

8. Arseenista aiheutuvien riskien hallinta

Heli Lehtinen¹, Jaana Sorvari¹ ja Birgitta Backman²

¹ Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

² Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02151 Espoo

Terveysriskien rajoittamiseksi vedenhankinnan riippuvuutta kalliopohjavedestä on syytä edelleen vähentää esimerkiksi laajentamalla vesihuoltoverkostoa. Yksittäisen kotitalouden juomaveden arseenin poistoon on myös tarjolla kohtuullisesti toimivia laitteita.

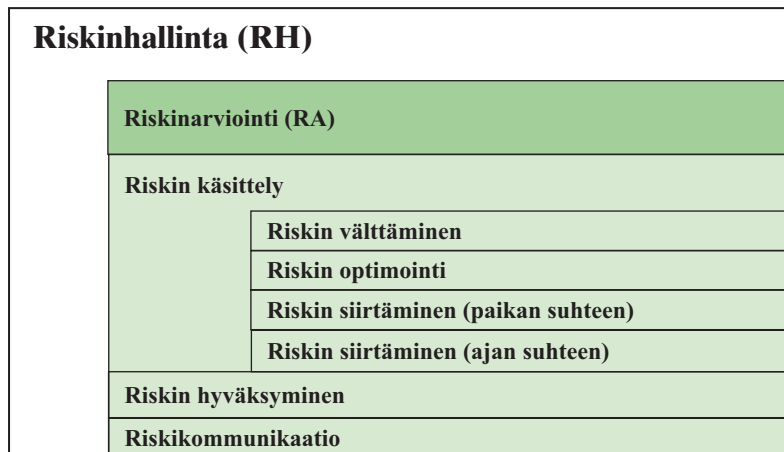
Puunkyllästämoalueet voisi merkitä selvästi maastoon. Ylöjärven ja Haverin kaivosalueilla on syytä harkita kunnostustoimenpiteitä. Maa- ja kallioperässä luontaisesti esiintyvä arseeni voi lähteä liikkeelle olosuhteiden muuttuessa. Tätä ei ole aiemmin huomioitu esimerkiksi maa- ja kiviainesten siirron ja rakentamisen yhteydessä. Ennaltaehkäisevät, jo kaavoitus- ja suunnitteluvaiheessa tehtävät ratkaisut ovat tehokkainta ympäristön arseeniriskien hallintaa Pirkanmaalla.



8.1 Riskinhallinta

Riskinhallinnalla (RH) tarkoitetaan kaikkia niitä toimia, joilla riskejä pyritään välttämään tai minimoimaan (kuva 49). Arseenista aiheutuvia riskejä ei voi kokonaan välttää Pirkanmaalla, koska arseenia ja sen yhdisteitä esiintyy luontaisestikin laajalti ympäristössä. Riskejä

voidaan kuitenkin rajoittaa joko vähentämällä tunnistettuja arseenin lähteitä tai välttämällä ja vähentämällä altistumista. Tavoitteena on käyttää sellaisia keinoja, joiden hyödyt ovat mitä todennäköisimmin suuremmat kuin haitat.



Kuva 49. Riskinhallintaan liittyvien termien väliset suhteet (Muokattu lähteestä ISO/IEC Guide 73:2002).

Riskien hyväksyminen kuuluu usein osana riskinhallintaan. Esimerkiksi pilaantuneeksi määritellyllä alueella riskinhallinnaksi saattaa riittää tilanteen seuranta. Riskejä voidaan myös tietoisesti siirtää tulevaisuuteen väliaikaisilla riskinhallintatoimilla tai paikasta toiseen. Esimerkiksi kuljetettaessa arseenilla pilaantuneita maa-aineksia käsiteltäväksi Pirkanmaan sisällä tai yli maakuntarajojen, riskit siirtyvät toiseen paikkaan. Vastaanottavilla, keskitetyillä jäteenkäsittelylaitoksilla haitallisten aineiden riskit tunnetaan ja ongelmiin on varauduttu monin tavoin.

Riskinhallintatoimien järkevä toteuttaminen edellyttää perusteltua, riskinarvioinnista (RA)

saatua tietoa riskien suuruudesta, kohdentumisesta ja epävarmuudesta. Myös riskeistä tiedottaminen ja keskustelu eli riskikommunikaatio on usein tärkeä osa riskinhallintaa etenkin hankkeissa, jotka edellyttävät useiden eri osapuolien osallistumista päätöksentekoon.

RAMAS-hankkeessa riskinhallinta kattoi ympäristön tilaan ja siihen suoranaisesti liittyvät riskit (ihmisten terveys, eliöstön hyvinvointi, vrt. luku 7). Esimerkiksi laajojen pilaantuneiden alueiden riskinhallintaa käsitelleessä EU-rahoitteisessa WELCOME-hankkeessa riskinhallinnan on ymmärretty kattavan myös muita tekijöitä¹.

8.2 Kehitystarpeiden tunnistaminen

RAMAS -hankkeessa riskinhallinnan näkökulma kulki mukana aina arseenin lähteiden tunnistamisesta konkreettisiin toimenpide-ehdotuksiin. Kehitys- ja toimenpidetarpeiden tunnistaminen perustui useisiin työvaiheisiin, joiden toteuttamiseen saatiin tietoa erityisesti riskinarviointityöstä (kuva 50). Ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin saatavilla olevia keinoja riskien hallitsemiseksi. Selvitys painottui hallinnon työkaluihin vähentää ympäristön arseenista aiheutuvia riskejä. Lisäksi luotiin katsaus

arsenin poisto- ja käsittelymenetelmiin kirjallisuuden ja asiantuntijahaastattelujen perusteella. RAMAS-hankkeessa toteutettiin myös pilottitutkimus rautayhdisteeseen perustuvasta arseenin poistosta sekä kalliopohjavedestä että pintavedestä (katso luku 8.5.2). Ensimmäisen työvaiheen tulokset on esitetty erillisessä raportissa (Lehtinen & Sorvari 2006). Selvityksen rinnalla pyrittiin tunnistamaan tärkeimpiä toimijoita ja näiden vastuualueita arseenista aiheutuvien riskien hallinnassa.

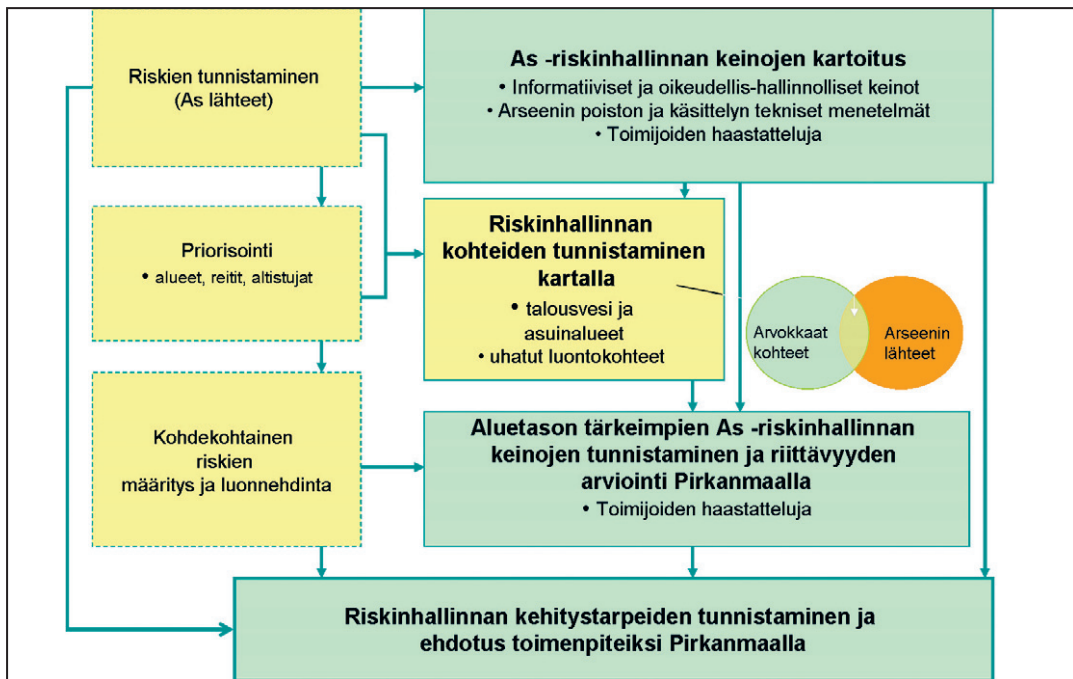
¹ WELCOME-hankkeessa (<http://www.euwelcome.nl/kims/strategies>) riskinhallinnan on katsottu kattavan seuraavat osa-alueet:

Suunnittelujärjestelmässä

- Riski tarkoittaa systeemin hallittavuuden vähenemistä siten, että toimien vaikutuksia ei voida ennustaa.

Sosio-ekonomisena kysymyksenä

- Riski on haitallisen vaikutuksen mahdollisuus, joka kohdistuu sosio-ekonomiseen systeemiin, kuten työllisyyteen, investointihalukkuuteen, kunnostuskustannuksiin tai psykologisiin vaikutuksiin.



Kuva 50. Riskinhallinnan kehitystarpeiden tunnistamisen vaiheet RAMAS-hankkeessa.

Riskinhallintatarpeiden ja jo toteutettujen riskinhallintatoimien tunnistamisessa käytettiin tietolähteinä kirjallisuutta, hallinnollisia säädöksiä ja muita dokumentteja sekä rekistereitä ja tietokantoja. Lisäksi oltiin yhteydessä lukuisiin toimijoihin niin valtakunnan tasolla kuin Pirkanmaallakin. Kuntien ympäristö- ja terveysviranomaisille järjestettiin erillinen, koko RAMAS-hanketta koskeva kutsuseminaari.

Pääasiallisia tietolähteitä ja niistä saatuja tietoja olivat:

- Sosiaali- ja terveysministeriö (STM): talousveden laadun valvonta
- Länsi-Suomen lääninhallitus: talousveden laadun valvonta
- Työterveyslaitos (TTL): työperäinen altistuminen arseenille ja altistumattomien vertailutaso
- Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus, tuoterekisteriyksikkö (STTV): KETU-rekisterin tiedot kemikaalien maa-hantuonnista ja tuotannosta
- Elintarviketurvallisuusvirasto (EVIRA):
 - o Arseenipitoiset torjunta-aineet ja niiden käyttörajoitukset
 - o Lannoitevalmisteiden laadun valvonta
 - o Rehuaineet ja rehujen lisäaineet sekä niiden valvonta
 - o Eläinlääkkeiden lääkeluettelo (ei arseeniyhdisteitä eläinlääkkeissä),
 - o Elintarvikkeiden vierasaineet ja niiden valvonta (ei mukana arseenia)
- Lääkelaitos: lääkeluettelot (arseeniyhdisteet lääkkeissä)
- Turun yliopisto (eläinmuseo): arseeni eläinten konservoinnissa
- Taideteollinen korkeakoulu: arseeni lasi- ja keramiikkateollisuudessa
- Ympäristöhallinto:
 - o Alueellisten ympäristökeskusten vesihuollosta, pilaantuneista maa-alueista, teollisuuden ja kaatopaikkojen ympäristöluvista sekä arvokkaiden luontoalueiden suojelusta vastaavien asiantuntijoiden antamat tiedot
 - o Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) kemikaaliosasto: suojauskemikaalien ja pesuaineiden riskien hallinta (mm. arseenidirektiivi ja sen soveltaminen)
 - o SYKEN tutkimusosasto: aikaisemmat tutkimukset arseenin poiston tekniikoista
 - o HERTTA –tietojärjestelmä:
 - Pintavesien tila (PIVET), arseenipitoisuudet Pirkanmaan näytepisteissä

- Yhdyskuntarakenne (YKR), väestön jakautuminen taajamiin, kyliin ja haja-asutusalueille
- Kaavoitetut alueet Pirkanmaalla
- VAHTI –tietojärjestelmä:
 - Kuormitus- ja valvontatiedot ympäristöluvista (mm. kaikki kaivosten ympäristöluvut)
 - VELVET –rekisteri: vesihuoltoverkoston liittymätiedot
- Maaperän tilan tietojärjestelmä: pilaantuneiksi epäillyt kohteet sekä tutkimus- ja kunnostustoimet kohteilla
- Paikkatietokannat arvokkaista luontokohteista: Luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien alueet ja NATURA 2000 alueet
- Pirkanmaan liitto: maakuntakaava
- Tiedot pilaantuneen ympäristön kunnostuksen ja seurannan suunnittelijoilta sekä toteuttajilta, kuten Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistykseltä ja kymmeneltä pilaantuneiden maiden urakoitsijalta
- Valitut toiminnanharjoittajat Pirkanmaalla: tiedot energiantuotannon tuhkien arseenista

Rinnakkain riskinhallinnan keinojen kartoittamisen kanssa pyrittiin tunnistamaan riskinhallinnan kannalta tärkeimpien kohteiden sijainti paikkatietotyökalujen avulla (ArcGIS9.2). Arvokkaita luontokohteita sekä maakuntakaavan asuin- ja virkistysalueita koskevat paikkatiedot yhdistettiin tietoihin kohonneita arseenipitoisuuksia sisältävistä alueista, jotka oli tunnistettu RAMAS-hankkeen muissa työvaiheissa. Tähän sisältyi mm. vesihuoltoverkostoa ja siihen liittymistä koskevan tiedon analysointia arseenianomalia-alueilla. Lisäksi tietoja mahdollisista ihmistoiminnan seurauksena syntyneistä arseenilähteistä täydennettiin ja tarkistettiin. Muutamien kohdennettujen lisätutkimusten tulokset otettiin myös huomioon, kuten arseenipitoisuudet kivenmurskaamojen ja kaatopaikkojen ympäristössä. RAMAS-hankkeessa testattiin myös yhtä menetelmää arseenin poistoon sekä pohjettä pintavedestä.

8.3 Tärkeimmät riskinhallinnan toimijat ja näiden vastualueet

Suomessa ympäristöriskeistä vastaava hallinto on eriytynyt useisiin ministeriöihin. Riskinhallintaa toteutetaan myös eri aluetasolla ja useiden eri toimijoiden taholta (kuva 51). Viranomaisten lisäksi riskinhallinnan toimijoita ovat mm. yritykset ja yksityiset kiinteistön omistajat.

8.3.1 Vedet

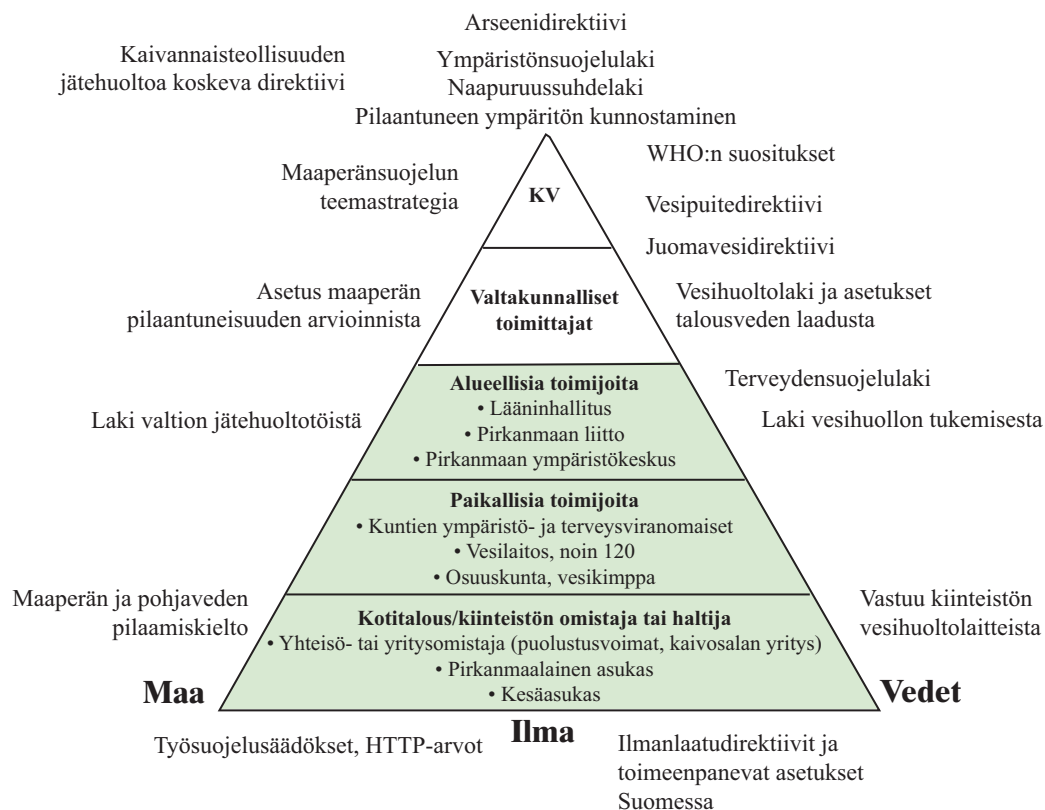
Vesipolitiikan puitedirektiivi (2000/60/EY) on Euroopan yhteisön tasolla tärkein vesien suojelua ohjaava säädös. Suojelun kohteena on sekä vesi ekosysteemin osana että vesi luonnonvarana. Suomessa tämä puitedirektiivi on toimeenpantu lailla vesienhoidon järjestämisestä (1299/2004) ja sen nojalla annetuilla asetuksilla. Alue- ja paikallistasolla alueelliset ympäristökeskukset edistävät vesiensuojelua valtioneu-

voston asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi ja vastaavat ympäristö- ja vesilainsäädännön valvonnasta alueellaan.

