GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

Opas 59

2014

Kiviainesten otto arseenialueilla – opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille

Summary: Exploitation of aggregates in areas with naturally elevated concentrations of arsenic – Guidelines for producers, earthwork contractors, and authorities

Lehtinen, Heli (toim.); Härmä, Paavo; Tarvainen, Timo; Backman, Birgitta; Hatakka, Tarja; Ketola, Terhi; Kuula, Pirjo; Luoma, Samrit; Pyy, Outi; Sorvari, Jaana ja Loukola-Ruskeeniemi, Kirsti

GTK

Ne kuvat julkaisussa, joissa ei mainita tekijää, ovat kirjoittajien tekemiä.

ISBN 978-952-217-288-4 (nid.)
ISBN 978-952-217-289-1 (PDF)
ISSN 0781-643X

Kansikuva: Kalliokiviaineksen tuotekasa Nokian louhoksella.

Taitto: Elvi Turtiainen Oy
Painopaikka: Juvenes Print – Tampereen Yliopistopaino Oy

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

Opas 59 Guide 59

Lehtinen, Heli (toim.), Härmä, Paavo, Tarvainen, Timo, Backman, Birgitta, Hatakka, Tarja, Ketola, Terhi, Kuula, Pirjo, Luoma, Samrit, Pyy, Outi, Sorvari, Jaana ja Loukola-Ruskeeniemi, Kirsti

Kiviainesten otto arseenialueilla – opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille

LIFE10 ENV/FI/000062

Espoo 2014

Lehtinen, H. (ed), Härmä, P., Tarvainen, T., Backman, B., Hatakka, T., Ketola, T., Kuula, P., Luoma, S., Pyy, O., Sorvari, J. & Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Kiviainesten otto arseenialueilla: Opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille. Summary: Exploitation of aggregates in areas with naturally elevated concentrations of arsenic in bedrock and soil. Guidelines for producers, earthwork contractors and authorities. *Geological Survey of Finland, Guide 59.* 68 pages, 39 figures, 17 tables and an appendix.

Guidelines for the exploitation of aggregate resources were compiled in the ASROCKS project "Guidelines for Sustainable Exploitation of Aggregate Resources in Areas with Elevated Arsenic Concentrations" during 2011–2014. The project was mainly funded by the EU's Life+ Environment Policy and Governance programme and the participating organisations: Geological Survey of Finland, Finnish Environment Institute and Tampere University of Technology. The guidelines are not mandatory regulations for authorities, but rather support existing guidance.

The environmental and health risks potentially incurred by naturally occurring arsenic in bedrock and soil at production sites of crushed bedrock and sand and gravel in the Tampere-Häme regions in southern Finland were investigated in the ASROCKS project. Risks resulting from elevated arsenic concentrations were also evaluated at some construction sites. Environmental and product samples from 21 sites were analysed chemically, and based on the results, four demonstration sites were selected for the investigation of arsenic pathways: two production sites of crushed rock aggregates and two construction sites. The results of risk assessments carried out in these areas were used in compiling the guidelines. Risk management tools and needs for their development were considered.

The authorities responsible for control in Centres for Economic Development, Transport and the Environment, authorities from the municipalities, entrepreneurs (aggregate production and construction), consultants, the researchers of the ASROCKS project, and the Steering Group took part in the compilation of the guidelines in meetings and workshops.

Background information on the natural occurrence, pathways and emissions of arsenic in Finland has been compiled in Chapter 1 as well as the content of arsenic in bedrock and soil. Specific results of the ASROCKS project are presented in separate information boxes in the current publication.

Basic knowledge on the effects of arsenic to environment and human health has been gathered in Chapter 2 together with the possible mechanisms of arsenic transmission and exposure in aggregate production and construction. In the identification of these mechanisms, background information on the occurrence and migration of arsenic in Finnish conditions was used. Investigations on the environmental impacts in the demonstration sites of crushed rock aggregates, sand and gravel, and construction sites were utilised.

The regulations targeted at entrepreneurs and administrative means for the risk management of harmful elements are described in Chapter 3. The important means of administrative guidance particularly include land use plans at different regional levels together with regulations and land extraction acts, and environmental permits with permit regulations.

