittelussa sovellettavia sääntöjä ja menetelmiä. Arseeni ja sen yhdisteet on luokiteltu vaarallisten aineiden luettelossa (STMA 509/2005) kaikki myrkyllisiksi tai erittäin myrkyllisiksi ja useimmat myös syöpävaarallisiksi (arsenihappo ja sen suolat, arseenipentoksidi, arseenitrioksidi). Syöpävaarallisuuden perusteella ongelmajätteen pitoisuuden raja-arvo on 0,1 painoprosenttia eli 1000 mg/kg kiinteässä jätteessä.

Myös kaatopaikat luokitellaan kolmeen pääluokkaan käsiteltävien jätteiden riskinhallinnan vaatuuksiin perustuen: ongelmajätteiden, pysyvän jätteen ja tavanomaisen jätteen kaatopaikkoihin. Ongelmajätteitä voidaan käsitellä vain niiden käsittelyyn luvan saaneissa laitoksissa. Kaikilla jätteiden käsittelypaikoilla (esim. kaatopaikat, polttolaitokset tai lajittelukeskukset) on oltava ympäristölupa, jossa määritellään, mitä jätteitä ja kuinka paljon laitos voi vastaanottaa. Luvissa on määritelty myös

sallitut haitallisten aineiden päästöraajat. Nämä perustuvat pitkälti EU:n yhteisötason säädöksiin mm. jätteiden poltosta tai kaatopaikkasijoituksesta.

Pilaantuneet, paikaltaan pois kaivetut maa-ainekset luokitellaan jätteeksi<sup>24</sup>, mutta muista jätteistä poiketen niistä ei ole kaatopaikalle sijoitettaessa peritty jäteveroa (JäteveroL 5 §). Lievästi pilaantuneet maa-ainekset, joille ei löydy käyttökohdetta, on voitu toistaiseksi sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Arseenilla pilaantuneita maa-aineksia joutuu käsittelemään ongelmajätteenä, mikäli jäteasetuksen luokittelukriteerit täyttyvät ja arseenin pitoisuus ylittää asetuksen liitteessä (4 B) annetut raja-arvot (Jäteasetus, muutos 1128/2001). Raja-arvojen perusteella ei voida arvioida jätteen ympäristövaarallisuutta, mutta terveysvaaran arviointiin ne soveltuvat.

EU:n kaatopaikkaluokittelua koskeva päätöksen (2003/33/EY) johdosta on annettu Suomessa asetus (VNA 202/2006), joka astuu voimaan 1.9.2006. Tällä asetuksella on muutettu valtioneuvoston päätöstä kaatopaikoista (861/1997). Asetuksessa on esitetty mm. arseenipitoisen jätteen liukoisuusominaisuuksien raja-arvot (Taulukko 7.) Asetuksen soveltamiseksi julkaistaan tulkintaopas, jossa on esitetty tarkemmin mm. liukoisuuden määrittelyt ja kaatopaikkakelpoisuuden arviointimenettely. Asetusta ei sovelleta sellaiseen paikkaan, jonne sijoitetaan mm. mineraalivarojen etsimisessä, louhinnassa, rikastuksessa ja varastoinnissa sekä louhostoiminnassa syntynttä tavanomaista, pysyvää jätettä. Asetuksen soveltamista on rajoitettu tietyiltä osin myös ruoppausmassojen sijoittamisessa.

Taulukko 7. Eri kaatopaikkaluokkiin kuuluville kaatopaikoille sijoitettavien, arseenipitoisten jätteiden liukoisuusraja-arvot (VNA 202/2006). L/S = liukoisuustestin neste/kiinteä –suhde (liquid/solid)

Kaatopaikkaluokka	Arseenin liukoisuus mg/kg kuiva-ainesta (L/S= 10 l/kg)
<b>Pysyvä jäte</b>	0,5
<b>Tavanomainen ja vakaa reagoimaton Ongelmajäte</b>	2
<b>Ongelmajäte</b>	25

Kaatopaikkaluokittelua koskeva valtioneuvoston asetus tulee jossain määrin muuttamaan käytäntöjä kiinteiden jätteiden, kuten pilaantuneiden maa-ainesten loppusijoituksessa ja hyödyntämisessä. Luokitteluun liittyy jätteen kaatopaikkakelpoisuuden arviointi. Arvioinnin yhtenä tavoitteena on vähentää jätteestä ja jätteestä muodostuvasta vedestä ympäristölle aiheutuvia riskejä. Kaatopaikkakelpoisuutta arvioitaisiin sekä jätteen sisältämien haitta-ainepitoisuuksien että niiden liukoisuuksien perusteella. Nämä ominaisuudet määriteltäisiin ns. perusmäärittelyssä ja jätteen laatua seurattaisiin laadunvalvontatestein. Eräät pysyviksi katsotut jätteet on vapautettu tästä testauksesta.

Jätteiden luokittelun ja käsittelyn ohella EU:n tasolla on säädetty myös jätesirroista. Kansainvälisen jätteiden siirron valvonta perustuu moniin kansainvälisiin sopimuksiin ja säädöksiin. Tärkeimpiä niistä ovat vaarallisten jätteiden kansainvälisiä kuljetuksia säättävä Baselin sopimus ja OECD:n päätös C(2001)107/FINAL, joka koskee maan rajan ylittävien ja hyödynnettävien jätteiden siirtojen valvontaa. Euroopan yhteisön alueelle, Euroopan yhteisön alueella ja Euroopan yhteisön ulkopuolelle tapahtuvien jätteiden siirtojen valvontaa ja tarkastusta säätelee neuvoston asetus ETY 259/93, ns. jätteensirtoasetus. Suomesta on viety jonkin verran arseenipitoista jätettä ulkomaille käsiteltäväksi, mm. jalometallipitoisen suodatusjätteen seassa. Tarkkaa tietoa kuljetetuista määristä on vai-

<sup>24</sup> EY tuomioistuimen syyskuussa 2004 antama päätös (Van de Walle et al. (C-1/03) 7.9.2004) saattaa muuttaa maa-aineksen jätetulkintaa. Tuomioistuin katsoi päätöksessään, että pilaantunut maaperä sellaisenaan on jätettä jo ennen kuin se on kaivettu maasta ylös. Käytännössä päätös voisi merkitä esimerkiksi sitä, että pilaantuneet maa-alueet tulkitaan kaatopaikoiksi, joilla pitää olla kaatopaikkoja koskevan valtioneuvoston päätöksen mukaiset rakenteet.

kea saada nykyisistä jätesiirottojen valvontatiedoista, koska arseeni on ollut jätteessä yleensä epäpuhtautena eikä luokittelukriteerinä.

### 6.5.2. Jätteiden hyödyntäminen

Jätteiden hyödyntämistä ohjataan hyödyntämistavan mukaan eri säädöksillä. Hyödyntämistapoja voivat olla mm. maanparannus, maarakentaminen tai energiantuotanto. Esimerkiksi lietteiden ja tuhkien käyttöä maanparannukseen säädellään lannoitelainsäädäntöön perustuen (kts. 5.3). Arseenipitoisen jätteen, kuten esimerkiksi kyllästetyn puun käyttöä energiantuotantoon, ohjataan mm. jätteenpolttoa koskevilla säädöksillä sekä epäsuorasti arseenidirektiivillä (kts. 6.5.3).

Eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa on valmisteltu valtioneuvoston asetus (VNA 591/2006), joka astuu voimaan 15.7.2006. Asetuksella pyritään keventämään lupamenettelyä niin, että jokaiselle hyötykäyttökohteelle ei enää tarvitsisi hakea ympäristölupaa, mikäli jäte täyttäisi erikseen asetuksessa annetut ympäristökelpoisuuden vaatimukset. Asetus koskee ainoastaan tiettyjen jätteiden hyödyntämistä erikseen määritellyissä tie- ja kenttärakenteissa, ei kuitenkaan esim. käyttöä kaatopaikkarakenteissa tai tiepinnoitteissa asfaltin seassa. Asetukseen on sisällytetty jätteet, joita voidaan teknisin perustein käyttää maarakentamisessa ja jotka on todettu ympäristön ja terveyden kannalta turvallisiksi silloin, kun ne täyttävät asetuksessa annetut käyttökohteita ja –tapaa sekä haitallisten aineiden pitoisuuksia koskevat vaatimukset. Näiden edellytysten perusteella asetukseen on sisällytetty betonimurske ja energiantuotannon tuhkat.

Suurin pitkän aikavälin ympäristöriskitekijä jätteiden maanrakennuskäytössä on haitta-aineiden suotautuminen maaperässä. Siksi jätteiden käyttöä säädellään etupäässä liukoisuusraja-arvojen avulla (Taulukko 8.). Asetuksen valmistelussa raja-arvojen lähtökohdaksi otettiin pysyvän jätteen kaatopaikan raja-arvot (2003/33/EY), jotka perustuvat erityisesti pohjaveden suojeluun. Asetusta ei sovellettaisi lainkaan vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla. Asetuksessa annetaan raja-arvoja myös jätteiden sisältämien haitallisten aineiden kokonaispitoisuuksille. Raja-arvot on annettu erikseen peitetyille<sup>25</sup> ja päällystetyille<sup>26</sup> rakenteille. Asetusta edelsi laaja selvitystyö, jota tehtiin mm. Teknologian kehittämiskeskuksen Ympäristögeotekniikka-ohjelman puitteissa vuosina 1994–1999. Tämän ohjelman yhteydessä Suomen ympäristökeskuksessa laadittiin asetusluonnosta yleisemmät, maaperänsuojelun lähtökohdista johdetut ympäristökelpoisuuskaiteerit kaikille maanrakennuskäyttöön teknisesti soveltuville mineraalisille teollisuusjätteille (Sorvari 2000 ja Mroueh ym. 2000).

Taulukko 8. Jätteiden maanrakennuskäyttöä koskevassa valtioneuvoston asetuksessa (VNA 591/2006) annetut betonimurskeen ja tuhkien arseenin raja-arvot ja SYKEssä laaditut mineraalisten sivutuotteiden yleiset, ohjeelliset viitearvot (Sorvari 2000). L/S = liukoisuustestin neste/kiinteä –suhde (liquid/solid)

Arseeni	Pitoisuus mg/kg kuiva-ainetta	Liukoisuus mg/kg kuiva-ainetta, peitetty rakenne (L/S= 10 l/kg)	Liukoisuus mg/kg kuiva-ainetta, päällystetty rakenne (L/S= 10 l/kg)
Betonimurske	50	0,5	0,5
Tuhkat	50	0,5	1,5
Muut (Sorvari 2000)	60 mg/kg	0,14 mg/kg, kokonaan päällystämätön rakenne	0,85 mg/kg

<sup>25</sup> Peittämisellä tarkoitetaan jätteen leviämisen estämistä vähintään 10 cm paksuisella kerroksella luonnon kiviainesta.

<sup>26</sup> Päällystämällä tarkoitetaan rakenteen suojaamista sadeveden suotautumiselta. Suojaamisen voi toteuttaa mm. asfalttoimalla.

Etenkin eräät tuhkat sisältävät maanrakennuskäytöstä aiheutuvien ympäristövaikutusten kannalta merkittäviä määriä arseenia. Tuhkia on hyödynnetty myös rakennusmateriaaleissa, kuten esimerkiksi betonin ainesosana. Näille ei ole toistaiseksi olemassa ympäristökelpoisuuteen liittyviä haitta-aineiden raja-arvoja.

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa vuoteen 2005<sup>27</sup> asetettiin pilaantuneiden maiden puhdistamista ja muuta käsittelyä koskevia yleisiä tavoitteita. Tavoitteena oli mm. ohjata aikaisempaa enemmän massoja hyötykäyttöön. Tämä edellyttäisi ilmeisesti mm. pilaantuneiden massojen hyötykäytön ympäristökelpoisuuden kriteereiden asettamista. Suomessa tällaisia ei ole vielä valmiina, mutta maarakentamisen osalta on sovellettu edellä kuvattuja kriteerejä ja viitearvoja (Sorvari & Ruuska teoksessa Sorvari & Antikainen 2004). Valtakunnallista jätesuunnitelmaa uusitaan parhaillaan.

### 6.5.3. CCA-kyllästetyn puun käsittely

Vuonna 2000 perustettiin kierrätysyhtiö Demolite Oy järjestämään keskitetysti käytetyn, kyllästetyn puutavaran käsittelyä. Sen tavoitteena on ohjata kyllästetty puutavara energiakierrätykseen. Yhtiön on perustanut puun suojausteollisuuden toimialajärjestö Kestopuuteollisuus ry. Yritys aloitti vuoden 2001 keväällä käytöstä poistetun kyllästetyn puun vastaanoton yhteistyössä rakennustarvikeliikkeiden, jätelaitosten ja kyllästäjien kanssa. Kotitalouksissa syntyvän kyllästetyn puujätteen voi viedä veloitusetta rakennustarvikeliikkeiden ja jätelaitosten keräyspisteisiin. Teollisesti käytetty kyllästetty puu, esim. silta-, satama- tai tierakenteissa käytetty järeähkö puutavarajäte, toimitetaan sopimuksen mukaan jätelaitosten varastoihin. Vuodesta 2003 lähtien varastointia on keskitetty Hämeen Tuuloksessa sijaitsevaan Kestopuun kierrätyssterminaaliin.

Kyllästetyn puutavaran polttoa ohjataan jätteenpolttoasetuksella (VNA jätteen polttamisesta annettu 15.5.2003). Tämä asetus toteuttaa Suomessa jätteenpolttodirektiiviä (2000/76/EY). Arsenia sisältävän puun poltto vaatii erityisen hyvän savukaasujen puhdistusmenetelmän. Sen vuoksi sitä ei voida polttaa muun puujätteen mukana. Kyllästettyä puutavaraa on koepoltettu ongelmajätteen käsittelylaitoksessa, mutta energiakierrätys ei vielä toimi. Vuoden 2006 talvella alkoi ympäristövaikutusten arviointiohjelman käsittely Pirkanmaan Parkanon kuntaan suunnitellusta voimalaitoksesta, jossa poltettaisiin varastoitua, kyllästettyä puutavaraa. (Parkanon Voima Oy & Enprima Oy 2006).

Arsenia sisältävän puujätteen käsittelystä on vireillä arseenidirektiivin muutos EU:n kielto- ja rajoitusdirektiiviä käsittelevässä työryhmässä. Asia on seuraavaksi esillä työryhmän kokouksessa kesäkuussa 2006.. Muutoksella selvennettäisiin kyllästetyn puutavaran uudelleen käyttöä. Käyttökelpoisen osan sähkö- ja televiestintäpölyistä voisi uudelleen käyttää samoin edellytyksin ja samoihin kohteisiin kuin mihin uuttakin arseenikyllästettyä puuta saa käyttää. Jätteen päätyvä osuus ja aikaan kokonaan kierrosta poistuvat uusiokäytetyt pylväät käsiteltäisiin edellä kuvatulla tavalla ongelmajätteenä.

## 6.6. Pilaantuneiden sedimenttien ruoppausta ja läjittämistä koskevat ohjeet

Suomessa ei ole asetettu yleisiä kriteerejä sedimenttien laadun arviointiin. Sedimenttien ruoppaamista ja mereen läjittämistä koskien on kuitenkin annettu ohjeet ja laatukriteerit<sup>28</sup>. Ohjeissa käsitellään ympäristövaikutusten arvioimista ja hallintaa. Lisäksi asetetaan haitta-aineita koskevat laatukriteerit, myös arseenille. Laatukriteerit perustuvat ekologiin riskeihin, joten niitä voidaan ajatella

<sup>27</sup> Tarkistettu valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2005. Ympäristöministeriö 2001. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>.

<sup>28</sup> Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluohje 19.5.2004 sedimenttien ruoppaamisesta ja läjittämisestä.

sovellettavan myös paikallaan olevan sedimentin laadun ja mahdollisesta pilaantumisesta aiheutuvi-  
en riskien arvioinnissa. Ohjeita ja laatukriteereitä ei voi suoraan soveltaa sisävesillä. Laatukriteerit  
jakavat ruopattavat sedimentit kolmeen luokkaan:

- Tason 1 alapuolelle jäävät massat luokitellaan mereen läjityskelpoisiksi (haitat ovat merki-  
tyksettömän pieniä),
- tason 1 ylittävät massat ovat mahdollisesti läjityskelvottomia ja
- tason 2 ylittävät massat luokitellaan läjityskelvottomiksi.

Jos ruopattavan massan haitta-ainepitoisuudet ylittävät tason 1, mutta jäävät tason 2 alapuolelle, on  
tapauskohtaisesti määritettävä läjityskelvoton osuus biotestien avulla tai paikallisten riskitekijöiden  
perusteella, ottaen huomioon mm. olosuhteet läjitysalueella. Ohjeen mukaan läjityskelvottomaksi  
luokiteltuja tai määriteltyjä massoja voidaan poikkeustapauksissa sijoittaa mereen, jos maalle sijoit-  
tamisen vaihtoehdot ensin on selvitetty, ja mereen sijoittaminen osoittautuu vähiten haittaa aiheut-  
tavaksi vaihtoehdoksi. Läjityskelvottomat massat on eristettävä muusta meriympäristöstä tai käsitel-  
tävä.

Taulukko 9. Ruoppausmassojen laatukriteerit sedimentin ominaisuuksien mukaan normalisoiduille pitoi-  
suuksille.

Aine	Taso 1, mg/kg kuiva-ainetta	Taso 2, mg/kg kuiva-ainetta
arseeni (As)	15	60

## 7. Vesien laadun turvaaminen

### 7.1. Vesipuitedirektiivi

Tärkein työkalu Euroopan yhteisön vesipolitiikassa tällä hetkellä on vuonna 2000 annettu vesipoli-  
tiikan puitedirektiivi<sup>29</sup>, jonka tavoitteet ulottuvat vuoteen 2015 asti. Vesipuitedirektiivin yleisiksi  
tavoitteiksi on asetettu mm.

- estää vesiekosysteemien huononemista sekä suojella ja parantaa niiden tilaa
- edistää kestäväää, vesivarojen pitkän ajan suojeluun perustuvaa vedenkäyttöä
- vähentää pohjavesien pilaantumista
- tehostaa vesiensuojelua pilaavien ja vaarallisten aineiden päästöjä vähentämällä

Pintavesistöjä pilaavat ja vaaralliset aineet on priorisoitu yhteisötasolla neuvoston päätöksessä prio-  
riteettiaineista (2455/2001/EY). Arseeni tai sen yhdisteet eivät ole tässä päätöksessä mukana. Priori-  
teettiaineita on yhteensä 33 ja metalleista tai metalloideista päätöksessä ovat kadmium, lyijy, eloho-  
pea ja nikkeli. Luettelo priorisoiduista aineista tulisi säädösten mukaan tarkistaa muutaman vuoden  
välein. Priorisointi perustuu suhteellisen riskin arviointiin ja sen on toteutettu ns. COMMPS<sup>30</sup>-  
menettelyllä. Aineistona menettelyssä käytettiin mm. jäsenmaista saatua tietoa pintavesien ja sedi-  
menttien pitoisuuksista. Muiden kuin yhteisötasolla priorisoidujen vesiympäristön suojelun kannalta  
olennaisten aineiden tunnistaminen tapahtuu kansallisesti. (Londesborough 2005, Londresborough  
ym. 2006).

<sup>29</sup> Water Framework Directive 2000/60/EY [http://europa.eu.int/comm/environment/water/pdf/wise\\_dec\\_2005.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/water/pdf/wise_dec_2005.pdf)

<sup>30</sup> COMMPS = COmbined Monitoring and Modeling-based Priority Setting

Arseeni ja sen yhdisteet on mainittu vesipuitedirektiivin liitteessä VIII; ne on siis arvioitu yhteisötasolla huomioitaviksi pilaaviksi aineiksi. Tätä listaa käytettiin mm. Suomessa kansallisesti priorisoidavien aineiden tunnistamiseen (kts. luku 7.1.2). Vaarallisten aineiden direktiivi (76/464/ETY) kumoutuu vasta vuonna 2013 vesipuitedirektiivin myötä. Vaarallisten aineiden suhteen sovelletaankin monin osin vielä tätä vanhaa direktiiviä, jota käytettiin myös Suomessa tehdyssä tarkastelussa. (Londesborough 2005).

Vesipolitiikan puitedirektiiviin liittyy valmisteilla oleva direktiivi pohjavesien suojelemiseksi pilaantumiselta. Siinä säädettäisiin tarkemmin toimenpiteistä pohjavesien pilaantumisen ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi. Tällaisia riskin hallinnan työkaluja olisivat mm.

- Pohjaveden hyvän kemiallisen tilan arviointiperusteet. Pohjaveden kemialliset laatukriteerit määriteltäneen arseenin suhteen kansallisesti. Laatukriteereitä määritettäessä otetaan arseenin luontaiset taustapitoisuudet huomioon.
- Arviointiperusteet merkityksellisten ja pysyvien nousevien muutossuuntien havaitsemiseksi ja niiden kohtien määrittämiseksi, joissa muutossuunnat käännetään laskeviksi,
- Vaatimus pohjaveteen joutuvien pilaavien aineiden epäsuorien päästöjen ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi. Epäsuoralla päästöllä tarkoitetaan pilaavien aineiden pääsyä pohjaveteen kallio- tai maaperän läpi suodattamalla.

Vesipolitiikan puitedirektiivi ei kokonaan korvaa aikaisempia, vesiä koskevia säädöksiä. Edelleen noudatetaan mm. arseenin aiheuttamien terveysriskien hallinnassa keskeistä juomavesidirektiiviä. Talousveden arseenipitoisuudelle on annettu juomavesidirektiivin perusteella terveysperusteinen raja-arvo. Sitä on sovellettu, kun pohjavettä on käytetty talousveden lähteenä<sup>31</sup>.

Euroopan yhteisö rahoittaa vesiensuojelua tukevia hankkeita mm. maaseudun kehittämissuunnitelman (Rural Development) ja rakennerahaston (SCF) kautta vesipolitiikan puitedirektiivin tavoitteiden toteuttamiseksi. Tutkimus- ja kehityshankkeita rahoitetaan mm. LIFE-Environment rahastosta. Rahasto on tukenut tai tukee parhaillaan juomaveden arseeniin liittyviä tutkimus- ja kehityshankkeita Kreikassa ja Unkarissa. Eurooppalainen vesihuollon teknisen kehityksen keskustelufoorumi (WSSTP) on pohtinut tulevaisuuden strategioita ja esittää lisäksi mm. haja-asutusalueiden vesihuoltoon taloudellista ja informatiivista tukea. Teknisten riskinhallintakeinojen kehittämistä voisi edistää myös Euroopan komission seuraavan tutkimuksen ja teknologian puiteohjelman kautta (FP7).

### 7.1.1. Vesipuitedirektiivin toimeenpano Suomessa

Suomessa vesipolitiikan puitedirektiivi on toimeenpanttu lailla vesienhoidon järjestämisestä vuonna 2004. Ympäristöministeriö ja maa- ja metsätalousministeriö ohjaavat ja seuraavat toimialoillaan tämän lain täytäntöönpanoa. Alueelliset ympäristökeskukset edistävät vesiensuojelua valtioneuvoston asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi ja vastaavat ympäristö- ja vesilainsäädännön valvonnasta alueellaan. Suomen ympäristökeskus antaa asiantuntija-apua ja pitää osasta tietoja valtakunnallista rekisteriä. Useat muutkin kansalliset laitokset osallistuvat vesiensuojelun ja vesihuollon tehtävien hoitoon (Taulukko 10).

<sup>31</sup> Lisätietoa juomaveden laadusta ja yhteisötason ohjauksesta saa mm. Euroopan ympäristökeskuksen nettisivuilta: EEA Indicator Fact Sheet (WEU 10) Drinking Water Quality: [http://themes.eea.eu.int/Specific\\_media/water/indicators/WEU10,2004.05/WEU10\\_Drinking\\_Water\\_Final\\_version.pdf](http://themes.eea.eu.int/Specific_media/water/indicators/WEU10,2004.05/WEU10_Drinking_Water_Final_version.pdf), 16.3.2006)

Taulukko 10. Valtakunnallisia vesiensuojelun tai vesihuollon toimijoita.

<b>Ympäristöhallinto (YM, SYKE, alueelliset ympäristökeskukset)</b>	Vesienhoidon järjestäminen, mm. valtakunnallisten vesiensuojelun tavoitteiden ja toteutuksen suunnittelu, vesiensuojelun tutkimus, vesihuollon ohjausta
<b>Maa- ja metsätalousministeriö (MMM)</b>	Vesienhoidon järjestäminen, mm. vesihuollon ohjausta, vesivarastrategioiden laadinta
<b>Geologian tutkimuskeskus (GTK)</b>	Tutkimus
<b>Merentutkimuslaitos (MTL)</b>	Tutkimus
<b>Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT)</b>	Tutkimus
<b>Sosiaali- ja terveysministeriö (STM)</b>	Talousvesiasiat, ylin johto
<b>Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV)</b>	Talousvesiasiat, valvonnan ohjaus
<b>Lääninhallitukset</b>	Talousvesiasiat, valvonta
<b>Kansanterveyslaitos (KTL)</b>	Talousvesiasiat, epidemiaselvitykset
<b>Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM)</b>	Talousveden valmistuksen tekniset asiat
<b>Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT)</b>	Talousveden valmistuksen tekniset asiat

Vesipuitedirektiivin voimaan saattaminen on Suomessa vielä kesken ja moni keskeinen asia hoideetaan jatkossa valtioneuvoston asetuksilla. Asetuksella säädetään mm. yhteisölainsäädännössä määriteltyjen haitallisten aineiden ympäristölaatu­normit pintavesille. Vesien pilaantumisen ehkäisemistä säädetään edelleen kansallisesti ympäristönsuojelulaisissa ja -asetuksessa<sup>32</sup>. Aikaisemmin on myös vesilain nojalla annettu säädöksiä pilaantumisen ehkäisemiseksi, joissa arseeni oli huomioitu<sup>33</sup>.

### 7.1.2. Ehdotus kansalliseksi prioriteettiaineiksi

Suomen ympäristökeskuksessa on valmisteltu ehdotus vesipuitedirektiivin tarkoittamiksi, kansalliseksi haitallisiksi aineiksi (Londesborough 2003). Esitystä on käsitelty ympäristöministeriön asettamassa työryhmässä (ns. Vespa-työryhmä). Työryhmä ehdottaa asetusta, jossa mm. vahvistettaisiin kansallisesti priorisoidut aineet, eräiden aineiden ympäristölaatu­normit tai kynnysarvot sekä eräiden aineiden päästökiellot (YM 2005). Näissä ehdotuksissa arsenia ja arseeniyhdisteitä ei ole valittu priorisoitujen aineiden listalle. Pintavesien suojelun tehostaminen kohdentunee lähivuosina prioriteettiaineisiin.