Vesipolitiikan puitedirektiivin soveltaminen Suomessa on vielä kesken. Juomaveden ja muun talousveden terveydellinen laadun valvonta on Suomessa sosiaali- ja terveysministeriön (STM) vastuulla. Alue- ja paikallistasolla valvonnasta vastaavat ympäristöterveydenhuollon viranomaiset, joiden työtä tukee erityisesti terveydensuojelulaki ja STM:n antamat asetukset talousveden laatuvaatimuksista ja valvonnan järjestämisestä. Nykyiset asetukset edellyttävät suhteellisen pieniltäkin vesilaitoksilta aikaisempaa kattavampaa ja tiheämpää talousveden laadun valvontaa.

Arseenia on asetuksella (STMa 461/2000) velvoitettu analysoimaan vesilaitosvedestä, jos päivässä toimitettava tai tuotettava veden määrä

Ihmisen arseenialtistuksen rajoittaminen



Kuva 51. Ihmisen arseenialtistuksen rajoittamista tukevia säädöksiä, normeja ja periaatteita sekä tärkeimpiä riskinhallinnan toimijoita eri aluetasoilla.

on vähintään 10–50 m³ tai vettä toimitetaan vähintään 50 asukkaalle. Analyysi pitäisi toistaa kahden vuoden välein. Jos talousvettä toimitetaan osana julkista tai kaupallista toimintaa, voidaan vaatia alhaisemminkin toimitettavan veden määrillä vastaavaa tarkkailua. Tästä päättää kunnan terveydensuojeluviranomainen, joka voi myös määrätä ns. talousvesikaivon (yksittäinen talous) veden tutkittavaksi, jos on syytä epäillä veden aiheuttavan terveyshaittaa. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi voidaan antaa talousvesikaivon veden valvontaa, puhdistusta ja käyttöä koskevia määräyksiä (401/2001, 7 §).

Kunnan terveydensuojeluviranomaisen on huolehdittava, että kunnan alueella olevat kotitaloudet, joita ei ole liitetty talousvettä toimitettavan laitoksen vesijohtoon, saavat riittävästi tietoa alueensa talousveden laadusta, siihen mahdollisesti liittyvistä terveyshaitoista sekä haittojen poistamismahdollisuuksista (STMa 461/2000, 16 §). Tämä velvoite koskee myös tiedottamista vettä vain omaan käyttöönsä

hankkiville yksittäisille talouksille sekä elintarvikealan yrityksille (STMa 401/2001, 11 §).

Yksittäiset kotitaloudet ja elintarvikealan yritykset vastaavat itse kiinteistölleen hankkimansa talousveden laadusta ja veden hankintaan käytettävästä järjestelmästä. Tämä tarkoittaa sitä, että vesianalyysit on teetettävä itse ja huolehdittava mahdollisen arseenipoistolaitteiston toimivuudesta.

Vesihuoltolaki (119/2001) jakaa vastuuta vesihuollon järjestämisestä voimakkaasti paikallistasolle. Kunnissa mm. hyväksytään vesimaksuja, vahvistetaan vesihuoltolaitosten toiminta-alueita, valmistellaan vesihuollon kehittämissuunnitelmia ja osallistutaan alueelliseen vesihuollon suunnitteluun. Arseenialueet on luontevinta huomioida vesihuollon toiminta-alueita ja kehittämissuunnitelmia laadittaessa. Laki vesihuollon tukemisesta (2004/686) antaa alueelliselle ympäristökeskukselle valtuudet päättää valtion tukien jakamisesta. Vesihuollon alueelliseen kehittämiseen vaikuttavat myös kunnissa tehtävät kaavoitus- ja rakennuslupa-

päätökset. Lisäksi alueellista kehitystä ohjaavat maakuntasuunnittelu ja maakuntakaava, jotka valmistellaan maakuntaliitossa.

8.3.2 Ilma

Ilman kautta tapahtuvaa arseenialtistusta pyritään rajoittamaan mm. ympäristönsuojelulain (ilmapäästöt) ja naapurussuhdelain (pöly) perusteella. Näihin liittyvää lupaharkintaa tekevät sekä kuntien että alueellisen ympäristökeskuksen ympäristöviranomaiset. Viitearvoja on annettu työsuojelusäädöksissä (HTP –arvot) ja ilmanlaatua koskevissa asetuksissa.

8.3.3 Maa

Maaperän ja pohjaveden pilaaminen on ympäristönsuojelulain nojalla kielletty. Pilaamiseen ei voi saada rajoitettua lupaa. Maaperän pilaantumisesta on säädetty ilmoitus-, selvitys- ja puhdistamisvelvollisuus. Ensimmäiseksi on yleensä selvitettävä kohteen omistus- ja hallintahistoria sekä muut kunnostusvastuuseen liittyvät asiat maksajan löytämiseksi. Vastuu määräytyy uusien pilaantumistapausten osalta pilaaja maksaa -periaatteen mukaisesti, josta säädetään jätelaissa ja asetuksessa valtion jätehuoltotöistä (901/1989). Ennen vuotta 1994 tapahtuneiden pilaantumisten osalta kunnostusvastuuseen joutuu useimmiten alueen nykyinen omistaja. Tämä on seurausta vanhan lainsäädännön puutteellisuudesta.

Laaja-alaisilla ja kunnostuskustannuksiltaan kalliilla kohteilla joudutaan mahdollisesti tilanteeseen, jossa vastuulliset eivät suoriudu velvoitteistaan tai velvoitteet tuntuvat kohtuuttomilta. Joissain tapauksissa on mahdollista saada valtion tukea kunnostamiseen. Alueelliset ympäristökeskukset tekevät avustuspäätökset. Alueellisessa ympäristökeskuksessa päätetään myös kunnostushankkeiden ympäristöluvista sekä päivitetään valtakunnallista maaperän tilan tietojärjestelmää.

Suomessa valtion rahaa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamiseen on ollut tarjolla niu-

kasti. Pirkanmaalla valtion rahaa on viimeisten vuosien aikana käytetty vuosittain vain yhden tai kahden kohteen kunnostamiseen. Arseni-kohteista valtion tukea on toistaiseksi saatu kahden vanhan kyllästämöalueen kunnostamiseen. Koko Suomessa v. 1995–2004 valtion jätehuoltotöinä kunnostettujen 22 kyllästämön kunnostuskustannusten keskiarvo oli 306 000 euroa ja maksimi 990 000 euroa, joka on tasoltaan korkeampi kuin yleensä valtion tukemissa kunnostushankkeissa (keskiarvo 141 000 euroa). Yksityisten rahoittamista kunnostuksista ei ole vastaavaa tietoa saatavilla. Kunnat ja yksityiset ovat rahoittaneet lähinnä kohteita, joissa maankäytön muutokselle on ollut paineita tai joissa kiinteistön omistus tai hallinta on muuttunut.

Valtion tukemien kunnostusten järjestys on määräytynyt ympäristö- ja terveysuhkien kiireellisyyden perusteella. Valtion ympäristöhallinnossa pilaantuneita kohteita priorisoidaan kahdessa vaiheessa, ensin tutkimustarpeen mukaan ja sitten ns. KUPPI -mallilla valtion jätehuoltotöiden priorisointia varten.

Prosessi maa-alueen pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista varsinaisiin riskinhallinnan toimenpiteisiin on yleensä monivaiheista ja aikaa vievää. Arviointivaiheen tueksi on annettu asetus ja sen tulkintaan tarkoitettu ympäristöministeriön opas vuonna 2007. Asetuksessa on huomioitu joidenkin haitallisten aineiden kuten arseenin luontaiset pitoisuusvaihtelut Suomessa. Tarkoituksena on, että pilaajan vastuu kiinteistönsä maaperän puhdistamisesta, mukaan lukien tarkempien pilaantuneisuus- tai riskinarviointitutkimusten toteuttamisen, kohdistuu vain tällä kiinteistöllä tapahtuneesta ihmisen toiminnasta aiheutuvaan pilaantumiseen.

Pilaantuneeksi todetun maaperän kunnostamiseen tarvitaan joko ilmoitusmenettelyn mukainen päätös tai resursseja enemmän vaativa ympäristö lupa. Näissä menettelyissä määritellään mm. maaperään jäävä pitoisuustaso, johon kunnostuksilla pyritään. Tämän tavoitetasonkin määrittelyssä voidaan käyttää edellä mainittua asetusta ja siinä annettuja ohjearvoja maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin. Maasta ylös kaivettua pilaantunutta ainesta käsitellään lainsäädännössä jätteenä.

8.4 Säädöksiin, määräyksiin ja ohjeisiin perustuva riskinhallinta

Valtio on puuttunut arseenista aiheutuviin riskeihin Suomessa jo 1800-luvulla kieltäen arseenipitoisen vihreän värin käytön tapeteissa. Riskinhallinnan lähtökohtana on aiemmin ollut arseenin tunnettu välitön (akuutti) myrkyllisyys. Tieto arseenin myrkyllisyydestä on osaltaan johtanut korvaavien tuotantomenetelmien ja tuotteiden käyttöön. Näin on tapahtunut aikanaan mm. väriaineiden sekä lasin ja keramiikan valmistuksessa.

Myöhemmin hyvin pienilläkin pitoisuuksilla on todettu pitkäaikaisesta altistumisesta (krooninen) aiheutuvia haittavaikutuksia kuten erilaisia syöpiä. Arseenin syöpävaarallisuus onkin ollut painavin kriteeri, kun Suomessa on luotu säädöksiä riskien rajoittamiseksi. Riskit muille eliöille kuin ihmiselle tai ekosysteemien toiminnalle eivät ole saaneet osakseen samanlaista huomiota.

Arseeniyhdisteiden käytön hyöty ei useinkaan ole ylittänyt havaittuja riskejä tai haittoja, joten viranomaiset ovat rajoittaneet niiden käyttöä. Viimeisimpiä arseenin käyttökohteita on ollut puupylväiden painekyllästys, joka kiellettiin arseenidirektiiviin perustuen Suomessakin vuoden 2006 syyskuun alusta. KETU²-rekisterin perusteella Suomessa arseenin tietoinen käyttö onkin nykyään vähäistä. Suomessa arseenia sisältävien tuotteiden suurimpia valmistajia tai maahantuojia ovat eräät suuret metalli- ja kemianteollisuuden yritykset, kuten Mondo Minerals ja Univar. Arseeniyhdisteitä käytetään edelleen mm. koboltin jalostuksessa, elektroniikkakomponenttien valmistuksessa ja muovituotteiden suojaamisessa mikrobeilta. Niitä saattaa olla pieniä määriä myös palonestoaineissa. Harrastuksissa käytettäviä kemikaaleja ei välttämättä ole rekisteröity mihinkään. Tällaisia ovat mm. eläinten konservoinnissa käytetty suojausaine, joka sisältää epäorgaanista arseenia sekä mahdollisesti erilaisiin värjäyksiin käytetyt yhdisteet (emalointi, lasi, keramiikka).

Sen lisäksi, että arseenia on tietoisesti käytetty erilaisissa valmisteissa ja teollisuuspro-

sesseissa, arseenia voi esiintyä epäpuhtautena monissa luonnosta peräisin olevissa kotimaisissa ja muualta tuoduissa raaka-aineissa ja tuotteissa. Aina arseenin lähde ei ole selvillä. On muun muassa epäselvää, miksi arseenia on havaittu kiinteistöillä, joilla on harjoitettu nahkateollisuutta tai nahan parkitsemista. Arseeni on mahdollisesti voinut olla joko lisäaineena tai epäpuhtautena käytetyissä kromiyhdisteissä.

Epäpuhtauksien vuoksi on ollut tarpeen valvoa myös tuotteiden ja jätteiden laatua. Esimerkiksi turpeeseen on usein rikastunut muiden alkuaineiden ohella vaihtelevia määriä arseenia. Turpeen poltossa arseeni rikastuu tuhkaan ja savukaasussa oleviin hiukkasiin. Tuhkan arseenipitoisuus on otettu huomioon säädöksissä rajoittamalla sen pitoisuutta lannoitevalmisteissa, maanrakennuksen materiaaleissa ja kaatopaikkasijoituksessa.

Arseenia esiintyy luontaisesti kohonneina pitoisuuksina eräiden metallien (kulta, hopea, nikkeli, koboltti, vismutti, kadmium, elohopea ja antimoni) yhteydessä. Mineraalien hyödyntämisestä aiheutuvia riskejä pyritään hallitsemaan ympäristölupaprosesseissa. Vakiintunein hallinnollinen ohjauskeino mahdollisia arseenipäästöjä aiheuttavalle toiminnalle onkin ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa määritelty ympäristölupa- ja ilmoitusmenettely.

Aina pilaantumisen lähdettä ei onnistuta kokonaan poistamaan ja arseenia päätyy ympäristön eri osiin kuten vesiin ja maaperään. Ympäristössä voi myös olla korkeita arseenipitoisuuksia luonnostaan paikan geologisten ominaisuuksien vuoksi (ks. luku 5). Kohonneita arseenipitoisuuksia sisältävillä alueilla riskejä voidaan vähentää ensisijaisesti rajoittamalla altistumista. Tämä voi tapahtua joko kunnostamalla tai rajoittamalla alueiden käyttöä. Säädöksillä voidaan tukea mm. teollisesta toiminnasta aiheutuneiden pilaantuneiden alueiden tutkimuksia ja kunnostuksia, ympäristön laadun valvontaa sekä alueellista maankäytön ja vesihuollon suunnittelua.

Viranomaisilla on nykyään tukenaan laaja kirjo koko EU:n alueella noudatettavia sää-

² Sosiaali- ja terveysministeriön ylläpitämä kemikaalituoterekisteri

döksiä tuotannon, tuotteiden ja raaka-aineiden hyväksymismenettelyistä ja laadun valvon-
 nasta sekä jätteiden käsittelystä ja ympäristön
 kunnostamisesta (taulukko 30 A, B ja C). Yk-
 sittäisen viranomaisen on käytännössä hyvin

vaativaa pysyä selvillä säädöksistä ja niiden
 muutoksista. Useita, arseeniakin koskevia sää-
 döksiä oltiin uusimassa RAMAS-hankkeen to-
 teutuksen aikoihin.

Taulukko 30. Arseenin käyttökohteita ja lähteitä sekä esimerkkejä hallinnollisista ohjauskeinoista riskien hallitsemiseksi.

A Maa- ja metsätalous, tuontielintarvikkeet

Arseenin käyttö tai lähde	Riskinhallintakeino
Tuholaisten torjunta maanviljelyksessä ja puutarhoissa Suomessa arseenia on havaittu kauppapuutarhan tontilta ja vanhan maatilan jäte- ja varastointialueelta.	As-pitoisten torjunta-aineiden käyttö kielletty Suomessa jo 1960-luvulla (maa- ja metsätalousministeriö).
Perunan varsien poistaminen kemiallisesti	Kielletty Suomessa jo 1960-luvulla (maa- ja metsätalousministeriö) Suomessa.
Rehut ja rehujen lisäaineet Arseeniyhdisteitä Nitarosone ja Roxarosone on käytetty mm. siipikarjan kokkidioosin torjuntaan EU:n ulkopuolella. Todettu kulkeutuvan lannan kautta maaperään.	Ei hyväksytty EU:ssa rehujen lisäaineeksi, hakemukset eväyty. Suomessa rehujen ja niiden lisäaineiden haitallisia aineita valvoo EVIRA rehulain perusteella. Tukena lisäainedirektiivi ja asetus (1831/2003) sekä direktiivi haitallisista aineista eläinten rehuissa (2002/32/EY, päivityksiä 2003/57/EY ja 2003/100/EY).
Tuotantoeläinten pesuliukset Arseenia epäpuhtautena Suomessa käytössä olleessa sorkkapesuaineessa, kuparisulfaatin.	Suomessa kuparisulfaatin käyttö on kielletty tähän tarkoitukseen v. 2007 alusta lähtien. Pesuliuosten riskinhallinnassa tukena mm. biosididirektiivi (98/8/EY) tai pesuaineasetus (648/2004/EY) silloin, kun niitä ei ole luokiteltu eläinlääkkeiksi.
Lannoitteet ja lannoitevalmisteet Lannoitevalmisteista mm. maanparannustuhkissa arseeni voi rajoittaa käyttöä. Arseenin kokonaispitoisuudet voivat olla korkeita myös merilevää sisältävissä valmisteissa.	EVIRA valvoo haitallisia aineita lannoitteissa ja lannoitevalmisteissa. Tukena on laki (539/2006) ja asetus (MMM 12/2007) lannoitevalmisteista, jonka liitteessä IV on säädetty haitallisista aineista. Toiminnanharjoittajien omavalvonnasta säädetään erillisellä asetuksella (MMM 13/2007).
Ulkomaiset elintarvikkeet Suurimmat epäorgaanisen arseenin pitoisuudet elintarvikkeissa on mitattu riiseistä. Erilaisia orgaanisia arseeniyhdisteitä on havaittu suhteellisen runsaasti valtamerten eliöissä (mm. levät, äyriäiset, rasvaiset kalat). Näiden merieliöiden orgaanisten arseeniyhdisteiden ei ole todettu olevan samalla tavoin haitallisia kuin epäorgaaninen arseeni.	Suomessa elintarvikeketjun vierasainepitoisuuksia seurataan mm. EVIRA:ssa, mutta rehuja lukuunottamatta arseenipitoisuuksien seurantaan ei ole velvoitetta sen noudattamaa valvontaohjelmaa tukevien säädöksen perusteella. Laajemmissa seurannoissa ovat metalleista olleet mukana mm. kadmium, lyijy, tina ja kalojen organotinayhdisteet.