The recommendations from the ASROCKS project concerning the investigations to be conducted at sites for the preliminary evaluation of arsenic risks are presented in Chapter 4. For example, representative sampling is highlighted, because the method of implementation of sampling has marked effects on the reliability of evaluation. Experiences of different sampling methods and laboratory analyses in the ASROCKS project are described in information boxes. The environmental load caused by arsenic and the developing risks (to human health, the population and environmental quality) as a result of this require more accurate evaluation if arsenic concentrations exceed the action limits set by authorities. Methods and examples for the implementation of more detailed, site-specific risk assessment are provided in Chapter 5.

An estimation of the significance and operational requirements of possible harm or risk is usually based on reference values. The reference values presented for arsenic in different parts of the environment have been compiled in Chapter 6. In this chapter, the suitability of these values for the evaluation of arsenic risks in aggregate production and construction has also been discussed. A summary of technical means to limit the possible harm caused by arsenic is presented in Chapter 7.

Keywords (GeoRef Thesaurus, AGI): environmental geology, arsenic, solubility, aggregate, bedrock, soils, ground water, risk assessment, risk management, permits, guidelines, Finland

Paavo Härmä
Geologian tutkimuskeskus
PL 96
02151 Espoo
E-mail: paavo.harma@gtk.fi

Heli Lehtinen
Suomen ympäristökeskus
Mechelininkatu 34a
PL 140
00251 Helsinki
E-mail: heli.lehtinen@ymparisto.fi

ISBN 978-952-217-288-4 (paperback)
ISBN 978-952-217-289-1 (PDF)
ISSN 0781-643X

Lehtinen, H. (toim.), Härmä, P., Tarvainen, T., Backman, B., Hatakka, T., Ketola, T., Kuula, P., Luoma, S., Pyy, O., Sorvari, J. & Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Kiviainesten otto arseenialueilla: Opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille. Summary: Exploitation of aggregates in areas with naturally elevated concentrations of arsenic in bedrock and soil. Guidelines for producers, earthwork contractors and authorities. *Geologian tutkimuskeskus, Opas 59.* 68 sivua, 39 kuvaa, 17 taulukkoa ja liite.

Opas kiviainesten ottoon arseenialueilla laadittiin ASROCKS-hankkeessa ”Ohjeistus kivi- ja maa-ainesten kestävään käyttöön luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien alueilla” vuosina 2011–2014. Hankkeen päärahoittajat ovat EU:n Life+ ympäristöpolitiikka ja -hallinto -ohjelma, Geologian tutkimuskeskus, Suomen ympäristökeskus ja Tampereen teknillinen yliopisto. Opas ei ole sitova viranomaisohje, vaan tukee olemassa olevaa ohjeistusta.

ASROCKS-hankkeessa selvitettiin luontaisesti esiintyvän arseenin mahdollisesti aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä Pirkanmaan eteläosassa ja Kanta-Hämeessä sijaitsevissa kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantokohteissa. Lisäksi hankkeessa arvioitiin arseenin aiheuttamia riskejä muutamissa rakennuskohteissa. Ympäristö- ja tuotenäytteitä analysoitiin 21 kohteesta. Tulosten perusteella valittiin neljä kohdetta arseenin kulkeutumisreittien selvitykseen: kaksi kalliokiviainesten tuotantoaluetta ja kaksi rakentamiskohdetta. Näillä alueilla tehtyjen riskinarviointien tuloksia käytettiin apuna oppaan suosituksia laadittaessa. Hankkeessa tarkasteltiin myös riskinhallintakeinoja ja niiden kehittämistarpeita mm. sähköisten asiakirjojen avulla ja alueen kuntien viranhaltijoille osoitetulla kyselyllä.

Oppaan sisältö muovautui vuorovaikutuksessa sidosryhmien kanssa kokouksissa ja työpajoissa. Mukana työssä olivat ELY-keskusten valvonnasta vastaavat viranomaiset, kuntien viranomaiset, toiminnanharjoittajat (kiviainestuotanto ja rakentaminen), konsultit sekä ASROCKS-hankkeen tutkijat ja ohjausryhmä.

Lukuun 1 on koottu taustatietoa arseenin luontaisesta esiintymisestä, kulkeutumisesta ja päästöistä Suomessa. Lisäksi luvussa 1 esitellään ASROCKS-hankkeen tuloksia maa- ja kallioperän arseenipitoisuuden määrityksistä. Hankkeen tuloksia esitetään erillisissä tietolaatikoissa. Lukuun 2 on koottu tutkimustietoa arseenin terveys- ja ympäristövaikutuksista. Lisäksi siinä esitetään mahdolliset arseenin leviämis- ja altistumismekanismit kiviainestuotannossa ja maarakentamisessa. Näiden tunnistamisessa käytettiin taustatietoja arseenin esiintymisestä ja kulkeutumisesta Suomen oloissa ja selvityksiä kiviainestuotannon ympäristövaikutuksista kalliokiviainesten, soran ja hiekan tuotantoalueilla ja rakentamiskohteissa.