Arsenia arvioitiin yhdessä metallien kanssa suhteelliseen riskiin perustuvalla menettelyllä. Ensin tarkasteluun valittiin kaikki vaarallisten aineiden direktiivissä mainitut metallit ja metalloidit (Lista II, vaarallisten aineiden direktiivi). Seuraavaksi haettiin analyysitietoa ympäristöhallinnon pintavesirekisteristä (PIVET), johon tallennetaan mm. pysyvien seurantojen ja ns. velvoitetarkkailujen tietoja. Taustapitoisuuksien määrittelyyn ja vertailuun käytettiin pohjoismaista järvitutkimusta (Sjektivåle ym. 2001) ja purovesien alkuaineiden kartoitusta (Lahermo ym. 1996). Taustapitoisuustutkimusten tuloksia verrattiin kriittiseen raja-arvoon, joka oli määritelty ainekohtaisesti prioriteettiaineiden määrittelyä varten. Kriittisen raja-arvon asettamisessa käytettiin apuna mm. Ruotsin, Hollannin ja Kanadan asettamia ympäristölaatu­normeja sisävesistöille. Arseenille valittiin raja-arvoksi

<sup>32</sup> Ympäristönsuojelulaki ([86/2000](#)) ja Ympäristönsuojeluasetus ([169/2000](#))

<sup>33</sup> VN päätös eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden johtamisesta vesiin ([363/1994](#)) ja VN päätös pohjavesien suojelemisesta eräiden ympäristölle tai terveydelle vaarallisten aineiden aiheuttamalta pilaantumiselta ([364/1994](#))

5 µg/l, joka oli valittu raja-arvoksi myös Ruotsissa ja Kanadassa sekä IPCS<sup>34</sup> arvioissa (IPCS 2001). Hollannissa on päädytty korkeampaan raja-arvoon, siellä on myös korkeammat taustapitoisuudet. (Londesborough 2003).

Priorisointityössä tarkastelluissa taustapitoisuustutkimuksissa puroveden tyypilliset (90 % tuloksista) arseenipitoisuudet vaihtelivat 0,06-1,6 µg/l välillä. Järvitutkimuksessa maksimipitoisuudet olivat noin 4 µg/l ja ne sijoituivat alueelle, jossa pitoisuudet kallioperän ja moreenin luontaiset arseenipitoisuudet olivat korkeat. Pintavesirekisteriin oli talletettu noin 5000 arseenianalyysitulosta. Näistä 90 (2 %) ylitti prioriteettiaineiden määrittelyssä käytetyn arseenin raja-arvon ja 10 oli raja-arvon kohdalla. Määritysraja oli ongelmana 140 analyysissä. Merkittävä osa raja-arvon ylityksistä keskityi Ylöjärven kuntaan (40) ja Outokummun kunnan ympäristöön (18). (Londesborough 2003).

## 7.2. Pohjavesien kemiallisen laadun turvaaminen

Pohjavesiensuojelun ohjauskeinojen riittävyttä ja kehittämistarpeita on pohdittu taustaselvityksessä vesiensuojelun suuntaviivoiksi vuoteen 2015 (Gustafsson ym. 2006). Selvityksessä korostetaan ennaltaehkäisevää riskien hallintaa. Esimerkiksi uusi teollisuus- ja yritystoiminta pyritään sijoittamaan pohjavesialueiden ulkopuolelle ohjaamalla kaavoituksella ja ympäristöluvilla toimintojen sijoittumista. Sääöksistä tärkeimpiä pohjaveden laadun turvaamisessa on ympäristönsuojelulakiin kirjattu pohjaveden pilaamiskielto.

### 8 §

#### ***Pohjaveden pilaamiskielto***

Ainetta tai energiaa ei saa panna tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että

- 1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai sen laatu muutoin olennaisesti huonontua;
- 2) toisen kiinteistöllä oleva pohjavesi voi käydä terveydelle vaaralliseksi tai kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai
- 3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (*pohjaveden pilaamiskielto*).

Edellä 1 momentissa tarkoitettuna toimenpiteenä pidetään myös asetuksella erikseen säädettyä toimenpidettä tai asetuksella kiellettyä ympäristölle ja terveydelle vaarallisten aineiden päästämistä pohjaveteen. Asetus voi koskea vain sellaisia toimenpiteitä, joita tarkoitetaan asianomaisessa Euroopan yhteisön direktiivissä.

Selvityksessä (Gustafsson ym. 2006) todetaan, että suojelusuunnitelman laatiminen luokitelluille pohjavesialueille on yleistynyt ja suojelusuunnitelmia käytetään monipuolisesti riskinhallinnan työkaluna. Suojelusuunnitelmia on laadittu vuodesta 1991 lähtien noin 250 kappaletta ja ne käsittävät noin 900 ympäristöhallinnon kartoittamaa pohjavesialuetta. Ympäristöhallinnon kartoittamia ja luokittelemia pohjavesialueita oli vuonna 2005 yhteensä 6634 kappaletta, joista vedenhankintaa varten tärkeiksi (I luokka) arvioitiin 2 286 ja vedenhankintaan soveltuviksi (II luokka) 1 502 kappaletta (Gustafsson 2005).

<sup>34</sup> IPCS = International Programme on Chemical Safety



Vesipuidedirektiivin toimeenpanon myötä pohjavesialueiden suojelusuunnitelmista tulee lakisääteisiä ns. riskialueilla<sup>35</sup>. Vanhoja suojelusuunnitelmia toimenpideohjelmineen voidaan myös tarkastaa ja päivittää. Vuonna 2005 alueelliset ympäristökeskukset yksilöivät alustavasti ne vedenhankinnalle tärkeät pohjavesialueet (I luokka), joilla sijaitsee riskiä aiheuttavaa toimintaa. Tällaisia alueita oli 572 kappaletta, noin neljäsosa kaikista I luokan pohjavesialueista. Ne sijaitsevat pääosin eteläisessä Suomessa. Lähes 60 %:lle näistä riskialueista on jo laadittu suojelusuunnitelma. Viimeisimmän kartoituksen mukaan 3997 pilaantuneeksi epäiltyä maa-alueita sijaitsee luokitelluilla pohjavesialueilla. Luvussa on mukana toimintansa lopettaneita kaatopaikkoja, joista vuonna 1999 tehdyssä kartoituksessa 350 sijaitti pohjavesialueilla. Pilaantuneiden maiden aiheuttamaan riskiä pohjaveden laadulle voitaisiin vähentää mm. ohjaamalla valtion jätehuoltotyönä tehtävät kunnostukset pohjavesialueilla sijaitseviin kohteisiin. (Gustafsson ym. 2006).

Pohjaveden ottamoiden raakaveden laadun seurannasta selvityksessä (Gustafsson ym. 2006) todetaan, että siitä on säädetty yleisellä tasolla vesihuoltolaissa. Seuranta voitaisiin tarkentaa ja tehostaa asetuksella, johon laissakin viitataan. Vesilaitosten rutiinitarkkailu perustuu yleensä vain talousvesiasetuksen (461/2000) edellyttämiin verkostoveden vähimmäisseurantavaatimuksiin, mikä ei edistä merkittävästi pohjavesien suojelua haitallisilta aineilta. Kansallisesti määritellyt haitta-aineiden raja-arvot pohjavesille toimivat tulevaisuudessa riskinhallinnan välineenä. Ne voidaan antaa kansallisesti, vesienhoitoalueittain tai pohjavesimuodostuman tai -muodostumaryhmän tasolla.

### 7.3. Vesihuolto ja talousveden laadun turvaaminen

Lähes 90 % suomalaisista käyttää vesilaitosten jakamaa vettä. Vesilaitosten jakamasta vedestä noin 60 % on pohjavettä tai tekopohjavettä. Loput valmistetaan pintavedestä. Pirkanmaalla pohjaveden osuus on samaa luokkaa kuin koko maassa. Vesihuoltoverkostoon liittyneiden määrän ennustetaan kasvavan kaikissa Pirkanmaan seutukunnissa. Koko Pirkanmaalla liittymisprosentti vedenjakeluun kasvaneen vuoteen 2020 mennessä 92 %:iin. (Gustafsson ym. 2006, Pirkanmaan ympäristökeskus 2006). Vesihuollon järjestämisestä säädetään uudehkolla vesihuoltolailla (119/2001).

EY:n juomavesidirektiivi on ohjannut Suomen talousveden valvontalainsäädännön kehitystä 1990-luvulta lähtien. Vuonna 1995 voimaan tulleissa terveydensuojelulaissa ja -asetuksessa määriteltiin tarkemmin vesilaitoksen ja talousveden käsitteet, joiden perusteella velvoitettiin mm. tarkkailemaan veden laatua ja ilmoittamaan valvontaviranomaiselle.

Terveydensuojelulaki 1994/763 (muutettu 19.5.2000/441)

16 §, Määritelmät: **Talousvedellä** tarkoitetaan (luonnon kivennäisvettä ja lääkinnällisiin tarkoituksiin käytettävää vettä lukuun ottamatta):

- 1) kaikkea vettä, joka on tarkoitettu juomavedeksi, ruoan valmistukseen tai muihin kotitaloustarkoituksiin riippumatta siitä, toimitetaanko vesi jakeluverkon kautta, tankeissa, pulloissa tai säiliöissä;
- 2) sekä kaikkea vettä, jota elintarvikealan yrityksessä käytetään elintarvikkeiden valmistukseen, jalostukseen, säilytykseen ja markkinoille saattamiseen.

Talousvetenä ei kuitenkaan pidetä vettä, jota käytetään yksinomaan peseytymiseen, pyykinpesuun, siivoukseen, saniteettitarkoitukseen tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen.

<sup>35</sup> Ympäristöministeriö opastaa (YM 2004) pohjaveden riskialueista, että vesipuidedirektiivin 4 artiklan ja liitteen V kohtien 2.1 ja 2.3 mukaan määritellylle pohjavesimuodostumalle tai muodostumaryhmälle tulee laatia suojelusuunnitelma (Liitteen II kohdissa 2.2 ja 2.3 ominaispiirteiden lisätarkastelu ja ihmistoiminnan pohjavesivaikutuksia koskeva tarkastelu) ja näille alueille asetetaan myös erityisiä veden laadun tarkkailuvaatimuksia (Liitteen V kohdissa 2.2 ja 2.4).

Suurimpien vesilaitosten eli yli 1000 m<sup>3</sup> päivässä tai yli 5000 käyttäjälle vettä toimittavien laitosten toiminta on tarkimmin säädeltyä. Tällaisia vesilaitoksia oli Suomessa 165 vuosina 2002-2004. Näistä on koottu veden laatutiedot viimeksi vuosilta 2002-2004. Arseeninäytteitä oli otettu seuraavasti: 373 kpl vuonna 2002, 415/2003 ja 454/2004. Kaikilla tutkituilla vesilaitoksilla arseenin laatuvaatimukset täyttyivät ([www.sttv.fi](http://www.sttv.fi)).

Juomavesidirektiivin (98/83/EY) toimeenpanosta vastaa sosiaali- ja terveysministeriö, joka on antanut mm. asetukset talousveden laadun tarkkailusta ja tutkimuslaboratorioista direktiiviin perustuen (STM asetukset 461/2000, 173/2000 ja 401/2001). Talousveden laatuvaatimukset arseenin suhteen eivät muuttuneet aikaisemmasta, vuoden 1994 päätöksestä. Laitokset on nyt jaoteltu suuriin ja pieniin laitoksiin, joiden laatuvaatimukset ja valvontatutkimukset poikkeavat hieman toisistaan. Suuria laitoksia ovat ne, jotka toimittavat vettä vähintään 10 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin. Suurille laitoksille sovelletaan vuoden 2000 asetusta ja pienimmille vuoden 2001 asetusta.

Jos vesilaitoksella havaitaan ohjearvon ylittävä arseenipitoisuus näytteessä, niin talousveden laatua koskevissa asetuksissa ja niiden soveltamisoppaassa annetaan erittäin yksityiskohtaiset ohjeet toiminnalle. Oppaassa mainitaan, että riskialueista on tietoa mm. Geologian tutkimuskeskuksessa ja että arseenin poistamiseksi on viime vuosina kehitelty kiinteistömittakaavan vedenkäsittelylaitteita. Asetusten soveltamisoppaassa on tarkempaa tietoa myös velvoitteiden kohdentumisesta, kemiallisista laatuvaatimuksista ja asetettujen raja-arvojen perusteista. Vihannesten kasteluvedet, karjatilojen pesuvedet ja koti- tai hyötyeläinten juottovedet eivät esimerkiksi sisälly asetuksen sovelluskohteisiin. Talousveden määritelmä edellyttää veden käyttöä ravinnon valmistukseen tai juomavetenä. (Vesi- ja viemärilaitosyhdistys 2001).

"Jos arseenin pitoisuus ylittää raja-arvon ja talousvedestä voi aiheutua haittaa terveydelle, niin kunnan terveys- ja suojeluviranomaisen on yhdessä veden toimittajan kanssa selvitettävä terveyshaitan syy, määrättävä veden toimittajan pikaisesti korjaamaan tilanne ja annettava veden käyttäjille tarpeelliset ohjeet terveyshaittojen ehkäisemiseksi."

Maa- ja metsätalousministeriö on tarkentanut asetuksella alkutuotannossa (mm. maitotilat) käytetyn veden laatuvaatimuksia (MMM 134/2006, 15 §<sup>36</sup>). Pesuvesien on täytettävä STM asetuksen 401/2001 yksittäiselle talouskaivolle annetut vaatimukset. Samaisessa asetuksessa annetaan kuitenkin arseenin suhteen poikkeus talousvedelle, jota ei juoda tai joka ei päädy suoraan elintarvikkeeseen tai joka ei suoraan joudu kosketuksiin elintarvikkeiden kanssa elintarvikkeiden valmistuksen, jalostuksen, säilytyksen ja markkinoille saattamisen yhteydessä. Tällaisia vesiä ovat mm. alkutuotannon pesuvedet. Näihin sovelletaan raja-arvoa 20 µg/l As.

STM ohjeistaa mm. saaristossa käyttämään arseenipitoista porakaivovettä muuhun, paitsi juomavedeksi ja ruoan valmistukseen. Vaihtoehtoista talousveden lähdeä ei saaristossa välttämättä ole saatavilla. Suomen ympäristökeskuksen nettisivuilla puolestaan suositellaan yksittäiselle taloudelle seuraavia vaihtoehtoja, joita voitaisiin osin soveltaa myös pieneen pohjavesilaitokseen.

<sup>36</sup> Maa- ja metsätalousministeriön asetus alkutuotannolle elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi asetettavista vaatimuksista 16.2.2006.

1. Liittyminen kunnalliseen vesijohtoverkkoon. Vesilaitosvedessä ei Suomessa ole todettu olevan arseenia ja ratkaisu on huolettomin.
2. Selvitetään tilanne naapurustossa ja jos arseenivapaata vettä löytyy läheltä, yritetään sopia yhteistyöstä naapurusten kesken. Useampi talous yhdessä voi harkita vesiosuuskunnan perustamista. Asiasta on etukäteen syytä neuvotella alueellisen ympäristökeskuksen kanssa.
3. Mikäli omassa pihapiirissä on kunnostettavissa oleva rengaskaivo, voidaan tämä kunnostaa jos siitä riittää vettä juotavaksi ja ruoan valmistukseen. Muu vesi voidaan edelleen ottaa porakaivosta.
4. Noudetaan juotavaksi ja ruoan valmistukseen tarvittava vesi kunnan osoittamasta vesipisteestä.
5. Mikäli joku edellä mainituista vaihtoehdoista ei tule kysymykseen kannattaa harkita joko käänteisosmoosilaitetta tai aktivoitua alumiinioksidin perustuvaa laitetta ruoanlaittoon ja juomiseen käytettävän veden puhdistamiseksi. Olennaista on, että käänteisosmoosilaitteessa on oikea kalvo-tyyppi ja alumiinioksidisuodattimessa on oikea massa. Vastuulliset laitetoimittajat antavat riittävät takuut laitteiden toiminnasta ja voivat arvioida veden esikäsittelytarpeen ja suositeltavan menetelmän. (Nämä laitteita koskevat ohjeet perustuvat 1990-luvun vertailututkimukseen).
6. Ostetaan juoma/ruokavesi pullotettuna kaupasta. Tämä lienee kallein vaihtoehto.

Vaihtoehtoisen raakavesilähteen käyttöönotto voi käytännössä usein osoittautua toteuttamiskelpoisimmaksi vaihtoehdoksi puhtaan juoma- tai talousveden saamiseksi. Kun esimerkiksi Vimpelin Hallapurin vesiosuuskunnan vedessä syksyllä 2005 havaittiin korkea arseenipitoisuus, ratkaisuna oli kunnan vesijohtoverkoston laajentaminen kylälle. Tähän päädyttiin konsultilla teetetyn vaihtoehtojen vertailun perusteella. Vertailussa oli mukana myös arseenin poisto suodatinlaitteella. Neuvotteluissa olivat mukana vesiosuuskunta, kunta ja alueellinen ympäristökeskus. Rakentamisen aikana juomavesi kuljetetaan autoilla muualta. Johtoa joudutaan rakentamaan noin 10 kilometriä. (suullinen tiedonanto Aulis Korhonen, Länsi-Suomen alueellinen ympäristökeskus 24.1.2006).

## 8. Haitallisten aineiden tutkimus, seuranta ja rekisterit

### 8.1. Kansainväliset ja kansalliset ohjelmat

Ilmoitukset vaarallisista kemikaaleista (ml. arseeniyhdisteet), joita viedään Euroopan unionista tai tuodaan Euroopan unioniin, kirjataan Euroopan kemikaaliviraston EDEXIM<sup>37</sup> vienti- ja tuontitietokantaan. Suomessa ei oltu tehty tällaisia arseeniyhdisteitä koskevia vienti-ilmoituksia kesäkuuhun 2006 mennessä. Ilmoittaminen perustuu EY asetukseen 304/2003 vaarallisten kemikaalien viennistä ja tuonnista, joka koskee vain kemikaalituotteita, ei esim. kemikaaleilla kyllästettyä puutavaraa.

Erilaisiin seurantarekistereihin, tietokantoihin tms. kerätään eniten tietoa säädöksissä tai kansainvälisissä sopimuksissa priorisoitujen aineiden ja yhdisteiden päästöistä ja pitoisuuksista eri osissa ympäristöä. Arseni ja sen yhdisteet sisältyvät yleensä tärkeimpien haitallisten aineiden seurantaohjaaviin säädöksiin ja sopimuksiin:

- UN/ECE kaukokulkeutumissopimuksen ja Tukholman sopimuksen POP –aineet
- Vesiputedirektiivin prioriteettiaineet (ei ole sisältänyt arseenia tai sen yhdisteitä)

<sup>37</sup> EDEXIM = European Database Export Import of Dangerous Chemicals

- Ilmanlaadun puitedirektiivin ja sen johdannaisdirektiivien aineet ja
- ns. EPER –lista<sup>38</sup> (Suomen ympäristökeskus 2004).

Suomessa arseenia koskevaa seuranta- ja tutkimustieto on hajallaan eri toimijoiden omissa tietojärjestelmissä (taulukko 11). Kasvi- ja eläinnäytteitä kerätään ns. ympäristönäytepankkiin usean tutkimuslaitoksen toimesta. On ehdotettu, että kaikki eri tahoilla seurannoissa, kartoituksissa, tutkimushankkeissa ja muissa selvityksissä saatu, yksittäistä haitta-ainetta koskeva tieto, olisi löydettävissä perustettavan haitta-aineportaalin kautta. Esimerkiksi Yhdysvaltojen ympäristöviranomaisilla on joillain internetsivuilla käytössä haitta-ainekohtainen hakutoiminto.

Suomessa varsinaista ympäristön seurantaan toteuttavat julkishallinto ja noin 10 000 velvoitetarkkailun alaista toiminnan harjoittajaa. Julkishallinnon tekemä verovaroin kustannettu perusseuranta kohdistuu tausta-alueille, joilla ei ole merkittävää pistemäistä kuormitusta. Pohjaveden kemiallisen laadun perusseurantaan tekevät Suomessa SYKE, alueelliset ympäristökeskukset ja Geologian tutkimuskeskus. Sosiaali- ja terveysministeriön alainen Kansanterveyslaitos (KTL) ei tee varsinaisia ympäristön viranomaisseurantoja, mutta se vastaa juomaveden laadun seurannasta ja raportoinnista EU:lle.

Vuonna 2006 perustettiin elintarviketurvallisuusvirasto (EVIRA). Siihen liitettiin mm. rehu- ja lannoitevalmisteita valvova KTTK ja mm. eläimistä saatavien elintarvikkeiden haitallisia aineita tutkineet EVI ja EELA. Rehuvalvonta keskittyy alueille, joilla on aiemmin havaittu ongelmia. Vuonna 2002-2003 seurattiin rehuista erityisesti raskasmetallien, dioksiinien ja PCB - yhdisteiden sekä pitoisuuksia. Lannoitteista sekä maanparannusaineista, kompostimullasta ja kasvualustoista tutkitaan lähinnä raskasmetallien (elohopea, kadmium, kromi, nikkeli, lyijy, kupari, vanadiini ja sinkki) sekä arseenin ja seleenin pitoisuuksia.

Taulukko 11. Esimerkkejä haitallisia aineita koskevista seurannoista ja kartoituksista sekä tietojärjestelmistä, joihin tietoja näistä tallennetaan. Tästä puuttuvat kokonaan merentutkimuslaitoksen ja riistantutkimuslaitoksen tiedot. (Suomen ympäristökeskus 2004).

Haitallisten aineiden tutkimuksia, seurantoja ja kartoituksia	Tietojärjestelmiä ja muita tietolähteitä
<p><b>SYKE (Suomen ympäristökeskus) ja alueelliset ympäristökeskukset</b></p> <p>Tärkein vesien laadun havaintoverkko on ns. Eurowaternet, johon kuuluu 195 jokihavaintopaikkaa ja 253 järvihavaintopaikkaa sekä ympäristöhallinnon pohjaveden seuranta-asemia. Pohjavesien seurantaverkkoa ollaan täydentämässä (53 asemaa vuonna 2004).</p> <p>Ylläpidetään tietoja lopetetuista kaatopaikoista ja mahdollisesti pilaantuneista maa-alueista, jotka molemmat ovat mahdollisia arseenin lähteitä.</p>	<p>Hertta-tietojärjestelmän osajärjestelmät:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pintavedet (PIVET),</li> <li>• pohjavedet (POVET),</li> <li>• haitallisten aineiden kertymärekisteri,</li> <li>• valvonta- ja kuormitustiedot ympäristöluvista (VAHTI) ja</li> <li>• tekeillä maaperätietojärjestelmä mm. pilaantuneiksi epäillyistä kohteista (MATTI)</li> </ul>

<sup>38</sup> EU:n komission EPER-päätös yhteiseen rekisteriin kerättävistä päästötiedoista ns. kynnystasojen perusteella 2000/479/EY. Sisältyy Århusin PRTR-pöytäkirjaan (Kiovan pöytäkirja). Kynnystasot on erikseen määritelty liitteessä II päästöihin ilmaan, vesiin tai maahan sekä laitosalueen ulkopuolisiin siirtoihin (mm. jätteet) ja valmistuksen, prosessoinnin tai käytön kokonaismääriin. EPER-rekisterin tiedot ovat vielä varsin puutteelliset. Niistä on koottu vasta yksi raportti, joka perustuu vuoden 2001 tietoihin. (Suomen ympäristökeskus 2004).

<p><b>GTK (Geologian tutkimuskeskus)</b>        GTK on kartoittanut valtakunnallisesti alkuaineita ja niiden mukana myös arseenia mm. purovesistä, purosedimenteistä ja muuttumattomasta pohjamoreenista. Purovesien kartoitus toteutettiin vuosina 1990 (1165 kohdetta) sekä 1995 ja 2000 (284 kohdetta). Pohjamoreenia on kartoitettu 1057 kohteessa. Kartoitustietoa on käytetty mm. arvioitaessa alkuaineiden luontaista taustapitoisuutta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pohjavesien seurantatiedot tulossa ympäristöhallinnon kanssa yhteiseen POVET-rekisteriin</li> </ul>
<p><b>Metla (Metsäntutkimuslaitos)</b>        Metla on koonnut tietoa ilman epäpuhtauksien mukana tulleiden raskasmetallien ja myös arseenin pitoisuuksista ja vaikutuksista metsän eri elementeissä. Alkuainepitoisuuksia on seurattu säännöllisesti sammalnäytteistä vuodesta 1985 lähtien.</p>	Seurantojen tulokset on mm. julkaistu tieteellisissä sarjoissa ja teemakarttoina.
<p><b>MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus)</b>        MTT on toteuttanut Pohjoismaissa pitkäaikaisinta viljelymaiden tilan seurantaa (Mäkelä-Kurtto &amp; Sippola 2002). Maanäytteet on kerätty noin 10 vuoden välein samoilta peltolohkoilta ja kattavasti koko viljellyn Suomen alueelta vuodesta 1974 lähtien. Lisäksi MTT on seurannut viljelymaiden tilaa omilla tutkimusasemillaan vuosina 1992 ja 1997. Molemmissa seurannoissa muokkauskerroksen (pintamaan) yleisten ominaisuuksien ja ravinne- ja hivenainepitoisuuksien lisäksi on mitattu uuttuvat raskasmetallit ja niiden mukana myös arseenipitoisuus. Tutkimusasemien seurannassa määrityksiä tehtiin myös muokkauskerroksen alapuolella olevasta maasta. Viimeisimmän näytteidenkeruun aineistosta, vuodelta 1998, on määritetty myös arseeni kuningasvesi-uutosta kansainvälisellä standardimenetelmällä (ISO 11466).</p>	Seurannoista on tehty mm. valtakunnallisia teemakarttoja (Mäkelä-Kurtto ym. 2005). Seurantojen tulokset on julkaistu tieteellisissä sarjoissa ja aineistot säilytetty MTT:ssä. Varsinaista maata koskevaa seurantarekisteriä ei MTT:ssä toistaiseksi ole, mutta kehittelytyö on meneillään.
<p><b>IL (Ilmatieteen laitos)</b>        IL seuraa jatkuvasti arseenin, samoin kuin monien raskasmetallien, laskeumaa useilla eri mittausasemilla.</p>	Tulokset raportoitu mm. ilmanlaadun vuositilastoissa ja kokoomatilastoissa
<p><b>EVIRA (Elintarviketurvallisuusvirasto)</b>        mm. vierasainedirektiivin mukaiset valvontatutkimukset sekä rehu- ja lannoitevalvonta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LIMS (Ympäristölaboratorioiden tietojärjestelmä)</li> <li>• Elintarvikkeiden ja talousveden kemiallisia vaaroja on kartoitettu laajasti julkaisussa: 'Riskiraportti - Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat</li> <li>• Rehu- ja lannoitevalvonnan tulokset julkaistaan kahdesti vuodessa painettuna versiona ja internet-sivuilla.</li> </ul>
<p><b>KTL (Kansanterveyslaitos)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekeillä tietojärjestelmä mm. juomaveden laadun seurantatiedoille, joista raportoidaan EU:lle (suullinen tieto, STM 2006)</li> </ul>

## 8.2. Alueelliset ja laitoskohtaiset seurannat

Julkishallinnosta Suomen ympäristökeskus, alueelliset ympäristökeskukset ja kunnat on säädöksiin velvoitettu seuraamaan ympäristön tilaa. Aluetasolla on seurattu mm. pintavesien laatua. Kunnista mm. Helsingissä on lisäksi selvitetty laajasti maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksia (ml. arseeni) kaupunkialueella ja viljelypalsta-alueilla (mm. Salla 2006).