B Teollinen toiminta

Arseenin käyttö tai lähde	Riskinhallintakeino
Mineraalien kaivaminen ja rikastaminen Arseenia esiintyy epäpuhtautena Suomessa mm. kulta- ja nikkeliesiintymissä. Arseenin riskinhallinta on vaativinta rikastusprosessin vesien ja jätteiden käsittelyssä.	Toimivilla mineraalikaivoksilla, rikastamoilla ja niiden jäte-alueilla on ympäristölupavirastojen käsittelemät ympäristöluvat. EU:n kaivosjätedirektiivin (21/2006/EY) toimeenpanoa valmistellaan parhaillaan Suomessa. Riskinhallinnan tukena on myös muu jätelainsäädäntö mm. kaatopaikoista ja jätteiden sijoittamisesta niille.
Kiviaineksen louhiminen ja murskaaminen Epäpuhtautena mm. Pirkanmaan kallioperän As –anomaliolla. Arseenikiisu heikentää kiven hyötykäyttökelpoisuutta.	Louhimiseen ja murskaustoimintaan vaaditaan yleensä lupa, useimmiten paikallisten viranomaisten myöntämä. Arseenia ei ole sisällytetty velvoitetarkkailuihin, ainakaan Pirkanmaalla.
Puun suojaaminen kemikaaleilla, liman torjunta Diarseenipentoksidi CCA (kromi-kupari-arseeni) -kylästeissä. Käytetty eniten puhelin- ja lyhtypylväiden kylästemiseen. Suomessa runsaasti havaintoja CCA:lla pilaantuneesta maaperästä saha- ja kylästemökiinteistöillä, yleensä pinta-alaltaan pieniä kohteita. Samoilla kiinteistöillä käytetty usein muitakin ympäristölle haitallisiksi todettuja yhdisteitä, kuten kloorifenoleita tai kreosootia.	Suomessa yksi CCA-kemikaalia valmistava tuotantolaitos, jolla ympäristölupa. Arseenidirektiivi (2003/2/EY) muutoksineen (Suomessa VNa 440/2003 ja muutos 787/2007) kieltää käytännössä arseenipitoisten puunkylästeiden tuonnin EU:n ulkopuolelta ja myynnin EU:n sisällä. Jo kylästetyn puutavaran käyttöä rajoitetaan voimakkaasti, myös sen uusiokäyttöä. Kylästetty puutavara on käytöstä poiston jälkeen ongelma-jätettä, jolle on Suomessa keskitetty keruu- ja varastointijärjestelmä, lopullisesta käsittelytavasta ei ole vielä päätetty.
Metalli- ja metallituoteteollisuus Koboltin jalostusprosessissa jättemateriaalista käytetään arseenia. Epäpuhtautena As esiintyy mm. nikkelimalmin jalostuksessa. Seosaineena As on käytetty erityisesti lyijyä sisältävissä tuotteissa (ammukset, akut, juotteet). Sitä on käytetty myös metallien pintakäsittelyssä, kuten alumiinin mustavärjäyksessä ja kupariseosteiden kemiallisessa kiillotuksessa. Arseenia on havaittu taustasta poikkeavia pitoisuuksia mm. romuttamo-, akkumurskaamo-, paja-, valimo-, ratapiha- korjaamo- ja lämpökeskuskiinteistöiltä.	Suomessa suurimmat arseenin ilmapäästöt tulevat Harjavallan ja Kokkolan alueella toimivista tuotantolaitoksista, laitoksilla on ympäristölupa. Ympäristön laatua seurataan, myös arseenipitoisuuksia ilmassa. Arseeni päättyy pääosin kiinteisiin jätteisiin.

C Muut arseenin lähteet

Arseenin käyttö tai lähde	Riskinhallintakeino
Maanrakennuksen jättemateriaalit Jättemateriaaleista mm. tuhkissa voi olla hyötykäyttöä rajoittavia määriä ja muotoja arseenia.	Haitallisista aineista, myös arseenista säädetty valtioneuvoston asetuksessa (591/2006).
Sekajäte, yhdyskuntajäte Arseenia havaittu kaatopaikkavesissä, suotovesissä ja ympäristön ojissa. As primäärlähteenä voi olla myös maa- tai kallioperä, jota kaatopaikkavedet liuottavat.	Jätteiden kaatopaikkakelpoisuutta valvotaan valtioneuvoston asetuksen mukaisesti. Käsiteltäviä (mm. stabilointi), arseenipitoisia massoja on käytetty kaatopaikoilla rakentamiseen. Arseenin pitoisuuksia seurataan joillain kaatopaikoilla, mutta yleensä arseeni ei sisälly jätteenkäsittelylaitosten velvoitetarkkailuun Pirkanmaalla. Vesiä johdetaan käsittelyyn.
Ammukset, haulit Vanhoilta haulikkoampumaradoilta havaitaan yleensä arseenia, mutta ei kovin merkittäviä määriä suhteessa lyijyyn.	Ei erityisesti arseeniin liittyviä ohjauskeinoja. Toimintaansa jatkaville ja perustettaville ampumaradoille on pitänyt hakea lupa vuoden 2004 loppuun mennessä. Uusissa luvissa on edellytetty selvitystä ympäristöriskeistä ja niiden rajoittamistoimista.
Lääkkeet Arseenilla laaja kirjo historiallisia käyttökohteita lääkinnässä. Pitkälle 1900-luvulle käytetty arseenijohdannaisia mm. vaikeiden sairauksien, kuten kupan hoitoon. Lääkelaitoksen lääkepalvelussa vuonna 2007 yksi valmiste (Trisenox), joka sisältää arseeniyhdistettä. Ei tiedossa arseenijohdannaisia eläinlääkkeiden hyväksytyissä vaikuttavissa aineissa.	Nykyisiä arseenijohdannaisia saa käyttää vain valvotusti, erikoislääkärin antamassa hoidossa (Trisenox, akuutti leukemia).
Tekstiilien, paperin ja maalien värit Arseenia on ollut mukana kupariyhdisteissä, joilla on valmistettu erilaisia vihreän sävyjä (myrkynvihreä). Suomessa arseenia on havaittu mm. telakan ja maalaamon tonteilta.	Ensimmäisiä rajoituksia jo 1800-luvulla tapeteissa käytettäville väreille. Kehitetty korvaavia menetelmiä ja kemikaaleja.

8.4.1 Ohje- ja viitearvot

Ympäristön laadun valvonnassa tärkeitä työkaluja ovat erilaiset arseenin pitoisuusraja-arvot, joita on annettu eri ympäristöosille, ympäristöön joutuville materiaaleille ja tuotteille. Suurin osa näistä (taulukko 31) perustuu ihmiselle aiheutuvaan välittömään terveysriskiin tai pohjavesivaroilta aiheutuvaan riskiin. Eliöiden suojelussa hallinnollisista raja-arvoista, laatuvaatimuksista yms. on vain rajallinen hyöty, sillä vain harvat niistä ottavat ekologiset riskit huomioon.

Yksittäistä haitta-ainetta koskevien hallinnollisten pitoisuusraja-arvojen käytössä ongelmana ovat muut yhtäaikaaisesti vaikuttavat aineet ja ympäristötekijät. Porakaivovesien lisäksi tutkituista RAMAS-kohteista vain Ylöjärvellä sijaitsevalla Cu-W-kaivoksella ja sen ympäristössä arseenin havaittiin olevan selkeästi merkittävin myrkyllinen aine. Tältä kaivosalueelta vesiä vastaanottava vesistö on ravinnehuuhtoumien seurauksena myös rehevöitynyt. Ravinteiden vaikutus mm. piilevälajistoon näyttäisi olevan merkittävämpi kuin arseenin.

Taulukko 31. Yhteenveto tärkeimmistä Suomessa annetuista arseenin ohje- ja raja-arvoista, laatuvaatimuksista ja muista pitoisuusrajoista. (e) = Ohjearvo annettu ekologisten riskien perusteella, terveysriskeillä vähäisempi merkitys näissä pitoisuuksissa. Lisätietoa aiheesta raportissa Lehtinen & Sorvari (2006).

Viitearvon tyyppi tai käyttökohde	Raja arseenille	Huomioitavaa
Talousveden kemialliset laatuvaatimukset (pois lukien alkutuotannon pesuvedet)	Enimmäispitoisuus 10 µg/L , poikkeus pesuvesille 20 µg/L	Voimassa vuoden 1995 alusta, kaikki laatuvaatimukset STM:n asetuksissa 461/2000 ja 401/2001. MMM asetus pesuvesistä annettu 16.2.2006, ei suoraa kosketusta elintarvikkeisiin eikä käyttöä juomavetenä.
Rehujen ja rehuaineiden laatuvaatimukset	Kokonaisarseenille 2 mg/kg tai 4 mg/kg , (rehun kosteuspitoisuus 12 %).	Merilevävalmisteille ja muillekin merieliöistä jalostetuille rehuille sallittu poikkeuksia, MMM:n asetus rehujen laatuvaatimuksista (2/2006).
Lannoitevalmisteiden haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet	Epäorgaaniset lannoitteet ja kalkitusaineet 25 mg/kg kuiva-aineessa (typpihapolla uutettuna, muut lannoitevalmisteet uutettuna kuningasvesi -märkäpoltolla), metsätaloudessa käytettävä sivutuote 30 mg/kg ka.	Uusi MMM asetus (12/2007)
Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi	Luontainen pitoisuus 1 mg/kg (vaihtelu 0,1-25 mg/kg) Kynnysarvo 5 mg/kg , Alempi ohjearvo 50 mg/kg (e) , Ylempi ohjearvo 100 mg/kg (e)	Valtioneuvoston asetus (VNa 214/2007)
Pilaantuneiden sedimenttien läjityskelpoisuuden määrittely (läjitys mereen)	Läjityskelpoiset: < 15 mg/kg Mahdollisesti läjityskelvottomat (läjityskelpoisuus tulee selvittää): 15 - 60 mg/kg Pääsääntöisesti läjityskelvottomat: > 60 mg/kg	Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluohje sedimenttien ruoppaamisesta ja läjittämisestä, annettu 19.5.2004
Jätteen kaatopaikkakelpoisuus määriteltynä standardoidulla liukoisuustestillä (L/S = 10)	Pysyvän jätteen kaatopaikka (kp) 0,5 mg/kg , Tavanomaisen jätteen kp 2 mg/kg , Ongelmajätteen kp 25 mg/kg	Valtioneuvoston asetus (VNa 202/2006)
Laatuvaatimukset maarakentamisessa hyödynnettäville jätteille	Kokonaispitoisuus 50 mg/kg (betonit ja tuhkat) ja liukoisuus 0,5 mg/kg , kiviaineksella peitetyllä rakenteella tai 1,5 mg/kg sadevedeltä suojatulla rakenteella (tuhkat) SYKE:n suositus: kokonaispitoisuus 60 mg/kg ja liukoisuus 0,14 tai 0,85 mg/kg	Valtioneuvoston asetus betonille ja tuhkillle (VNa 591/2006).
Ilman laatu, tavoitearvo ulkoilmassa	Kokonaispitoisuus 6 ng/m³ määritettynä hengitettävien hiukkasten (PM ₁₀) kokonaismäärästä. Keskiarvon laskenta-aika on yksi kalenterivuosi.	SYKE:n suositus kaikille jätemateriaaleille ^a , Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista (sekä eräistä muista aineista) (VNa 164/2007)
Ilman laatu työpaikalla	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus 0,01 mg/ m³ (8 h)	HTP arvot (STM, 2007).

^aSorvari 2000

8.4.2 Kaavoitus

Ennaltaehkäisevät, jo kaavoitus- ja suunnitteluvaiheessa tehtävät ratkaisut voisivat olla tehokkaita ympäristön arseeniriskien hallinnassa. Kaavoitusta ohjaavassa lainsäädännössä on kuitenkin niukasti velvoitteita pilaantumisen aiheutuvien riskien huomioimiseen.

Selkein velvoite pilaantumisen aiheutuvan riskin hallintaan kaavoituksen avulla on annettu ns. SEVESO II direktiivin (2003/105 EY) perusteella. Tämä direktiivi määrittelee mm. kohteet, joissa on merkittävä kemikaalionnettomuuden riski. Suomessa Turvatekniikan keskus (TUKES) on valinnut nämä kohteet ja ne on määrätty merkittäväksi konsultointivivöhykkeineen maakuntakaavoihin.

Ympäristöministeriö julkaisi selvityksen vuonna 1993, jossa esitettiin toimintamalleja pilaantuneiden maa-alueiden kaavoittamisesta ja rakennuslupamenettelystä. Pilaantuneiden alueiden merkitseminen eri aluetason kaavoissa on kuitenkin vaihdellut paljon eri osissa maata, koska mitään vakiintunutta standardia ei ole ollut.

Ympäristöministeriön uudehkossa oppaassa yleiskaavamerkinnöistä ja -määräyksistä (2003) on esitetty kaavamerkintä alueen kehittämistavoitteelle, jota voitaisiin käyttää osoittamaan saastunutta maa-alueita silloin kun alueen

laajuudesta ei ole tietoa. Sitä voidaan käyttää yleisesti osoittamaan myös vedenlaadun aiheuttamaa haittaa tai riskiä. Kunnalla on mahdollisuus käyttää näin merkityllä kaava-alueella riskien rajoittamiseen mm. paikallisista olosuhteista johtuvia ympäristönsuojelumääräyksiä (Ympäristönsuojelulaki 19 §).



Yleiskaavan kehittämistavoitteen merkintä 11: Terveyshaitan poistamistarve

Asemakaavoissa voidaan käyttää merkintää kuvaamaan puhdistettavaa tai kunnostettavaa maa-alueita. Maaperän mahdollinen pilaantuneisuus pitää olla selvitetty ja pilaantuneille alueille tehty kunnostussuunnitelma ennen asemakaavan hyväksymistä. Hyväksyminen edellyttää varmuutta alueen soveltumisesta osoitettuun käyttötarkoitukseen myös maaperän terveellisyyden osalta.

178

saa

Asemakaavamerkintä 178 puhdistettavalle/kunnostettavalle maa-alueelle

8.5 Tekniset menetelmät riskien vähentämiseksi

8.5.1 Arseenin poistaminen vedestä

RAMAS-hankkeen kokeissa arseenin poistamiseksi kalliopohjavedestä todettiin, että arseenin poistaminen vedestä on teknisesti erittäin vaativaa, mikäli pohjaveden pitoisuus ylittää 50 tai jopa 100 µg As/l (katso luku 8.5.2 kuvat 53 ja 54). Muissa tutkimuksissa on todettu useiden veden ominaisuuksien voivan rajoittaa eri menetelmien soveltuvuutta arseenin poistoon (taulukko 32). Arseenin poiston vaativuutta lisää kolmenarvoisen arseenin suhteellisen suuri osuus vedessä sekä veden muut kemiallis-fyysiset ominaisuudet, kuten liiallinen rau-

ta-, mangaani-, fosfaatti- tai sulfaattipitoisuus. Pintavedessä arseenin poistoa haittaa erityisesti pintavesille tyypillinen suuri humus- tai muun orgaanisen aineksen pitoisuus.

Kiinteistökohtaisia arseeninpoistolaitteita on ollut saatavilla Suomessakin vuosia. Näiden pitkän aikavälin käyttökokemuksista ei kuitenkaan ole koottua tietoa. Lyhyen aikavälin käyttökokemuksia kerättiin Pirkanmaalla 1990-luvun alkupuolella. Silloin seuratut, aktivoituun alumiinioksidiin perustuvat suodattimet ja kalvoihin (käänteisosmoosiin) perustuvat laitteet toimivat käytössä kohtuullisesti (Valve *et al.* 2002). Huoneistokohtaiset laitteet pystyvät

yleensä tuottamaan puhdasta vettä juomien ja ruoanvalmistukseen tarpeeseen, ei kuitenkaan riittävästi koko talousveden tarpeeseen. Puhdistettu vesi otetaan yleensä erillisestä hanasta. Esimerkiksi vuonna 2003 Suomen markkinoille tullutta suodatinta, joka on tarkoitettu yksinomaan arseeninpoistoon, on ostettu Pirkanmaalla joitakin kymmeniä. Puhdistuslaitteistoja saa noin 500–700 eurolla ja vuosittain lisäkustannuksia aiheutuu vesianalyyseistä ja vaihdettavista suodattamista tai kalvoista. Puhdistettavan veden laatu vaikuttaa huomattavasti lisäkustannusten suuruuteen. Maailmalla kehitetään jatkuvasti mm. käyttömukavuudeltaan ja puhdistusvarmuudeltaan parempia laitteita,

koska arseeniongelma on nykyään laajalti tiedostettu ja tiedon myötä mm. juomavedelle asetetut laatuvaatimukset ovat kasvaneet (Kuva 52).



Kuva 52. Esimerkki käyttömukavuudesta: keittiön alakaappiin sopiva amerikkalainen suodatin, jolla käsitellään kaikki hanasta tuleva kylmä vesi (<http://www.npxtra.com/index.html>).

Taulukko 32. Suomessa testattuja, vedenpuhdistuksessa käytettäviä arseeninpoistotekniikoita.