Toiminnanharjoittajaa ja rakentajaa koskevat velvoitteet ja haitallisten aineiden riskinhallinnan hallinnolliset keinot kuvataan luvussa 3. Tärkeitä hallinnollisen ohjauksen välineitä ovat etenkin eri aluetasojen kaavat määräyksineen ja maa-ainesten otto- ja ympäristöluvat lupamääräyksineen.

ASROCKS-hankkeen suositukset kohteilla tehtävistä tutkimuksista arseeniriskien alustavaksi arvioimiseksi löytyvät 4. luvusta. Edustavaa näytteenottoa korostetaan, koska näytteenoton toteutustapa vaikuttaa merkittävästi arvioinnin luotettavuuteen. ASROCKS-hankkeen kokemukset erilaisista näytteenottomenetelmistä ja laboratorioanalyyseistä esitetään tietolaatikoissa. Arseenista aiheutuvaa ympäristökuormitusta ja tämän seurauksena syntyviä riskejä (ihmisen terveydelle, eliöstölle ja ympäristön laadulle) on tarpeen arvioida tarkemmin, jos ympäristön arseenipitoisuudet ylittävät viranomaisen asettamat toimenpideraja-arvot. Luvussa 5 esitetään menetelmiä ja esimerkkejä tarkemman, kohdekohtaisen riskinarvioinnin toteuttamiseen.

Arvio mahdollisten haittojen eli riskien merkittävyydestä ja toimenpidetarpeista perustuu yleensä vertailuarvoihin. Lukuun 6 on koottu arseenille esitettyjä vertailuarvoja eri ympäristön osille. Lisäksi siinä pohditaan niiden soveltuvuutta arseeniriskien arviointiin kiviainestuotannossa ja rakentamiskohteilla. Luvussa 7 on yhteenveto teknisistä keinoista arseenin mahdollisesti aiheuttamien haittojen rajoittamiseksi.

Asiasanat (Geosanasto, GTK): ympäristögeologia, arseeni, liukoisuus, kiviaines, kallioperä, maaperä, pohjavesi, riskin arviointi, riskinhallinta, luvat, ohjeet, Suomi

Paavo Härmä
Geologian tutkimuskeskus
PL 96
02151 Espoo
Sähköposti: paavo.harma@gtk.fi

Heli Lehtinen
Suomen ympäristökeskus
Mechelininkatu 34a
PL 140, 00251 Helsinki
Sähköposti: heli.lehtinen@ymparisto.fi

ISBN 978-952-217-288-4 (nid.)
ISBN 978-952-217-289-1 (PDF)
ISSN 0781-643X

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO ... 9

1 ARSEENIN ESIINTYMINEN JA PÄÄSTÖT YMPÄRISTÖÖN ... 10
1.1 Kallioperän luontainen arseeni ... 10
1.1.1 Pitoisuudet ... 10
1.1.2 Kivilajin merkitys ... 11
ASROCKS tietolaatikko 1: ASROCKS-hankkeen tuloksia eri kivilajien arseenipitoisuuksista ... 13
1.2 Maaperän arseeni ... 14
1.2.1 Taustapitoisuudet ... 15
1.2.2 Arseeniprovinssit ... 15
ASROCKS tietolaatikko 2: ASROCKS-hankkeen tuloksia maaperän arseenipitoisuudesta ... 15
1.3 Arseeni pinta- ja pohjavedessä ... 16
1.3.1 Kaivovesi ... 17
1.3.2 Purovesi ja purosedimentit ... 17
1.3.3 Järvivesi ... 18
1.4 Arseeni ravintokasveissa ja sienissä ... 18
1.5 Ihmistoiminnasta aiheutuvat päästöt ... 19
1.5.1 Päästöt maaperään ... 19
1.5.2 Päästöt vesiin ... 19
1.5.3 Päästöt ilmaan ... 20
1.6 Arseenin kulkeutumisesta ympäristössä ... 21

2 ARSEENIN TERVEYS- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET ... 22
2.1 Arseenin myrkyllisyydestä ja ihmisten altistumisesta ... 22
2.2 Arseenin haitallisuus eliöille ... 22
2.3 Vaikutukset kivi- ja maa-ainesten tuotantoalueilla ja rakentamiskohteissa ... 23
2.3.1 Selvitykset kiviainestuotannon ympäristövaikutuksista ... 23
Lisätietoa ... 23
2.3.2 Arseeni ympäristö- ja terveysvaikutusten arvioinnissa ... 23