Velvoitetarkkailua edellytetään yleensä pilaavaa toimintaa harjoittavan toiminnan ympäristöluvuissa. Vuonna 2004 arseenia seurattiin 17 teollisuuden tarkkailussa vesinäyttein ja 11 tarkkailussa sedimentinäyttein. Näissä luvuissa ei ole ilmeisesti mukana kaatopaikkoja, koska kaatopaikkojen velvoitetarkkailuohjelmat eivät olleet vuonna 2004 kattavasti tutkituissa rekistereissä. Suurimpien ympäristölupavelvollisten toiminnanharjoittajien luvista ja tarkkailuohjelmista löytyy koottua tietoa valtakunnallisesta VAHTI-tietojärjestelmästä. Kuntien myöntämien ympäristölupien nojalla tehtävistä tarkkailuista tietoja on koottu vielä niukasti (Suomen ympäristökeskus 2004).

Vesilaitosten toimittaman talousveden laatua on Suomessa seurattu säännöllisesti 1960-luvulta lähtien. Vesihuoltolaitokset vastaavat toiminta-alueensa vesihuollon järjestämisestä ja kiinteistön omistajat tai haltijat kiinteistöjensä vesihuollosta. Vesihuoltolaitoksen tulee huolehtia siitä, että laitoksen toimittama talousvesi täyttää terveydensuojelulaisissa säädetyt laatuvaatimukset. Sen on myös tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua (Vesihuoltolaki 15 §). Lisäksi juomavesidirektiivin perusteella kaikkein suurimpien laitosten toimittamasta veden laadusta raportoidaan Euroopan komissiolle kolmen vuoden välein. Arseeni ei kuitenkaan sisälly edelleenkään kaikkein pienimpien talousvesiyksiköiden valvontatutkimusten vähimmäisvaatimukseen (2001/401, Liite 2). Minkäänlaista veden laadun tarkkailuvelvoitetta ei ole, jos vedestä ei peritä maksua. Hyvin pienten vesiosuuskuntien kaivojen tai yksittäisten kotitalouksien kaivojen veden arseenipitoisuuden valvonta on myös vaikeaa, koska mitään virallista ilmoitusvelvollisuutta kaivoveden laatuanalyysistä ei ole. Toisin kuin esim. Ruotsissa ja Norjassa Suomessa ei ole myöskään valtakunnallista, julkista kaivorekisteriä. Kunnan terveydensuojeluviranomainen voi kyllä tarvittaessa velvoittaa tutkimaan talousveden arseenipitoisuus ja seuraamaan sitä.

## 9. Aluehallinnon roolista riskien hallinnassa

Suomessa ei ole aluetason lakeja tai määräyksiä haitallisista aineista. Ainoastaan Ahvenanmaalla on omat säädöksensä mm. pilaantuneista maa-alueista. Alueellisella tasolla toteutetaan pääosin valtakunnallista haitallisten aineiden politiikkaa ja säädöksiä. Tärkeitä alueellisia toimijoita ovat ainakin alueelliset ympäristökeskukset, alueellisesta suunnittelusta ja maankäytön ohjauksesta vastaavat maakuntaliitot ja lääninhallitusten ympäristöterveydestä vastaavat osastot. Alueet muodostuvat kunnista, joilla on Suomessa merkittävä rooli haitallisten aineiden riskien hallinnassa. Ne valvovat mm. pilaavaa toimintaa ja talousveden laatua.

Alueelliset toimijat laativat useita suuntaa-antavia ohjelmia, jotka pitäisi ottaa huomioon alueellista riskinhallintastrategiaa laadittaessa. Näitä ovat mm. maakuntaohjelma ja maakuntakaava, alueelliset vesihuollon kehittämissuunnitelmat, haja-asutuksen vesihuollon yleissuunnitelmat ja alueelliset jätesuunnitelmat. Vesipuidedirektiivissä vaadittu vesipiirin vesienhoitosuunnitelma ja toimenpideohjelma voisivat sisältää alueelliseen haitallisten aineiden riskien hallinnan strategiaan liittyviä elementtejä. Toimenpideohjelman sisältöä ei ole vielä kaikilta osin tarkkaan määritelty, mutta se sisältäisi sekä pinta- että pohjavedet.

Pirkanmaalla maakuntaohjelman (2003-2006) ja maakuntakaavan on laatinut Pirkanmaan liitto. Vesihuollon (Pirkanmaan ympäristökeskus 2006) ja jätehuollon alueellisten suunnitelmien (mm. Blinnikka 2004) laadintaa on ohjattu Pirkanmaan ympäristökeskuksessa, mutta niiden laadintaan on

osallistunut laaja joukko toimijoita. Haja-asutuksen vesihuollon yleissuunnitelmaa (2001) on tehty myös Pirkanmaan TE-keskuksessa.

Aluetasolla ohjataan myös julkisten varojen käyttöä mm. ympäristön kunnostukseen ja vesihuollon kehittämiseen. Lisäksi aluetasolla voidaan käyttää EU:n tukimekanismeja, kuten mm. aluekehitys- ja rakennerahoitusta riskinhallinnan tehostamiseen.

Ympäristölupavirastot ja alueelliset ympäristökeskukset ovat keskeisessä asemassa etenkin yksittäisten pilaavien toimintojen ohjauksessa. Ympäristönsuojeluasetuksen 5 §:n mukaan ympäristölupavirastot käsittelevät suurimpien toimintojen ympäristöluvat sekä vesilain mukaiset luvat. Alueelliset ympäristökeskukset käsittelevät keskikokoisten laitosten ja jätteenkäsittelyn sekä useimmat ns. ainepäästöjen ympäristöluvat. Kunnille kuuluu paikallinen vastuu ympäristönsuojelun edistämisestä ja valvonnasta. Lisäksi ne käsittelevät pienimpien toimintojen ympäristöluvat. Alueelliset ympäristökeskukset ovat keskeinen viranomaistaho myös pilaantuneiden maa-alueiden tutkimuksen ja kunnostuksen ohjauksessa ja ne ohjaavat mm. valtion tukien kohdentumista kunnostuksiin. Kunnostustöitä voidaan toteuttaa julkisin varoin ns. valtion jätehuoltotöinä. Tutkimuksista ja kunnostamisesta pyritään sopimaan vastuullisten toimijoiden kanssa. Riitatapauksissa alueellinen ympäristökeskus voi määrätä puhdistamisesta vastuussa olevan selvittämään pilaantuneen alueen laajuus ja puhdistamistarve (YSL 77 §). Lisäksi se voi määrätä alueen puhdistamisesta (YSL 79 §).

Vesihuoltolain (119/2001) valvontaviranomaisia ovat alueellinen ympäristökeskus sekä kunnan terveydensuojeluviranomainen ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Vesihuollon yleisestä kehittämisestä ja järjestämisestä ovat vastuussa kunnat. Käytännössä monissa vesihuollon ongelmatilanteissa kunnan viranomainen tiedottaa myös alueelliselle ympäristökeskukselle ja pyytää heiltä lausuntoa. Alueelliset ympäristökeskusten ohjauksessa on voitu tehdä mm. alueellisia vesihuollon suunnitelmia ja mallisuunnitelmia kuntakohtaisiksi vesihuollon suunnitelmiksi. Kuntien terveydensuojeluviranomaisten tehtäviin kuuluu talousveden laadun valvonta. Näitä valvontatoimia ohjaavat puolestaan alueen lääninhallitus ja valtakunnallisesti sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV), sosiaali- ja terveysministeriö (STM) sekä Kansanterveyslaitos (KTL).

Esimerkiksi Pirkanmaalla on laadittu koko maakunnan alueen kattava vesihuollon kehittämissuunnitelma ympäristöselostuksineen (Pirkanmaan ympäristökeskus 2006). Pirkanmaan alueella on myös laadittu malliohjelma kunnan vesihuoltosuunnitelmaksi Lempäälän kunnan alueelta. Lempäälässä arseenin luontaisesti kohonneet pitoisuudet on huomioitu suunnitelmassa. (Lempäälän vesihuollon kehittämissuunnitelma, 2003). Oulun seudulla on tehty talousveden vaaranarviointi osana alueellista ympäristöterveyden ohjelmaa. Alueellinen ohjelma sisältää myös kuntakohtaiset ympäristöterveysohjelmat. Tällä seudulla ei ole luontaista arseeniongelmaa, mutta vaaranarvioinnissa on käsitelty muita haitallisia aineita. Samaan tapaan arseeni voitaisiin ottaa huomioon ympäristöterveyden ohjelmissa.

## **10. Tekniset ratkaisut arseeniriskien hallinnassa**

### **10.1. Yleistä käytettävissä olevista menetelmistä**

Puhtaan juomaveden saamiseksi on arseenin osalta olemassa kaksi teknistä perusratkaisua: poistaa arseenia vedestä tai järjestää vaihtoehtoinen juomaveden lähde. Tekniikan soveltuvuuden arvioimiseksi tarvitaan tietoa mm. nykyisen vesihuollon teknisistä ratkaisuista, veden arseenipitoisuudesta, asennuksen, ylläpidon ja puhdistusjätteiden käsittelyn teknisestä ja hallinnollisesta kapasiteetista sekä taloudellisista mahdollisuuksista rahoittaa veden puhdistusta. (Alaerts ym. 2001).

Vedenkäsittelyn osalta tekninen arseenin poiston tutkimus on painottunut suhteellisen pienien pitoisuuksien (20-80 µg/l) vähentämiseen entisestään joko optimoimalla tavanomaisia vedenpuhdistuksen prosesseja, kuten saostamista raudalla tai alumiinilla, tai kehittämällä hitaaseen veden virtaukseen sopivaa, ja myös kalliimpaa tekniikkaa, kuten ioninvaihtoa tai adsorptiota (Alaerts ym. 2001).

Suomessa on testattu 1990-luvun puolivälissä hitaaseen veden virtaukseen sopivia tekniikoita yksittäisen kotitalouden juomaveden valmistamiseen ns. ARPO-hankkeessa (Valve ym. 2002). EU:n LIFE-rahaston tuella mm. Kreikassa on kehitetty arseenin poistoa juomavedestä pilottikokeella Thessalonikin lähellä. Siellä on myös rakennettu alueellinen vesihuollon paikkatietojärjestelmä, johon vietiin mm. pohjaveden laatutietoja. Unkarissa on puolestaan tarkoitus luoda pohjavesiä koskevaa päätöksentekoa tukeva järjestelmä, johon liitetään osia hydro-geologisesta mallinnuksesta, paikallisista tietotarpeista, kustannuksista ja parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta. Tarkoitus on myös kehittää eteläisen Unkarin olosuhteisiin sopivaa arseenin poiston tekniikkaa ja selvittää tulosten käyttökelpoisuutta muualla Euroopassa. Tämä hanke (SUMANAS) saa rahoitusta vuosina 2005-2008. Myös Yhdysvalloissa ympäristöhallinto on selvittänyt pienille vesilaitoksille ja kotitalouksille sopivia arseenin poiston tekniikoita (U.S.EPA 2003b, U.S.EPA 2006b).

Suomessa ei ole kerätty yhteen kokemuksia arseenipitoisen aineksen käsittelystä. Suomessa on selvitetty alustavasti kunnostusvaihtoehtoja suolakyllästämöiden (Lehto ym. 1998) ja ampumaratojen (Naumanen ym. 2002) pilaantuneille alueille. Näillä kohteilla oli havaittu pilaantumista metallien lisäksi myös arseenilla. Selvityksissä ei testattu käsittelytekniikoita. Suomessa käytössä olevia pilaantuneen maaperän ja pohjaveden kunnostusmenetelmiä on käsitelty mm. SYKEN julkaisussa (Penttinen 2001). Siinä arvioidaan eri kunnostusmenetelmien käytön laajuutta Suomessa ja soveltuvuutta meidän oloihin.

Tätä esiselvitystä varten kyseltiin muutamalta Suomessa toimivalta, maaperän kunnostamista toteutavalta yritykseltä ja juomaveden arseenin puhdistuslaitteita myyvältä yritykseltä, mitä he tarjoavat arseenipitoisen aineksen käsittelyyn ja minkälaisia referenssikohteita heillä oli. Lisäksi selvitettiin alustavasti ympäristöluvista tai ympäristövaikutusten arviointiselostuksista arseenipitoisen aineksen käsittelyä kaivostoiminnassa. Referenssikohteita tuli esille myös ympäristöhallinnon pilaantuneiden maiden neuvottelupäivillä (tammikuu 2006), missä RAMAS -projektia esiteltiin. Kunnostusmenetelmien kehitysnäkymiä selvitettiin alustavalla kirjallisuushaulla ja ConSoil2005 konferenssin aineistoon tukeutuen. Käsittelytekniikkojen kattava kartoitus edellyttäisi aineiston tarkempaa analyysää.

## **10.2. Arseenin käsittelytekniikoiden vertailuja Yhdysvalloista**

### **10.2.1. Taustaa**

Yhdysvaltojen luontaisesti korkeat arseenipitoisuudet esiintyvät pääosin lounaisissa osavaltioissa. Juomaveden arseenipitoisuuden raja-arvoa laskettiin Yhdysvalloissa Suomen raja-arvon tasolle vasta 2000-luvulla. Tämä on ollut suuri haaste hallinnolle, vesilaitoksille ja kotitalouksille.

Yhdysvalloissa on koottu laaja vertailu eri ympäristön faasien ja jätteiden arseenin käsittelyyn soveltuvista käsittelytekniikoista (U.S.EPA 2002). Yhdysvaltojen ympäristöhallinto tukee myös demonstraatiohanketta, jossa kehitetään tai seurataan arseenin poistoa vedestä (28 kohteella vuonna 2005, U.S.EPA 2006a). Laajemmin arseeniongelmaa ja sen hallintaa Yhdysvalloissa ja Kanadassa käsitellään mm. laajan pohjoisamerikkalaisen arseeniseminaarin esityksissä ja loppuraportissa (U.S.EPA 2003a, mm. Wickramanayake ym.).



Yhdysvalloissa yksittäisille kotitalouksille tarjottaisiin mieluiten keskitettyjä palveluita arseenin poistoon. Vesihuolto-yhtiö voisi investoida puhdistuslaitteisiin ja mahdollisesti vuokrata niitä. Se vastaisi myös asennuksesta, huollosta, seurannasta ja koulutuksesta. Yhdysvalloissa on käytössä myös puhdistusjärjestelmä, johon kuuluu tontille asennettava iso varastosäiliö puhdistetulle vedelle (ns. Point-of-Entry). Tällaisen järjestelmän ongelmana voi olla varastosäiliöön ja putkiin kehittyvä mikrobikasvusto, jonka seurauksena veden mikrobiologinen laatu heikkenee. Suomessa tarvittaisiin myös säiliön ja putkien routaeristys, mikä nostaisi kustannuksia merkittävästi.

Arseenia on poistettu juomavesinormin alittaviin pitoisuuksiin laitostasolla yleisimmin hapettamalla ja saostamalla ja pienemmässä mittakaavassa adsorboimalla johonkin suodatinmassaan, ioninvaihdolla tai käänteisosmoosiin perustuvalla kalvosuodatuksella. Adsorptiota ja ioninvaihtoa käytettiin Yhdysvalloissa eniten veteen, jossa arseeni on ainoa pilaava haitta-aine. Nämä tekniikat ovat herkkiä raakaveden muiden ominaisuuksien vaihtelulle. Kalvosuodatusta on käytetty harvemmin, koska se on kalliimpaa ja se tuottaa enemmän arseenipitoista jätettä.

Yhdysvalloissa voimakkaasti arseenilla pilaantuneen veden puhdistamiseen sovelletaan saostusta tai adsorptiota mm. rautayhdisteisiin. Kiinteitä tai lietemäisiä arseenipitoisia ongelmajätteitä käsiteltiin vuosituhannen vaihteessa (offsite) termisesti (36 %), stabiloimalla (22 %) tai jollain metallin talteenottotekniikalla (11%). Stabilointiin käytettiin sementtiä tai putsolaania. Yhdysvalloissa on todettu arseenin liukenemistä kaatopaikoilla, vaikka arseenipitoista jätettä onkin käsitelty kansallisten standardien mukaan. Yhdysvalloissa käytetään ns. TCLP liukoisuustestiä<sup>39</sup> jätteiden vaarallisuuden luokitteluun. Jos testin tuloksena on yli 5 mg arseenia, niin se luokitellaan ongelmajätteeksi. Testin soveltuvuutta arseenille on kritisoitu ja sille on pohdittu vaihtoehtoja. (Fiedler 2003).

### 10.2.2. Pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustekniikoiden vertailu

Yhdysvaltojen ympäristöviraston (U.S. EPA) toimeksiannosta Yhdysvalloissa on toteutettu arseenilla pilaantuneiden maa-alueiden kunnostustekniikoiden vertailututkimus. Vertailuun valittiin 13 tekniikkaa, joita oli käytetty täydessä mittakaavassa ns. Superfund -rahaston kohteissa arseenin käsittelyyn. Muiden kunnostusta rahoittavien ohjelmien kohteita ei ollut mukana vertailussa. Näistä tekniikoista tehtiin myös kirjallisuuskatsaus.(U.S.EPA 2002). Kooste Superfund-rahaston kunnostuskohteiden käsittelytekniikoista on raportoitu internetissä (U.S.EPA 2004). Tämä selvitys sisälsi myös muilla kuin arseenilla pilaantuneiden alueiden käsittelymenetelmiä ja siinä ja siinä tarkasteltiin mm. veden käsittelyn toteuttamista pilaantuneilla maa-alueilla. Selvästi yleisin käsittelymenetelmä on ollut veden pumppaus ja käsittely erillisellä laitteistolla maan pinnalla (pump and treat). Muutamissa pilottihankkeissa on kokeiltu maahan sijoitettavaa, reaktiivista seinämää ja vuonna 2005 rakennettiin suurehko seinämä arseenin poistoon Oklahomassa (Wilkin ym. 2005).

Maa-aineksen ja muiden kiinteiden, arseenia sisältävien aineiden käsittelyistä kiinteytys/stabilointi on ollut yleisin ja myös edullisin käsittelytekniikka. Se on ollut useimmiten myös riittävän tehokas (kts. taulukko 12.). Kiinteytystä ja stabilointia edeltävän jätteiden esikäsittelyn ja toisaalta polton todettiin Yhdysvaltalaisessa tutkimuksessa olevan suhteellisen kallista. Kustannustehokkuutta eli kustannusten suuruutta suhteessa mahdolliseen riskin vähenemään ei vielä arvioitu. (U.S.EPA 2002).

Kiinteiden aineiden käsittelymenetelmistä vitrifikaatio (lasiksi muuttaminen) ja pyrometallurgiset kierrätystekniikat soveltuvat erikoistilanteisiin, kun lähtöpitoisuudet puhdistettavassa aineessa ovat korkeita. Lisäksi tavoitteena on yleensä metallien ja miksei arseeninkin muuntaminen myytäväksi raaka-aineeksi. Nämä tekniikat vaativat suhteellisen paljon energiaa ja riskinä voi olla arseenin

<sup>39</sup> TCLP = Toxicity Characteristic Leaching Procedure

haihtuminen ilmaan mm. arsiinina. U.S.EPA on valinnut vitrifikaation BDAT<sup>40</sup>-tekniikaksi kiinteiden arseenipitoisten aineiden käsittelyyn, mutta sitä ei ole otettu laajalti käyttöön, koska

- se vaatii suuria investointeja laitteisiin
- se on melko joustamaton maa-aineksen laadun suhteen (mm. korkea vesipitoisuus tai metallipitoisuus ongelmallisia)
- arseenin merkittäväkin haihtuminen mahdollista, jos jätettä ei ole oikein käsitelty.

Kolmea käsittelytekniikkaa voidaan luonnehtia innovatiivisiksi. Fytoremediaatiota eli kunnostusta kasvien avulla, elektrokineettistä käsittelyä ja biologista arseenin poistoa oli täydessä mittakaavassa kokeiltu kutakin vain yhdessä Superfund -kohteessa. Uudehkoja käsittelymenetelmiä ovat myös maan pesu (4 kohdetta) ja maan huuhtelu (2 kohdetta). Fytoremediaatiota on Yhdysvalloissa tutkittu ja kokeiltu laajemmassa mittakaavassa lähinnä subtrooppisella saniaisella (brake fern), joka kerää poikkeuksellisesti arseenia. Kasvi ei mitä ilmeisimmin menestyisi Suomen ilmasto-oloissa.

Vesien käsittelyssä kalvosuodatus oli suhteellisen harvinainen käsittelytekniikka U.S.EPA:n vertailun Superfund -kohteissa. Kalvosuodatus soveltuukin parhaiten melko vähäisten vesimäärien käsittelyyn tai jälkikäsittelyksi arseenipitoisuuden laskemiseksi alle juomaveden raja-arvon. Reaktiivinen seinämä oli valittu täyden mittakaavan arseenin poistoon kolmessa kohteessa, joista yhdestä oli tietoja saatavilla puhdistustehokkuuden arviointiin.

Vertailussa mikään käsittelytekniikka ei osoittautunut täysin varmaksi puhdistustehokkuuden suhteen. Toisaalta arseenin lähtöpitoisuudet vaihtelivat todella paljon. Arseenin puhdistustulosta ei oltu yleensä eritelty muista haitta-aineista. Luvut perustuvatkin osin asiantuntija-arvioon. Monesti käsiteltyä oli yhdistelty keskenään ja näissäkin tapauksissa tietyn käsittelyn osuuden arviointi perustuu asiantuntija-arvioon. Veden puhdistusprosessiin oli usein kytketty aktiivihiihi-suodatus, jonka osuutta ei arvioitu. Tässä puhdistustehokkuuden arvioissa oletetaan, että aktiivihiihi on tehoton arseenin poistossa.

Taulukko12. Yhteenvedo käsittelyiden puhdistustehokkuudesta, Yhdysvalloissa tehty vertailu. Puhdistustehokkuuden kriteereinä olivat: kiinteillä massoilla < 5 mg liukoista arseenia ja 90 % arseenin poistuma, nestemäisillä <0,050 mg/l tai <0,010 mg/l arseenia ja > 90% arseenin poistuma. (U.S. EPA 2000)

<b>Tekniikka/ Arseenipitoisuudet Ennen käsittelyä</b>	<b>Käsitelty Media</b>	<b>Täyden mittakaavan sovellusten lkm/ kaikki yhteensä (tietoa puhdistustu- loksesta, lkm)</b>	<b>&gt; 90 % arsee- nin poistuma</b>	<b>Sovellusten lkm, joissa liukoi- suusraja-arvo &lt; 5,0 mg saavutet- tiin</b>	<b>Sovellusten lkm, joissa juomaveden raja-arvo 0,01 mg saavutet- tiin</b>
<b>Kiinteytys/stabilointi</b> 1-750000mg/kg (TWA) 0,005-100 mg (leachable)	Kiinteä	34/44 (32)	25	37	
<b>Vitrifikaatio</b> 8,4-25 000mg/kg (TWA)	Kiinteä	6/16 (2)		7	
<b>Maan pesu</b> 0,015-455 mg/kg 1-250 mg/kg*	Kiinteä	4/9 (0)	kahdessa koh- teessa* 71- 92% arseenin poistuma	-	
<b>Pyrometallurgia</b> 428-1040 mg/kg (TWA) 0,040 mg leachable	Kiinteä	4/4 (2)		2	
<b>In situ maan huuhtelu</b>	Kiinteä	2/4 (0)		-	

<sup>40</sup> BDAT = Best Demonstrated Available Technology

<b>Tekniikka/ Arseenipitoisuudet Ennen käsittelyä</b>	<b>Käsitelty Media</b>	<b>Täyden mittakaavan sovellusten lkm/ kaikki yhteensä (tietoa puhdistustu- loksesta, lkm)</b>	<b>&gt; 90 % arsee- nin poistuma</b>	<b>Sovellusten lkm, joissa liukoi- suusraja-arvo &lt; 5,0 mg saavutet- tiin</b>	<b>Sovellusten lkm, joissa juomaveden raja-arvo 0,01 mg saavutet- tiin</b>
<b>Saostus</b> 0,0075-1,670 mg	Vesi	45/68 (30)	20		19
<b>Kalvosuodatus</b> 24,4 mg* 0,048-0,154 mg	Vesi	2/33 (2)	1 * 17		2
<b>Adsorptio</b> 0,018-0,18 mg	Vesi	14/21 (8)			7
<b>Ioninvaihto</b> 0,0394 mg	Vesi	7/7 (4)			2
<b>Reaktiivinen seinämä</b> 0,010-0,53 mg	Vesi	3/10 (1)			4
<b>Elektrokinetiikka</b> 113 mg/kg	Kiinteä/ vesi	1/7 (0)		-	0
<b>Fytoremediaatio<sup>1</sup></b>	Kiinteä/ vesi	1/7 (0)		-	-
<b>Biologinen käsittely</b>	Kiinteä/ vesi	1/5 (0)		-	0

<sup>1</sup>Kunnostus kasvien avulla

Puhdistustehokkuuden lisäksi tarkasteltiin useita muita käsittelyn valintaan liittyviä tekijöitä. Taus-tatiedot arviointiin olivat osin hyvin puutteellisia. Kustannuksia koskevaa tietoa on mm. lähes mah-dotonta yleistää. Saatavuutta ja kustannuksia koskevaa arviota ei voida myöskään suoraan soveltaa Suomessa, muut kriteerit ovat sen sijaan yleisempiä ja niitä koskeva tieto on paremmin Suomeen suoraan sovellettavissa. Puhdistustehokkuuden lisäksi muut kriteerit käsittelyjen vertailussa olivat:

- Teknisen kehityksen taso: pilotti vai täysi mittakaava
- Käsittelyketju: ketjun osa vai ei
- Tuotetut jätteet: kiinteät, nestemäiset, haihtuvat
- Kustannukset: käyttö- ja huolto- vai pääomapainotteisia
- Saatavuus:  
Toimintavarmuus, luotettavuus, ylläpidon helppous
- Kokonaiskustannukset

Taulukko 13. Arseenin käsittelytekniikoiden erityispiirteitä. P = pilotti, T = täysi mittakaava, K = käsittely-ketjun osa, E = ei käsittelyketjun osa, Ki = kiinteä jäte, Ne = nestemäinen jäte, Ha = haihtuva jäte, K&H = käyttö- ja huoltokustannukset, Pääoma = pääomakustannukset; tavanomainen / tavanomaiset (kust.) ○, helpompi / pienet (kust.) ■, vaikeampi / suuret (kust.) ▼ (U.S. EPA 2000)

<b>Käsittelytekniikka</b>	<b>Käsitte- lyketjun osa</b>	<b>Jätteet</b>	<b>K&amp;H vai pää- oma</b>	<b>Saata- vuus</b>	<b>Toiminta- varmuus, ylläpidon helppous</b>	<b>Kokonais- kustannukset</b>
<b>Kiinteytys/ Stabilointi</b>	E	Ki	Pääoma	■	■	■
<b>Maan pesu</b>	K	Ki, Ne	K&H ja pääoma	■	○	○
<b>Maan huuhtelu in situ</b>	Y	Ne	K&H	■	○	○

Käsittelytekniikka	Käsitte-lyketjun osa	Jätteet	K&H vai pää-oma	Saata- vuus	Toiminta- varmuus, ylläpidon helppous	Kokonais- kustannukset
Vitrifikaatio	E	Ki, Ha	K&H ja pääoma	■	○	▼
Pyrometallurgia	E	Ki, Ne, Ha	K&H ja pääoma	▼	○	▼
Saostus/ Yhteissaostus	Y	Ki	K&H ja pääoma	■	■	○
Kalvosuodatus	Y	Ne	K&H ja pääoma	■	○	▼
Adsorptio	Y	Ki, Ne	K&H ja pääoma	■	○	○
Ioninvaihto	Y	Ki, Ne	K&H ja pääoma	■	○	○
Reaktiivinen Seinämä	E	Ki	Pääoma	■	■	○
Biologinen käsittely	Y	Ki, Ne	K&H ja pääoma	▼	▼	○
Elektrokinetiikka	Y	Ki, Ne	K&H	▼	▼	▼
Fytoremediaatio <sup>1</sup>	E	Ne, Ki	Ei tietoa	▼	▼	■

<sup>1</sup>Kunnostus kasvien avulla

Vertailussa selvitetiin myös ympäristötekijöiden ja arseenin olomuodon sekä pitoisuuden merkitystä eri käsittelyjen käyttökelpoisuuteen. Hyvin monet tekijät voivat vaikuttaa arseenin poistamiseen vesifaasista. Kiinteän aineksen käsittelyyn löytyy vähemmän herkkiä käsittelytekniikoita. Arseenin olomuodon on arvioitu vaikuttavan puhdistustulokseen lähes kaikissa tekniikoissa. Runsaasti ulkopuolista energiaa vaativissa tekniikoissa kemiallinen olomuoto ei ole tärkeä tekijä. Ympäristötekijöistä runsas orgaanisen aineksen osuus käsiteltävästä aineksesta vaikeuttaa mm. kiinteytystä ja stabilointia, vitrifikaatiota, pyrometallurgista käsittelyä ja kaikkien veden puhdistustekniikoiden toteutusta.