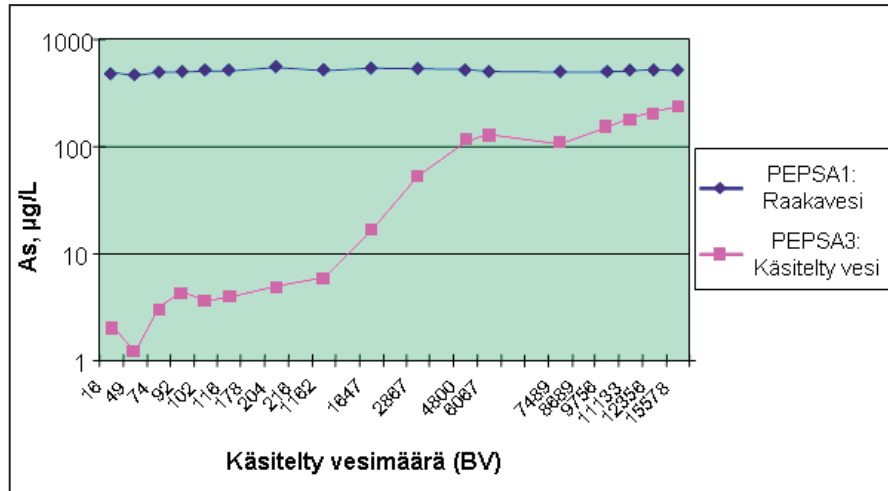
Käsittelytekniikka	Ympäristövaikutukset	Muita huomioita
Adsorptio	Suodatinmassa on käytön jälkeen ongelmajätettä. Suodatinpanos vaihdettava kotitaloudessa jopa alle vuoden välein.	Suodatinmassoina on käytetty aktivoitua alumiinihydroksidia tai ferrihydroksidia. Aktiivihili ei toiminut testeissä 1990-luvulla. Suodattimissa riskinä tukkeutuminen, joten toimintaa on tarkkailtava. Herkkä raakaveden muille, vaihteleville ominaisuuksille.
Käänteisosmoosi kalvon läpi	Käänteisosmoosilaitteen suodattimia ja kalvoja voidaan käsitellä sekajätteenä. Arseeni kertyy jäteveteen.	Yleensä suhteellisen kallis investointi. Myydään kotitalouksille ensisijaisesti suolan poistoon. Liiallinen rauta ja mangaani poistettava ennen kalvosuodatusta. Hapetusasteeltaan kolmenarvoinen arseeni mahdollisesti hapetettava ensin viidenarvoiseksi.
Hapetus ja kemiallinen saostus	Arseeni jää lietämäiseen massaan, jota voi syntyä merkittäviä määriä. Saostuskemikaalin kulutus voi olla merkittävää.	Käytetty rajoitetusti vesien puhdistamiseen pilaantuneen maaperän kunnostuksen yhteydessä. Suomessa ei ole toteutettu laitosmittakaavan arseenin poistoa talousvedestä.
Ioninvaihto massaan	Ioninvaihtomassan regeneroinnista jää sekä kiinteää että nestemäistä jätettä.	Ei toiminut testeissä 1990-luvulla. Herkkä raakaveden muille, vaihteleville ominaisuuksille.
Sähköinen ioninvaihto	Energiankulutus, jätteet	Tarjotaan mm. kaatopaikkojen suotovesien puhdistukseen.

8.5.2 Arseenin poistokokeet RAMAS-hankkeessa

RAMAS-hankkeessa selvitettiin rautapohjaiseen adsorbenttiin perustuvan puhdistusmenetelmän toimivuutta. Kemira Kemwater toteutti koejärjestelyn, jossa adsorboivana massana käytettiin heidän valmistamaansa granuloitua ferrihydroksidia (Kemira GFH). Puhdistettava raakavesi johdettiin 36 litran säiliöön, jonka

puhdistushuuhtelu tapahtui automaattisesti tietyn vesimäärän käsittelyn jälkeen. Puhdistushuuhtelussa veden virtaussuuntaa käännettiin päinvastaiseksi ja heikosti kiinnittynyt arseeni huuhtoutui pois. Näin suodattimen kestoikää voitiin pidentää.

Menetelmää testattiin kallioporakaivovedessä, jossa pitoisuus vaihteli viisi kuukautta kestäneen kokeen aikana 462 ja 526 µg/l välillä sekä pintavedessä, jossa arseenipitoisuus vaihteli



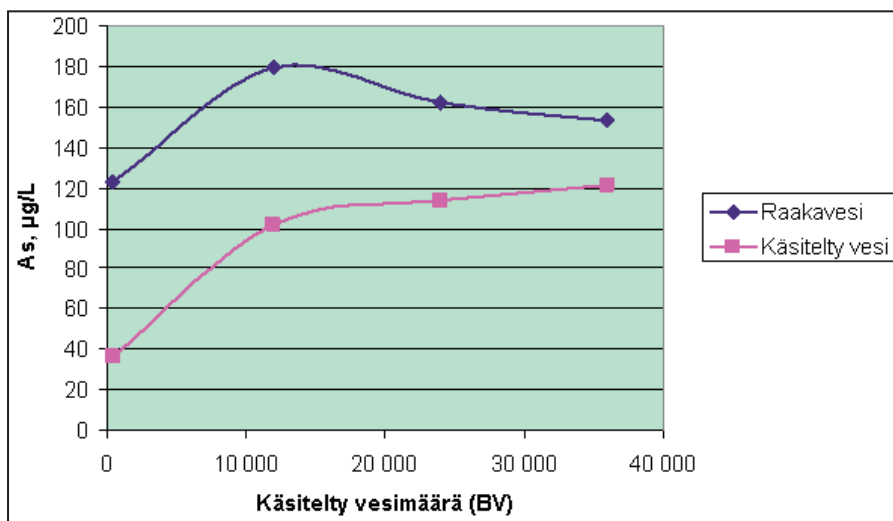
Kuva 53. Arseenin poisto Kemira GFH (ferrihydroksidi) -suodattimella porakaivovedestä, jossa veden arseenipitoisuus oli keskimäärin 500 µg/l.

kolme kuukautta kestäneen kokeen aikana 36,4 ja 121 µg/l välillä (Backman *et al.* 2007a).

Porakaivoveden arseenipitoisuus (keskimäärin 500 µg/l) oli liian suuri suhteessa kokeessa käytetyn laitteiston mitoittamiseen hyvän ja kestävä poistotehon saavuttamiseksi. Suodatus poisti aluksi arseenia hyvin, mutta kun vettä oli käsitelty noin 1500 BV (bed volume = adsorbenttilavuus suodattimessa), ei suodatusteho enää riittänyt pitämään arseenipitoisuutta alle suositusarvon 10 µg/l (Kuva 53). Toisessa Kemiran suorittamassa kokeessa, jossa porakaivoveden arseenipitoisuus oli keskimäärin vain 50 µg/l, menetelmä pystyi poistamaan arseenia paljon kauemmin ja suuremmasta vesimäärästä.

Käsitelty vesimäärä, jossa arseenipitoisuus pysyi alle 10 µg/l, oli 60 000 BV.

Pintavesitesti toteutettiin Ylöjärven vanhan kaivoksen alueella. Käsiteltävä vesi tuli kaivoksen rikastushiekka-alueelta ja vanhasta kaivoskuilusta. Vesi oli pintavedelle ominaiseen tapaan humuspitoista ja arseenipitoisuudet olivat keskimäärin hieman yli 100 µg/l (kuva 54). Rautahydroksidisuodatus poisti osan arseenista, mutta pitoisuustasot käsitellyssä vedessä jäivät kuitenkin korkeiksi. Todennäköisesti pintaveden suuri humuspitoisuus tukki suodattimen ja arseeninpoistoteho jäi sen vuoksi alhaiseksi. Tämän tyyppisissä kohteissa tarvitaan veden esikäsitteilyä ennen varsinaista arseenin poistoa.



Kuva 54. Arseenin poisto ferrihydroksidisuodattimella pintavedessä, jossa veden arseenipitoisuus oli keskimäärin 100 µg/l.

8.5.3 Arseenin käsittelystä kaivosympäristössä

Kaivostoiminnassa tavoitteena on yleensä minimoida korkeita arseenipitoisuuksia sisältävät vedet, kierrättää niitä rikastusprosessissa tai antaa luonnon prosessien hitaasti kierrättää arseeniyhdisteet kiinteämpään muotoon. Esimerkiksi rikastushiekka-altaissa arseeni ja metallit sedimentoituvat vähitellen pohjalle ja laimennut vesi voidaan ohjata jatkokäsittelyyn. Jäljelle jää voimakkaasti pilaantunutta lietettä, jonka voidaan antaa kuivua. Näin on tapahtunut Pirkanmaan Ylöjärven kupari-volframi-arseeni -kaivoksella. Muodostuneet kasat toimivat edelleen lähiympäristön arseenin kuormituslähteenä. Amerikkalaiset tutkijat (Bowell & Parsley 2003) ovat koonneet yhteen tietoa arseenin kierrosta kaivosympäristössä ja jakaneet toimivaksi ennustetun riskinhallinnan neljään lähestymistapaan kierron loppuvaiheessa:

- Fysikaalinen eristäminen
- Kemiallinen stabilointi raudan yhdisteillä tai polymeereillä. Käsittely edellyttää pH:n säätöä
- Kiinteytys ja stabilointi sementtiin, tuhkaan tai piimateriaaleihin
- Veden kemiallinen käsittely ja poistetun arseenin käyttö tuotteena

Näiden fysikaalis-kemiallisten ilmiöiden lisäksi tutkitaan biologisten prosessien soveltamista arseeniriskien hallintaan. Esimerkiksi Ranskassa eräällä suljetulla kaivosalueella on kokeiltu rautajauhon lisänä tarkkaan valitun siemenseoksen kylvämistä täysin kasvittomille arseenialueille. Nämä toimet ovat lisänneet kasvillisuutta ja vähentäneet maaperän läpi suotautuvan veden arseenipitoisuutta. Kokeilu on päätetty jatkaa laajalla alueella.

8.5.4 Arseeni pilaantuneilla maa-alueilla ja jätehuollossa

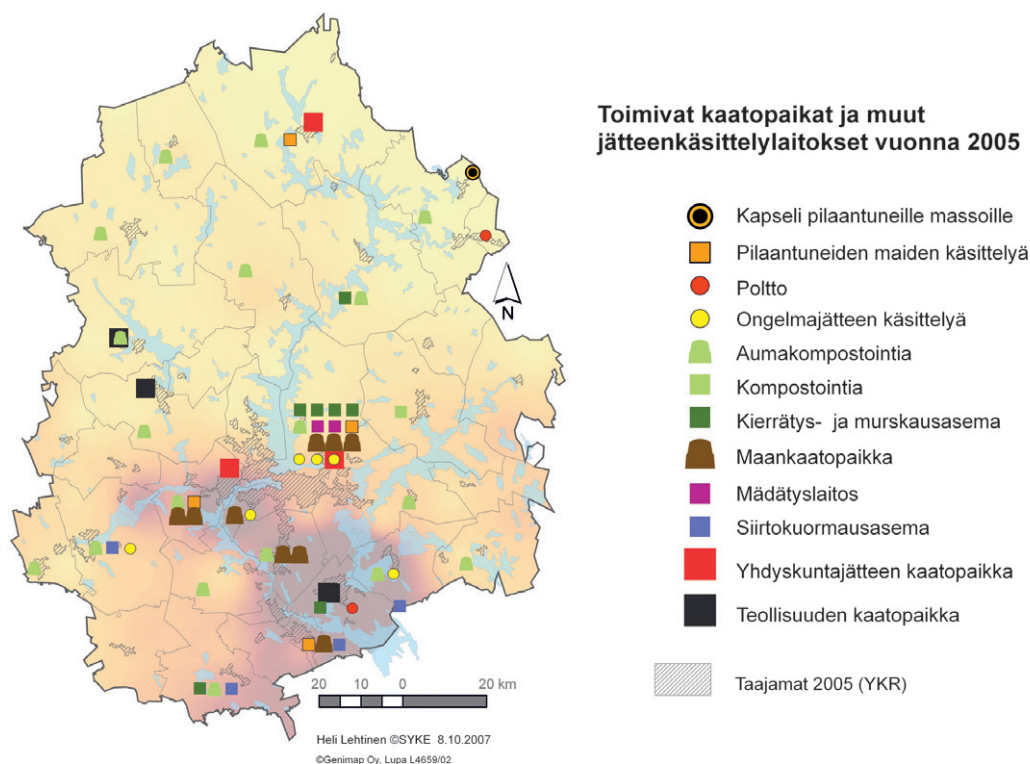
Pilaantuneen maaperän yleisin kunnostusmenetelmä Suomessa on toistaiseksi ollut maa-ainesten poisto ja tarvittaessa korvaaminen puhtaalla

maalla. Erilaisia arseenipitoisten aineiden käsittelymenetelmiä on testattu jonkin verran (taulukko 33), joskin arseenin lisäksi käsiteltävänä on usein ollut muitakin haitallisia aineita tai yhdisteitä. Tällaisia pilaantuneita maa-aineita on mm. eristetty ja stabiloitu (sementti- ja bitumistabilointi). Kiinteiden aineiden kemiallista stabilointia kuten poistetun arseenin jalostamista hyötykäyttöön ei ole kokeiltu. Arseenin hyötykäyttökohteita on Suomessa toisaalta varsin vähän johtuen erilaisista rajoituksista. Ruotsissa on tehty kokeita, joissa on käytetty pesumenetelmää arseenin poistamiseksi maa-aineksesta ja myös arseenipitoisen maa-aineksen stabilointia erilaisilla tuotteilla. Stabilointitutkimuksissa raudan ja mangaanin oksidit havaittiin tehokkaimmiksi sidosaineiksi. Myös savi ja orgaaninen aines voivat toimia stabilointiaineina, mutta runsaasti fosforia sisältävät tai emäksiset materiaalit eivät sovellu arseenipitoisen maa-aineksen käsittelyyn.

Pirkanmaan arseenilla pilaantuneista alueista tähän mennessä kunnostuksen suhteen vaativin on ollut Vilppulan Kolhon saha ja kyllästämö. Kunnostus toteutettiin useassa vaiheessa ja ympäristön arseenipitoisuuksia seurataan edelleen. Tehdyistä kyllästämöalueiden kunnostuksista saatujen kokemusten mukaan puu-ainesten erottelu maa-aineksista on hankalaa ja siksi kohteiden kunnostus on suhteellisen kallista.

Pirkanmaan arseenipitoisilla kaivosalueilla riskinhallintatoimet ovat toistaiseksi olleet vähäisiä. Ylöjärven ja Viljakkalan kaivosalueilla on pyritty peittämään pölyävää rikastushiekka-aluetta. Ylöjärvellä peitto on toteutettu rakennustyömaiden ylijäämämassoilla, Viljakkalassa on käytetty lisäksi asfalttia. Peiton vaikutuksia arseenin kulkeutumiseen ei ole selvitetty. Ylöjärven kaivosalueella on myös kokeiltu rikastushiekkakasalta laskevan puroveden kalkitsemista, mutta huomattavaa hyötyä ei ole havaittu.

Hyvin pienialaiset, arseenilla pilaantuneet kohteet on yleensä kunnostettu kerralla poistamalla kokonaan pahiten pilaantuneet maa-ainekset ja viemällä ne muualle käsiteltäväksi. Riskinhallinta siirtyy näin vastaanottavan käsittelylaitoksen vastuulle. Pilaantuneita aineita kuljetetaan hyvinkin kauas, pääosin vaihtelevi-



Kuva 55. Pirkanmaalla sijaitsevat jätteenkäsittelylaitokset vuonna 2005. Jätealalla muutokset ovat jatkuvia, esimerkiksi nyt myös Virtain yhdyskuntajätteen kaatopaikka on suljettu. Kartan pohjaväriä on esitetty moreenin arseenipitoisuus (Koljonen *et al.* 1992), vrt. kuva 20. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

en jätteen vastaanottomaksujen vuoksi. Pirkanmaan 11 kohteelta, jossa oli havaittu muiden haitallisten aineiden joukossa arseenia, kuljettiin esimerkiksi vuosina 2004–2006 yhteensä 3 360 000 tonnikielometriä maa-aineksia muualle. Pisimmät kuljetusmatkat kunnostuskohteelta käsittelyyn, varastointiin tai loppusijoitukseen olivat noin 200 kilometriä.

Käsittelypaikkana on usein ollut kaatopaikka, jonne on joissain tapauksissa kuljetettu myös arseenipitoisia tuhkia. Kaatopaikkojen lisäksi myös muilla jätteiden käsittelylaitoksilla (kuva 55) voidaan käsitellä arseenipitoisia aineksia. Pirkanmaalla on myös neljä kenttää, johon on stabiloitu epäorgaanisia haitta-aineita sisältäviä maita. Näistä Valkeakosken kenttä on vanhin, noin 15-vuotias. Valvontatietojen mukaan stabiloinnit ovat toimineet hyvin.

Korkea arseenipitoisuus voi olla ongelmana myös muiden kiinteiden jätteiden käsittelyssä kuin pilaantuneiden maiden. Käsittelytekniikat ovat periaatteessa samoja mm. voimalaitostuhkille. Jätteiden haitallisia aineita voidaan rajoit-

taa myös kehittämällä niiden tuotantolaitoksen prosesseja, joista arseenipitoinen jäte on peräisin. Suomessa tutkitaan parhaillaan erilaisen teollisuuden epäorgaanisten jättemateriaalien kuten turve- ja puutuhkien tuotteistamista maanrakennuskäyttöön. Yhtenä osa-alueena ympäristöklusterin tutkimusohjelmaan kuuluvassa TUUMA-hankkeessa on voimalaitoksen hiukkaspäästöjen jakeiden erottelun testaaminen erilaisilla menetelmillä. Jakeita erottamalla saataisiin merkittävä osa haitta-aineista kerättyä yhteen jakeeseen ja muiden jakeiden hyödyntäminen helpottuisi.