3 KAAVOITUS, LUVAT JA MÄÄRÄYKSET ... 26
ASROCKS tietolaatikko 3: ASROCKS-hankkeessa selvitettyä: Miten arseeni on otettu huomioon luvissa ja kaavoissa? ... 26
3.1 Kunnan omat määräykset ... 27
3.1.1 Rakennusjärjestys ... 27
ASROCKS tietolaatikko 4: Pirkkalan rakentamiskohteen arseenipitoisuuksista ja määräyksistä ... 27
3.1.2 Ympäristönsuojelumääräykset ... 27
Lisätietoa ... 28
3.2 Maankäytön suunnittelu ... 28

3.2.1 Alueelliset ja kuntakohtaiset arseeniselvitykset, esimerkkejä ... 28
3.2.2 Arseeni kaavamääräyksissä, esimerkkejä ... 28
3.3 Ympäristönsuojelulain mukaiset luvat ja ilmoitukset ... 29
3.3.1 Meluilmoitusmenettely ... 29
3.3.2 Ympäristöluvan myöntämisen edellytykset ... 29
3.3.3 Toiminnanharjoittajan vastuut ja velvollisuudet ... 29
3.3.4 Velvoitetarkkailu ... 30
3.3.5 Pohjaveden suojelutoimet ... 30
Lisätietoa ... 31
3.4 Maa-aineslain mukaiset velvoitteet ... 31
Lisätietoa ... 31
3.4.1 Suojaetäisyydet ... 31
3.4.2 Kaivannaisjätteet ... 32

4 ASROCKS-HANKKEEN SUOSITUKSIA ... 33
4.1 Tutkimusten hyödyt ja tarve suunnittelu- ja toimintavaiheessa ... 33
4.1.1 Uuden tuotantoalueen suunnittelu ... 35
4.1.2 Toiminnan jatkaminen ... 36
ASROCKS tietolaatikko 5: ASROCKS-hankkeen tuloksia ensivaiheen kohdetutkimuksista ... 36
Tietolähteitä ... 36
4.2 Edustava näytteenotto ... 38
ASROCKS tietolaatikko 6: Näytteenotto-ohje geokemiallisille näytteille ... 38
4.2.1 Yleisiä suosituksia ... 38
4.2.2 Näytteenottosuunnitelma ja laadunvarmistus ... 38
4.2.3 Kallioperänäytteet ... 39
ASROCKS tietolaatikko 7: ASROCKS-hankkeen kokemukset kallionäytteenotosta ... 40
4.2.4 Kiviainestuotenäytteet ... 41
ASROCKS tietolaatikko 8: ASROCKS-hankkeen kokemukset näytteenotosta tuotekasoista ... 41
4.2.5 Humusnäytteet ... 44
4.2.6 Pinta- ja pohjamaanäytteet ... 44
ASROCKS tietolaatikko 9: Maastomittaukset maaperänäytteistä ... 45
4.2.7 Vesinäytteet ... 46
ASROCKS tietolaatikko 10: ASROCKS-hankkeen vesinäytteenoton menetelmät ... 47
Lisätietoa ... 47
4.2.8 Purosedimentit ... 48
4.3 Laboratorioanalyysit ... 48
4.3.1 Kokonaispitoisuudet ... 48
4.3.2 Liukoisuuden tutkiminen ... 49
LASROCKS tietolaatikko 11: Liukoisuuden testaus ASROCKS-hankkeessa ... 50
ASROCKS tietolaatikko 12: Vajoveden arseenipitoisuus 0/3 mm:n tuotteen varastokasassa ... 50
ASROCKS tietolaatikko 13: Arseenin liukeneminen 0/3 ja 0/4 mm:n tuotenäytteistä ... 51

5 YMPÄRISTÖKUORMITUKSEN JA RISKIEN ARVIOINTI ... 51
5.1 Riskien muodostuminen ... 51
5.2 Kiviainestuotanto ja arseeni ... 52
5.3 Maarakentaminen ja arseeni ... 52