Taulukko 14. Arseenin pitoisuuden, olomuodon ja ympäristötekijöiden vaikutus arvioitavan käsittelyn käyttökelpoisuuteen. X = on vaikutusta. (U.S. EPA 2000 & 2004).

Käsittely- tekniikka	Korkea arseenin lähtöpitoisuus	Arsenin kemi- allinen muoto	pH	Muita käyttökelpoisuuteen vaikuttavia tekijöitä
Kiinteytys/ Stabilointi		X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redox -potentiaali,</li> <li>orgaanisen aineksen pitoisuus (vaikeuttaa),</li> <li>raekooltaan hienoin aines,</li> <li>sidosaine ja muut prosessissa käytetyt aineet sekä esikäsittely</li> </ul>
Maan pesu			X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maaperän homogeenisuus ja vesipitoisuus,</li> <li>muut haitta-aineet,</li> <li>lämpötila ja</li> <li>raekokojakauma</li> </ul>

Käsittely- tekniikka	Korkea arseenin lähtöpitoisuus	Arsenin kemiallinen muoto	pH	Muita käyttökelpoisuuteen vaikuttavia tekijöitä
<b>Maan huuhtelu in situ</b>	X	X		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muut haitta-aineet,</li> <li>• maaperän ominaisuudet,</li> <li>• sadanta ja lämpötila,</li> <li>• huuhteluaineen uudelleenkäyttö,</li> <li>• haitta-aineiden kierrätysmahdollisuudet</li> </ul>
<b>Vitrifikaatio</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halogenoidut orgaaniset yhdisteet ja haihtuvat metallit,</li> <li>• raekoko,</li> <li>• lasia muodostavien materiaalien puute,</li> <li>• orgaanisen aineksen pitoisuus (vaikeuttaa),</li> <li>• pilaantuneen maan tai jätteen kokonaismäärä,</li> <li>• lopputuotteen ominaisuudet</li> </ul>
<b>Pyrometallur- gia</b>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raekoko,</li> <li>• käsiteltävän aineksen vesipitoisuus ja lämmönjohtavuus</li> <li>• epäpuhtaudet</li> </ul>
<b>Saostus</b>		X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muut yhdisteet vedessä</li> <li>• saostuskemikaali</li> <li>• saostuskemikaalin annostus</li> <li>• puhdistustavoite</li> <li>• muodostuvan lietteen käsittely</li> </ul>
<b>Kalvosuodatus</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiintoaineen määrä, kiintoaineen suuri molekyylipaino</li> <li>• liuenneet epäpuhtaudet,</li> <li>• orgaaniset yhdisteet ja kolloidit</li> <li>• lämpötila</li> <li>• kalvotyypit</li> <li>• alkuperäinen jäteveden virta</li> <li>• jäännösveden virta</li> </ul>
<b>Adsorptio</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veden virtausnopeus suodattimen läpi</li> <li>• pH</li> <li>• suodattimen tukkeutuminen</li> <li>• haitta-aineiden konsentraatio</li> <li>• suodatinmassan ominaisuudet</li> </ul>
<b>Ioninvaihto</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kilpailevat ionit</li> <li>• orgaaninen aines</li> <li>• kolmenarvoisen arseenin pitoisuus</li> <li>• puhdistuksen mittakaava</li> <li>• Ioninvaihtomassan uusiutuminen (regeneration)</li> <li>• Sulfaattipitoisuus</li> </ul>
<b>Reaktiivinen Seinä</b>		X		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kallioperän ruhjeet</li> <li>• pohjavesiesiintymän ja haitta-ainekerrostuman syvyys</li> <li>• suuri hydraulinen johtavuus muodostumassa</li> <li>• muodostuman kerrostuneisuus</li> <li>• seinämän tukkeutuminen</li> <li>• seinämän suuruus ja syvyys</li> </ul>
<b>Biologinen Käsittely</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rautapitoisuus</li> <li>• haitta-aineiden konsentraatio</li> <li>• käyttökelpoiset ravinteet</li> <li>• lämpötila</li> <li>• esikäsittelyn vaatimukset</li> <li>•</li> </ul>

<b>Elektro-kinetiikka</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suolaisuus ja kationinvaihtokapasiteetti</li> <li>maaperän kosteus</li> <li>polaarisuus ja ionien varauksen suuruus</li> <li>maaperätyyppi</li> </ul>
<b>Fytoremediaatio</b>	X	X	X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haitta-ainekerrostuman syvyys</li> <li>Ilmasto-olot</li> </ul>

### 10.2.3. Arseenipitoiset jätteet ja niiden pysyvyys

Arseenipitoisen veden puhdistamisessa syntyy arseenipitoisia jätteitä, jotka on käsiteltävä ympäristöä vaarantamatta. Puhdistuksen jäännöstuotteiden pysyvyys voi vaihdella huomattavasti (taulukko 15). Yhdysvalloissa mm. arseeni(III)sulfidin on todettu liukenevan kaatopaikoilta. Sitä saadaan biologisen puhdistuksen tuloksena. Kalsiumarsenaatti taas hajoaa happaman sateen vaikutuksesta. Rauta(III)arsenaatti on puolestaan hyvin pienikiteistä, lähes amorfista, eikä sen pysyvyydestä pitkällä aikavälillä, kattamattomalla sijoituspaikalla ei ole täyttä varmuutta. Rauta-arsenaatti ei ole pysyvää ainakaan emäksisissä sementtiyhdisteissä. (mm. Robins 2003, U.S.EPA 2002)

Taulukko 15. Arseenin poiston jäännöstuotteita ja arvioita niiden pysyvyydestä (Robins 2003).

Prosessi	Jäännöstuote	Pysyvyydestä
<b>Saostus</b>	Arseeni(III)sulfidi, kalsiumarsenaatti, rauta-arsenaatti	Eivät pysyviä kattamattomalla sijoituspaikalla
<b>Saostus</b>	Fe(II), Zn(II), Cu(II) tai Pb (II) kanssa muodostetut metalliarsenaatit	Pysyvämpiä kuin yllä mainitut
<b>Saostus</b>	kalsiumfosfaatti-arsenaatti, rauta-arsenaatti-sulfaatti, lyijy(II)klooriarsenaatti	Teoriassa pysyviä
<b>Adsorptio (rautahydroksidi) tai yhteissaostus kolmenarvoisen raudan kanssa</b>	Rauta-arsenaattikompleksi	Pysyvyys ei ilmeisesti ongelma, rautayhdistettä kuluu runsaasti
<b>Betonointi, metallit korvaavat arseenia liuoksessa</b>	Metalliseosteita tai arseenia alkuainemuodossa	Toteutettu vasta pilottikoe pohjaveden puhdistukseen Kaliforniassa

### 10.3. Esimerkkejä arseenin käsittelystä kaivosalueilla

Kaivosalueilla arseenia voi esiintyä suhteellisen laajalla alueella ja eri osissa ympäristöä. Vesifaasissa arseenia voi esiintyä kaivosalueilla ongelmallisia määriä varsinaiseen kaivokseen kerääntyvässä kaivosvedessä, prosessijätevesissä ja alueelta suotautuvissa vesissä. Kiinteässä aineessa arseenia voi olla mm. rikastushiekan varastointialueilla ja sivukivien läjitysalueilla. Ympäristöriskien kannalta ongelmallisinta on arseenin kulkeutuminen happamien kaivosvesien mukana ympäristöön, mm. pintavesiin ja sedimentteihin. Arseeni voi kulkeutua myös ilmassa kivi-pölyn mukana.

Bowell ja Parshley (2003) ovat selvittäneet arseenin kiertoa kaivosympäristössä ja nykyisiä tapoja ehkäistä arseenin leviäminen ympäristöön. Arseeni kertyy kaivosalueilla altaiden sedimentteihin,

jossa se on suhteellisen heikosti reagoivaa. Vanhoilla kaivosjätteiden läjitysalueilla arseenia on sulfideissa, joista se voi olosuhteiden muuttuessa lähteä kiivaastikin liikkeelle. Bowell ja Parshleyn mukaan arseeniriskien vähentämiseen on saatavilla menetelmiä, mutta jälkiseuranta on aina tärkeää. Parhaat käytännöt ovat löytyneet Kanadasta ja Yhdysvalloista. Arseenipitoisen aineksen käsittelyyn on yleensä neljä vaihtoehtoa:

- fysikaalinen stabilointi valvotulle alueelle, mm. eristäminen kaatopaikkarakenteilla,
- kemiallinen stabilointi (mm. pH:n säätö + rautayhdisteet, polymeerit),
- vesien kemiallinen käsittely myytävien tuotteiden erottamiseksi (arsenioksidit tai veteen liukenemattomat suolat, kuten rauta-arsenaatti) tai
- kemiallinen stabilointi ja kiinteytys sementtiin, tuhkiin tai piimateriaaleihin.

EU Life –rahasto on tukenut eurooppalaista, laajojen kaivosalueiden riskien arvioinnin ja uusien teknisten riskinhallintakeinojen kehittämistä mm. Difpolmine-ohjelmassa<sup>41</sup>. Ohjelmaa on toteutettu kahdella alueella, Ranskan Salsignen vanhalla kultakaivoksella ja Unkarin Tokan valuma-alueen suljettavalla Pb-Zn -sulfiitti kaivoksella. Molemmilla alueilla arseeni on tärkeä riskinhallinnan haaste. Ranskan kultakaivoksen alueella kunnostuksen toteutus on jo pitkällä. Alueen laajuuden (120 ha) vuoksi käsiteltävät kohteet on ensin rajattu ja kuvattu paikkatietojärjestelmää apuna käyttäen. Voimakkaimmin pilaantuneet maat on kaivettu pois ja osin stabiloitu sekä eristetty loppusijoituspaikalle. Lievästi pilaantuneita maita on käsitelty mm. rakeistetulla rautayhdisteellä. Lisäksi on tutkittu fytoimediaation yhdistämistä muihin menetelmiin. Tärkeä osa riskien hallintaa on ollut myös vesien kulkeutumisen mallintaminen ja hallinnan tehostaminen sekä pitkäaikaisen seurannan järjestäminen. Unkarissa on aluksi keskitytty riskien arviointiin ja mallinnukseen. Tässä yhteydessä on arvioitu mm. haitallisten metallien ja arseenin liukoisuuden kapasiteettia sekä luontaista riskien vähentämisen ja kunnostustoimien riskien vähentämisen tehokkuutta. (Jacquemin ym. 2005, Gruiz ym. 2005).

Suomessa tietoa ja kokemusta kaivosalueiden arseenin käsittelystä on saatu muutamalla kohteella. Monilla kohteilla toimivia teknisiä ratkaisuja ei ole vielä löytynyt (kts. taulukko 5 kaivosten ympäristöluvista, luku 6.3). Parhailaan on valmistella väitöskirja, jossa tutkitaan mm. kaivosalueen arseenia ja sen saostumista rautayhdisteisiin (Räisänen 2006).

Esimerkiksi Sotkamossa sijaitsevan talkkikaivoksen prosessijätevesien haitallisimmat komponentit ovat arseeni ja nikkeli. Käsiteltävät vedet vaihtelevat alueella kallioperän ominaisuuksien mukaan. Vuolukivipitoisen kallioperän alueella kaivosvedet ovat emäksisiä ja arseeni pysyy liukoisena, jonka vuoksi kaivosveden arseenipitoisuudet ovat huomattavasti koholla (40-140 µg/l). Sivukivialueella arseenin on todettu saostuvan karbonaattipitoisten kivilajien ansiosta, joten tämän alueen suotovesien arseeni ei ole ollut suuri ongelma. Rikastushiekka-aldaiden suotovesialueille on muodostunut kosteikkoja, joihin saostuu sekundäärisiä Fe- ja Al-saostumamineraaleja. Saostumat adsorboivat mm. arseenia. Näistä saostumisprosesseista ja vesien aktiivisesta neutraloinnista huolimatta arseenia pääsee pintavesiin sellaisia määriä, että lähivesien arseenipitoisuudet ovat koholla ja arseenia kertyy järvisedimentteihin. (Mondo Minerals Oy & Jaakko Pöyry Infra/ PSV –Maa ja Vesi 2005).

Sotkamon talkkikaivoksen ja tehtaan laajennusta koskevassa YVA -selostuksessa (2005) on pohdittu eri keinoja vähentää arseenista ja nikkelistä aiheutuvia ympäristö- ja terveysriskejä. Selostuksessa arvioidaan, että maaperään, pohjaveteen ja vesistöihin kohdistuvia vaikutuksia voidaan vähentää lähinnä rajoittamalla suotovesien syntymistä ja parantamalla niiden laatua. Ratkaisuksi tarjotaan

<sup>41</sup> Difpolmine= Diffuse pollution from mining activity

<http://www.difpolmine.org/servlet/KBaseShow?m=3&cid=10169&catid=10170&id=10170&sort=-1>

uusia ojituksia, suotovesien keruuta ja ohjaamista aikaisempaa tehokkaammin käsittelylaitokselle tai tehtaan vesikiertoon sekä happamien suotovesien esikäsitteilyä mm. neutraloivasta kalkkikivimurskeesta tehdyillä seinämillä ja padoilla. Kaivoksen toiminnan loputtua alueelle voitaisiin rakentaa kosteikkoja, joiden kautta suotovedet purkautuisivat läheiseen Lahnasjokeen käsiteltyinä. Järvisedimenteistä todetaan, että mikäli pohjaa ei ruopata tms., on haitta-aineiden vapautuminen pohjasedimenteistä merkittävässä määrin epätodennäköistä.

RAMAS –projektissa Kemiran rakeista ferrihydroksidia on tarkoitus kokeilla suljetun Ylöjärven kupari-wolframi kaivoksen jätealueelta valuvien suotovesien arseeniriskien vähentämisessä. Koetta varten laitteistoon otetaan vettä pienestä purosta. Reaktiivista massaa voitaisiin periaatteessa levittää suodatinpatjaksi. Tällainen patja voisi soveltua mm. kaivosalueelta virtaavan puron vesien käsittelyyn (Heikkinen & Noras 2005).

#### **10.4. Suomalaiset kokemukset arseenin poistosta talousvedestä**

Arseenin poistomenetelmiä yksittäisen kotitalouden juomavedestä on testattu Suomessa ainakin kahdessa laajemmassa vertailututkimuksessa (Valve ym. 2002). Ensimmäisessä 1990-luvulla toteutetussa loppukäyttäjän puhdistuslaitteiden testauksessa saatiin odotettua huonompia puhdistustuloksia. Tuolloin testattiin suodatusta granuloidulla aktiivihiehellä (GAC), ioninvaihtoa, suodatusta aktiivoidulla alumiinioksidilla (AA) ja käänteisosmoosia. Testausta jatkettiin vuosina 1999-2002. Testaukseen kuului laboratorioskokeita sopivan adsorptiomassan löytymiseksi, pilottikokeita kahdella aktivoituun alumiinioksidiin perustuvalla suodattimella ja käänteisosmoosilaitteella (usealla eri kalvolla) sekä seurantatutkimukset kuudesta kotitalouteen asennetusta laitteesta (AA-suodatin ja 5 erilaista kalvoa). Seuratut laitteet toimivat kohtuullisesti ja niitä suositeltiin tietyn ehdoin juomaveden valmistukseen.

Sopivan massan ja kalvojen valinta ei ole yksinkertaista, kun halutaan arseenin poiston suhteen luotettava laitteisto. Raakaveden laatu vaikuttaa paljon arseenin poiston onnistumiseen. Liika rauta ja mangaani pitää mahdollisesti poistaa ennen arseenin suodatusta ja arseenin hapetusastettakin voidaan joutua säätelemään hapetuksella. Viidenarvoisen arseenin poistaminen vedestä on yleensä tuoksellisempaa kuin kolmenarvoisen arseenin. Arseniitti hapettuu luontaisesti hyvin hitaasti. Reaktiota pitää yleensä nopeuttaa tai avustaa kemiallisesti. Voi olla tarkoituksenmukaista selvittää myös veden fosfaatti- ja sulfaattipitoisuus, koska nämä suolat voivat kuluttaa laitteiston puhdistuskapasiteettia (Rantanen & Valve 2002 ja Valve ym. 2002).

Testauksessa mukana olleet yritykset eivät enää tarjoa testatun mukaisia laitteita. Aktivoidun alumiinimassasuodattimen sijaan tarjotaan käänteisosmoosiin perustuvia laitteita (Oy Watman Ab) ja amerikkalaista suodatinta (HOH Separtec Oy), jossa arseenia adsorboivana massana on ferrihydroksidia. Laitteita on myyty joitain kymmeniä viime vuosina, mutta ei ole tiedossa onko laite hankittu pääasiallisesti arseenin poistoon. Juomaveden puhdistuslaitteista syntyy pieniä määriä arseenipitoista jätettä. On arvioitu, että kotitalouden juomaveden arseeninpuhdistuslaitteista syntyisi 7 litraa arseenipitoista jätettä/perhe/vuosi (Valve ym. 2005).

Kaikkein eniten dokumentoitu arseeninpoistomenetelmä maailmalla on saostaminen metallisuoloilla tai kalkilla ja sen jälkeen tapahtuva suodatus (Rantanen ja Valve 2002). Yleisimmät saostuskemikaalit ovat alumiinisulfaatti, ferrikloridi ja ferrisulfaatti. Rautasuolalla saostaminen kuluttaa painona huomattavasti vähemmän kemikaalia kuin alumiinisulfaatilla saostaminen. Arseniitin poisto onnistuu ilmeisesti kalkillakin hyvin tehokkaasti, mutta kalkkia kuluu runsaasti (800-1200 mg/l). Saostamisen jälkeen arseenipitoinen sakka täytyy poistaa vedestä suodattamalla, sillä pelkkä laskeutus ei riitä.



RAMAS-hankkeessa arseeninpoistoa talousvedestä on testattu kenttäkokeilla, joissa on käytetty Kemiran kehittämää suodatusmateriaalia, rakeista ferrihydroksidia (Kemira GFH). RAMAS-projektin ensimmäiset arseeninpoistokokeet tehtiin Säijän koululla Lempäälässä, jossa käytöstä poistetun porakaivon vedessä on arseenia noin 500 µg/l. Käsittelykokeet osoittavat, että arseenipitoisuudet saadaan tehokkaasti laskettua joksikin aikaa alle juomaveden terveysperusteisen raja-arvon (10µg/l) huolimatta näinkin korkeasta lähtöpitoisuudesta. Kokeissa veden virtaama mitoitettiin vastaamaan yhden talouden vuorokautista veden kulutusta.

#### **ARPO-tutkimukseen perustuvat ohjeet arseenin poistotekniikan valintaan ja käyttöön**

- Jos veden arseeni on hapetusasteeltaan kokonaan viidenarvoista (arsenaatti), voidaan arseenin poistoon käyttää RO (käänteisosmoosi) tai AA -laitetta (aktivoitu alumiinihydroksidi). Jos vesi sisältää rautaa yli 0,2 mg/l ja mangaania yli 0,05-0,1 mg/l, ne on poistettava ennen RO -suodatusta.
- Jos veden arseenista osa tai kaikki on hapetusasteeltaan kolmenarvoista (arseniitti), voidaan käyttää AA -laitetta tai paineenkorotuksella varustettua RO -laitetta varauksin.
- Sekä RO että AA -laite poistavat fluoridia ja fosfaattia. Ne kuitenkin kuluttavat AA:n kapasiteettia, mikä on otettava huomioon massan käyttöaikaa arvioitaessa.
- AA -laitteella suodatettu vesi voidaan lisäksi desinfioida UV -valolla, jos tämä nähdään tarpeelliseksi
- Käsitellyn veden laatua on valvottava. Arseeni on erittäin haitallista ja vesi kannattaa analysoida RO-laitteilla kerran vuodessa ja AA-laitteilla kahdesti vuodessa, kunnes laitteen kapasiteetti kyseiselle vedelle on saatu selville. RO-laitteen toiminta voidaan varmistaa useamminkin yksinkertaisella sähkönsäätökäytännöllä.
- Käytön jälkeen AA -laitteen alumiinioksidimassa on vietävä ongelmajätteen keräyspisteeseen. Suositeltavaa on tehdä huoltosopimus ja jättää massan vaihto laitteen toimittajan osoittamalle liikkeelle. Massan vaihtoväliksi suositellaan 6 - 12 kuukautta riippuen raakaveden laadusta. RO-laitteen suodattimien ja kalvojen vaihto on helppoa laitteen mukana tulevien ohjeiden avulla. Käytetyt suodattimet ja kalvot voidaan käsitellä sekajätteenä. Apusuodattimet vaihdetaan laitteen ohjeiden mukaisesti 6 - 12 kuukauden välein. RO-kalvon tulisi kestää noin kolme vuotta.

### **10.5. Muita suomalaisia kokemuksia arseenin käsittelystä**

Arseenipitoista kyllästettä käyttäneille kyllästämöille on tehty mallikunnostussuunnitelmat 1990-luvulla. Mallikohteet sijaitsivat pohjavesialueella Lammilla ja Saarijärvellä. Kyllästämöalueilla voitaisiin soveltaa seuraavia kunnostusmenetelmiä (Lehto ym. 1998, s. 30):

- kunnostamatta jättäminen ja alueen toimintojen rajoittaminen,
- eristäminen,
- pilaantuneen maa-aineksen poistaminen ja välivarastointi tai loppusijoitus sekä jälkiseuranta,
- maa-aineksen pesu sekä muodostuvan lietteen ja sakan käsittely (raportissa ei suositeltu tätä, koska tekniikasta oli liian vähän kokemuksia),
- kiinteytys ja stabilointi (vahvuuksina perustekniikan osaaminen, nopea toteutus ja tuotteen mahdollinen hyötykäyttö, massat suositellaan ensin homogenoitaviksi) ja
- massojen sijoitus ongelmajätteen kaatopaikalle.

Kokemuksia toteutuneiden maa-alueen kunnostusten yhteydessä sovelletuista arseenin käsittelytekniikoista ei ole valtakunnallisesti kerätty yhteen. Tämän esiselvityksen yhteydessä haastateltiin muutamia alan asiantuntijoita Suomessa käytetyistä käsittelytekniikoista (taulukko 16). Suomessa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksissa metalleilla ja myös arseenilla pilaantuneet massat yleensä kaivetaan pois ja korvataan puhtaalla maalla. Pilaantunut maa-ainekäsittellään jätteenä kohteen ulkopuolella käsittelylaitoksessa tai kaatopaikalla. Kunnostuksissa syntyvää metallipitoista maa-ainesta ei välttämättä käsitellä ennen kaatopaikkasijoitusta. Arseenipitoisia massoja on myös eristetty kunnostettavalle alueelle mm. Vilppulan kyllästämöalueella Pirkanmaalla.

Suomessa arseenilla pilaantuneen maa-aineksen käsittelyistä tavallisin on stabilointi ja siihen yhdistetty kiinteytys. Stabilointia on tehty kemiallisilla yhdisteillä tai yhdistettyä stabilointia ja kiinteytystä sementillä tai bitumilla. Stabiloituja ja kiinteytettyjä, arseenipitoisia massoja on mm. Pirkanmaalla sijoitettu neljään kohteeseen. Näillä kohteilla ympäristövaikutusten tarkkailussa ei ole havaittu arseenin liukenemista. Jos käsiteltävässä aineksessa on paljon orgaanista ainesta, kuten esimerkiksi CCA-kyllästettyä puun kuorta ja silppua, niin kiinteytys on vaikea toteuttaa. Tällaista ainesta on voitu käsitellä termisesti.

Maa-aineksen pesua ei ole Suomessa tarjottu nimenomaan CCA-kyllästeellä pilaantuneille maa-aineksille, mutta parilla muulla pesukohteella maa-aineksen sisältänyt muiden haitta-aineiden ohella arseenia. Ruotsissa maan pesua on testattu mm. Tranemon kyllästämön määrältään 40 000 t CCA-kyllästeellä pilaantuneen maan puhdistamisessa. Arseni osoittautui pesussa kuparia ja kromia haastavammaksi aineeksi. Osassa maa-ainesta (5000 t) pitoisuudet olivat liian suuria prosessille, joten nämä massat jouduttiin sijoittamaan erikseen muualle. Pesun lopputuotteiden hyötykäytön rajarvoksi oli asetettu 80 ppm ja siihen päästiin maksimissaan 300 ppm alkupitoisuuksilla. Pesusta jäi vain 4000 t (10 %) ylijäämämassaa, joka sijoitettiin muualle. (Pensaert & Van de Velde 2006).