Pilaantuneen maa-alueen kunnostusten yhteydessä on ympäristössä eräissä tapauksissa havaittu tavanomaista korkeampia pitoisuuksia arseenia, vaikka alueella ei arseenipitoisen aineksen käsittelyä. Kolmasosalla Yhdysvaltojen ns. Superfund-kohteista (julkinen rahoitusmekanismi puhdistettaville kohteille) arseeni on rekisteröity yhdeksi pilaantumista aiheuttavaksi aineeksi. Tämä tieto on herättänyt tekemään perusteellisia maasto- ja laboratoriotutkimuksia

Taulukko 33. Suomessa testattuja käsittelytekniikoita kiinteälle tai lietemäiselle arseenilla pilaantuneelle materiaalille.

Käsittelytekniikka	Ympäristövaikutukset	Muita huomioita
Kaatopaikkakäsittely	Kaatopaikkojen rakentamista ja käyttöä valvotaan. Pilaantuneita maa-aineksia on käytetty hyödyksi erilaisissa rakenteissa. Näin on säästetty puhtaita maa-aineksia. Vanhoilla kaatopaikoilla päästöt ympäristöön ovat todennäköisempiä; arseenia on myös havaittu tarkkailuissa.	Tuhkat kerätään ja varastoidaan kaatopaikoilla erillisiin osastoihin. Pirkanmaalla viedään mm. hyötykäyttöön soveltumattomat turvetuhkat kaatopaikoille. Kaatopaikkamaksujen suuruus vaikuttaa siihen, mitä jätteitä kaatopaikoille toimitetaan ja mitä niistä hyödynnetään.
Kiinteitys ja stabilointi	Pirkanmaalla toteutetut stabiloinnit ovat toimineet lupaehtojen mukaisesti. Pitkän aikavälin vaikutuksista ei ole koottua tietoa.	Työsuojelu tärkeää. Stabiloinneissa on käytetty tukiaineena bitumia tai betonia.
Eristys, kapselointi pilaantuneelle alueelle	Maa-ainesten sijoittaminen pilaantuneelle alueelle tai sen välittömään läheisyyteen vähentää kuljetuksia (päästöt, energiankulutus).	Pirkanmaalla on toteutettu kapselirakenne, johon voidaan sijoittaa mm. CCA –kylästeellä pilaantuneita maa-aineksia.
Poltto tai muu terminen käsittely	Arseenin poistaminen savukaasuista on teknisesti vaativaa. Siksi kyllästetyn puun polttoa ei suositella pienen mittakaavan laitoksissa. Poltosta jää myös käsiteltäviä vaativaa tuhkaa.	EKOKEM –yhtiön ongelmajätelaitoksella on testattu kyllästetyn puutavaran polttoa.
Mikrobiologiset menetelmät	Vaasaan on annettu ympäristölupa arseenilla pilaantuneen järven pohjasedimentin puhdistukseen. Puhdistuksesta jää runsaasti edelleen käsiteltävää lietettä. Arseni(III)sulfidi ei ole pysyvä hapellisessa ja sateelle alttiissa ympäristössä.	Perustuu sulfaattia pelkistävien bakteerien lisäämiseen> arseeni ja raskasmetallit muuntuvat niukkaliukoisiksi sulfideiksi ja kertyvät sedimentin pintaan. Näin pyritään rajoittamaan sedimentin ruoppauksen ja läjityksen ympäristöriskejä.

mm. eräällä vanhalla kaatopaikalla (Delemos *et al.* 2006). Kaatopaikkatutkimuksen tulokset vahvistivat oletusta, että pilaantuneen maaperän rautayhdisteiden pelkistyessä vapautuu niihin sitoutunutta arseenia. Rautayhdisteitä pelkistävät eräät bakteerit, jotka viihtyvät mm. kaatopaikkavesillä pilaantuneessa maassa. Tällä tutkitulla kaatopaikalla luontainen arseenin lähde oli savikerrostuma, jossa arseenin pitoi-

uus oli tyypillisesti noin 20 mg/kg. Suomessa vastaavia kysymyksiä luontaisen arseenin liikkeellelähdistä on herännyt kokeiltaessa mm. reaktiivista seinämää pilaantuneen pohjaveden puhdistukseen mahdollisella arseni-anomalia-alueella (Ekokem-Palvelu Oy 2006). Ramas-hankkeessakin otettiin muutamia näytteitä kaatopaikoilta tämän kysymyksen herättäminä (katso luku 6).

8.6 Riskinarviointista kohdennettuun riskien hallintaan Pirkanmaalla

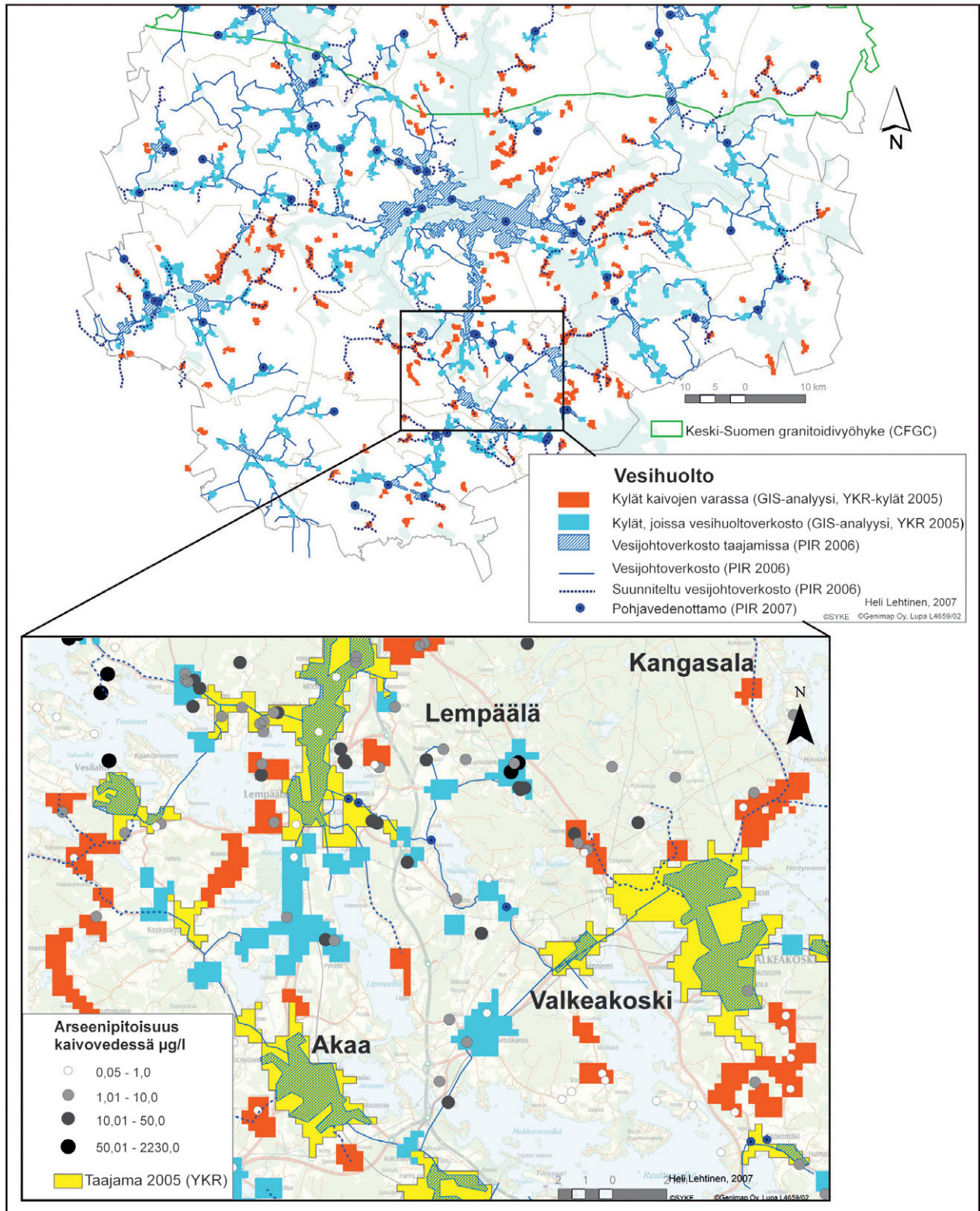
8.6.1 Terveysriskien hallinta

Pirkanmaalla terveystarkkailun hallinnan kannalta on olennaisinta varmistaa puhtaan juomaveden saanti, sillä kotitalouksien porakaivoista otettu juomavesi todettiin RAMAS-hankkeessa toteutetussa riskinarviointissa tärkeimmäksi altistusreitiksi ihmiselle. Eteläisellä Pirkanmaalla (Tampereen liuskeyvyöhyke ja Pirkanmaan migraliittivyöhyke) tutkituissa porakaivovesissä

noin 25 % arseenin ohjearvo ylittyi. Muussa talousvesikäytössä (esim. suihku- ja saunavesi) arseenille ei altistuta merkittävässä määrin. Maatiloilla ja valituilla kotitalouksilla toteutettu altistuksen mittaus (biomonitorointi) osoitti kuitenkin, että juomaveden arseeni ei selitä kaikkea altistumista. Päätelmien varmistamiseksi pitäisi biomonitorointi toistaa samoissa talouksissa.

Tampereen ympäristössä porakaivoveden arseeniongelma on tunnistettu jo pitkään. Väestön altistumista on myös pyritty monin tavoin rajoittamaan. Merkittävin vaikutus altistuksen vähenemiseen on ollut vesijohtoverkoston laaje-

nemisella alueille, joilla on havaittu kohonneita arseenipitoisuuksia kaivovesissä. Altistuminen arseenille on edelleen mahdollista haja-asutusalueilla kylissä ja taajamien kasvualueilla, joilla ei ole järjestettyä vesihuoltoa (kuva 56).



Kuva 56. Esimerkki GIS-analyysin tuloksista kahdessa eri mittakaavassa tunnistettaessa taajamien kasvualueiden ja kylien arseeni-riskialueita. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

Taulukko 34. Pirkanmaan vesilaitosten keskimääräisiä ja kaikkein suurimpia maksuja asiakkailleen vuosina 2001–2006 (Tiedot vesihuoltolaitosten tilastointijärjestelmän rekisteristä, VELVET).

		2001	2002	2003	2004	2005	2006
Liittymismaksu, €	keskiarvo	1506	1644	1659	1564	669	1400
	maksimi	3364	8768	9802	4760	1400	1400
Mittarimaksu, €/vuosi	keskiarvo	17	42	47	43	12	12
	max	37	307	450	450	-	-
Omakotitalon perusmaksu, €/vuosi	keskiarvo	41	80	101	99	36	-
	max	117	1385	2361	2344	-	-

Pirkanmaalla on eri rahoituslähteitä käyttäen tuettu taloudellisesti vesijohtoverkoston laajenemista. Vesilaitokset tai vesiosuuskunnat ovat voineet saada mm. 10 prosentilla korotettua valtion investointitukea rakennushankkeelleen, jos alueella on arseeniongelma. Tuen myöntämisestä päätetään alueellisessa ympäristökeskuksessa ja sitä säätelee nykyisin laki vesihuollon tukemisesta (30.7.2004/686). Pirkanmaan TE-keskus on myös osallistunut lisärahoituksen järjestämiseen. EU:n rakennerahaston kahdella ensimmäisellä kaudella näitä varoja ohjattiin Pirkanmaalla vesihuollonkin hankkeisiin. Vesilaitosten ja vesiosuuskuntien liittymismaksut kuluttajille ovat vaihdelleet huomattavasti (taulukko 34). Haja-asutusalueilla voikin olla useista syistä (mm. kustannukset, väestön väheneminen) epätarkoituksenmukaista siirtyä käyttämään järjestetyn vesihuollon palveluja arseeniongelmosta huolimatta. Pitkissä jakelujärjestelmissä on teknisiäkin ongelmia, koska vesimäärät putkissa ovat pieniä ja viipymät aiheuttavat herkästi veden laadun heikkenemistä. Tällöin puhtaan juomaveden saanti on turvattava muilla keinoin.

Vesihuollon investointeja edeltää yleensä suunnitteluvaihe, jossa tulevat tarpeet pyritään ennustamaan mahdollisimman hyvin. Pirkanmaalla arseeni on otettu huomioon mm. vuonna 2001 valmistuneessa alueellisessa selvityksessä haja-asutusalueiden ja kylien vesihuollosta. Siinä kehittämistarpeet käydään läpi kunnittain. Kuntien omissa vesihuollon suunnitelmissa arseenialueet on voitu ottaa huomioon myös kyliittäin. Näin on tehty Lempäälän kunnalle laadi-

tussa mallisuunnitelmassa. Viranomaiskäyttöön tarvittaisiin analysoiduista arseenipitoisuuksista paikkatietojen osalta usein vielä kunta- ja kylätasoa tarkempaa tietoa. Tällaista tietoa kertyy kuntien ympäristöterveysviranomaisille, mutta se ei ole pääosin julkista. RAMAS-hanke sai käyttöönsä Tampereen ja Oriveden porakaivojen arseenianalyysit, koska kunnat olivat maksaneet ne.

Tarkkoja tietoja yksityisten kaivojen varassa olevista talouksista ei Pirkanmaalla ole kerätty, kuten ei yleensä muissakaan maakunnissa. Kuntakohtainen arvio laskettiin ensin käyttämällä VELVET -rekisteriä ja Pirkanmaan ympäristökeskuksen vesihuoltoasiantuntijoita. Lisäksi kokeiltiin myös yhdyskuntarakenteeseen perustuvaa paikkatietoanalyysiä. Tässä oletettiin 1) haja-asutuksen olevan kokonaan järjestetyn vesihuollon ulkopuolella, 2) vesijohtoverkoston kattavan taajamissa Pirkanmaan ympäristökeskuksen ilmoittaman alueen vuonna 2006 sekä 3) kylämäisen asutuksen tilanteen vaihtelevan suhteessa etäisyyteen vesijohtoverkostosta. Tuloksena saatiin kaksi kuntakohtaista arviota oman kaivon varassa olevasta väestöstä arseenipitoisuuksien suhteen erilaisilla geologisilla vyöhykkeillä. Tampereen ja lähikuntien taajamissa ja niiden kasvualueilla näyttäisi olevan suhteellisen paljon väestöä, joka voi altistua juomaveden arseenille. Porakaivojen ja rengaskaivojen lukumääristä alueella ei kuitenkaan ole mitään rekisteröityä tietoa. Epävarmuutta kuntakohtaiseen altistumisen arviointiin tuo myös suuri vaihtelu porakaivonäytteiden määrissä (taulukko 35).

Taulukko 35. Kolmen geologisen vyöhykkeen ja kuntien rajojen perusteella tehdyt analyysit oman kaivon varassa asuvasta väestöstä ja porakaivoveden arseenipitoisuuksista. Merkintä * tarkoittaa, että tietoa ei ole eritelty erillisiin geologisiin vyöhykkeisiin. Kunnan sijoittuminen kahden geologisen vyöhykkeen alueelle on huomioitu taulukossa. (TB= Tampereen liuskevyöhyke ja PB= Pirkanmaan migmatiittivyöhyke)

Kunta	Asukkaita 2005	Oman kaivon varassa, VELVET (2005-2006)	Oman kaivon varassa, GIS analyysi kylistä ja haja-asutuksesta	As µg/l porakaivovedessä, mediaani (max) sinisellä = lähteet ja rengaskaivot	Ohjearvon ylittävien näytteiden määrä/ näytteiden kokonaislukumäärä
Ikaalinen	7550	1030	1931	0,13 (0,20)	0 / 3
Juupajoki	2220	170	590	1,00 (1,00)	0 / 2
Kihniö	2350	1450	1102	0,73 (2,72)	0 / 4
Kuru	2760	1410	1426	0,26 (6,58)	0 / 8
Längelmäki	240	*	*	0,46 (1,00)	0 / 9
Mänttä	6520	340	164		ei näytteitä
Orivesi	4590	2410	2024	1,00 (2,00)	0 / 7
Parkano	7340	1010	1750	0,14 (1,91)	0 / 9
Ruovesi	5400	1200	2017	0,79 (1,17)	0 / 2
Tampere	1360	*	*	0,88 (10,0)	3 / 79
Viljakkala	1180	680	Liitetty Ylöjärveen	0,80 (1,1)	0 / 6
Vilppula	5460	660	1362	0,46 (1,38)	0 / 4
Virrat	7850	1360	2504	0,38 (1,38)	0 / 7
Ylöjärvi	1000	*	*	0,93 (0,93)	0 / 1
Keski-Suomen granitoidivyöhyke	55820	11720	14870	0,46-0,61 (6,58)	3 / 143 (2 %)
Akaa (Toijala ja Viiala)		ei eritelty	650	Ks. erikseen Toijala ja Viiala	
Hämeenkyrö	10190	350	1915	1,13 (175)	5 / 49
Kangasala	26810	5410	2800	0,42 (44,2) (19,2)	5 / 71
Kuhmalahti	1120	420	451	0,72 (43,0)	3 / 21
Kylmäkoski	2630	1610	787	0,42 (11,2)	1 / 8
Lempäälä	18250	4750	1480	7,74 (1560) (26,6)	47 / 101
Längelmäki	1430	1190	176	8,30 (16,0)	1 / 2
Mouhijärvi	3010	810	851	2,86 (87,0)	1 / 5
Nokia	29150	5300	1683	3,01 (235)	21 / 101
Orivesi	4340	*	*	10,00 (2230) (45,0)	38 / 73
Pirkkala	14870	1240	279	1,21 (22,6)	7 / 64
Punkalaidun	3450	670	1397		ei näytteitä
Pälkäne + Luopioinen	6860	1960	1887	0,98 (50,8)	5 / 64
Tampere	202980	9050	2884	5,50 (900)	124 / 380
Toijala (Akaa)	8350	1060	Katso Akaa		ei näytteitä
Urjala	5560	3130	2146	0,49 (8,92)	0 / 17
Valkeakoski	20410	1800	2074	1,72 (48,2)	6 / 54
Vammala + Suodenniemi	16590	1800	3922	0,37 (4,51)	0 / 12
Vesilahti	3830	2550	1786	1,27 (80)	2 / 22
Viiala (Akaa)	5440	350	Katso Akaa	0,58 (0,93)	0 / 3
Viljakkala	900	*	Liitetty Ylöjärveen	0,30 (4,05)	0 / 4
Ylöjärvi	22040	3230	2156	2,37 (822)	5 / 34
Äetsä	4960	690	840	5,37 (5,48)	0 / 2
Eteläinen Pirkanmaa (TB ja PB)	413170	47370	30164	TB 4,05-5,5 (2230) PB 1,50 - 1,60 (1560)	271 / 1087(25 %)
Koko Pirkanmaa	468990	59090	45034	1,56-2,50 (2230)	274 / 1230(22 %)

RAMAS-hankkeen aikana Länsi-Suomen lääninhallitus lähetti kuntiin kyselyn pienten vesilaitosten jakaman veden arseenipitoisuuden valvonnasta. Näillä laitoksilla ei yleensä ole velvoitetta säännölliseen raportointiin. Vaikka

kyselyyn vastattiin puutteellisesti, tulokset antavat viitteitä arseenianalyysien niukkuudesta. Lisäksi joissain tapauksissa analyysitulokset olivat peräisin 1980-luvulta tai 1990-luvun alusta, jolloin luotettava arseenipitoisuuden

mittaaminen vedestä ei ollut vielä vakiintunutta. Parissa yksittäisessä, ympäristöterveysviranomaisen tarkkaileman kiinteistön kaivossa veden As-pitoisuudet olivat ylittäneet ohjearvon, mutta eivät koskaan verkostovedessä.