ASROCKS tietolaatikko 14: Esimerkkilaskelma, arvio arseenin kokonaiskuormituksesta purkuvesistöön ... 53
ASROCKS tietolaatikko 15: Arseenin liukoisuus eri pH-alueilla ... 54
5.4 Riskinarvioinnin menetelmät ... 54
5.4.1 Pintavedet ... 54
5.4.2 Maaperä ja pohjavesi ... 54
ASROCKS tietolaatikko 16: Kallioperän ryhjevyöhykkeet ... 55
5.4.3 Pöly ... 55
ASROCKS tietolaatikko 17: ASROCKS-hankkeen kohdetutkimuksia kulkeutumisen ja altistustilanteiden arvioimiseksi ... 55
5.5 Lisätietoa riskinarvioinnista ... 56

6 TOIMENPIDERAJOISTA JA TARKKAILUTULOSTEN TULKINNASTA ... 57
6.1 Ympäristötutkimusten tulosten tulkinta ... 57
6.2 Vertailuarvoja ... 57
6.2.1 Yleistä vertailuarvojen käytöstä ... 57
6.2.2 Suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP) ... 58
6.2.3 Talousvesi ... 58
6.2.4 Ilman laatu ... 58
6.2.5 Pilaantunut maa-alue ... 58
6.2.6 Pinta- ja pohjavedet ... 61
Lisätietoa ... 62
6.3 Kiviainestuotteiden ympäristökelpoisuudesta ... 62
6.4 Kaivettujen maa-ainesten hyödyntämiskelpoisuudesta ... 62

7 Teknisiä toimenpiteitä haittojen rajoittamiseksi ... 63
7.1 Vesien hallinta ja pölyämisen vähentäminen ... 63
7.2 Massojen sijoittaminen ja rakenteet ... 63
7.3 Arseenipitoisten ainesten käsittelymenetelmistä ... 64
7.3.1 Juomavesi ... 64
7.3.2 Passiiviset käsittelymenetelmät veden puhdistuksessa ... 64
7.3.3 Kiinteät ainekset ... 64
7.3.4 Eri tekniikoiden käyttökelpoisuudesta ... 64

8 KIRJALLISUUTTA ... 66

Liite– Appendix
ASROCKS project: Guidelines for producers, earthwork contractors, and authorities.
A print from www-pages (http://projects.Gtk.Fi/asrocks_eng/guidelines/)

JOHDANTO

ASROCKS-hanke on kolmivuotinen EU:n Life+ ympäristöpolitiikka ja -hallinto -ohjelman osittain rahoittama hanke. Hankkeen koordinaattori on Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Etelä-Suomen yksikkö ja muut osallistuvat organisaatiot ovat Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). Lisäksi hankkeella on seitsemän osarahoittajaa. Hankkeen kohdealue sijaitsee Pirkanmaalla ja Kanta-Hämeessä. Kohderyhmään kuuluvat kiviainesten tuottajat, viranomaiset ja rakennnusliikkeet. Hanke toteutettiin yhteistyössä näiden sidosryhmien kanssa vuosina 2011–2014 neljässä työvaiheessa.

ASROCKS-hankkeessa arvioitiin luontaisesti esiintyvän arseenin mahdollisesti aiheuttamia ympäristöriskejä kohdealueella sijaitsevissa kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantokohteissa ja rakennuskohteissa. Ensimmäisessä vaiheessa valittiin 21 selvityskohdetta, kartoitettiin ne ja kerättiin eri ympäristön osista ja tuotteista analysoitavia näytteitä. Kohteista pyrittiin tällöin löytämään korkeimmat arseenipitoisuudet. Toisessa vaiheessa arseenin leviämisreittejä ja -mekanismeja selvitettiin tarkemmin kahdella kiviainesten tuotantoalueella ja kahdella rakentamiskohteella. Kohteet kartoitettiin yksityiskohtaisemmin, kerättiin lisää analysoitavia näytteitä ja toteutettiin liukoisuuskokeet.

Kolmannessa ja neljännessä vaiheessa laadittiin edellisissä työvaiheissa saatujen tulosten tukemana ohjeistusta Suomen arseenialueille ja laajemmalle yleisölle koko Eurooppaan. Esimerkkikohteiden riskinarviointien tuloksia käytettiin mm. apuna laadittaessa tämän oppaan suosituksia kiviainesten tuottajille, rakentajille ja viranomaisille riskinarvioinnissa ja -hallinnassa tarvittavista tutkimuksista. Hankkeessa tarkasteltiin myös riskinhallinnan toteutumista ja kehittämistarpeita mm. sähköisten asiakirjojen avulla ja alueen kuntien viranhaltijoille osoitetulla kyselyllä.