Suomessa useat yritykset tarjoavat jätevesien puhdistusmenetelmiä. Näitä tahoja ei haastateltu erikseen tämän esiselvityksen yhteydessä. Erilaisia kalvosuodattimia ja adsorptiota tarjotaan mm. kaatopaikkojen suotovesien puhdistukseen. Arseenipitoisten lietteiden käsittelyistä on niukasti kokemuksia. Vaasassa on saatu ympäristölupa Infjärden-järven arseenipitoisen lietteen kunnostamiseen uudella menetelmällä. Muitakin kunnostusvaihtoehtoja tämän arseenipitoisen lietteen ja koko järven kunnostamiseksi on selvitetty, mutta ympäristölupaa haettiin uudelle menetelmälle. Tarkoitus on soveltaa kaivosvesien ja -lietteiden käsittelyssä käytettyä tekniikkaa. Aluksi pilaantuneeseen lietteeseen sijoitettaisiin sulfaatinpelkistäjäbakteereita vähintään puoleksi vuodeksi, jonka jälkeen liettä ruopattaisiin välivarastoon ja käsiteltäisiin. Kunnostusta ei ole vielä toteutettu. (mm. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 23.6.2005).

Taulukko 16. Yhteenveto Suomessa tutkituista tai käytössä olevista pilaantuneen aineksen kunnostusmenetelmistä, jotka voisivat soveltua arseenille. (Tulokset kunnostamista toteuttaville yrityksille kohdistetuista haastatteluista ja Penttinen 2001).

Menetelmä	Kokemukset	Muita huomioita
<b>Kiinteytys / stabilointi</b>	Kymmeniä referenssikohteita, joissa toteutettu kohteelle siirretyllä laitteella tai massat viety käsittelyalueelle stabiloitaviksi, ei kokemuksia in situ –stabiloinnista. Stabilointia tarjoaa ainakin 4 yritystä Suomessa	Arseeniyhdisteet vaativia stabiloinnissa, mutta lupaehdot ovat täyttyneet arseenin suhteen. CCA-kohteilla kupari osoittautunut ongelmallisemmaksi liukoisuuden suhteen kuin arseni.
<b>Eristys / kapselointi</b>	Pari referenssikohdetta, joissa arseni yksi haitta-aineista.	

<b>Menetelmä</b>	<b>Kokemukset</b>	<b>Muita huomioita</b>
<b>Kaatopaikkakäsittely</b>	Jos aines on kaatopaikkakelpoista, niin se on viety usein sellaiseen kaatopaikalle. Käsittelyillä voidaan muuntaa kaatopaikkakelpoiseksi.	Lopettavien kaatopaikkojen peittorakenteissa suhteellisen paljon pilaantuneita massoja, myös arseenipitoisia.
<b>Maan pesu tai märkäerottelu</b>	Laitteita muutamia, pari referenssikohdetta, ei ole pesty CCA-kyllästeellä pilaantuneita maita. Kaksi yritystä tarjonnut arseenipitoiselle massalle pesua (Salvor ja Doranova)	Teknisiä rajoituksia, soveltuu parhaiten ainekselle, jossa on paljon hiekkaa ja/tai soraa, jotka voitaisiin pesun jälkeen hyödyntää. Jäännösmassoja usein edelleen käsiteltävä.
<b>Poltto / terminen käsittely</b>	Ekokem koepolttanut mm. CCA-kyllästettyä puuta. Niska & Nyssösellä siirrettävä terminen käsittelylaitos pilaantuneille maille (Jyväskylässä vuonna 2006)	Arseeni haihtuu osittain poltossa. Savukaasut käsiteltävä.
<b>Kaatopaikan suotovesien käsittely</b>	Tarjolla erilaisia suodattimia, sähköistä ioninvaihtoa ja käänteisosmoosia hyödyntäviä ratkaisuja. Muutama referenssikohde.	
<b>Pump-and-treat eli pohjaveden pumppaus ja käsittely</b>	Muutama referenssikohde, käsiteltyä mm. hapetus ja kemiallinen saostus	Toteutettu maaperän kunnostuskohteella pohjaveden pumppauksen yhteydessä.
<b>Reaktiivinen seinämä</b>	Ei arseenikohteita Suomessa, kaksi seinämää liuottimille	Perustuu adsorptioon johonkin sopivaan massa
<b>Mikrobiologiset menetelmät:</b> mm. sulfidointi tai raudan pelkistys	Yksi arseenipitoisen sedimentin sulfidointi saanut luvan 2005	Mikrobiologista käsittelyä käytetään yleensä muiden menetelmien rinnalla, mm. arseenin hapetukseen kolmenarvoisesta viidenarvoiseksi
<b>Elektrokemialliset menetelmät,</b> mm. elektrokinetiikka, elektrokoagulaatio, elektrolyyttinen ioninvaihto	Kuopion yliopistossa tutkimusta mm. erilaisilla metalleilla, ei vielä tutkittu arseenia. Arseeniyhdisteiden elektromigraatio todettu maailmalla suhteellisen hitaaksi.	Käytetään muiden menetelmien rinnalla. Voisi soveltua voimakkaasti pilaantuneiden jätevesien käsittelyyn yhdistettynä muihin tekniikoihin. Voitaisiin mm. vähentää syntyvien lietteiden määrää.
<b>Fytoremediaatio eli</b> Kasvikunnostus	Alustavia tutkimuksia maaperän kunnostamisesta kasveilla (mm. Turpeinen 2002), ei vielä kovin lupaavia tuloksia eikä myöskään täyden mittakaavan kunnostuksia.	Kasvupaikan ja ilmasto-olojen sovelluttava hyvin kasville. Maailmalla paljon tutkittu arseenin kerääjä, subtrooppinen saniaiskasvi (brake fern) ei viihtyisi oloissamme.

## 10.6. Käsittelytekniikoiden kehitysnäkymiä

Arseenin poistaminen vedestä juomavesidirektiivin edellyttämään pitoisuuteen on teknisesti vaativaa. Suomessa todettiin kotitalouskäyttöön soveltuvien laitteiden testauksessa joko adsorboivaan suodatinmassaan (aktivoitu alumiinioksidi) tai kalvoihin ja käänteisosmoosin perustuvan tekniikan

toimivan kohtuullisesti. Laitteet eivät sovellu kovin suurien vesimäärien puhdistukseen, joten niillä käsitellään yleensä vain yksittäisen kotitalouden juomavesi.

Aktivoidun alumiinioksidin lisäksi maailmalla kehitetään lukuisia erilaisia adsorboivia suodatinmassoja, joissa käytetään mm. metalliyhdisteitä (nollanarvoinen rauta, raudan oksidit ja hydroksidit, mangaanioksidi) tai edullisia mineraaleja, kuten kalsiittia (Euroopassa tutkimusta mm. Ranskan Institut Laue-Langevinissä). Erilaiset kalvoihin perustuvat vedenpuhdistustekniikat kehittyvät myös. Käänteisosmoosin lisäksi näitä ovat mm. nanosuodatus, ultrasuodatus ja tislaukseen perustuva kalvosuodatus.

Adsorboivaa massaa voidaan käyttää myös maahan sijoitettavan, reaktiivisen seinämän rakenteissa. Suomessa reaktiivista seinämää on toistaiseksi testattu vain orgaanisten yhdisteiden poistossa. Eurooppalaisessa RUBIN –verkostossa, jossa on mukana reaktiivista seinämää hyödyntäviä hankkeita, ei oltu käsitelty vuoteen 2005 mennessä arseenia (Itävalta, Sveitsi, Saksa, yhteensä 13 kohdetta). Arseenin poistoon ja mahdollisesti seinämärakenteisiin soveltuvia materiaaleja on kuitenkin testattu (Ipsen ym. 2005).

Myös maaperää on kokeiltu käsitellä *in situ* adsorboivalla aineksella mm. kaivosalueilla (ks. Salsigne, luku 10.2.) ja eräällä CCA-kyllästeellä pilaantuneella maa-alueella Ruotsissa. Kyllästemökohteella käytettiin alkuainerautaa arseenin adsorboimiseksi ja stabiloimiseksi. Lysimetriseurantaa sisältäneessä pilottikokeessa tutkittiin mm. viiden tekijän (pH, neste/kiinteä suhde, redox-potentiaali, mikrobiaktiivisuus ja orgaanisen aineksen pitoisuus) vaikutusta metallien ja arseenin liikkuvuuteen raudalla käsitellyssä maassa. Aktiivinen mikrobitoiminta vähensi tutkimuksessa arseenin liukoisuutta maasta, erityisesti happamissa olosuhteissa. Arseenin suhteen käsittely voisi soveltua maamassan stabilointiin, mutta massan sijoittaminen hapettomaan tilaan, kuten vaikka kaatopaikkarakenteisiin, saattaisi aktivoida arseenin liukoisuutta. (Kumpiainen 2005).

Kasvillisuuden ja normaalin mikrobitoiminnan on todettu luovan paremmat olosuhteet arseenin liikkuvuuden hallintaan kuin steriilin maan. Siksi kasvillisuuden lisäämistä on kokeiltu lievästi arseenilla pilaantuneen maan kunnostukseen mm. kaivosalueilla. Suomessa mm. Turpeinen (2002) on tutkinut mahdollisuuksia arseenilla pilaantuneen maan biologiseen kunnostukseen. Teoreettisia mahdollisuuksia on kolme: toksisuuden vähentäminen, biologinen arseenin liukoisuuden lisääminen ja fytoremediaatio. Turpeisen tutkimuksissa mikrobit muunsivat hyvin vähäisessä määrin epäorgaanista arseenia vähemmän haitallisiksi orgaanisiksi arseeniyhdisteiksi. Laboratorio-oloissa mikrobien toiminnan aktiivinen lisääminen lisäsi myös arseenin biosaatavuutta. Mikrobiyhteisö sopeutui näissä tutkimuksissa arseenilla pilaantuneeseen maahan hyvin. Turpeinen tutki myös kolmen kasvin (mänty, koivu ja lampaannata) kykyä vähentää arseenin liukoisuutta, liikkuvuutta ja biosaatavuutta. Arseni osoittautui kasveille hyvin myrkylliseksi, eikä arseenin stabiloitumista juuri tapahtunut. Pienikokoinen lampaannata keräsi arseenia juuriin ja lehtiin.

Voimakkaasti arseenilla pilaantuneille teollisuuden jätevesille tai kaivosvesille on kehitteillä hyvin monenlaisia kemiallisia tai mikrobien toimintaan perustuvia puhdistusmenetelmiä. Mikrobit voivat mm. avustaa arseenin hapettamisessa kolmenarvoisesta viidenarvoiseksi. Suomessa tutkitaan mm. elektrokemiallisten menetelmien soveltuvuutta metallien ja metalloidien poistoon prosessi- ja jätevesistä sekä pilaantuneesta maaperästä (mm. Virkutyte ym. 2002). Tanskassa on toteutettu yksi täyden mittakaavan maaperän puhdistus näillä menetelmillä (Soil Rem Oy 2006). Kupari poistui tehokkaasti, mutta toteutus oli kustannuksiltaan käytäntöön soveltumaton.

## 11. Yhteenveto ja johtopäätökset

### 11.1. Riskinhallinnan kohdentuminen

Arseenille, kuten muidenkin haitallisten aineiden pitoisuuksille ympäristössä, on annettu monista eri lähtökohdista ja eri tavoitteista lähtöisin määriteltyjä riskinhallintakriteerejä.

Arseenista johtuvat terveysongelmat mm. Aasiassa ovat herättäneet tutkimaan mahdollisia riskejä ja riskinhallintakeinoja muuallakin maailmalla ja kehittämään strategioita ja teknisiä menetelmiä, joilla voidaan varmistaa terveellisen juomaveden saanti. Arseenista ja arseeniyhdisteistä aiheutuvat riskit muille eliöille ja ekosysteemien toiminnalle eivät ole saaneet osakseen samanlaista huomiota kuin juomaveden terveysriskit. Suomessakin riskinhallinta perustuu paljolti arseeniyhdisteiden todettuihin terveysriskeihin, erityisesti syöpävaarallisuuden juomavesialtistuksessa. Viitearvona päätöksenteossa on käytetty laajalti kansainvälisesti hyväksyttyä juomaveden raja-arvoa 10µg/l As (vastaa mm. WHO:n ohjeellista raja-arvoa ja Euroopan yhteisön juomavesidirektiivin ohjearvoa). Arseenipitoisen jätteen vaaraominaisuuksista syöpävaarallisuus on painavin kriteeri myös luokiteltaessa arseenipitoista jätettä ongelmajätteeksi.

Jätteiden hyödyntämisessä (lannoitevalmisteet, maarakentaminen) sovellettavat arseenin raja-arvot perustuvat alkujaan kaatopaikan ympäristön suojeluun haitallisilta suotovesiltä (Kaatopaikkadirektiiviin 31/1999/EY ja EY:n päätökseen 33/2003/EY perustuva valtioneuvoston asetus VNA 202/2006). Tavoitteena on ollut suojella ensisijaisesti pohjavettä.

Ekologiset riskit ovat perusteena arseenipitoisuuden ohjearvoissa, jotka ollaan antamassa maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointiin. Nämä arseenin ohjearvot perustuvat toksisuusteisteissä todettuihin vaikutuksiin tutkituissa kasvilajeissa ja lirossa. Käytössä ollut tutkimusaineisto on kuitenkin varsin suppea eikä aineen pitkäaikaisen altistuksen vaikutuksista maaperässä ole vielä riittävästi tietoa. Arseeni ei kuitenkaan tiettävästi merkittävästi kerry eliöihin. Maaperän luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien vaikutuksia eliöihin ei ole toistaiseksi paljoakaan tutkittu. Ohjearvoja laadittaessa on kuitenkin oletettu, että eliöt sopeutuvat luontaisiin arseenipitoisuuksiin eikä niistä siten aiheudu haitallisia vaikutuksia maaekosysteemeissä. Lähinnä tämän vuoksi maaperän puhdistamistarvetta arvioitaessa maaperän luontaisesti kohonneiden arseenipitoisuuksien ei pitäisi johtaa puhdistamisvastuuseen, mikäli ihminen ei ole itse toiminnallaan vaikuttanut niistä mahdollisesti aiheutuviin riskeihin, kuten arseenin myrkyllisyyden tai kulkeutuvuuden lisääntymiseen.

Pinta- tai pohjavesille ei ole vielä annettu arseenipitoisuuden osalta kansallisia ohjearvoja eikä arseenin ohjearvon sisältävää ilmanlaatudirektiiviä ole vielä toimeenpantu Suomessa. Ruopatuille sedimenteille on annettu ekologiisiin riskeihin perustuvat viitearvot. Näitä merisedimenteille annettuja ohjeellisia vertailupitoisuuksia ei voida suoraan soveltaa Pirkanmaan sisävesillä.

### 11.2. Merkittävimmiksi tunnistetut oikeudellis-hallinnolliset ohjauskeinot

Tämän raportin liitteisiin I-III on koottu kaikki esiselvityksen aineistona olleet säädökset. Säädökset voidaan jakaa kolmeen teemaan: tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyt sekä laadun valvonta, pilaavien toimintojen ohjaus ja ympäristön laadun valvonta. Näiden teemojen sisällä tärkeimmiksi tunnistetut oikeudellis-hallinnolliset ohjauskeinot on koottu taulukkoon 17.

Monien arseenipitoisten kemikaalien ja tuotteiden (mm. torjunta-aineet, suojauskemikaalit, rehujen lisäaineet, eläinlääkkeet) ympäristö- ja terveyshaitat on todettu jo aiemmin liian suuriksi saavutet-

tuihin hyötyihin nähden ja merkittävä osa tällaisista tuotteista on poistettu markkinoilta Euroopan yhteisön alueella, kuten myös Suomessa.

Käytöstä poistuvan, arseenia sisältävän puujätteen käsittely on Suomessa vielä osin ratkaisematta. Tavoitteena on ohjata jäte kierrätykseen, mutta eräitä päätöksiä odotellessa sitä varastoidaan keskitetysti. Tässä yhteydessä on selvitetty myös mm. mahdollisuuksia kierrättää CCA-kyllästetyn puun arseenia. Jätehuoltoratkaisuihin voi vaikuttaa mm. vireillä oleva arseenidirektiivin uudistaminen. Toinen merkittävä arseenipitoisen jätteen käsittelyyn vaikuttava säädös on kaatopaikkaluokittelua koskeva valtioneuvoston asetus (VNA 202/2006). Tärkeitä ovat myös jätteiden luokittelua koskevat säädökset, joiden nojalla mm. pilaantuneet maa-ainekset luokitellaan jätteiksi.

Valtakunnallisessa vesiensuojelun ohjauksessa arseenia ei ole tunnistettu priorisoitavaksi haitta-aineeksi. Pirkanmaan alueella arseenia ja sen yhdisteitä ei ole myöskään nimetty pintavesien suojelussa alueellisesti merkittäviksi haitallisiksi aineiksi. Tuleva pohjavesidirektiivi edellyttää pohjaveden kemiallisten laatukriteerien valmistelua kansallisesti. Valmistelun käynnistyttyä arvioitaneen arseenin merkitys pohjaveden laadun suojelussa, samalla tavoin kuin sen merkitys arvioitiin pintavesien suojelussa.

Vakiintuneista hallinnollis-oikeudellisista ohjauskeinoista tärkeimpiä ovat ympäristölupa- ja ilmoitusmenettely sekä monet vesien laadun turvaamiseksi luodut menettelyt. Pohjaveden laadun turvaamisessa ovat tärkeitä mm. YSL:n pohjaveden pilaamiskielto ja pohjavesialueiden suojelusuunnitelmat. Talousveden laadun turvaamista ohjaa vahvasti EY-tason juomavesidirektiivi sekä STM:n asetukset talousveden laadun valvonnasta ja tarkkailusta.

Taulukko 17. Merkittävimmiksi tunnistetut ympäristön arseenista aiheutuvien riskien hallinnassa käytössä olevat oikeudellis-hallinnolliset ohjauskeinot.

<b>Ohjauskeino</b>	<b>Peruste</b>
Arseenidirektiivi	CCA-kyllästetty puujäte
Lannoitevalmisteita ja maanrakennusmateriaaleja koskevat säädökset	Tuhkat (läjistä)
Säädökset kaatopaikoista ja jätteiden hyväksymisestä kaatopaikoille	Tuhkat, pilaantuneet maa-alueet
Ympäristölupa- ja ilmoitusmenettely	Kaivokset ja jätteiden käsittelyalueet, pilaantuneet maa-alueet
Maaperän kunnostusta ja pilaantuneiden maa-ainesten käsittelyä ja sijoitusta ohjaavat viitearvot	Pilaantuneet maa-alueet, ekologiset ja terveysriskit
Vesipuidirektiivi ja valmisteilla oleva direktiivi pohjavesien suojelusta	Pinta- ja pohjavesien laatu, ekologiset ja terveysriskit
Juomavesidirektiivi ja STM asetukset talousveden laadun valvonnasta	Talousveden laatu, terveysriskit

Useat haitallisten aineiden, ml. arseeni, riskinhallintaa koskevat säädökset ovat muutosvaiheessa ja siksi niiden merkitystä on vaikea vielä arvioida. Esimerkiksi arseenin kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia mm. pilaantuneissa maissa ja muissa jätteissä tullaan jatkossa vertaamaan uusiin ohjearvoihin, joita annetaan maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointiin ja jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden arviointiin tarkoitettuja ohjearvoja on tarkoitus soveltaa osin myös arvioitaessa eräiden jätteiden mahdollista hyödyntämistä lannoitevalmisteissa (asetusluonnos 2006) ja maarakentamisessa (VNA 591/2006). Molempien oh-

jearovakokonaisuuksien ja niitä koskevien asetusten soveltamisesta valmistellaan parhaillaan oppaita, jotka tarjoavat tarkennuksia säädösten käyttöön riskinhallinnassa.

### 11.3. Muut ohjauskeinot

Pirkanmaalla ei ole havaittu vesilaitosten toimittamassa vedessä talousveden laatuvaatimuksen ylittäviä pitoisuuksia arseenia. Liittyminen valvotun vesihuoltolaitoksen piiriin turvaisikin parhaiten yksittäisen kaivon varassa toimivan talouden puhtaan juomaveden saannin. Tällaista kehitystä voidaan tukea taloudellisesti. Pirkanmaallakin tavoitteena on vähentää riippuvuutta yksittäisistä kaivoista siten, että liittymisprosentti vedenjakeluun kasvaisi vuoteen 2020 mennessä 92 %:iin.

Taloudellista tukea voitaisiin ohjata myös riskeiltään priorisoiduille CCA-kyllästeellä pilaantuneille maa-alueille ja vanhoille kaivosalueille, joilta ei ole aikanaan vaadittu lopettamissuunnitelmaa. Esimerkiksi uusien, toimiala-kohtaisten rahastojen kautta voitaisiin ohjata varoja tällaisiin kohteisiin.

Tiedollinen ohjaus arseenista on kaiken kaikkiaan vielä hajanaista, mutta juomavesiasioissa arseeniriskien hallinta on suunnitelmallisempaa. Kuntien terveystarkastajilla on käytössään mm. STM:n antamat asetukset talousveden laadun valvonnasta ja tarkkailusta sekä näitä koskevat soveltamisohjeet. Tietoa oman kunnan luontaisesti kohonneiden arseenipitoisuuksien alueellisesta vaihtelusta ja kaivovesien arseenipitoisuuksista ei ole välttämättä koottu yhteen, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Juomaveden puhdistukseen soveltuvista laitteista ja muista vaihtoehdoista järjestää puhtaan juomaveden saanti, on koottu tietoa mm. ympäristöhallinnon internet-sivuille.

Tieto arseenin lähteistä, päästöistä ja todetuista vaikutuksista suomalaisessa ympäristössä olisi hyödyllistä saattaa yhteen esimerkiksi internet-portaalilla, jonne tieto linkitettäisiin haitta-ainekohtaisesti. Myös referenssit toimivista tekniikoista, joilla voidaan vähentää arseenista aiheutuvia riskejä ovat tarpeen mm. ympäristölupaviranomaisten työssä. Ainakin Pirkanmaalla tiedon todettiin olevan hajallaan ja vaikeasti saatavilla. Ympäristön kuormitustietoa kokoava VAHTI-rekisteri sisälsi niukasti tietoa arseenipitoisista jätteistä. Ilma- ja vesikuormitus on kattavammin talletettu tähän rekisteriin. Myös vanhoja kaivoksia koskevaa tietoa oli saatavilla vain niukasti.

### 11.4. Riskinhallinnasta ja eri toimijoiden roolista Pirkanmaalla

Riskinhallintatoimien kohdentuminen (pilaantuneet alueet ja niiden tyyppi, vesistöt, talousvesi, elintarvikkeet) Pirkanmaan alueella ja vaihtoehtoisissa riskinhallintastrategioissa tarkasteltavat riskinhallintatoimet määräytyvät jatkossa hankkeen puitteissa tehtävän riskinarvioinnin pohjalta. Riskinarvioinnin avulla tunnistetaan merkittävimmät riskitekijät (lähde, kulkeutumisreitit, altistajat) sekä riskien suuruus ja niiden ulottuvuudet. Riskinhallintatoimet voivat kuulua eri alueellisten toimijoiden tehtäviin.

Pirkanmaan alueellisten ja paikallisten viranomaisten kanssa yhteistyössä on jatkossa tarkennettava eri toimijoiden roolia riskinhallinnassa. Tarkoitus on vielä haastatella mm. Pirkanmaan vesihuollon, pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksen ja jätteiden käsittelyn ohjauksesta vastaavia asiantuntijoita ja viranomaisia. Haitallisten aineiden ympäristöriskien hallinnassa alueellisilla ympäristökeskuksilla on tärkeä rooli, mm.

- vesiputedirektiivin toteuttamisessa,
- pilaavan toiminnan lupaviranomaisena ja valvojana,
- seurannan järjestämisessä ja rekisterien ylläpitämisessä,

- ympäristötietoisuuden lisäämisessä (mm. kuntien viranomaisten koulutus),
- maankäytön muutosten riskien hallinnassa (mm. tiedon välittäminen maakuntatason ja yleiskaavatason suunnitteluun).

### 11.5. Arseenin käsittelyvaihtoehdot

Arseenipitoisen aineksen käsittely on vaativaa, koska arseeni muuttaa herkästi olomuotoaan ympäristön muuttuessa ja samalla sen toksisuus ja liikkuvuus muuttuvat. Rautayhdisteiden käyttöä on tutkittu eri faasien käsittelyssä, sillä arseeni muodostaa suhteellisen pysyviä lopputuotteita eräiden rautayhdisteiden kanssa. Lisäksi monet raudan yhdisteet ovat helposti saatavilla ja suhteellisen edullisia. Rautayhdisteet ovat osin korvanneet mm. aktivoitun alumiinihydroksidin kotitalouksille tarkoitetuissa, arseenia poistavissa suodattimissa. Kotitalouksille tarjotaan Suomessa myös kalvosuodatusta arseenin poistoon. Vesilaitosten veden alhaisista arseenipitoisuuksista johtuen meillä ei ole ollut tarvetta poistaa arseenia vesilaitoksilla. Hapetusta ja kemiallista saostusta on käytetty pilaantuneella maa-alueella arseenipitoisen veden puhdistukseen. Kaatopaikkojen suotovesien poistoon tarjotaan erilaisia suodattimia, sähköistä ioninvaihtoa ja käänteisosmoosia hyödyntäviä ratkaisuja.

Etenkin ihmistoiminnasta peräisin oleva ympäristön arseeni esiintyy käytännössä poikkeuksetta yhdessä muiden haitta-aineiden kanssa, eikä se ole välttämättä kriittinen tekijä käsittelymenetelmää valittaessa. Suomessa toteutuneissa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostuksissa arseeni ei ole ollut ylitsempääsemätön ongelma. Ympäristölupien ehdot ovat täyttyneet hyvin arseenin osalta tähän mennessä toteutuneissa maa-aineiden käsittelyissä. Toisaalta kokemukset arseenilla pilaantuneen massa käsittelystä eivät ole kovin pitkäaikaisia (vanhimmat stabiloinnit 10-15 vuoden ikäisiä). Kiinteän maa-aineiden käsittelystä yleisin on ollut läjittäminen kaatopaikalle tai sijoittaminen kaatopaikkarakenteisiin. Ennen loppusijoitusta massaa on voitu stabiloida. Stabilointireseptin kehittäminen arseenille voi olla vaativaa. Pilaantuneelle maa-alueelle on eristetty arseenipitoisia massoja, muita *in situ*-menetelmiä ei ole käytetty. Kunnostustoimia suunnitteleville ja toteuttaville urakoitsijoille suunnatun kyselyn perusteella Suomessa olisi kiinnostusta olisi testata- *in situ* stabilointia todellisessa pilaantuneessa kohteessa.

Arseenipitoisuuksia seurataan pintavesistä mm. eräiden metalli- ja kaivosalan laitosten ympäristössä. Kaivosalueiden arseenilla pilaantuneet, happamat vedet ja toisaalta arseenilla pilaantuneet sedimentit ovat kunnostuksen kannalta erittäin haasteellisia. Toistaiseksi Suomessa ei ole kunnostettu arseenilla pilaantuneita pintavesistöjä. Tietoja onnistuneita kunnostus- ja muista riskinhallintamenetelmistä onkin haettava ulkomailta.