Yksittäisiä kotitalouksia ja ns. pieniä vesikimppoja (kaivon yhteiskäytöstä tehty sopimus) sekä erityisesti uudisrakentajia ja vesihuoltojärjestelmän uudistajia on syytä neuvoa arseeniongelman varalta. Tampereen kaupunki onkin esimerkillisesti vienyt arseenikartoituksensa tulokset internet -sivuilleen, jossa ne ovat myös rakentajien nähtävillä. Nämä arseenikartat on hyväksytetty päättäjillä osana kaupungin rakennusjärjestystä. Kunnissa on myös rakennuslupahakemuksen mukana jaettu tietoa arseenianomalia-alueista.

RAMAS-hankkeen yhteydessä toteutetun arseenin biomonitorointitutkimukseen liittyneen kyselyn (ks. luku 7.3) tuloksista havaittiin, että monella kiinteistöllä oli porakaivon lisäksi vanha rengaskaivo. Vanhan rengaskaivon kunnostaminen on yksi mahdollisuus arseeniongelman ratkaisulle kiinteistökohtaisesti. Puhdasta juomavettä voisi myös tietyin edellytyksin valmistaa kiinteistökohtaisella arseeninpoistolaitteistolla, mutta esimerkiksi yksikään biomonitorointitutkimuksen talous ei ollut valinnut arseenin poistoon tällaista laitteistoa. Yhdessä taloudessa oli päädytty pulloveden käyttöön juomavetenä.

Juomaveden lisäksi paikallisesti myös mm. CCA -kyllästeellä voimakkaasti pilaantunut maa voi olla merkittävä altistuksen lähde asukkaille, etenkin leikki-ikäisille lapsille (1–6 v.) (katso luku 7). Arseenilla pilaantuneella alueella voisi kirjallisuuden perusteella altistua jonkin verran myös sienä syömällä. Ainakin joissakin sienilajeissa (herkkusienet, ukonsienet) voi olla keskimääräistä enemmän pitoisuuksia arseenia (Pelkonen *et al.* 2006). RAMAS -hankkeessa tutkituilta alueilta saatiin niukasti näytteitä marjoista ja sienistä. Näytteiden arseenipitoisuudet olivat pieniä. Asukkaiden altistumisen rajoittamiseksi voi olla tapauskohtaisesti tarpeen merkitä voimakkaimmin pilaantuneet paikat myös maastoon ja tiedottaa alueen asukkaita riskeistä.

Riskinarvioinnissa tarkastelluista arseenilla pilaantuneista alueista Ylöjärven kaivosalue

on pääosin puolustusvoimien hallinnassa ja siksi hyvin rajoitetussa käytössä. Koeräjäytykset rikastushiekka-alueella aiheuttavat arseenipitoisen pölyn leviämistä lähiympäristöön. Toteutetun riskinarvioinnin tuloksena saatu laskennallinen syöpäriski alueella työskentelevien keskuudessa osoittautui pieneksi. Muita mahdollisia terveysvaikutuksia ei arvioitu. Räjätysten epäsuorat vaikutukset voivatkin olla suoria vaikutuksia merkittävämpiä. Räjätysten rikkovat rikastushiekan pintaa altistaen kasan syvemmätkin kerrokset sadeveden ja ilman hapen vaikutuksille aiheuttaen riskin arseenin liikkuvuuden lisääntymiselle. Kaivosalueen sisällä olevassa Parosjärvessä arseenipitoisuudet ovat hyvin korkeita. Tästä huolimatta järvessä on pidetty kesäisin lasten uimakoulua. Lyhytaikaisesta altistumisesta huolimatta virkistyskäytön rajoittamista on syytä harkita.

Puolustusvoimien hallinnoiman alueen ulkopuolella vesireitti Näsijärveen on pilaantunut ja arseenia on kulkeutunut kaivosalueelta noin seitsemän kilometrin matkan pitkin vesistöä. Vesireitillä ei ilmeisesti käytetä pintavettä talousvetenä eikä muitakaan selkeitä altistusreittejä asukkaille ole tiedossa. Esimerkiksi Näsijärven kaloissa ei ole tähän mennessä havaittu keskimääräistä korkeampia arseenipitoisuuksia.

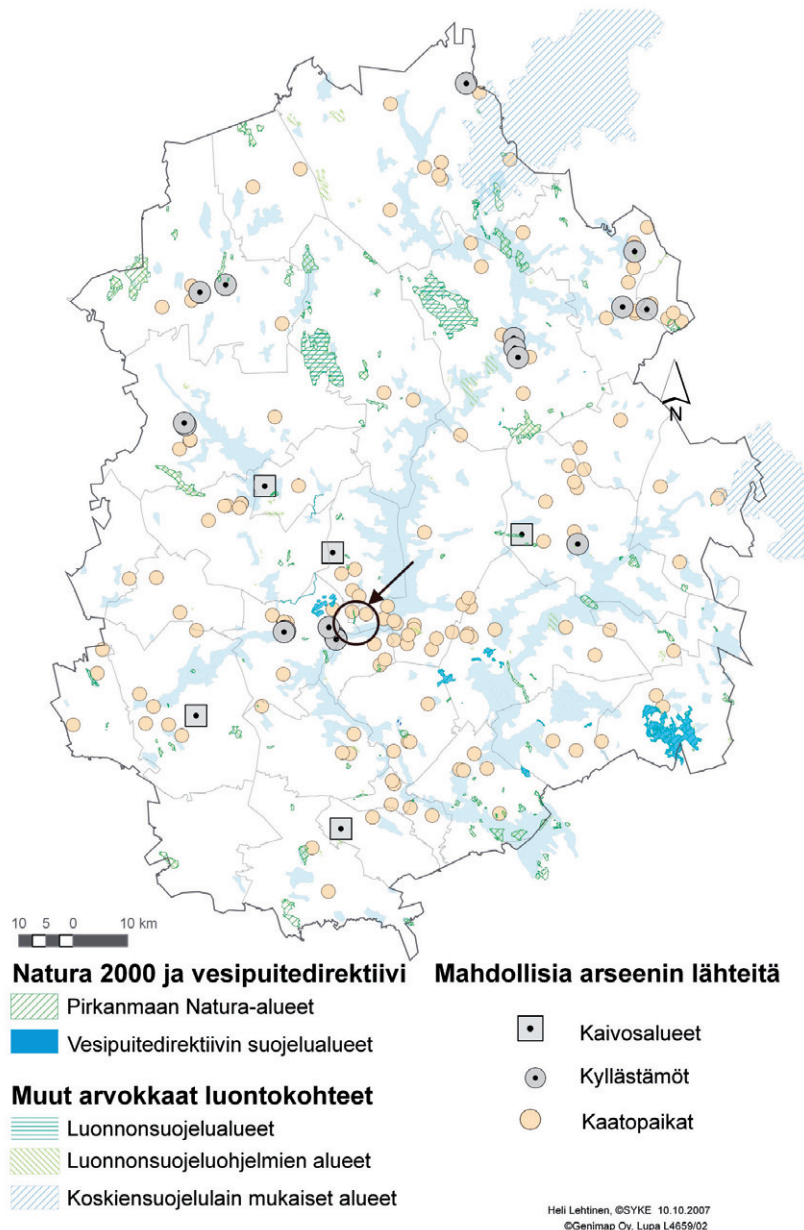
8.6.2 Ympäristöriskien hallinta

Ympäristöriskien hallintaa suunniteltaessa tulee huomioida riskien kohdentuminen erilaisiin ekosysteemeihin kuten maa- ja vesiekosysteemeihin tai toisaalta vaikka ravinneköyhiin tai reheviin ekosysteemeihin. RAMAS-hankkeessa ekologista riskinarviointia tukevat toksisuustestit painottuivat maaekosysteemiin. Ylöjärven kaivosalueelta laskevan vesireitin varrelta saatiin myös sedimentin piilevänäytteitä kuvaamaan ekosysteemin muutoksia. Esimerkikohteista ravinneköyhin oli kaivosalueen rikastushiekka-alue ja vesireitti alueelta Näsijärveen edusti puolestaan runsaasti ravinteita sisältävää ympäristöä.

Riskinhallinnassa on perusteltua priorisoida arvokkaiksi luokiteltuja luontokohteita ja haitta-aineille erityisen herkkiä lajeja tai ym-

päristöjä. Koko Pirkanmaan aluetta koskevan tarkastelun kannalta RAMAS-hankkeen kohdekohtaisia riskinarviointeja ei koettu riittäviksi. Alueellisen, ekologisen riskinarvioinnin menetelmänä kokeiltiin siksi kartta-analyysiä, johon haettiin tiedot Pirkanmaan merkittävimmistä luontokohteista ja pistemäisistä arseenilähteistä (kuva 57). Pilaantuneisuudeltaan laaja-alaisim-

mille arseenilähteille, kaivosalueille, muodostettiin kolme puskurivyöhykettä, joista laajin sijoitettiin viiden kilometrin säteelle. Näiltä puskurivyöhykkeiltä tunnistettiin mahdolliset maa- ja vesireitit arvokkaisiin luontokohteisiin (taulukko 36). Vastaava tarkastelu olisi helppo toteuttaa myös muille arseenilähteille.



Kuva 57. Arvokkaat luontokohteet arseenilähteiden ympäristössä. Nuolella on merkitty alue, jossa vanha kaatopaikka aiheuttaa arseenipilaantumisen riskin NATURA 2000 ohjelmaan kuuluvalla puroekosysteemille. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

Taulukko 36. Pirkanmaan arvokkaiden luontokohteiden sijainti suhteessa kaivosten sijaintiin, kartta-analyysin tulokset.

Kaivos	Etäisyys 0,5 km	1 km	5 km
Haveri, Viljakkala		Maayhteys pienelle suojelualueelle	<ul style="list-style-type: none"> Vesiyhteys NATURA 2000 alueelle (kosteikko, linnut) Maayhteys järville (lintukosteikko), pienelle luonnonsuojelualueelle (lehto) ja arvokkaalle harjulle.
Lakiala, Ylöjärvi			<ul style="list-style-type: none"> Maayhteys Natura 2000 järvelle ja vanhaan metsään sekä pienelle luonnonsuojelualueelle (monimuotoinen)
Kutemajärvi, Orivesi	Vesiyhteys NATURA 2000 alueelle ja luonnonsuojelualueelle (puro, metsä)		<ul style="list-style-type: none"> Maayhteys arvokkaille soille, vanhaan metsään ja niittyalueelle Vesiyhteys (puro, epävarma) arvokkaalle suoalueelle
Kylmäkoski			<ul style="list-style-type: none"> Maa- ja vesiyhteys (puro, epävarma) laajalle suoalueelle

Toksisuustestejä varten kaivosalueella maanäytteitä otettiin rikastushiekka-alueelta. Arseenin vaikutusaluetta ympäröivässä metsä- ja suoympäristössä ei vielä tunneta kovin hyvin, eikä sitä myöskään tutkittu RAMAS-hankkeen yhteydessä. Räjäytysten aiheuttaman pölyämisen vuoksi ympäristötutkimuksia olisi jatkossa hyvä kohdentaa kauemmas rikastushiekka-alueesta. Ekotoksikologisissa tutkimuksissa todettiin, että rikastushiekka on kasveille myrkyllistä. Kasvien huono vointi ei näytä aiheutuvan pelkästään ravinteiden puutteesta. Laboratoriotesteissä kasvualusta sisälsi tarvittavat ravinteet ja haitalliset vaikutukset aiheutuivat myrkyllisestä maauutteesta. Kasvillisuus on näytteenottoalueella vähäistä (kuva 58). Yksinomaan arseenin pitoisuuden tai myrkyllisyyden vähentäminen ei kuitenkaan välttämättä riitä rikas-

tushiekka-alueella toimivan ja monimuotoisen ekosysteemin luomiseen. Rikastushiekassa on niukasti kasvien tarvitsemia ravinteita ja alueella pintamaa on liettynyt ja kuorettunut kovaksi materiaaliksi, jossa on mukana särmikästä kiviainesta. Testeissä rikastushiekka ei soveltunut laisinkaan lieroille ja änkyrimatojenkin lisääntyminen heikentyi testeissä.

Ympäristöriskien rajoittamiseksi rikastushiekka-alue tulisi ainakin osittain peittää ja eristää huuhtoutumisen ja pölyämisen ehkäisemiseksi. Eristeen päälle voidaan rakentaa elinvoimainen ekosysteemi suljettujen kaatopaikkojen tapaan. Tämä edellyttää räjäytysalueen supistamista tai toiminnan siirtämistä. Arseenin suotautumista syvemmistä rikastushiekkakerroksista ympäristöön ei varmaankaan voi kokonaan estää.



Kuva 58. Ylöjärven rikastushiekka-alueelle on juurtunut vain niukasti kasvillisuutta 40 vuoden kuluessa. Kuva Kati Vaajasaari.

Suomessa pieniä makean veden ekosysteemejä kuormittavat kemikaalien lisäksi usein myös ravinteet, orgaaninen aines ja happamat päästöt vesien tai ilmasta tulevan laskeuman kautta. Ylöjärven kaivosalueen arseenia kulkeutuu puro- ja järvi-ekosysteemiin, joka on osin voimakkaasti rehevöitynyt (kuva 59). Muissa yhteyksissä julkaistujen tutkimusten mukaan vesikasvillisuus kerää enemmän arseenia kuin maalla elävät kasvit, joten osa arseenista sitoutuu rehevään vesikasvillisuuteen. Aiempien tutkimusten ja RAMAS-hankkeessa tehdyn vesistömallinnuksen perusteella voidaan todeta, että puolet tulevasta arseenista sitoutuu tai varastoituu sedimentteihin Vähä-Vahantajärven mennessä. Järvi-ekosysteemi toimineekin tässä tapauksessa merkittävänä arseenin varastona, joka rajoittaa päästöjä järven alapuoliseen vesistöön.

Kyllästämisellä arseeni ei ole ainoa ympäristöriskien hallintatoimia määräävä tekijä, sillä



Kuva 59. Rehevää puron vartta Vähä-Vahantajärven ympäristössä. Kuva Arto Paananen.

alueilla esiintyy muitakin haitta-aineita kuten kromia ja kuparia sekä mahdollisesti myös muita suojauskemikaaleja (kreosootti, kloorifenolit, kuva 60). CCA -kyläste esiintyy usein mineraalimaahan sekoittuneessa puusilpussa ja kuorissa. Erittäin voimakkaasti pilaantuneita maa-aineksia löytyy pistemäisesti mm. paikoista, joissa on ollut kylästyssylinteri tai -allas, sekä varastointikentiltä. Tällaisten pistemäisten, myrkyllisten aineiden poistaminen vähentää jo merkittävästi haitallisia ympäristövaikutuksia.

8.6.3 Ennakoiva ympäristö- ja terveystieteiden hallinta

Pirkanmaan pilaantuneiksi epäillyt kohteet on tallennettu alustavine priorisointipisteineen (taulukko 37) ympäristöhallinnon uuteen valtakunnalliseen tietojärjestelmään maaperän tilasta. Kohteiden karttapohjainen esitys palvelee maankäytön suunnittelua ja muuta ennakoivaa riskinhallintaa. Tarpeen mukaan kohteille voidaan asettaa käyttörajoituksia ja merkitä ne maastoon riskialueiden tunnistuksen helpottamiseksi.

Pirkanmaalla priorisointi tutkimusresurssien kohdentamista varten tehdään ns. SMP-mallilla. SMP-malli on vertailevaa riskinarviointia hyödyntävä karkeahko priorisointimalli. Tässä mallissa mahdolliset pilaantuneet kohteet pisteytetään lähinnä sijaintiin ja pilaantumista aiheuttavaan toimintaan perustuen siten, että herkkien kohteiden läheisyydessä sijaitsevat kohteet saavat korkeimmat pisteet. Ensimmäisen luokan pohjavesialueella sijaitsevat kohteet saavat yleensä eniten pisteitä ja ne priorisoidaan kiireellisesti selvitettäväksi samoin kuin maankäyttömuodoltaan virkistys- ja asutusalueet. Arvokkaiden luontokohteiden erityisominaisuuksia SMP-pisteytys ei suoranaisesti tunnista, mutta suojelualueet on pisteytyksessä rinnastettu virkistysalueisiin. Asuin- ja virkistysalueet puolestaan pisteytetään maankäyttömuotoina maksimipistein. SMP-malli ei ota huomioon maaperän laatua, kohteessa käytettyjen kemikaalien määrää ja ominaisuuksia eikä esimerkiksi maaperästä mitattuja haitallisten aineiden pitoisuuksia.

Taulukko 37. Pirkanmaalla sijaitsevien kyllästämö- ja kaivosalueiden priorisointi SMP-mallilla vuosina 2000–2004 ja näissä tehtyjen tutkimusten tai kunnostusten vaihe. A: ≥ 70 pistettä (kiireellisesti tutkittava), B: ≥ 55 pistettä (tutkittava 5–10 vuoden sisällä), C: < 55 pistettä (ei kiireellinen). Tiedot selvitystarpeesta sekä toteutetuista riskinhallinnan toiminna on poimittu ensisijaisesti maaperän tilan tietojärjestelmästä paitsi RAMAS -kohteilla.

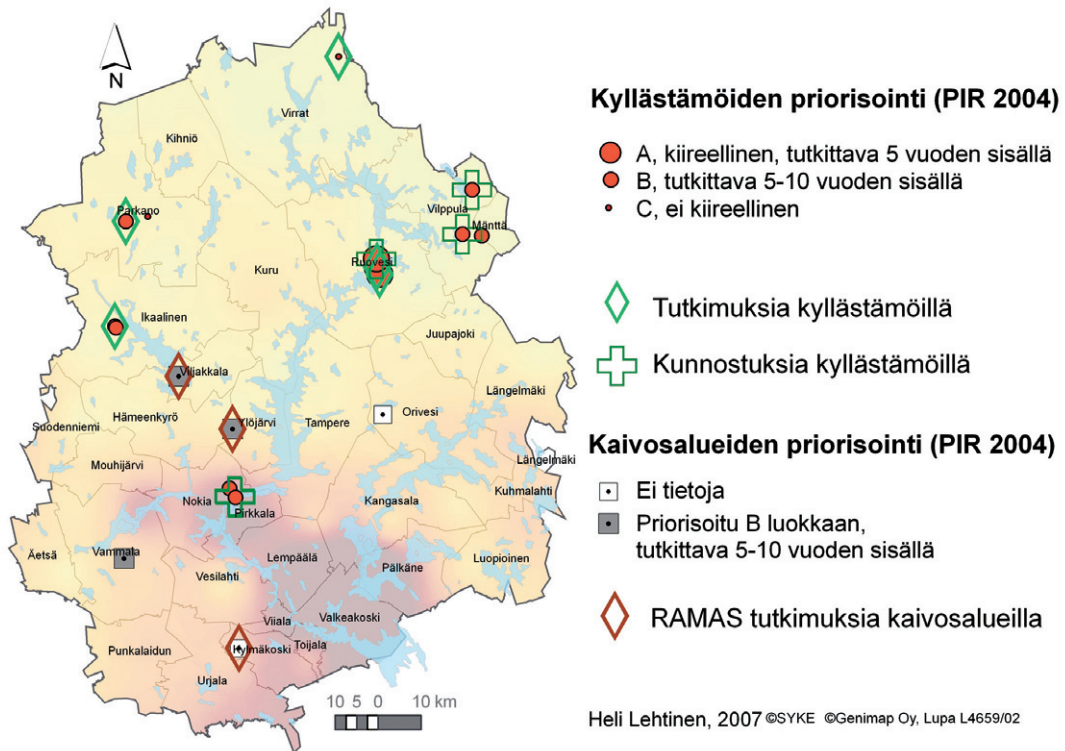
Kunta	Mahdollinen arseenin lähde	Priorisointi ja SMP pisteet	RAMAS-kohde	Selvitys tarve	Huomioitavaa
Virrat	Killinkosken vanha kyllästämö	C 50.9			Tutkimuksia vaiheittain, riskinarviointi menossa ja kunnostus alkamassa
Parkano	Kausen kyllästämö	B 56.8			Alustavia tutkimuksia (1993, 2001)
Parkano	Parkanon Puukylläste Oy	C 53.2		X	
Ruovesi	Ruoveden Sähkö Oy:n pylväskyllästämö, Kauttu	A 72.9	X		Tutkimuksia vaiheittain
Ruovesi	Ruoveden Sähkö Oy:n pylväskyllästämö, Ruhala	A 73.1	X		Tutkimuksia vaiheittain
Ruovesi	Pohjois-Hämeen Puhelin Oy:n pylväskyllästämö, Ritoniemi	A 79.0			Kunnostuksia vaiheittain (2001, 2004)
Vilppula	Ajostaipaleen entinen kyllästämö	B 65.8			Kunnostettu 2005, pistemäinen jäännöspitoisuus
Vilppula	Kolhon Kyllästämö ja entinen saha	B 66.8			Kunnostuksia vaiheittain (2001-2004), seurantaa alueella
Mänttä	Mäntän Rakennuspuu Oy, kyllästämö	B 56.3		X	
Ikaalinen	Kausen kyllästämö	B 62.5			Alustavia tutkimuksia (1993)
Ikaalinen	Sähköpylväiden kyllästysasema	B 59.5		X	
Viljakkala	Haverin Au-Cu kaivosalue	B 61.8	X		Tutkimuksia vaiheittain, osa-alueelle riskinarviointi, vähäisiä kunnostustoimia
Ylöjärvi	Paroistenjärven/Lakialan Cu-W kaivosalue	B 68.4	X		Tutkimuksia vaiheittain, vähäisiä kunnostustoimia
Kylmäkoski	Kylmäkosken Ni-Cu kaivosalue	Ei tietoa	X		Alustavia tutkimuksia
Orivesi	Kutemajärven Au kaivosalue	Ei tietoa			Alustavia tutkimuksia
Nokia	Nokian vanha kyllästämö	B 58.9		X	
Nokia	Sattulan sahan varastot	B 69.3			Kunnostuksia vaiheittain (2001, 2005)
Nokia	Sattulan sahan kuorikaatopaikka	B 68.7			Kunnostettu 2005

Maankäytön suunnittelu voisi tukea selkeämmin arseenialtistuksen rajoittamista. Tärkeintä olisi varmistaa sekä uuden että vakiintuneen asutuksen ja loma-asutuksen puhtaan veden saanti tulevaisuudessakin. Pirkanmaan vahvistetussa maakuntakaavassa vuodelta 2005 esitetään aluevarauksia asumiselle ja palveluille pääosin nykyisten taajamien yhteyteen (kuva 61). Uusien alueiden vesihuollon järjestäminen niin, että porakaivovettä ei ole tarpeen käyttää talousvetenä, on tärkeää erityisesti Tampereella ja sen naapurikunnissa. Näillä alueilla on suurimmat aluevaraukset asumiselle ja palveluille ja myös riski porata kaivo paikkaan, jossa on korkea veden arseenipitoisuus, on merkittävä.

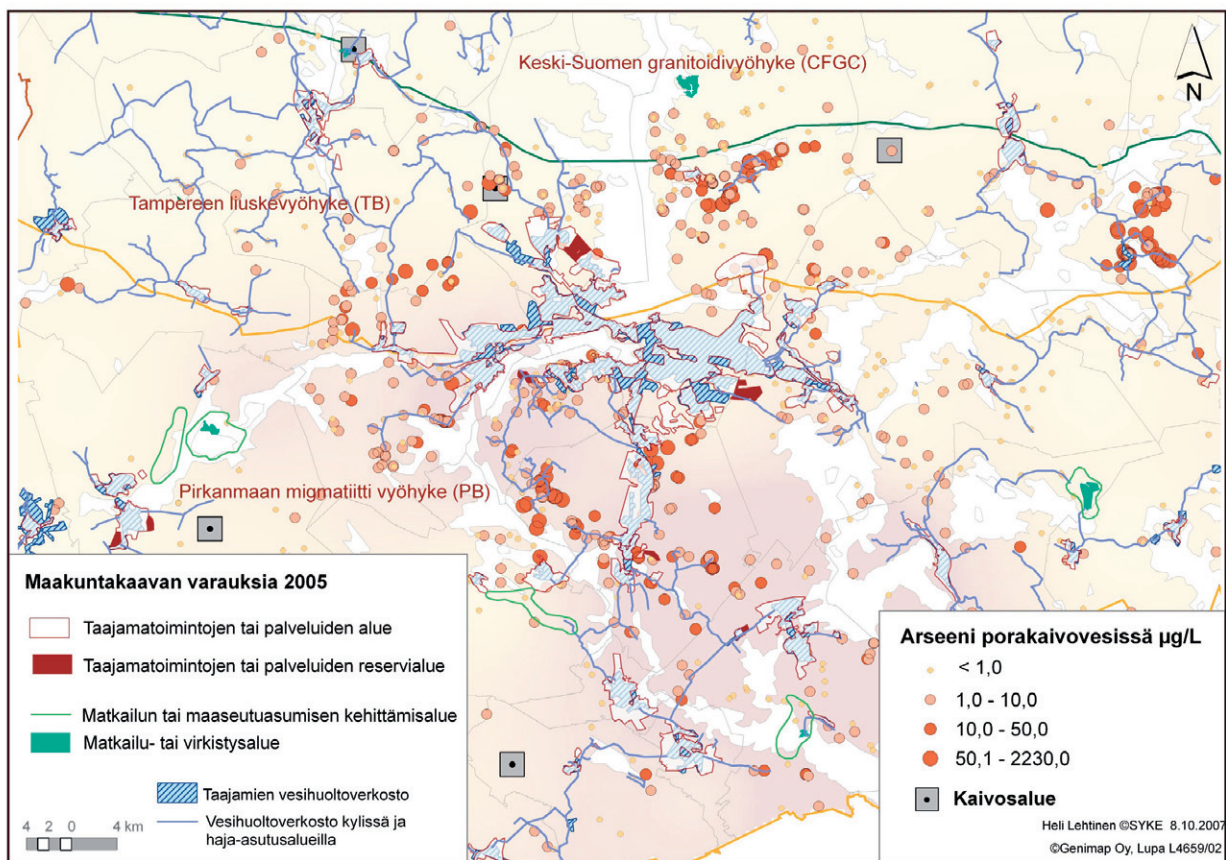
Tampereen eteläpuolella on laaja kehittämis-

alue, jolla myös maaperän luontaiset arseenipitoisuudet ovat korkeita. Tällä alueella rakentaminen voi lisätä arseenin kulkeutumista ympäristöön ja siten myös altistumisriskiä. Suurempien rakennushankkeiden yhteydessä maa- ja kiviainesta joudutaan joskus kuljettamaan pitkiäkin matkoja, jos niitä ei voida hyödyntää tai läjittää maankaatopaikoille työmaan lähellä. Pirkanmaalla kohonneita arseenipitoisuuksia sisältävät ainekset voivat päätyä ”puhtaillekin” alueille, joilla eliöstö ei ole sopeutunut vastaaviin arseenipitoisuuksiin. Tämä pitäisi tiedostaa suunniteltaessa ylijäämämassojen sijoitusta.

Pirkanmaan maakuntakaavaan on tehty varaus matkailu- ja virkistysalueelle Viljakkalan Haverissa. Matkailussa hyödynnettäisiin alueen



Kuva 60. Mahdollisesti arseenilla pilaantuneet kyllästämö- ja kaivosalueet Pirkanmaalla (vrt. taulukko 30). Kartan pohjavärinä on esitetty moreenin arseenipitoisuus (Koljonen *et al.* 1992), vrt. kuva 20. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

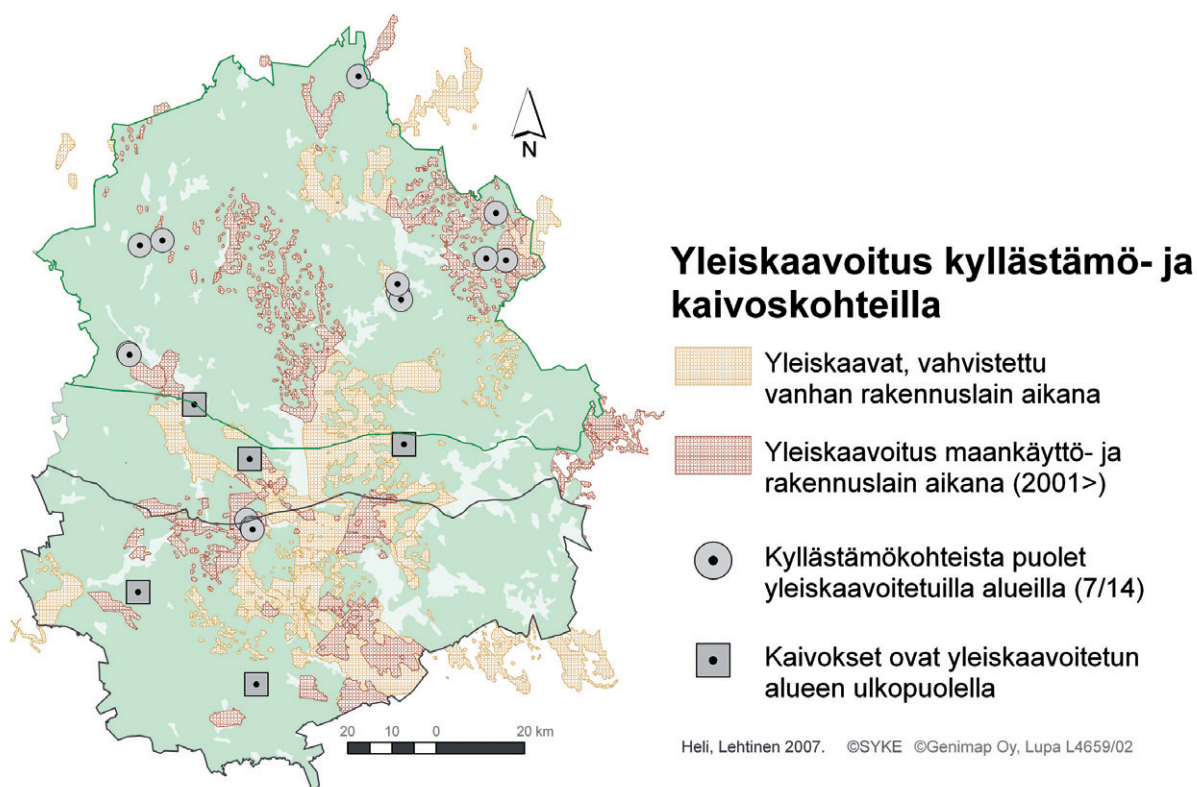


Kuva 61. Pirkanmaan maakuntakaavan (2005) aluevarauksia ja nykyisen vesihuoltoverkoston kattavuus eteläisen Pirkanmaan arseenialueilla. Kartan pohjavärinä on esitetty moreenin arseenipitoisuus (Koljonen *et al.* 1992), vrt. kuva 20. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

kaivoshistoriaa. Ylöjärven Lakialassa sijaitseva kaivos sijaitsee puolustusvoimien hallinnoimalla alueella. Maakuntakaavassa alue on edelleen kokonaisuudessaan varattu puolustusvoimien käyttöön.

Tunnistetut, ihmisen toiminnasta aiheutuvat arseenilähteet ovat pieniä pinta-alaltaan ja merkitykseltään otettavaksi huomioon maakuntakaavoituksessa. Pirkanmaalla ei ole tunnistettuja arseenilähteitä TUKESin keräämällä listalla SEVESO II direktiivin soveltamisesta. On huomioitava, että tätä direktiiviä ei sovelleta kaatopaikkoihin eikä suljetuille kaivosalueille. Yleis- ja asemakaavoissa voitaisiin osoittaa kehittämistarvetta pilaantuneiksi epäillyille ja erityisesti jo pilaantuneiksi todetuille alueille.

Pirkanmaan kaikki kaivosalueet on jätetty yksityiskohtaisempien (yleiskaavoitus ja asemakaavoitus) kaavojen ulkopuolelle. Pirkanmaan kyllästämökiinteistöistä puolet (7/14) sijaitsee yleiskaavoitetulla alueella (kuva 62). Kaivosalueen tuntumassa yleiskaavan (vuodesta 2002) raja noudattaa kiinteistörajaa valtion maihin. Todetuista vesistön korkeista arseenipitoisuuksista huolimatta tämä yleiskaava ei sisällä mitään merkintää pilaantuneisuudesta. Pienimuotoinenkin rakentaminen tai ruoppaaminen pilaantuneessa vesistössä voi aiheuttaa merkittäviä ympäristöriskejä. Tämä tulisi huomioida rakentamisen ohjauksessa ja asukkaille tiedottamisessa.



Kuva 62. Pirkanmaan kyllästämökiinteistöjen ja kaivosalueiden sijainti suhteessa yleiskaavoituksen piirissä oleviin alueisiin. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos

8.7 Johtopäätökset ja kehittämisehdotukset

Mahdollisten arseenin lähteiden kartoitus vahvasti oletusta, että ihmisen toiminnasta aiheutuvat pääasialliset arseenilähteet on Suomessa tunnettu pitkään ja niitä on rajoitettu eri keinoin. Tieto nykyisistä ja aiemmista arseenin käyttövoista kuitenkin vaihteli eri tietolähteissä. Arseenianalyysien niukkuuden ja muiden tiedon puutteiden vuoksi mm. kaatopaikkojen sekä arseenianomalia-alueilla sijaitsevien kivilouhosien, kivenmurskaamojen ja suurten rakennustyömaiden merkitys arseenilähteenä jäi vielä epäselväksi. Myös mm. maankaatopaikat, joille on viety arseenipitoisia maa-aineksia voivat toimia mahdollisina arseenilähteinä. Näillä alueilla ei vaadita ympäristön seurantaa. Lisäksi maa- ja kallioperän luontainen arseeni saattaa lähteä liikkeelle olosuhteiden, kuten redox-potentiaalin muutosten seurauksena. Lisätiedot arseenin esiintymisestä ja käyttäytymisestä ympäristössä ovat siis joiltain osin tarpeen, jotta riskinhallintatoimet voidaan kohdentaa tehokkaasti.