Arvokkaiden alkuaineiden poistoon pilaantuneesta faasista kehitetään menetelmiä, joissa alkuaine saadaan hyötykäyttöön, kaupalliseksi hyödykkeeksi. Arseenin suhteen on oltava varauksellisempi, koska sen käyttöä kemikaaleissa ja tuotteissa rajoitetaan yhä voimakkaammin. Arseenidirektiivin myötä volyymiltään suurimmat markkinat, arseenin käyttö suojauskemikaaleissa, siirtyy EU-maiden ulkopuolelle.



## Extended Summary

### Arsenic in Pirkanmaa region

In Finland, the elevated concentrations of natural arsenic are derived from the arsenic bearing minerals which are locally enriched in the bedrock. Due to the action of geologic and geochemical processes, arsenic has migrated to groundwater and soils. In the Pirkanmaa region, elevated concentrations of arsenic have been detected in moraine and groundwater in drilled wells, in particular. Additionally, the study area includes anthropogenic sources of arsenic.

On the basis of geology and occurrence of arsenic in bedrock, the study area can be divided into three parts: 1) the Central Finland Granitoid Complex (CFGC), 2) the Tampere Schist Belt (TB) and 3) the Pirkanmaa Belt (PB). The high concentrations of natural arsenic are clearly focused on the areas 2) and 3) while most of the habitation is concentrated on the area 2) (TB). The Ylöjärvi mine studied in the RAMAS -project is situated in the TB. The most northern area, i.e. CFGC, differs from the TB and PB since the elevated environmental concentrations of arsenic rise from anthropogenic sources. Within all these three areas, the median arsenic levels in moraine are higher than the median value nationwide (2.6 mg/kg), i.e. 11.5 mg/kg in the PB area, 5.92 mg/kg in the TB area, and 3.72 mg/kg in the CFGC area. In 22.5 % of the wells studied, the quality standard for household water (10 µg/L) was also exceeded. The median value (5.5 µg/L) for drilled wells in the TB area was higher compared with the other two areas. (Backman et al., 2006<sup>42</sup>)

The most important anthropogenic sources of arsenic in the Pirkanmaa region comprise the CCA<sup>43</sup>-based wood impregnation plants and soils and wood material contaminated by CCA. Potential risk areas include old waste treatment sites and mining areas (Parviainen et al., 2006<sup>44</sup>). The information on the risks on these is inadequate. Although the elevated natural concentrations of arsenic have been identified as a more important risk factor than the environmental pollution rising from anthropogenic sources, it is necessary to study particularly the risk management related to wastes and waste management in more detail.

### Concepts of risk management

Term risk refers to probability of the appearance of harm or hazard. In the case of environmental contamination, the harm or hazards falling on the human beings, biota or other receptors to be protected, e.g. aquifers, are usually of the main interest. In addition to toxicological effects, these hazards can refer to adverse economic, psychological and socio-cultural effects. In a risk assessment process, the risks, i.e. the magnitude and probability of such adverse effects, are assessed.

---

<sup>42</sup> Backman, B., Luoma, S., Ruskeeniemi, T., Karttunen, V., Talikka, M. and Kaija, J., 2006. Natural Occurrence of Arsenic in the Pirkanmaa region of Finland. Geological Survey of Finland, RAMAS-project serial publication. 88p.

<sup>43</sup> CCA refers to the impregnant comprising chromium, copper and arsenic.

<sup>44</sup> Parviainen, A., Vaajasaari, K., Loukola-Ruskeeniemi, K., Kauppila, T., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Tammenmaa, J. and Hokkanen, T., 2006. Anthropogenic Arsenic Sources in the Pirkanmaa Region in Finland. Geological Survey of Finland, RAMAS-project serial publication.

Toxicological risk assessment can be based on chemical studies, modelling, and biological and ecological studies. Risk management refers to all actions and control mechanisms which aim at reducing the risks. These include

- policy instruments, e.g. regulations, guidelines, strategic programs
- economic policy instruments, e.g. funds, taxes, fines, incentives
- informational instruments, e.g. registers, education, research
- land use planning
- technical means to eliminate exposure or contaminant transport, e.g. remediation and removal techniques for different contaminated environmental media.

Risk management can also cover actions to limit risks in the case when exposure has already taken place. For example, medical treatment in the case of arsenic poisoning is such an action (e.g., Tchounwou et al., 2004<sup>45</sup>). In this RAMAS study, however, such risk management actions were not considered. The focus of the study was in the public control mechanisms covering different policy and informational instruments. Economic policy instruments were not studied in detail since these are generally not restricted to the risk management of specific, individual harmful substances.

## **Levels and targets of risk management actions**

The present policy instruments in Finland are mainly based on the regulations issued in the European Union. In Finland, there are no separate regional laws or regulations hence, the national legislation is adopted similarly all around the country. Moreover, the management of environmental risks has seldom been studied in a regional scale.

Risk management of arsenic can be targeted to sources of emissions in different environmental media or to maintaining the quality of the living environment (Fig. 1). Sources of arsenic comprise products and raw materials containing arsenic, different human activities which might lead to environmental pollution by arsenic and the existing contaminated sites and wastes in which arsenic is present. In Fig. 1., the "Living environment/ human" refers mainly to the neighbourhoods and local areas used for food production.

Spatially, all levels of risk management (Fig. 1.) were included in this study, but the focus was at the national level. The role of the regional authorities is covered shortly. In this report, occupational exposure and labour protection are considered only as an additional risk factor hence they were not studied in detail.

In most cases, arsenic is not the only contaminant to be managed, i.e. other contaminants, heavy metals in particular, can be found simultaneously. In such cases, risk management actions are not planned solely on the basis of risks associated with arsenic (see Fig. 1, the arrows from the box "Arsenic compounds"). Since the focus of the RAMAS –project is on arsenic only, this perspective is not considered in detail in this study.

---

<sup>45</sup> Tchounwou, P.B., Centeno, J.A. and Patlolla, A.K., 2004. Arsenic toxicity, mutagenesis, and carcinogenesis – a health risk assessment and management approach. *Molecular and Cellular Biochemistry* 255: 47-55. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands. 10p.

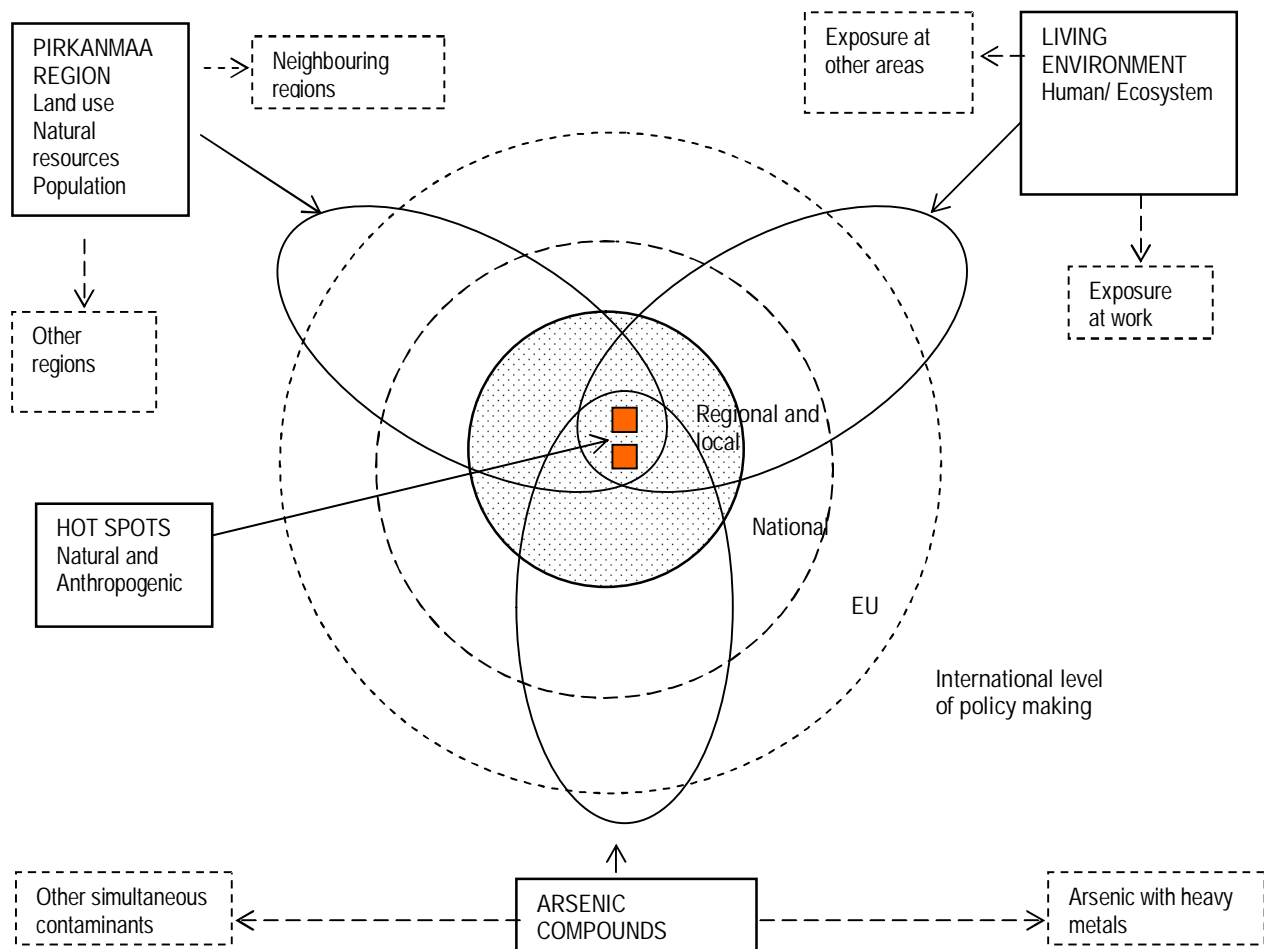


Figure 1. Different levels of the risk management of arsenic: control of the sources of emissions (Arsenic compounds), ensuring the quality of the living environment (Living environment), risk management of contaminated sites (Hot spots); and the characteristics at the Pirkanmaa study area (Pirkanmaa region). (The idea for the figure adapted from Assmuth and Jalonen, 2005<sup>46</sup>).

Although the starting point of the RAMAS –project is the risk management of environmental arsenic, it was necessary to cover also the risk management of arsenic sources in this study. This wider perspective was urged in order to manage the arsenic flows in a wide regional scale. Additionally, in the planning of risk management actions diffuse sources, e.g. foods and air, can have a significant impact on the total exposure. Therefore, in this study, alongside with the risk management associated with maintaining the quality of the living environment, the instruments for the management of anthropogenic sources and emissions of arsenic are also covered.

### The most significant policy instruments identified

All policy instruments covered in this survey have been presented in Tables 1, 2 and 3 in Appendix I. The policy instruments have been divided in three categories, namely

<sup>46</sup> Assmuth, T. and Jalonen, P., 2005. Risks and management of dioxin-like compounds in Baltic Sea fish. *TemaNord* 2005:568. 376p. (Fig. 26, p. 297).

- Acceptance practices and quality control of products and raw materials
- Management of industrial and other large scale operations which might cause environmental pollution
- Monitoring of environmental quality.

The adverse environmental effects of the chemicals and products, e.g. pesticides, biocides, additives in animal feed, animal drugs, containing arsenic have been proven as significant compared with their benefits. For this reason, most of such products have already been recalled in the European Union and also in Finland. For example, based on the Arsenic Directive the use of CCA in wood treatment has banned with some exceptions. However, the management of wood waste including CCA is still partly unresolved. The main goal is to enhance recycling of the waste but while the decisions on the waste management are pending, the material has been stored in centralized repositories. The recycling options of arsenic have also been studied. The EU Council Decision on acceptance of wastes on landfills (2003/33/EY), implemented in Finland in March 23<sup>rd</sup>, 2006 and to be adopted after September 1<sup>st</sup>, 2006 certainly affects the management of CCA-waste. The pending renewal of the Arsenic Directive may also affect the final decisions on the management of CCA-containing waste wood. Additional important regulations which may affect the future waste management practices include the regulations for classification of wastes (see Table I).

Table I. The policy instruments identified as the most important in the management of environmental arsenic.

<b>Instrument</b>	<b>Basis</b>
Arsenic Directive	CCA- treated wood waste
Act on the use of fertilizers	Ashes (basis not clearly stated)
Act on the use of secondary aggregates in earth construction	Ashes (mainly protection of groundwater quality)
Regulations concerning landfill disposal and acceptance of wastes on landfills	Ashes, contaminated sites (mainly protection of groundwater quality)
Environmental permit and notification procedures	Mining areas and waste treatments sites, contaminated sites (all environmental risks covered)
Soil guideline values for the assessment of contamination level and treatment of contaminated soil	Contaminated sites (ecological and health risks)
Water Framework Directive and the pending directive on the protection of groundwater resources	Quality of surface waters and ground waters (ecological and health risks)
Drinking water directive and the national acts on concerning drinking water quality and quality control	Quality of household water (health risks)

The most important policy and regulatory instruments comprise the environmental permit and notification process and the practices for the management of water quality. In the management of ground water quality, the most important provisions include the prohibition of polluting ground water (Environmental Protection Act). Protection plans for aquifers also serve as an important risk management tool. The quality of household water is strongly regulated by the drinking water directive and the act on water quality and quality control issued by the Ministry of Social Affairs and Health.

Several changes in the regulations and guidelines relevant in the risk management of arsenic are ongoing. It is difficult to predict the significance and effects of these changes. For example, in the future the arsenic levels in the environment and in wastes will be compared with the recent and pending composition and solubility standards issued for contaminated soil and wastes. The environmental standards issued for wastes to be disposed on landfills will be adapted also in the case of assessment of risks associated with recycling of wastes in fertilizers and earth construction. Guidance for the interpretation and application of the new regulations is also under preparation.

At national level, arsenic has not been identified as a priority substance in the management of water resources. Moreover, in the Pirkanmaa region, arsenic has not been considered as a significant contaminant in the protection of surface water resources. The future ground water directive assumes that chemical quality criteria are issued at national level. It is most probable that the significance of arsenic will be evaluated in this context equivalent to the procedure used in the assigning of priority substances in surface water protection.

### **Focus of the present risk management actions**

Overall, the risk management of arsenic has more or less focused on health risks while ecological aspects have been seldom considered. This is mainly due to the fact that arsenic is a known carcinogen. For the risk management, several criteria, i.e. guidelines and standards, have been issued (Table 2). The starting point, methods of definition and objectives of these criteria vary.

In the context of health risks, the assuring of drinking water quality has been the main goal. For this purpose different strategic plans, policy and administrative instruments and technical methods have been developed around the world. In Finland, too, the main focus in risk management has been on the elimination of health risks associated with drinking water intake. For this purpose, the drinking water standard 10µg/L of As issued by WHO and the European Union Water Framework Directive (WFD) has been implemented.

In the regulations and guidelines concerning recycling of wastes (fertilizers, residues to be used in earth construction), the environmental standards are originally based on criteria issued for wastes disposed on landfills (implemented by the Council of State Decree, VNA 202/2006). These regulations include composition and solubility standards for arsenic. The main starting point of these standards has been the protection of groundwater from harmful leachates.

Ecological risks form the main basis of the soil guideline values of arsenic which are included in the pending Council of State Decree on the assessment of contamination level and remediation need of a contaminated site. Here, the guideline values are based on the internationally reported toxicity benchmarks on soil and terrestrial biota (plants, earthworm). Although it is known that arsenic does not accumulate in living organisms in a significant extent, the data on long term terrestrial toxicity in particular, is very limited. Moreover, the ecological effects caused by the non-anthropogenic arsenic concentrations are unknown. In the derivation of the soil guideline values, it was assumed that the organisms adapt to such high naturally occurring concentrations and consequently, no signifi-

cant adverse effects on terrestrial ecosystems are expected. When considering the remediation need, high natural arsenic concentrations alone should not lead to remediation liabilities. The liability may, however, come true in the case of human actions which affect the realization of risks by, e.g. changing the toxicity or transport potential of arsenic.

In Finland, no quality standards for the concentration of arsenic in surface water and ground water exist at national level. Furthermore, the EY directive on air quality has not yet been implemented. Guidelines for the dredged sediments based on ecological risks have been issued but since these cover sea ecosystems only, they are not applicable in the inland waters of the Pirkanmaa region.

Table 2. Summary of the most important Finnish guidelines, standards and other benchmarks used in the risk management of arsenic. GLV = guideline value; LV = limit value; SS = solubility standard; L/S = liquid/solid –ratio; CS = composition standard.

Medium	Benchmark	Notice
<b>Domestic water</b>	10 µg/L	Effective from January 1 <sup>st</sup> , 1995.
<b>Wash waters (food production)</b>	20 µg/L	No contact with food nor use as drinking water allowed.
<b>Soil</b>	GLV 10 mg/kg LV 50 mg/kg  Lower GLV 50 mg/kg / upper GLV 100 mg/kg	Recommendation, benchmarks dating from 1994 Updated benchmarks, issued in the Council of State Decree (draft on February 2 <sup>nd</sup> , 2006)
<b>Sediment</b>	Level 1 15 mg/kg / Level 2 60 mg/kg	For the disposal of dredged sediments in sea (guideline, the Finnish Ministry of the Environment, 2004).
<b>Waste disposed on a landfill</b> - inert waste - non-hazardous waste - hazardous waste	SS 0.5 mg/kg (L/S = 10) SS 2 mg/kg (L/S = 10) SS 25 mg/kg (L/S = 10)	
<b>Waste recycled in earth construction</b>	CS 50 mg/kg, SS 0.5 mg/kg or 1.5 mg/kg  CS 60 mg/kg, SS 0.14 mg/kg or 0.85 mg/kg	Benchmarks for waste concrete and ashes (Council of State Decree, VNA 591/2006). Recommendation for all wastes (Finnish Environment Institute, 2000) Higher SSs refer to paved structures.
<b>Animal feed</b>	2 mg/kg or 4 mg/kg, in some cases 40 mg/kg	For some feeds the higher concentration shown is allowed.
<b>Fertilizers, soil amendments, compost products</b>	10 mg/kg or 50 mg/kg	Depends on the application. Renewal of the regulations is ongoing.
<b>Air, workplace</b>	0,01 mg/m <sup>3</sup>	Issued by the Decree of the Ministry of Social Affairs and Health, 2005.

## Arsenic removal and treatment techniques

In general, the treatment of arsenic containing wastes, soil, water, and other media is difficult and challenging since arsenic tends to alter its chemical speciation when environmental conditions are changed. When the speciation is changed, the toxicity and mobility also change. Arsenic tends to form rather stable chemical compounds with some iron species. Therefore, iron has been used extensively in the treatment of different media contaminated with arsenic. The availability and low costs of ferric compounds have also affected the prevalence of removal and treatment techniques based on iron. The activated aluminium formerly used in the filters for the purification of tap water in single households has also been partly replaced with ferric compounds. In Finland, membrane filters are also available for the same purpose. Since arsenic is normally not a problem in waterworks, there has been no need for its removal from raw water in a large scale. At contaminated sites, oxidation and chemical precipitation have been used for the treatment of water containing arsenic. Different filters and equipment based on electric ion exchange and reverse osmosis are also available for the treatment of leachates from landfills.

In soil remediation, landfill disposal has been the most common method. In the landfills, soil is either disposed as waste or used in the different structures or daily cover. Occasionally, soil has been pre-treated by stabilization. In some cases, isolation *in situ* has been used at contaminated sites. Other possible *in situ* techniques have not been applied yet.

At contaminated sites generated by human activities, arsenic is never the only relevant contaminant to manage. Arsenic is found simultaneously with other contaminants and often it is not the most critical element to be considered in the selection of remediation methods. In fact in Finland, arsenic has not been an insuperable problem in the remediation of contaminated sites. It seems that the terms set in environmental permits for the treatment of soil contaminated by arsenic have been fulfilled in previous remediation projects. On the other hand, in Finland the history of soil treatment is rather short, e.g. the oldest stabilizations date back to 10 to 15 years. Our interviews targeted to the representatives of some Finnish companies offering planning and realization of remediation projects showed that there is interest on studying the feasibility of *in situ* stabilization in Finnish conditions. An overview of the remediation methods available in Finland is presented in Table 3.

At mining sites, the acidic waste waters and sediments containing arsenic make a challenge when remediation is to be carried out. Since there are no references available in Finland, the projects carried out in other countries need to be studied. So far, arsenic has been only monitored at the range of Finnish mines and some plants processing metals.

The development of methods for the extraction of valuable elements from different residues is ongoing. The purpose of these studies is to find means to recover those substances which might have a market and could be reused as a raw material. In the case of arsenic, it is doubtful that such techniques could provide a solution since its use in chemicals and products is very restricted. Due to the Arsenic Directive, the market and e.g., the use in preservatives will be concentrated in other than EU countries.

Table 3. Remediation of contaminated sites: summary of the remediation methods suitable for arsenic and studied and used in Finland.

Method	Experience	Notice
<b>Stabilization</b>	Several reference projects based on the use of mobile treatment units or soil excavation and treatment off site. No experiences on <i>in situ</i> stabilization.	Although arsenic compounds are difficult to stabilize the conditions set in environmental permits have been fulfilled.
<b>Isolation / encapsulation</b>	A couple of reference projects including arsenic.	
<b>Landfill disposal</b>	Normally, soil has not been treated when disposed on a landfill (if acceptable).	Used extensively in structures on landfills which have to be closed since they do not fulfill the EU criteria set for different landfills.
<b>Soil washing or wet separation</b>	A few equipment and reference projects exist, not used at sites contaminated by CCA.	Technical restrictions exist, most suitable for sandy soil or gravel which can be recycled. The residues often require treatment.
<b>Incineration</b>	An experimental project for CCA wood has been run in a plant for treatment of hazardous waste. One company offers a mobile unit for the treatment of contaminated soil.	Arsenic is partly volatilized. Consequently, the flue gases must be treated.
<b>Treatment of landfill leachates</b>	Different filters, equipment based on electric ion exchange and reverse osmosis are available. A few reference projects exist.	
<b>Pump-and-treat (groundwater)</b>	A few reference projects exist. E.g., oxidation and chemical precipitation have been used as treatment techniques.	
<b>Reactive walls</b>	No references for arsenic exist. Two experimental projects for the remediation of sites contaminated by solvents exist.	Method is based on adsorption of contaminants to a suitable adsorbing material.
<b>Microbiological methods:</b> e.g., sulfidization or reduction of iron	One environmental permit (in 2005) exists for the sulfidization of sediment containing As.	Microbiological methods are normally used alongside with other methods e.g., oxidation $\text{As(III)} \Rightarrow \text{As(V)}$ .
<b>Electrochemical methods</b> e.g., electrokinetics, electric coagulation, electrolytic ion exchange	Methods have been studied in the treatment of various metals, arsenic not included yet. Electronic migration of arsenic has been reported to be rather slow.	Electrochemical methods are normally used alongside with other techniques. Could be suitable for the treatment of heavily contaminated waste waters, e.g., the volume of sludge generated could be reduced.
<b>Phytoremediation</b>	Some preliminary studies have been carried out. The results are not very promising. No full-scale remediation projects exist.	Environmental conditions (e.g., climate, soil) has to be suitable for the hyperaccumulator. The Finnish conditions are unsuitable for the known arsenic hyperaccumulator, brake fern



## **Other risk management tools**

Since in the Pirkanmaa region, the elevated concentrations of arsenic are focused on drilled wells, arsenic is not a problem for the public water supply. In the monitoring studies at waterworks, the concentration has been below the quality standards for domestic water. Therefore, entry into the public water supply would be an efficient way to secure clean drinking water supply. Regionally, these actions could be financially supported. In Pirkanmaa, a target has been set to develop the water system in such way that till 2020 92 % of all households will be joined in the public water supply.

In addition to the financial support targeted to water supply systems, it is possible to channel funds to remediation of contaminated sites prioritized on the basis of risks to the environment. These sites could include the former CCA-treatment plants and old mining areas which have been closed prior to the legislative obligation to present plans on the landscaping of the area. Funds could be directed through branch-specific trusts.

Except in the case of drinking water supply, the management of arsenic risks by informational instruments, e.g. registries, education, guidance etc., is still scattered in Finland. The municipal health officers follow the orders and instructions on the quality control of domestic water issued by the Ministry of Social Affairs and Health. However, the information on the concentration and spatial distribution of arsenic in well waters have systematically compiled only in some municipalities. The information on the technical and other solutions suitable for the removal of arsenic for obtaining arsenic-free domestic water are available, e.g. in the internet pages of the Finnish environmental administration, among others.

It would be useful to put together the available data on the sources, emissions, risks and effects of arsenic in the Finnish environment and present these as a freely available internet-based portal. The environmental authorities also need information on the suitability of the technical means to diminish and eliminate the risks. At least at the Pirkanmaa study area, this data was quite dispersed and not readily available. The national VAHTI register, in which data is collected on the environmental load of industrial activities, contained very little information on the wastes containing arsenic. On the contrary, the data on the emissions to air and water systems has been collected more systematically in this register. In the case of old mining areas, the data available was overall very limited.

## **Conclusions and future prospects**

Several instruments and tools are available for the management of risks associated with environmental arsenic. In the overall management of the arsenic flows, in addition to environmental standards, different quality standards for products and raw materials are also important.

At the next stage of the project, the risk management actions and the alternative risk management strategies feasible and suitable for the Pirkanmaa region will be determined. Hence, the future study will be more focused on the risk management at regional and local level. This risk management might mean focusing on the contaminated sites of a specific type, water systems, domestic water or food items. The planning of risk management strategies presumes data on the most significant risk factors, e.g. sources, receptors, as well as the magnitude and spatial and time distribution of the risks on the Pirkanmaa study area. This data is produced within another task of the RAMAS – project.

In practice, in the management of environmental risks associated with arsenic the regional environmental centres have an important role since they are responsible for, e.g.

- the realization of the Water Framework Directive,
- authorizing and supervising the industrial and other activities causing emissions to the environment,
- organizing environmental monitoring and maintaining registers,
- increasing the awareness of environmental issues (e.g., education of municipal authorities),
- the consideration of risk management in land use planning (e.g., providing data for the provincial land use plan and master plan).

In the future, the role of different actors in the risk management has to be defined in detail in cooperation with the regional and municipal authorities. Therefore, some experts and authorities involved in the management of the water supply system, in the management of contaminated sites, and in waste management in Pirkanmaa will be interviewed. It is important to have a clear understanding of the responsibilities and tasks of different actors involved since it is possible that the actual risk management actions to be realized in Pirkanmaa extend to cover the spheres of authority of several actors.