Yksittäisestä haitta-aineesta kuten arseenista aiheutuvien ekologisten riskien arviointi laajalla alueellisella tasolla on RAMAS -hankkeen kokemusten perusteella vaikeasti toteutettavissa. Vesistöjen suhteen tarvitaan edelleen lisätutkimuksia etenkin kaivosalueiden ympäristössä. Hankkeen toteutuksen aikaan arseenille ei ollut olemassa ekologisiin riskeihin perustuvia ohjeita pinta- ja pohjavesille. Joissain maissa on kuitenkin esitetty juomaveden laatuvaatimusta (10 µg/l) alhaisempia tavoitepitoisuuksia pintavedelle. Esimerkiksi Kanadassa ja Ruotsissa alle 5 µg/l pitoisuutta pidetään turvallisena vesieliölle. Luontoarvoltaan merkittävät vesiympäristöt onkin syytä ottaa huomioon vesistöjen tilaan vaikuttavien riskinhallintatoimien kohdennettaessa.

Riskinarvioinnissa tarkastellut arseenilla pilaantuneet alueet (Kautun ja Vilppulan kyllästämöt, Ylöjärven kaivosalue) eivät sijaitse arvokkaiden luontokohteiden läheisyydessä. Sen sijaan ainakin Haverin ja Kutemajärven kaivosten läheisyydessä on arvokkaita luontokohteita. Näiden kaivosten vaikutusalueen todellista laajuutta ei kuitenkaan tunneta, joten lisätutkimukset olisivat tältä osin hyödyllisiä.

Terveysriskien osalta kaikkia altistusreittejä ei selvitetty kattavasti, mm. tutkimuksessa mukana olleiden maatilojen pihamaita ei tutkittu. Esimerkiksi biomonitoroinnissa todettiin kohonneita virtsan arseenipitoisuuksia, joille ei löytynyt selitystä. Luontaisen ja ihmistoiminnasta ympäristöön päätyneen arseenin mahdollisista eroista biosaatavuudessa ei myöskään saatu tietoa. Tämän tutkiminen on käytännössä erittäin vaikea toteuttaa, johtuen eroista pitoisuuksissa ja tutkittavan ympäristöosan (maa, vesi) ominaisuuksissa. Riskinhallintatoimien suunnittelussa tieto biosaatavuudessa olisi kuitenkin tärkeä, jotta vältetään toimien yli- tai alimitoitus.

Maankäytön suunnittelutyössä kaikkien kaivosten toiminta-alueet on Pirkanmaalla jätetty yleiskaavoituksen ulkopuolelle. Kaivosten mahdollisella vaikutusalueella voi kuitenkin olla kaavoituksen piirissä olevia toimintoja, lähinnä asutusta. Kaavojen tarkistamisen ja uusien kaavojen laatimisen yhteydessä onkin tarpeen selvittää tarkemmin lähistöllä olevien kaivosten ympäristövaikutusten alueellinen ulottuvuus. Osa Pirkanmaan toimintansa lopettaneista CCA-kyllästämöistä sijaitsee ensimmäisen (I) luokan pohjavesialueella. Näillä alueilla onkin tarpeen ottaa huomioon mahdolliset riskit pohjaveden laadulle.

RAMAS-hankkeessa riskinhallintaa varten tuotetun kartta-aineiston jalostaminen käyttökelpoiseksi mm. maankäytön ja vesihuollon suunnittelua varten on tehtävä jatkossa yhteistyössä käyttäjien kanssa. Kartta-aineiston tuottamisessa ongelmana on mittakaava. Viranomaistyössä on tarve erittäin yksityiskohtaiselle paikkatiedolle, mutta käytännössä mm. yksityisyyden suojaan liittyvät näkökohdat rajoittavat tällaisen työkalun tuottamista. Eri rekisterien sisältämien tietojen yksityiskohtaisuuden tasossa on myös eroja. Esimerkiksi mahdollisesti pilaantuneita maa-alueita koskeva kiinteistökohtainen paikkatieto (MATTI-rekisteri) on nykyään julkinen, mutta yksityisistä kaivoista ei ole saatavissa paikka- eikä vedenlaatutietoja.

Toistaiseksi maa-ainesten poisto ja käsittely muualla on ollut yleisin pilaantuneiden maa-

alueiden kunnostusmenetelmä. Maa-aineksia on myös stabiloitu kenttärakenteisiin. Etenkin laajoilla, arseenilla pilaantuneilla alueilla tarvitaan muitakin ratkaisuja. Muualla on kokeiltu mm. mikrobiologisia menetelmiä ja kasvikunnostusta, joiden toimivuutta voitaisiin testata Pirkanmaallakin. Kunnostuksen suunnittelussa on tärkeää ymmärtää arseenin käyttäytymistä ympäristössä. Esimerkiksi kosteikot, suot ja sedimentit varastoivat arseenia, joka voi olosuhteiden muuttuessa vapautua. Tätä tietoa voidaan myös hyödyntää luomalla keinotekoisia “arseenivarastoja” riskien hallitsemiseksi. Ylöjärven kaivosalueen ympäristössä sijaitsevien kosteikkojen on todettu pidättävän arseenia ja estävän sen kulkeutumista. Pilaantuneiden sedimenttien riskinhallintatoimia voivat periaatteessa olla mm. alueelliset käyttörajoitukset, peittäminen tai eristäminen tai ruoppaus ja sedimenttien poisto. Pilaantuneen sedimentin peittämisellä pyritään estämään haitta-aineiden leviäminen ja heikentämään aineiden saatavuutta vesieliöille. Peittämisellä voidaan jäljitellä luonnollista sedimentaatiota.

Laajalti pilaantuneella Ylöjärven kaivosalueella voitaisiin muodostaa vyöhykkeitä, joihin riskinhallintatoimet kohdennetaan. Ydinvyöhykkeellä hyväksyttäisiin pilaantuminen

ja alueen käyttöä rajoitettaisiin voimakkaasti altistuksen välttämiseksi. Entisillä kyllästämökiinteistöillä ympäröivän alueen käyttötapoja voi olla tarpeen rajoittaa nykyistä enemmän ja merkitä voimakkaimmin pilaantuneet alueet myös maastoon.

Pirkanmaan eteläosissa maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen määrittämistä koskevassa asetuksessa annettua arseenin kynnyisarvoa (5 mg/kg) ei voi pääsääntöisesti soveltaa, koska maaperän ja pohjaveden taustapitoisuudet ovat laajoilla alueilla keskimääräistä korkeampia. Ihmisen aiheuttaman arseenipilaantumisen tunnistaminen voi näillä alueilla olla vaativaa. RAMAS-hankkeen analyysit maaperän syvyysprofileista osoittivat, että luontaisella arseenilähteellä maaperän arseenipitoisuuden kasvoivat syvemmissä kerroksissa. Toisaalta pintamaassa voi olla laskeuman mukana kulkeutunutta arseenia, kuten todettiin peltomaiden muokkauskerroksesta tehdyistä maa-analyyseistä (ks. luku 5).

Pirkanmaan arseenialueilla voisi suositella kohdekohtaista riskien arviointia arseenin suhteen, koska kunnostustoimet voivat osaltaan lisätä mm. luontaisen arseenin kulkeutumisriskiä ja uusia mahdollisuuksia altistumiseen.

8.8 Avoimia kysymyksiä

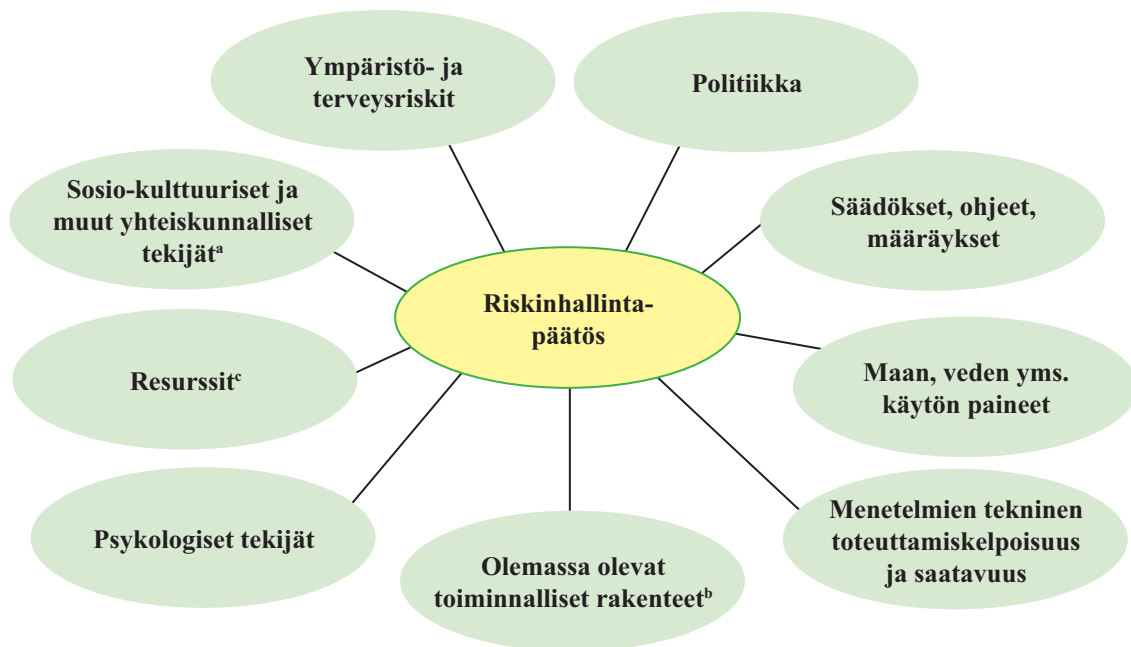
”Mikä on riittävää altistuksen rajoittamista” on yksi ongelmallisimpia riskinhallinnan kysymyksiä. Arseenin on havaittu mm. aiheuttavan vakavia terveysvaikutuksia pitkän aikavälin altistuksessa jo hyvin pienissä pitoisuuksissa, mutta tutkimustulokset eivät ole yksiselitteisiä. Eri tahojen esittämissä terveysriskien määrittämisessä käytettävissä vertailuarvoissa voi olla jopa 7-kertainen ero. Tukea riskien merkittävyyden ja monen muunkin kysymyksen pohdintaan saa mm. kansainvälisten asiantuntijapaneelien keskusteluista ja raporteista. Yksi keskeisimmistä kansainvälisistä arvioista arseenin ympäristö- ja terveysvaikutuksista on koottu ns. IPCS paneelin raporttiin, joka on jul-

kaistu WHO:n ympäristö- ja terveyskriteerien sarjassa vuonna 2001. Euroopan unionin toimesta on lisäksi laadittu laajoja asiantuntija-arvioita liittyen arseenidirektiivin ja ilman laadun eräitä metalleja ja arseenia koskevan direktiivin valmisteluun.

Se mitä suojellaan, määritellään joko kansallisella tai alueellisella tasolla. Pirkanmaalla erityisesti puhtaan juomaveden turvaaminen on nähty tärkeänä ja vesihuoltojärjestelmän kehittämiseen on suunnattu resursseja arseenianomalia-alueilla. Riskinhallinnan toteutukseen vaikuttaakin olennaisesti riskien arvotus. Haitta-aineisiin – myös arseeniin – liittyvä riskinhallinta on tyypillisesti painottunut ihmisen

terveyden suojeluun. Tämä näkyy myös hallinnollisissa ohjearvoissa, joista ainoastaan maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arvioinnissa ja ruoppausdimenttien sijoituskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät viitearvot perustuvat ekologisiin riskeihin. Kaiken kaikkiaan ihmisiin kohdistuviin terveysriskeihin verrattuna ekologisten riskien määrittäminen on huomattavasti monisyisempää johtuen mm. altistujien suuresta lajimäärästä ja yleisistä tiedonpuutteista. Tämän vuoksi riskinhallinnan menettelyt koskien ekologisia vaikutuksia ovat vielä varsin kehittymättömiä.

On huomattava, että ympäristössä olevasta arseenista aiheutuvat riskit ovat vain yksi riskinhallintaan vaikuttavista tekijöistä. Riskinhallinnasta päätettäessä joudutaan ottamaan huomioon myös useita muita tekijöitä, kuten eri RH -vaihtoehtojen toteutuksen vaatimat resurssit ja menetelmien saatavuus (kuva 63). Viime kädessä päätöksenteossa joudutaan yleensä tasapainottelemaan näiden välillä ja tinkimään ”nollariskitason” tavoitteesta. RAMAS -hankkeen puitteissa ei ollut mahdollista selvittää riskinhallinnan päätöksentekoon liittyvien eri tekijöiden merkitystä kattavasti.



Kuva 63. Riskinhallintatoimia koskevaan päätöksentekoon vaikuttavat tekijät. ^amm. työllisyys, imago-vaikutukset, alueen arvostus, viihtyvyys; ^bmm. hallinnolliset käytännöt ja vastuut; ^cmm. raha ja työaika.

Kirjallisuus

- Bowell, R. & Parsley, J. 2003.** Arsenic Cycling in the Mining Environment. Teoksessa 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/nrmrl/pubs/625r03010/625r03010.pdf> (15.10.2007)
- Delemos, J.L., Bostick, B.C., Renshaw, C.E., Stürup, S. & Feng, X. 2006.** Landfill-Stimulated Iron Reduction and Arsenic Release at the Coakley Superfund Site (NH). *Environmental Science & Technology*. Vol 40. No. 1. Pages 67-73.
- Ekokem-Palvelu Oy. 2006.** Loppuraportti 18.4.2006. Reaktiivisen läpäisevän seinämän käyttäminen klooratuilla liuottimilla saastuneen maaperän/pohjaveden puhdistuksessa Fazerilan pohjavesialueella Vantaalla.
- Heikkinen, P.M. & Noras, P. (toim.) 2005.** Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Espoo.
- ISO/IEC, 2002.** Risk management - Vocabulary – Guidelines for use in standards. First edition 2002. Guide 73. ISO 2002.
- Kumpiene, J., Lagerkvist, A. & Maurice, C. 2007.** Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments – A review. *Waste Management*, Painossa: doi:10.1016/j.wasman.2006.12.012.
- Lehtinen, H., Sorvari, J. & Pyy, O. 2007.** Arsenic Risk Management Suitable for Finnish conditions – case Pirkanmaa region. Geologian tutkimuskeskus, Erikaisjulkaisut. (Painossa)
- Lehtinen, H. & Sorvari, J. 2006.** Arseenista aiheutuvien riskien hallinta Pirkanmaalla –Esiselvitys ohjauskeinoista ja teknisistä menetelmistä riskien vähentämiseksi.. Geologian tutkimuskeskus, Erikaisjulkaisut, 88 s.
- Lempäälän kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma (pilotti 2003). Hämeen ammattikorkeakoulu, Lempäälän kunta ja Pirkanmaan ympäristökeskus.
- Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi, 2007. Ympäristöhallinnon ohjeita 2. Ympäristöministeriö 2007.
- NpXtra <http://www.npxtra.com/index.html> (25.10.2007)
- Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden riskinhallintaratkaisujen ekotehokkuus (PIRRE): <http://www.ymparisto.fi/syke/pirre> (15.10.2007) > Pilaantuneen maaperän ekotehokkaan kunnostuksen tukijärjestelmä. Suomen ympäristökeskus.
- Pirkanmaan haja-asutuksen vesihuollon yleissuunnitelma 2001. Pirkanmaan liitto, Pirkanmaan TE-keskus ja Pirkanmaan ympäristökeskus.
- Pelkonen, R., Alfthan, G. and Järvinen, O. 2006.** FE17/2006 Cadmium, lead, arsenic and nickel in wild edible mushrooms. *The Finnish Environment 17/2006*, Environmental protection, 58 p.
- Ranskassa sijaitsevan arseenikaivoksen kunnostushanke (Difpolmine) ja laajalti metalleilla pilaantuneiden maiden riskinhallintaan keskittynyt kansainvälinen kongressi, Montpellier 12.-14.12.2006: <http://www.difpolmine.org/> (15.10.2007, ranskaksi ja englanniksi).
- Sorvari, J. 2000.** Ympäristökriteerit mineraalisten teollisuusjätteiden käytölle maarakentamisessa. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 421, 149s.
- Silvola, M., 1999.** Saastuneiden maa-alueiden priorisointimalien arviointi. Suomen ympäristö 310. Ympäristönsuojelu. Pirkanmaan ympäristökeskus. Tampere 1999.
- Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Vesi- ja viemäriulaitosyhdistys, Suomen Kuntaliitto. Helsinki 2001.
- Valve, M., Rantanen, P., Kahelin, H. & Heinonen, S. 2002.** Arseenin poisto pohjavedestä – ARPO- projektin tuloksia. *Ympäristö ja terveys* 33 (6-7), 31-38.
- WHO, 2001.** Arsenic and arsenic compounds (second edition). *Environmental Health Criteria 224*. International Programme of Chemical Safety (IPCS). WHO 2001.