## APPENDIX 1

Table I. The most important environmental regulations concerning the acceptance and quality control of the products and raw materials containing arsenic

Regulation	Implementation in Finland	Notice
<p><b>Animal feed:</b> Commission Directive <b>2003/57/EC</b> of 17 June 2003 amending Directive 2002/ 32/EC of the European Parliament and of the Council on undesirable substances in animal feed, Commission Directive <b>2003/100/EC</b> of 31 October 2003 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council on undesirable substances in animal feed</p> <p><b>Additives in feed:</b> Commission Directive <b>2001/79/EC</b> of 17 September 2001 amending Council Directive 87/153/EEC fixing guidelines for the assessment of additives in animal nutrition</p>	<p>Decree of the Ministry of Agriculture and Forestry on organizing the control of feed (<b>3/2006</b>) and Decree on harmful substances, products and organisms in animal feed (<b>2/2006</b>).</p> <p>Decree of the Ministry of Agriculture and Forestry (<b>42/2002</b>) on the environmental impact of animal feed.</p>	<p>The highest arsenic content in feed is given, the concentration is monitored.</p> <p>Some additives containing arsenic compounds accepted in other countries have not been accepted in Finland.</p>
<p><b>Fertilizers:</b> Regulation <b>2003/2003/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 relating to fertilizers</p>	<p>Finnish Act on fertilizers (<b>232/1993</b>), Governmental proposition for the Parliament of a new act on fertilizer products (HE/2005 vp)</p>	<p>Maximum concentration of arsenic in materials used for soil improvement and compost products and fertilized breeding beds. Has not been applied for wood and peat ash, and materials used for public greeneries and land-</p>

	Decision of the Ministry of Agriculture and Forestry on some fertilizer products 1994: appendix 2 quality criteria (a new decree is pending)	scaping. Changes to maximum concentration of arsenic and applications are pending.
<b>Sewage sludge:</b> Council Directive <b>86/278/EEC</b> of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture	Government resolution on the use of sewage sludge in agriculture ( <b>282/1994</b> )	Directive (86/278) does not assume monitoring of arsenic. Changes to Finnish legislation are pending (maximum concentration of arsenic and applications).
<b>Arsenic Directive:</b> Commission Directive <b>2003/2/EC</b> of 6 January 2003 relating to restrictions on the marketing and use of arsenic (tenth adaptation to technical progress to Council Directive 76/769/EEC)	Government Decree on wood treated with arsenic compound and products containing arsenic, mercury compound and dibutyltinhydrogenborate and marketing and restricting the use of products containing these ( <b>440/2003</b> ), entered into force 30 <sup>th</sup> June, 2004. A guidebook is in preparation.	These regulations further restrict and ban the use of chemicals containing arsenic as well as restrict the use of wood containing arsenic to specific applications and to professional use. E.g., the use in residential areas and other areas where repeated dermal contact is possible is prohibited.
<b>Other legislation on chemicals:</b>  Council Directive <b>67/548/EEC</b> of 27 June 1967 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the <b>classification, packaging and labelling</b> of dangerous substances.  Council Regulation <b>793/93/EEC</b> of 23 March 1993 on the <b>evaluation and control of the risks</b> of existing substances.  Council Directive <b>91/414/EEC</b> of 15 July 1991 concerning the placing of <b>plant protection products</b> on the market.  Directive <b>98/8/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 16 February 1998 concerning the placing of <b>biocidal products</b> on the market.  Proposed EU regulatory framework for the Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals ( <b>REACH</b> ) on 29 October 2003 ( <b>COM(03) 644</b> ).	Chemicals Act ( <b>744/1989</b> ) and Chemicals Decree ( <b>675/1993</b> )  Decree of the Ministry of Social Affairs and Health on the list of hazardous substances ( <b>509/2005</b> )  Act on pesticides ( <b>327/1969</b> ) Decree on pesticides ( <b>792/1995</b> )            REACH will be implemented in Finland as such.	Arsenic containing chemicals used in agriculture and preservatives have been removed efficiently from the market already in 1960s'.  Arsenic and arsenic compounds have been classified on the basis of harmful properties.

Table II. The most important environmental regulations concerning the risk management of polluting activities.

Regulation	Implementation in Finland	Notice
<p>Council Directive <b>96/61/EC</b> of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control (<b>IPPC</b>).</p> <p>Commission Decision on the implementation of a European pollutant emission register (<b>2000/479/EC, EPER</b>) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC.</p>	<p>Environmental Protection Act (<b>YSL 86/2000</b>) and Environmental Protection Decree (<b>YSA169/2000</b>, changes are pending, considering among other things, the list of substances under permission procedure).</p>	<p>Arsenic and its compounds are mentioned in the appendix III of the IPPC directive (in some cases emissions to air and water need to be restricted and monitored).</p> <p>Finland reports the data concerning plants regulated by IPPC-directive in the coming E-PRTR register on the basis of benchmarks. The decision is included in the Kiova memo in Århus convention. The data are collected from the Finnish VAHTI register.</p>
<p><b>Waste water treatment and waste management:</b></p> <p>Council Directive <b>91/271/EEC</b> of 21 May 1991 concerning <b>urban waste water</b> treatment.</p> <p>Council Directive <b>1999/31/EC</b> of 26 April 1999 on the <b>landfill</b> of waste</p> <p><b>2003/33/EC:</b> Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the <b>acceptance of waste at landfills</b> pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC</p> <p>Directive <b>2000/76/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the <b>incineration</b> of waste.</p>	<p>Waste Act (<b>1072/1993</b>) and Waste Decree (<b>1390/1993</b> and change <b>1128/2001</b> on interpretation concerning hazardous waste, appendix 4 A).</p> <p>Decree of the Ministry of the Environment on the <b>list of the most common wastes and hazardous wastes (1129/2001)</b>.</p> <p>Government Decree on <b>landfills (202/2006)</b>.</p> <p>Government Decree on the use of some <b>wastes in earth construction (591/2006)</b>.</p> <p>Government Decree on the <b>incineration</b> of waste (<b>362/2003</b>).</p>	<p>For monitoring the ground water quality, arsenic has been recommended as one of the variables e.g., in the monitoring programmes in landfills.</p> <p>2003/33/EC and Finnish Decree 202/2006 include solubility standards for accepting wastes to different landfills. The Finnish standards issued for some wastes used in earth construction or as fertilizers are based on these solubility standards.</p> <p>Combustion of wood treated with the CCA impregnant is regulated by 2000/76/EC and in Finland, Decree 362/2003.</p>
	<p>Government Decree on the assessment of <b>pollution level and remediation need of soil</b> is pending.</p> <p>Instructions of the Ministry of the Environment concerning <b>dredged sediments</b> (19<sup>th</sup> May, 2004).</p>	<p>The Decree will include guideline values for arsenic.</p> <p>The instructions include quality standards for arsenic.</p>

Table III. The most important environmental regulations concerning the controlling of the quality of the environment (water, air).

Regulation	Implementation in Finland	Notice
<p>Directive <b>2000/60/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a <b>framework for Community action in the field of water policy</b> repeals the following directives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (2007) Council Directive 75/440/EEC of 16 June 1975 concerning the quality required of surface water intended for the abstraction of drinking water in the Member States</li> <li>• (2013) Council Directive 76/464/EEC of 4 May 1976 on pollution caused by certain dangerous substances discharged into the aquatic environment of the Community</li> <li>• (2013) Council Directive 86/280/EEC of 12 June 1986 on limit values and quality objectives for discharges of certain dangerous substances included in List I of the Annex to Directive 76/464/EEC</li> <li>• (2013) Council Directive 80/68/EEC of 17 December 1979 on the protection of groundwater against pollution caused by certain dangerous substances</li> </ul> <p>Decision No <b>2455/2001/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 20 November 2001 establishing the <b>list of priority substances</b> in the field of water policy and amending Directive 2000/60/EC (Text with EEA relevance)</p>	<p>Act on the organization of River Basin Management (<b>1299/2004</b>) and Decree on River Basin Districts (<b>1303/2004</b>).</p> <p>Guidebook on groundwater issues and Water Framework Directive (Ministry of the Environment, 29<sup>th</sup> October, 2004).</p> <p>Legislation on the list of national priority substances is under preparation.</p>	<p>Arsenic is included in the directive on hazardous substances (76/464/EEC).</p> <p>Arsenic is mentioned as a significant contaminant in appendix VIII of the Water Framework Directive (2000/60/EC).</p> <p>Arsenic does not belong to the first list of priority substances defined by EC (<b>2455/2001/EC</b>), neither does it belong to the national list of proposed priority substances.</p>
<p>Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the <b>protection of groundwater</b> against pollution /* <b>COM/2003/0550 final - COD 2003/0210 */</b></p>		<p>Arsenic is included in the list of substances which should be considered when issuing national limit values on the basis of article 3.</p>

<p>Council Directive <b>98/83/EC</b> of 3 November 1998 on the <b>quality of water intended for human consumption</b>.</p>	<p>Decrees of the Ministry of the Social Affairs and Health Relating to the Quality and Monitoring of Water Intended for Human consumption (<b>461/2000</b> and <b>401/2001</b>).</p> <p>Decree of the Ministry of Agriculture and Forestry for the food production on the assurance of food quality (<b>16<sup>th</sup> February, 2006</b>).</p>	<p>Quality standards include maximum concentration of arsenic according to recommendations issued by WHO, includes requirements for monitoring and reporting.</p> <p>In the Decree of the Ministry of Agriculture and Forestry, the maximum concentration of arsenic in wash waters have been issued.</p>
<p>Council Directive <b>76/160/EEC</b> of 8 December 1975 concerning the <b>quality of bathing water</b>. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning the quality of bathing water /* <b>COM/2002/0581 final - COD 2002/0254 */</b></p>	<p>Decisions given by the Ministry of the Social Affairs and Health.</p>	<p>The old directive presumes determination of arsenic concentration, if its existence is doubtful. This requirement will be removed from the future regulations.</p>
<p>Council Directive <b>96/62/EC</b> of 27 September 1996 on <b>ambient air quality assessment and management</b>.</p> <p>Directive <b>2004/107/EC</b> of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 <b>relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air</b></p> <p><b>Proposal</b> for a Directive of the European Parliament and of the Council on <b>ambient air quality and cleaner air</b> for Europe (presented by the Commission) (<b>COM/2005/447</b>)</p> <p>Council Directive <b>98/24/EC</b> of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the <b>risks related to chemical agents at work</b> (Individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC, "the Working Environment Framework Directive")</p>	<p>Government Decree on the quality of ambient air (<b>711/2001</b>). Implementation of the Ambient Air Quality directives partly ongoing.</p> <p>The Decree of the Ministry of the Social Affairs and Health on Concentrations Known to be Hazardous (<b>109/2005</b>)</p>	<p>A target concentration for arsenic in ambient (outdoor) air has been issued (2004/107/EC, Appendix D).</p> <p>Maximum allowable concentrations in workplace air is given.</p>

## KIRJALLISUUS

**Aitio, A., Hakala, E. ja Pyy, L., 1996.** Arsenic. in Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace. Guidelines, Volume 2. WHO. Geneva. s. 18-34.

**Alaerts, G.J., Khouri, N. ja Kabir, B., 2001.** Chapter 8. Strategies to mitigate arsenic contamination of water supply. United Nations Synthesis Report on Arsenic in Drinking Water Developed on behalf of the United Nations Administrative Committee on Cooperation Sub-Committee on Water Resources, with active participation of UNICEF, UNIDO, IAEA and the World Bank. Inputs and revision by G. Keast. The World Bank. Washington DC, USA.. [[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/arsenic3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/arsenic3/en/)], viitattu 28.6.2006]

**Alanko, K. ja Järvinen, K., 2001.** Pilaantuneen maa-alueen kunnostuksen yleissuunnitelma. Ympäristöopas 83. ISBN 952-11-0839-8. ISSN 1238-8602. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 77 s.

**Assmuth, T., 1996.** Saastuneiden alueiden pitoisuusrajat ja muut kvantitatiiviset riskinhallintakriteerit. Ympäristö ja Terveys –lehti 3-4/1996. 43-52.

**Assmuth, T., 1997.** Selvitys ja ehdotuksia ympäristövaarallisten aineiden pitoisuuksien ohjearvoista maaperässä : tiedolliset perusteet, määrittelyperiaatteet, soveltaminen, kehittäminen. Suomen ympäristökeskuksen moniste 92. Helsinki. 56 s.

**Assmuth, T., Poutanen, H., Strandberg, T., Melanen, N., Penttilä, S. ja Kalevi, K., 1990.** Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset - riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 67.

**Assmuth, T. ja Jalonen, P., 2005.** Risks and management of dioxin-like compounds in Baltic Sea fish. TemaNord 2005:568. 376 s. (Kuva 26, s. 297).

**Backman, B., Hiisvirta, L., Ilmasti, M. ja Lahermo, P., 1994.** Arseenin ja muiden raskasmetallien sekä näihin liittyvien anionien esiintyminen porakaivoissa. Summary: Occurrence of arsenic, other heavy metals and associated anions in drilled wells. Report 1.10.1994 Geological Survey of Finland. Espoo. 36 s.

**Backman, B. ja Loukola-Ruskeeniemi, K., 2005.** Arsenia kaivoveteen kallioperästä. Ympäristö ja Terveys-lehti 10:2005. 66-69.

**Backman, B., Luoma, S., Ruskeeniemi, T., Karttunen, V., Talikka, M. ja Kaija, J., 2006.** Natural Occurrence of Arsenic in the Pirkanmaa region of Finland. Geological Survey of Finland, Ramas-project serial publication. 88 s.

**Blinnikka, P., 2004.** Pirkanmaan jätesuunnitelma. Jätealan tavoiteohjelma vuosiin 2005 ja 2010. Alueelliset ympäristöjulkaisut 335, 85 s. ISBN 952-11-1612-9 (nid.), 952-11-1613-7 (pdf) [<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=15156&lan=fi>], viitattu 30.6.2006]

**Bowell, R. ja Parshley, J., 2003.** Arsenic Cycling in the Mining Environment. In U.S.EPA Workshop on Managing Arsenic Risks to the Environment: Characterization of Waste, Chemistry, and Treatment and Disposal: Proceedings and Summary Report. [<http://www.epa.gov/ttbnrml/ArsenicPres/89.pdf>], viitattu 28.6.2006]

**EA.UK, 2002.** Contaminants in Soil: Collation of Toxicological Data and Intake Values for Humans. Arsenic. [<http://www.environment-agency.gov.uk/>], viitattu 19.4.2006]

**ECB, 2003.** Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances and Commission Regulation (EC). No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances. Part II. Office for official publications of the European communities, L – 2985. Luxembourg. 328 s.

**EVI (Elintarvikevirasto), 2002.** Riskiraportti – Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Valvonta-oppas-sarja 2/2002. ISBN 951-732-163-5 (pdf). ISSN 1459-0204 (pdf). Helsinki. 68 s.

**EVI, EELA ja MMM, 2004.** Eläimistä saatavien elintarvikkeiden vierasainetutkimukset 2004. EVI-EELA-MMM julkaisu 1/2005. ISSN 1455-3139. ISBN 951-732-233-X. ISSN (pdf) 1459-6814. ISBN (pdf) 951-732-234-8. Edita Prima. Helsinki. 74 s.

**Fiedler, L., 2003.** Arsenic Hazardous and Remediation Waste: Sources and Treatment. In U.S.EPA Workshop on Managing Arsenic Risks to the Environment: Characterization of Waste, Chemistry, and Treatment and Disposal: Proceedings and Summary Report. EPA 625/R-03/010. National Risk Management Research Laboratory. pages 14-16.

**Gustafsson, J., 2005.** Pohjavedet. Raportissa Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005 –toteutumisen arviointi vuoteen 2003 asti. (toim.) Jorma Leivonen. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 811. Helsinki 2005. s. 43-50. ISBN 952-11-2138-6 (pdf).

**Gustafsson, J., Kinnunen, T., Kivimäki A-L. ja Suomela, T., 2006.** Taustaselvitys Osa V Pohjavesien suojele. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristökeskus. Luonnos 11.4.2006. 38 s. + liite.

**Gruiz, K., Vaszita, E., Siki, Z., 2005.** Environmental Risk Management of Mining Sites with Diffuse Pollution. In ConSoil 2005 Proceedings. Sivut 2565-2575. [9th International FZK/TNO Conference on Soil / Water-Systems in cooperation with BRGM, [www.consoil.de](http://www.consoil.de)]

**Hakala, E. 2005.** Arseeni. Teoksessa Kemikaalit ja työ. Selvitys työympäristön riskeistä. Työterveyslaitos, Helsinki 2005. Sivut 64-69. ISBN 951-802-636-X. ISBN 951-802-645-9 (pdf).

**Heikkinen, P.M. ja Noras, P. (toim.), 2005.** Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Espoo. 125 s.

**International Programme of Chemical Safety (IPCS), 2001.** Arsenic and Arsenic compounds (second edition). Environmental Health Criteria 224. WHO. 257 s.  
[<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc224.htm> , viitattu 28.6.2006]

**Ipsen, Sven-Olaf., Gerth, Joachim. ja Föstner, Ulrich., 2005.** Identifying and Testing Materials for Arsenic Removal by Permeable Reactive Barriers. In ConSoil 2005 Proceedings. Sivut 1815-1817. [9th International FZK/TNO Conference on Soil / Water-Systems in cooperation with BRGM, [www.consoil.de](http://www.consoil.de).]

**Isomäki, E., 2006.** Pienet pohjavesilaitokset Suomessa. Vesitalous 3/2006. 11-15.

**Jaakkonen, S., 2005.** Pilaantuneen maan ympäristölupapäätökset vuonna 2004. Julkaisematon koostetut-lukko ympäristölupapäätösten sisällöstä (aluekeskus, kunta, diaarinumero, päätöspäivämäärä, haitta-aineet, toimiala, pilaantumisen aiheuttanut toiminta). Suomen ympäristökeskus 2005.

**Jaakkonen, S. ja Sorvari, J., 2006.** Metsätaimatarhoilla käytettyjen torjunta-aineiden ympäristövaikutukset ja riskinarviointi. Suomen ympäristö 819. ISBN 952-11-2185-8. ISSN 1238-7312. ISBN 952-11-2186-6 (pdf). Uudenmaan ympäristökeskus. Edita Prima Oy. Helsinki.

**Jacquemin, P., Boisson, J., Ruttens, A., Pottecher, G., Vangronsveld, J. ja Arguillat, M., 2005.** Salsigne: The Restoration of a Former Arsenic Polluted Gold Mine. In ConSoil 2005 Proceedings. Sivut 2546-2555. [9th International FZK/TNO Conference on Soil / Water-Systems in cooperation with BRGM, [www.consoil.de](http://www.consoil.de)]



**Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2006.** Suomen kaivannaisteollisuus. Taustamuistio 2.6. hallituksen ilta-kouluun 8.2.2006: ”Valtiovallan linjaukset Suomen kaivannaisteollisuuden edistämiseksi”. 26 s. [<http://www.ktm.fi/index.phtml?s=1634> , viitattu 28.6.2006].

**Kinniburgh, D.G ja Smedley, P.L (toim.), 2001.** Chapter 2. Arsenic in groundwaters across the world in Arsenic contamination of groundwater in Bangladesh. Vol 2: Final Report. BGS Technical Report WC/00/19, Volume 2. Government of the People’s Republic of Bangladesh. British Geological Survey. ISBN 0 85272 384 9.

**Korttinen, M. ja Liukkonen, T., 1996.** Yhteenveto työntekijöiden altistumisesta CCA/CC-suolakyllästeille. Lappeenrannan aluetyöterveyslaitos. 13 s. Julkaisematon muistio 10.4.1996.

**KTTK, 2006.** Kasvintorjunnan tarkastuskeskukselta saatu tieto arseenipitoisista torjunta-aineista Suomessa. [sähköposti 8.2.2006].

**Kujala-Räty, K., Hiisvirta, L., Kaukonen, M., Liponkoski, M. ja Sipilä, A., 2001.** Talousveden laatu Suomessa vuonna 1996. Suomen ympäristö 181. 2. korjattu painos. ISBN 952-11-0239-X. ISSN 1238-7312. STM, MMM, YM, SYKE. Helsinki 2001.

**Kumpiainen, J., 2005.** Assessment of Trace Element Stabilization in Soil. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology. 2005:38. ISSN 1402-1544. ISRN LTU-DT-05/38—SE.

**Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. ja Suomela, P., 2002.** Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Summary: One thousand wells-the physical-chemical quality of Finnish well waters in 1999. Report of Investigation 155. Geologian Tutkimuskeskus. Espoo. 92 s.

**Lahermo, P., Väisänen, P., Tarvainen, T. ja Salminen, R., 1996.** Geochemical atlas of Finland, Part 3: Environmental geochemistry – stream waters and sediments. Geological Survey of Finland. Espoo. ISBN 951-690-678-8.

**Lehto, O., Järvinen, H-L., Breilin, O., Dahlbo, K., Nevalainen, J. ja Dahlbo, H., 1998.** Mallisuunnitelma suolakyllästämisalueen maaperän tutkimiseen ja kunnostamiseen. Suomen ympäristö 245. ISBN 952-11-0342-6. Suomen ympäristökeskus. Tampere. 180 s.

**Lempäälän vesihuollon kehittämissuunnitelma, 2003.** Hämeen ammattikorkeakoulu, Lempäälän kunta ja Pirkanmaan ympäristökeskus. 36 s. [mallisuunnitelma internet-sivuilla [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > [Pirkanmaa](#) > [Vesivarojen käyttö](#) > [Vesihuolto](#) > [Kuntien vesihuollon ...](#) > Lempäälän vesihuollon kehittämissuunnitelma, viitattu 28.6.2006].

**Londesborough, S., 2003.** Proposal for a Selection of National Priority Substances. Fulfilling the Requirements Set by the Dangerous Substances Directive (76/464/EEC) and the Water Framework Directive (2000/60/EC). The Finnish Environment 622. Finnish Environment Institute. ISBN 952-11-1387-1 (pdf). Helsinki 2003. 80 s.

**Londesborough, S., 2005.** Vesiympäristölle haitalliset ja vaaralliset aineet pintavesissä. Ympäristöministeriön moniste 159. Ympäristöministeriö. Helsinki. 202 s.

**Londesborough, Susan; Holm, Kenneth; Jaakkonen, Satu; Jokela, Sinikka; Kallio-Mannila, Kaija; Mannio, Jaakko; Mehtonen, Jukka; Nikunen, Esa; Pyy, Outi; Siimes, Katri; Silvo, Kimmo ja Verta, Matti. 2006.** Taustaselvitys Osa III Haitallisista aineista aiheutuvan kuormituksen vähentäminen. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristökeskus. Luonnos 10.5.2005. 40 s.

**Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P. (toim.), 2004.** Arseni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Arsenic in Finland: Distribution, Environmental Impacts and Risks. ISBN 951-690-886-1. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 173 s.

- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, 2000.** Boliden Kokkola Oy:n sinkkitehtaan toimintaa koskeva ympäristölupa, 5.10.2000. Dnro 0899Y0035-111.
- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, 2005.** Lupapäätös Nro 70/2005/3. Infjärden –järven kunnostaminen, sedimentin käsittely sulfaatinpelkistäjäbakteerien avulla, 23.6.2005, Vaasa. Luvan hakija Kemira Oyj.
- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, 2005.** Lupapäätös Nro 37/2005/1 koskien Boliden Harjavalta Oy:n Porin kuparielektrolyysin toiminnan jatkamista ja laajentamista, 30.9.2005. Luvan hakija Boliden Harjavalta Oy Porin kuparielektrolyysi.
- Länsi-Suomen ympäristölupavirasto, 2006.** Lupapäätös 1/2006/2 koskien Polar Mining Oy:n Oriveden kaivoksen toimintaa, 24.2.2006.. 48 s.
- Melanen, M., Ekqvist, M., Mukherjee, Arun B., Aunela-Tapola, L., Verta, M., ja Salmikangas, T., 1999.** Raskasmetallien päästöt ilmaan Suomessa 1990-luvulla. Suomen ympäristö 329. ISBN 952-11-0530-5. ISSN 1238-7312. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 86 s.
- Moilanen, M., Fritze, H., Nieminen, M., Piirainen, S., Issakainen, J. ja Piispanen, J., 2006.** Does wood ash application increase heavy metal accumulation in forest berries and mushrooms? Forest ecology and Management 226, 153-160.
- Molarius, R ja Poussa, L., 2002.** Merkittävät pohjaveden pilaantumistapaukset Suomessa 1975-2000. Suomen ympäristö nro 550, ympäristönsuojelu. Pirkanmaan ympäristökeskus. Tampere.
- Mondo Minerals Oy ja Jaakko Pöyry Infra/ PSV –Maa ja Vesi, 2005.** Sotkamon kaivoksen ja tehtaan laajentaminen. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 10 s.
- Mroueh, U-M., Mäkelä, E., Wahlström, M., Kauppila, J., Sorvari, J., Heikkinen, P., Salminen, R., Juvankoski, M. ja Tammirinne, M. [VTT, SYKE ja GTK], 2000.** Sivutuotteet maarakenteissa – Käyttökelpoisuuden osoittaminen. Teknologia katsaus 93/2000. TEKES. 48 sivua + 7 liitettä.
- Mroueh, U-M., Vahanne, P., Eskola, P., Pasanen, A., Wahlström, M., Mäkelä, E. ja Laaksonen, R., 2004.** Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta. VTT tiedotteita 2245. ISBN 951-38-6468-5. ISSN 1235-0605. ISBN 951-38-6469-3 (pdf). ISSN 1455-0865 (pdf). Dark Oy. Vantaa. 317 s.
- Mäkelä-Kurtto, R., Grék, K. ja Justén, A., 2005.** Valtakunnallisia teemakarttoja viljelymaiden hivenalkuaineista. In: Katri Siimes, Kirsi Makkonen, Janna Pietikäinen, Pasi Mattila, Sari Penttinen, Martti Esala (toim.). Maaperän vuorovaikutukset : III Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit. Pro Terra 22: p. 175-176. [<http://www.maaperä.fi/Dokumentit/proterra22net.pdf> , viitattu 30.6.2006]
- Mäkelä-Kurtto, R. ja Justén, A., 2005.** Maatilakohtaisia raskasmetallitaseita tutkitaan kansainvälisin menetelmin. Maaperän vuorovaikutukset : III Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit. Julkaisussa: Katri Siimes, Kirsi Makkonen, Janna Pietikäinen, Pasi Mattila, Sari Penttinen, Martti Esala (toim.). Pro Terra 22. 177-178. [<http://www.maaperä.fi/Dokumentit/proterra22net.pdf> , viitattu 28.6.2006]
- Mäkelä-Kurtto, R. ja Sippola, J., 2002.** Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. Agricultural and food science in Finland 11, 4: 273-284.
- Naumanen, P., Sorvari, J., Pyy, O., Rajala, P., Penttinen, R., Tiainen, J. ja Lindroos, S., 2002.** Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä : tutkimukset ja riskienhallinta. Suomen ympäristö 543. ISBN 952-11-1092-9, ISSN 1238-7312. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Joensuu. 282 s.
- Nikulainen, V. ja Kalevi, K. (toim.), 1997.** Saastuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. Ympäristöopas 17. ISBN 952-11-0582-8. ISSN 1238-8602. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 83 s.

**Nordic Council of Ministers, 1999.** Arsenic in Impregnated Wood. A Compilation of Data from Nordic Reviews. ISBN 92-893-0393-X. ISSN 0908-6692. TemaNord 1999:595. 82 s.

**Parkanon Voima Oy ja Enprima Oy, 2006.** Parkanon voimalaitoshanke. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. [www.pirken.fi/ParkanonVoimaYVA-ohjelma.pdf, viitattu 30.6.2006]

**Parviainen, A., Vaajasaari, K., Loukola-Ruskeeniemi, K., Kauppila, T., Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Tammenmaa, J. ja Hokkanen, T., 2006.** Anthropogenic Arsenic Sources in the Pirkanmaa Region in Finland. Geological Survey of Finland, RAMAS-project serial publication.

**Pelkonen R., Alfthan G. ja Järvinen O., 2006.** Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. Suomen ympäristö -sarja. Accepted for publication.

**Penttinen, R., 2001.** Maaperän ja pohjaveden kunnostus - yleisimpien menetelmien esittely. Suomen ympäristökeskuksen moniste 227 , 51 s. URN:ISBN:9521109432, ISBN 952-11-0943-2 (pdf). Julkaisu on saatavissa vain internetistä. ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)).

**Penttinen, R., Kallio-Mannila, K. ja Nikander, A., 2002.** Ravinnon tuotanto-olosuhteet ja turvallisuus - ympäristöongelmien vaikutukset Suomessa. Suomen ympäristö 568. ISSN 1238-7312. ISBN 952-11-1202-6 (pdf). Suomen ympäristökeskus. 145 s.

**Pensaert, S. ja Van de Velde, J., 2006.** Soil washing at the former CCA site Tranemo, Sweden. Tiivistelmä, hyväksytty tulevaan kongressiin Nordrocs, 20-21 September 2006, Malmö Sweden.

**Petänen, T., 2001.** Assessment of Bioavailable Concentrations and Toxicity of Arsenite and Mercury in Contaminated Soils and Sediments by Bacterial Biosensors. Academic Dissertation. Faculty of Science. University of Helsinki. Helsinki 2001. ISBN 952-10-0232-8 (pdf). ISSN 1239-9469.

**Pirkanmaan ympäristökeskus, 2006.** Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelma VAIHE II. Yleissuunnitelmaraportti ja ympäristöselostus. Pirkanmaan ympäristökeskus, kehittämissuunnitelman työryhmä, konsultti Suunnittelukeskus Oy. Alueelliset ympäristöjulkaisut 411, s.182, ISBN 952-11-2131-9 (nid.), 952-11-2132-7 (pdf).

**Puolanne, J., Pyy, O. ja Jeltsch, U. (toim.), 1994.** Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristönsuojeluosasto, muistio 5 1994. 218 s. ISBN 951-47-4823-9, ISSN 0788-5911.

**Rantanen, P. ja Valve, M., 2002.** Arseeni juomavedessä - sen riskit ja poistaminen. Ympäristö ja terveys 33. ISSN 0358-3333. 24-30.

**Robins, R.G. , 2003.** Some Chemical Aspects Related to Arsenic Remedial Technologies. In U.S.EPA Workshop on Managing Arsenic Risks to the Environment: Characterization of Waste, Chemistry, and Treatment and Disposal: Proceedings and Summary Report. October 2003. EPA 625/R-03/010. National Risk Management Research Laboratory. Sivut 20-22. [<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625r03010/625r03010.htm>, viitattu 30.5.2006]

**Ruuska, S., 2001.** Pilaantuneiden alueiden kunnostamista ja riskinarviointia koskeva lainsäädäntö. Suomen ympäristö 503. Suomen ympäristökeskus. 59 s. URN:ISBN:9521109408. Saatavissa myös painetussa muodossa ISBN 952-11-0940-8 (nid.).

**Räisänen, M-L., 2006.** Sähköpostivastaus kysymykseen kaivosalueiden arseenitutkimuksista geologian tutkimuskeskuksen ja Kuopion yliopiston tutkimusprofessori Marja-Liisa Räisäseltä, 5.6.2006.

**Salla, A., 2006.** Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuustutkimusten 1999-2005 tilastot. Helsingin kaupunki. Ympäristökeskus. 7 sivua. Julkaisematon.

**Sarkkila, J., Mroueh U-M. ja Leino-Forsman H., 2004.** Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Ympäristöopas 110. ISBN 952-11-1600-5. ISSN 1238-8602. ISBN 952-11-1601 (pdf). Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 131 s.

**Schultz, E., Joutti, A., Räisänen, M-L., Lintinen, P., Martikainen, E., ja Lehto, O., 2004.** Extractability of metals and ecotoxicity of soils from two old wood impregnation sites in Finland. Sci. Tot. Env. 326(1-3): 71-84. ISSN 0048-9697.

**Silvo, K., Hokka, V., Teiniranta, R., Järvenpää, E. ja Partanen-Hertell, M., 2006.** Suomen yhteenveto vesien ominaispiirteiden ja vaikutusten alustavasta tarkastelusta. Vesipuidedirektiivin (2000/60/EY) 5 artiklan mukainen yhteenvetoraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 3/2006. URN:ISBN:952-11-2251-X. ISBN 952-11-2251-X (pdf). Julkaisu on saatavana 5.7.2006 myös painettuna ISBN: 952-11-2250-1. Suomen ympäristökeskus. 61 s.

**Sjekvåle, B.L., Andersen, T., Fjed, E., Mannio, J., Wilander, A., Johansson, K., Jensen, J.P., ja Moiseenko, T., 2001.** Heavy Metal Surveys in Nordic Lakes; Concentrations, Geographic Patterns and Relation to Critical Limits. Ambio 30 (1):1-10.

**Soil Rem Oy, 2006.** Suullinen tiedonanto Soil Rem Oy:n edustajalta, Aino Moisiolta.

**Sorvari, J., 2000.** Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Suomen ympäristö 421. Suomen ympäristökeskus. 149 s + 8 liitettä. ISSN 1238-7312. ISBN 952-11-0747-2.

**Sorvari, J. ja Antikainen, R. (toim.), 2004.** Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin. Suomen ympäristökeskuksen moniste 316. ISBN 952-11-1909-8. Suomen ympäristökeskus.

**Sorvari, J. ja Assmuth, T., 1997.** Saastuneiden alueiden riskinarviointi – mitä, miksi, miten. Ympäristöopas 50. ISBN 952-11-0408-2. ISSN 1238-8602. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 152 s.

**STTV, 2006.** KETU-rekisterin tietoja suullisesti ja sähköpostitse, Jonna Knuutila 31.5.2006.

**Suomen ympäristökeskus, 2004.** Haitallisten aineiden ympäristöseurantojen tehostaminen. HAASTE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristö 722. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 2004. ISBN 952-11-1820-2 (pdf). ISSN 1238-7312. 143 s.

**Suomen ympäristökeskus, kemikaaliyksikkö, 2006.** Biosidiryhmä. Sähköpostitse saatu tieto. [sähköposti 31.5.2006.].

**Suomen ympäristökeskus, ympäristövahinkoyksikkö, 2006.** Ympäristövahinkoyksikön maaperäryhmässä koottu tieto mm. valtakunnallisista rekistereistä. [muistio 1.6.2006].

**SYKE, STTV ja YM, 2006.** Luonnos 12.6.2006 oppaaksi arseenilla käsiteltyä puuta koskevan valtioneuvoston asetuksen (440/2003) ja siihen liittyvien eräiden säännösten tulkinnasta. Julkaisematon muistio. 5 s. Julkaistaan Internetissä: [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)> Ympäristönsuojelu > Kemikaalien ympäristöriskit > Biosidien käytön rajoitukset >

**Tammiranta, A., 2000.** Selvitys Harjavallan maaperän saastuneisuudesta ja toimenpidetarpeiden arviointi. Suomen ympäristö 418. ISBN 952-11-0740-5. ISSN 1238-7312. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 87 s.

**Tchounwou, P.B., Centeno, J.A. ja Patlolla, A.K., 2004.** Arsenic toxicity, mutagenesis, and carcinogenesis – a health risk assessment and management approach. *Molecular and Cellular Biochemistry* 255: 47-55. Kluwer Academic Publishers. Hollanti. 10 s.

**Turpeinen, R., 2002.** Interactions between metals, microbes and plants – Bioremediation of arsenic and lead contaminated soils. Academic Dissertation, May 2002. ISBN 952-10-0485-1 (pdf). Ympäristöekologian laitos, biotieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. Helsinki. 48 s.  
<http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/ekolo/vk/turpeinen/interact.pdf> (28.6.2006)

**Ukonmaanaho, L. Nieminen, T.M., Rausch, N. ja Shotyk, W., 2004.** Heavy metal and arsenic profiles in ombrogenous peat cores from four differently loaded areas in Finland. *Water, Air, and Soil Pollution* 158: 227-294.

**U.S.EPA, 2002.** EPA-542-R-02-004.2002. Arsenic Treatment Technologies for Soil, Waste, and Water. Solid Waste and Emergency Response (5102G). September 2002. [[www.clu-in.org/download/remed/542r02004/arsenic\\_report.pdf](http://www.clu-in.org/download/remed/542r02004/arsenic_report.pdf), viitattu 30.6.2006]

**U.S.EPA, 2003a.** EPA -625/R-03/010. U.S. EPA Workshop on Managing Arsenic Risks to the Environment: Characterization of Waste, Chemistry, and Treatment and Disposal: Proceedings and Summary Report. [Seminaarissa 2001 osallistujia myös Kanadasta, hallinnon edustajia, tutkijoita, puhdistusteknologiaa kehittäviä yrityksiä <http://www.epa.gov/ttbnrml/arsenictech.htm>, viitattu 30.6.2006]

**U.S.EPA, 2003b.** EPA -816-R-03-014. July 2003. Office of Water (4606M). Arsenic Treatment Technology Evaluation Handbook for Small Systems. 151 s.  
[http://www.epa.gov/safewater/arsenic/pdfs/handbook\\_arsenic\\_treatment-tech.pdf](http://www.epa.gov/safewater/arsenic/pdfs/handbook_arsenic_treatment-tech.pdf), viitattu 30.6.2006]

**U.S.EPA, 2004.** EPA-542-R-03-009. 2004. Treatment Technologies for Site Cleanup: Annual Status Report (Eleventh Edition). Solid Waste and Emergency Response (5102G). February 2004. [[www.clu-in.org/asr](http://www.clu-in.org/asr) tai [www.epareachit.org](http://www.epareachit.org) , viitattu 30.6.2006].

**U.S.EPA, 2006a.** The Arsenic Treatment Technology Demonstration. Status: January 2006 Round 2 - Twenty-eight (28) sites were funded. [kts. [www.epa.gov](http://www.epa.gov) > [Research & Development](#) > [Risk Management Research](#) > [Arsenic Rule Implementation Research](#) > Demonstration Sites - Round 2, viitattu 30.6.2006]

**U.S.EPA, 2006b.** EPA 815-R-06-010. April 2006. Point-of-Use or Point-of-Entry Treatment Options for Small Drinking Water Systems. U.S.EPA, The Cadmus Group, Inc. Arlington, VA. 132 s. [kts. [EPA Home](#) > [Water](#) > [Ground Water & Drinking Water](#) > [Arsenic in Drinking Water](#) > Publications]

**Valve, M., Kahelin, H., Rantanen, P. ja Heinonen, S., 2002.** Arseenin poisto pohjavedestä - ARPO-projektin tuloksia. *Ympäristö ja terveys* 33(6-7): 31-38. ISSN 0358-3333.

**Valve, M., Rantanen, P., Kahelin, H. ja Heinonen, S., 2005.** Point-of-use devices for arsenic removal. Proceedings of the Fennoscandian 3rd Regional Workshop on Hardrock Hydrogeology, June 7-9, 2004, in Helsinki, Finland. *Suomen ympäristö* 790. Julkaisussa: Rönkä, Esa, Niini, Heikki, Suokko, Tuulikki (toim.). ISBN 952-11-2036-3. ISSN 1238-7312. ISBN 952-11-2037-1 (pdf). Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 68-73. [<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=154456&lan=en> , viitattu 28.6.2006]

**Venäläinen, E.-R., Hallikainen, A., Parmanne, P. ja Vuorinen, J., 2004.** Kotimaisen järvi- ja merikalan raskasmetallipitoisuudet. *Elintarvikeviraston julkaisu* 3/2004. ISSN 1458-168X, ISSN 1459-0212 (pdf), ISBN 951-732-208-9, ISBN 951-732-209-7 (pdf). Helsinki. 25 s.

**Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, 2001.** Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys. Suomen Kuntaliitto. Helsinki 2001. ISBN 952-000-31-1.

**WHO, 2001.** Fact sheet 210. Arsenic in drinking water. Media centre.  
[<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs210/en/> , 28.6.2006]

**Wiikinkoski, T., 2006.** Länsi-Suomen alueellinen ympäristökeskus. [suullinen tieto Boliden Oy Kokkolan sinkkitehtaan ympäristöluvista, vertaa Länsi-Suomen ympäristöviraston ympäristö lupa tehtaan toiminnalle 5.10.2000].

**Wilkin, R., Jacobson, L. ja Coombe, E., 2005.** Zero-Valent Iron PRB Application Expands to Arsenic Removal. Uutinen lehdessä CLU-IN. Marraskuu 2005. [<http://clu-in.org/products/newsletters/tnandt/view.cfm?issue=1105.cfm#1>, viitattu 29.5.2006].

**Virkutyte, J., Sillanpää, M. ja Latostenmaa, P., 2002.** Electrokinetic soil remediation - critical overview. The Science of the Total Environment, Volume 289, Number 1, 22 April 2002, pp. 97-121(25).

**Ympäristöhallinto, 2006.** Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa.  
[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > ympäristön tila > ilma > ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. [viitattu 29.5.2006]

**Ympäristöhallinto, 2006.** Teollisuuden vesistökuormitus.  
[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) > ympäristön tila > pintavedet > vesistöjen kuormitus > teollisuuden vesistö-kuormitus. [viitattu 7.3.2006]

**Ympäristöministeriö, 2004.** Opas vesipuitteidirektiivin ja siihen liittyvän kansallisen lainsäädännön edellyttämistä toimenpiteistä Suomen pohjavesiasioissa. Osa 1. Yleistä. Helsinki 29.10.2004. 22 s. + 5 liitettä.

**Ympäristöministeriö, 2005.** Vesiympäristölle haitalliset ja vaaralliset aineet pintavesissä. (VESPA-töryhmän mietintö). Ympäristöministeriö, Helsinki. Ympäristöministeriön moniste 159. 202 s.

**Ympäristöministeriö, 2006.** Ehdotus valtioneuvoston asetukseksi ympäristönsuojeluasetuksen muuttamisesta. Muistio 5.6.2006.

## LIITE I

Keskeinen yhteisölainsäädäntö ja kansalliset säädökset arseenia sisältävien tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyissä sekä laadun valvonnassa.

Säädös	Toimeenpano Suomessa, tarkentavia asetuksia ja määräyksiä	Huomioita arseenista
<b>Arseenidirektiivi 2/2003/EY</b>	Valtioneuvoston asetus arseeniyhdisteellä ja sitä sisältävällä valmisteella käsitellyn puun, elohopeayhdisteen ja dibutyylitinavyboraatin sekä niitä sisältävien tuotteiden markkinoille luovuttamisen ja käytön rajoittamisesta (440/2003), voimaan 30.6.2004. Valmisteilla opas.	Rajoittaa ja kieltää arseenipitoisten kemikaalien käyttöä entises-tään. Rajoittaa puutavaran vain ammattimaiseen käyttöön, antaa luettelon sallituista käyttökohteista. Kaikki kuluttaja käyttö kielletty samoin kuin käyttö asuinalueilla yms. ja kohteissa, joista voi syntyä toistuvaa ihokosketusta.
<b>Rehuja koskevia säädöksiä: 32/2002/EY, 57/2003/EY, 100/2003/EY</b>  <b>Rehujen lisäaineista: 79/2001/EY</b>	Maa- ja metsätalousministeriön asetus rehujen valvonnan järjestämisestä 3/2006 ja asetus 2/2006 haitallisista aineista, tuotteista ja eliöistä rehuissa. Maa- ja metsätalousministeriön asetus 42/2002 rehun lisäaineiden ympäristövaikutuksista.	Rehujen suurin sallittu arseenipitoisuus määritelty, pitoisuutta seurataan.  Rehujen lisäaineeksi ei hyväksyty eräitä muualla maailmalla käytettyjä arseenipitoisia yhdisteitä.
<b>Lannoiteasetus 2003/2003/EY, ei koske lannoitteille asetettavia raskasmetallien, kuten kadmiumin, raja-arvoja. Niistä säädetään kansallisesti asetuksella, jota parhaillaan valmistellaan maa- ja metsätalousministeriössä.</b>	Suomen lannoitelaki (232/1993), Hallituksen esitys Eduskunnalle uudeksi lannoitevalmistelakiiksi annettu (HE/2005 vp)  Maa- ja metsätalousministeriön päätös eräistä lannoitevalmisteista 1994: liite 2 laatuvaatimukset (valmisteilla uusi asetus lannoitevalmisteista koskien mm. laatuvaatimuksia)	Määritelty enimmäispitoisuudet arseenille maanparannusaineissa ja kompostivalmisteissa sekä lannoitetuissa kasvualustoissa (1994). Ei ole sovellettu metsään levitettävään puun tai turpeen tuhkaan, julkiseen viherrakentamiseen tai maisemointiin tarkoitettuihin maanparannusaineisiin. Valmisteilla muutoksia enimmäispitoisuuksiin ja raja-arvon sovelluskohteisiin.
<b>Puhdistamolietedirektiivi 278/1986/ETY, uusi säädös valmisteilla</b>	Valtioneuvoston päätös puhdistamolietteen käytöstä maanviljelyksessä (282/1994)	Direktiivi ei edellytetä arseenin pitoisuuden seuraamista. Suomessa on sovellettu lietteen laatuvaatimuksissa lannoitelakia, tietyin ehdoin.
<b>Kemikaalilainsäädäntö</b> mm. riskinarviointi (direktiivi 548/1967/ETY ja asetus 793/1993) sekä kasvinsuojeluaineiden (direktiivi 414/1991/ETY) ja biosidien (direktiivi 8/1998/ETY) hyväksymismenettelyt > kokoava <b>REACH</b> asetus	Torjunta-ainelaki (327/1969) Kemikaalilaki (744/1989) ja Kemikaaliasetus (675/1993)  Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta (509/2005)  Valmistuttuaan REACH asetus tulee olemaan sellaisenaan voimassa myös Suomessa.	Maatalouden arseenipitoisia kemikaaleja poistettu tehokkaasti markkinoilta jo 1960-luvulla, samoin arseenipitoisia suojauskemikaaleja.  Arseeni ja sen yhdisteet luokiteltu vaaraominaisuuksien perusteella (STMa 509/2005)

## LIITE II

Keskeinen yhteisölainsäädäntö ja kansalliset säädökset pilaavien toimintojen ohjauksessa sekä huomioita arseenista.

Säädös	Toimeenpano Suomessa, tarkentavia asetuksia ja määräyksiä	Huomioita arseenista
<p><b>IPPC –direktiivi (61/1996/EY)</b></p> <p><b>Yhdyskuntajätevesien käsitte-lystä annettu direktiivi (271/1991/ETY)</b></p> <p>Komission päätös 479/2000/EC EPER-rekisteristä &gt; vuonna 2006 laajenee ns. E-PRTR -rekisteriksi</p>	<p>Ympäristönsuojelulaki (YSL 86/2000) ja ympäristönsuojeluasetus (YSA169/2000).</p> <p>Suomi raportoi IPPC-direktiivin alaisten laitosten tiedot tulevaan E-PRTR –rekisteriin ns. kynnyksarvojen perusteella. Päätös sisältyy sitovaan Århusin sopimuksen Kiovan pöytäkirjaan. Tiedot kerätään VAHTI-rekisteristä.</p> <p>Valmisteilla mm. valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioimiseksi.</p> <p>Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluohje 19.5.2004 sedimenttien ruoppaamisesta ja läjittämisestä mereen.</p>	<p>Arseeni ja sen yhdisteet mainitaan direktiivin liitteessä III (toiminnan ilma- ja vesipäästöille on tarvittaessa asetettava raja-arvoja ja tarkkailuvelvoitteita )</p> <p>Ympäristönsuojeluasetuksen muutos tulossa. Muutoksessa asetukseen jää vain 1 liite, johon listataan ympäristölupavelvolliset aineet, kuten arseeni ja sen yhdisteet. (Korvaa VNp:n vaarallisten aineiden päästämisestä vesiin tai yleiseen viemäriin vuodelta 1994).</p> <p>Tulossa ohjeavrot arseenille maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin avuksi</p> <p>Ruoppaus- ja läjitysohjeessa ohjeavrot arseenille</p>
<p><b>Kaatopaikkadirektiivi (31/1999/EY) ja siihen liittyvä päätös jätteiden hyväksymisestä kaatopaikoille (33/2003/EY)</b></p> <p><b>Jätteenpolttodirektiivi (76/2000/EY)</b></p>	<p>Jätelaki (1072/1993) ja jäteasetus (1390/1993 ja muutos 1128/2001 ongelmajätteiden tulkinnasta, asetuksen liite 4 A).</p> <p>Ympäristöministeriön asetus yleisimpien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta (1129/2001).</p> <p>Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997) ja sitä uudistava asetus (VNA 202/2006).</p> <p>Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (VNA 591/2006).</p> <p>Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 362/2003.</p>	<p>Pohjaveden laadun seuraamiseksi suositellaan arseenia yhdeksi muuttujaksi mm. kaatopaikkojen tarkkailuohjelmassa.</p> <p>Arseenille annettu liukoisuuden raja-arvot jätteen hyväksymiseksi eri tyyppisille kaatopaikoille (VNA 202/2006). Näitä raja-arvoja käytetty mm. jätteiden maanrakennuskäyttöä ohjaavan asetuksen valmistelussa sekä lannoitevalmisteita koskevan asetuksen valmistelussa.</p> <p>CCA-kyllästetyn puun poltto on jätteenpolttoasetuksen alaista toimintaa.</p>



## LIITE III

Keskeinen yhteisölainsäädäntö ja kansalliset säädökset ympäristön laadun valvonnassa.

<p><b>Vesipolitiikan puitedirektiivi (60/2000/EY)</b>, Kumoaa vuonna 2007 raakavesidirektiivin (440/1975/ETY) ja vuonna 2013 osaltaan vaarallisten aineiden direktiivin (464/1976/ETY + sen luetteloon liittyvä direktiivi raja-arvoista ja laatutavoitteista 280/1986/ETY) sekä pohjavesidirektiivin (68/1980/ETY). <b>Lista prioriteettiaineista (2455/2001/EY)</b></p>	<p><b>Laki vesienhoidon järjestämisestä (1299/2004)</b> ja asetus vesienhoitoalueista (1303/2004). Lakia tullaan täydentämään edelleen valtioneuvoston asetuksilla.</p> <p>Opas vesipuitedirektiivin ja siihen liittyvän kansallisen lainsäädännön edellyttämistä toimenpiteistä Suomen pohjavesiasioissa. Ympäristöministeriö 29.10.2004.</p>	<p>Arseeni sisältyy vaarallisten aineiden direktiiviin.</p> <p>As on myös vesipolitiikan puitedirektiivin liitteen VIII mainitsema, merkittävä pilaava aine.</p> <p>Arseeni ei ole ollut yhteisön määrittelemä prioriteettiaine (2455/2001/EY, mukana lyijy, elohopea ja nikkeli) eikä myöskään kansallisesti määriteltyjen prioriteettiaineiden ehdokaslistalla (YM työryhmä: mukana kromi, kupari ja sinkki).</p>
<p><b>Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi pohjavesien suojelusta pilaantumiselta (KOM(2003)0210) 19.9.2003</b> Riskien hallinnan kohteena on myös pohjavesimuodostumaan liittyvät vesiekosysteemit sekä siitä suoraan riippuvaiset maa-ekosysteemit.</p>		<p>Arseeni sisältyy minimilistaan pilaavista aineista, joille pitäisi harkita annettavaksi kansallisesti raja-arvot artiklan 3 perusteella.</p>
<p><b>Juomavesidirektiivi (83/1998/EY)</b></p>	<p><b>Sosiaali- ja terveysministeriön asetukset talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista: 461/2000 ja 401/2001.</b> Maa- ja metsätalousministeriön asetus alkutuotannolle elintarviketurvallisuuden varmistamiseksi asetettavista vaatimuksista 16.2.2006.</p>	<p>Laatuvaatimuksissa määritelty enimmäispitoisuus arseenille WHO:n suosituksen mukaisesti, sisältää veloitteet seurannalle ja raportoinnille mm. yhteisötasolla (83/1998/EY).</p> <p>MMM asetuksessa määritelty enimmäispitoisuus arseenille alkutuotannon pesuvesissä</p>
<p><b>Uimavesidirektiivi</b> Vanha (76/160/ETY), uusi (ehdotus KOM(2002)581), parlamentin ja neuvoston päätös 12.10.2005</p>	<p>Kansallinen toimeenpano terveydenhoitolailla ja sosiaali- ja terveysministeriön päätöksillä.</p>	<p>Vanhassa direktiivissä edellytetään arseenin pitoisuuden selvittämistä, jos epäillään sitä esiintyvän. Uudistuksessa tämä velvoite poistui.</p>
<p><b>Ilman laadun arviointia ja hallintaa koskeva puitedirektiivi (62/1996/EY) ja sen 4. johdannaisdirektiivi (107/2004/EY).</b>  Ehdotus uudeksi ilmanlaadun ja sen parantamisen puitedirektiiviksi KOM(2005) 447.</p>	<p><b>Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta (711/2001).</b> Ilmanlaadun 4. johdannaisdirektiivin kansallinen toimeenpano valmisteilla.</p> <p><b>Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (109/2005)</b></p>	<p>Neljännessä johdannaisdirektiivissä asetettu mm. tavoitearvo arseenipitoisuudelle ulkoilmassa: LIITE I, tavoitearvot Arseeni 6 ng/m<sup>3</sup>)</p> <p>STMa 109/2005: HTP arvo arseenille ja sen yhdisteille 0,01 mg/m<sup>3</sup></p>

RAMAS (LIFE04 ENV/FI/000300) is a three-year project that is jointly funded by the LIFE ENVIRONMENT –programme, by the beneficiary, the Geological Survey of Finland (GTK), and by the following partners: the Helsinki University of Technology (TKK), the Pirkanmaa Regional Environment Center (PREC), the Finnish Environment Institute (SYKE), the Agrifood Research Finland (MTT), Esko Rossi Oy (ER) and Kemira Kemwater (Kemira). The acronym RAMAS arises from the project title "Risk Assessment and Risk Management Procedure for Arsenic in the Tampere Region".

The project will produce a number of Technical Reports. The following reports have been published:

1. Natural Occurrence of Arsenic in the Pirkanmaa Region in Finland
2. Anthropogenic Arsenic Sources in the Pirkanmaa Region in Finland
3. Arseenista aiheutuvien riskien hallinta Pirkanmaalla – Esiselvitys ohjauskeinoista ja teknisistä menetelmistä riskien vähentämiseksi (Management of arsenic risks in the Pirkanmaa region – Survey of available risk management instruments and tools)

## Orders:

publication\_sales @ gtk.fi,  
<http://en.gtk.fi/Geoinfo/Publications/Publicationsales.html>  
ISBN 951-690-966-3