Tämä opas ei ole sitova viranomaisohje. Oppaan sisältö muovautui vuorovaikutuksessa sidosryhmien kanssa. Marraskuussa 2013 oppaan laadintaa evästettiin kokopäiväisessä työpajassa. Eri näkökulmat olivat työpajassa tasaisesti edustettuina yli 50 hengen voimin: valvonnasta vastaavat viranomaiset ELY-keskuksista (Pirkanmaa ja Häme), kuntien viranomaiset, toiminnanharjoittajat (kiviainestuotanto ja rakentaminen), konsultit ja ASROCKS-hankkeen tutkijat. Työpaja toteutettiin Learning café -menetelmällä, jossa keskustelujen teemat olivat: 1) kaavoitus ja rakentamisen ohjaus, 2) ympäristönsuojelulain tai maa-aineslain mukaiset luvat ja ilmoitukset, 3) valvonta, ympäristövaikutusten tarkkailu ja ympäristön laadun seuranta sekä 4) maa- ja kiviaineksia koskeva ohjaus tuotteena. Oppaan laadintaa jatkettiin työpajan innoittaman asiantuntijaryhmän tapaamisilla tammikuussa ja maaliskuussa.

Oppaan sisältö on ollut tarkastettavana hankkeen ohjausryhmällä, johon kuuluivat:

Kirsti Loukola-Ruskeeniemi (GTK, pj),
varalla Petri Lintinen
Pauli Kolisoja (TTY), varalla Pirjo Kuula
Tuuli Myllymaa (SYKE), varalla Kenneth Holm
Vesa Hyvärinen (Pirkanmaan ELY),
varalla Kari Pyötsiä
Kimmo Puolakka (Rudus Oy),
varalla Pasi Niskanen
Eija Ehrukainen (Infra ry)
Vesa Vanninen (Pirkkalan kunta),
varalla Jouni Korhonen
Ilpo Ahonen (TTL), varalla Tuula Liukkonen
Tuomo P. Korhonen (ELY), varalla Petri Siiro
(Hämeen ELY)
Ari Seppänen (YM)
Jukka Viitanen (NCC Roads Oy)
Antti Saxlin (Rakennustoimisto Pohjola Oy)
Sanna Matikainen (GTK)
Paavo Härmä (GTK, siht),
varalla Timo Tarvainen.

Lisäksi hankkeen sidosryhmiltä, tuottajilta, ympäristöviranomaisilta ja rakennuttajilta saatiin arvokasta oppaan sisältöön vaikuttanutta palautetta.

ASROCKS-hankkeen osanottajat haluavat kiittää kaikkia oppaan laadintaan osallistuneita tahoja. Erityisesti kiitämme kaikkia marraskuun 2013 työpajaan osallistuneita, kuntakyselyyn vastanneita sekä kevään 2014 asiantuntijaryhmän edustajia: kunnat (Sari Sassi ja Tiia Levonmaa / Lempäälä & Valkeakoski, Vesa Vanninen/Pirkkala, Tarja Viteli / Orivesi), ELY-keskukset (Merja Antikainen ja Kari Pyötsiä / Pirkanmaa, Tuomo P. Korhonen / Häme), toiminnanharjoittajat (Antti Saxlin/ Pohjola Rakennus Oy, Pasi Niskanen / Rudus Oy, Kristiina Hänninen ja Keijo Uusikartano / Lemminkäinen Oy) ja tutkimusasiantuntijat (Ulla-Maija Liski / Vahanen Oy, Maarit Joukainen / Sito Oy). Lisäksi kiitämme Sini Autiota oppaan teknisestä toimittamisesta ja Jussi Reinikaista, Sirkku Tuomista ja Jari Rintalaa arvokkaista kommenteista.

1 ARSEENIN ESIINTYMINEN JA PÄÄSTÖT YMPÄRISTÖÖN

Arseeni on alkuaine, jota esiintyy luontaisesti yleensä pieninä määrinä maa- ja kallioperässä. Paikoitellen sitä saattaa esiintyä tavanomaista enemmän esimerkiksi tiettyjen malmityyppien, kuten eräiden kultamalmiesiintymien, yhteydessä.

Sekä maaperän että pohjaveden luontainen arseeni on alun perin kallioperästä lähtöisin. Arseenia vapautuu kivistä joko mineraalien rapautumisen seurauksena tai veden liuottaessa niitä.

Taustatietoa: arseeni.
Arseeni kuuluu jaksollisessa järjestelmässä typpiryhmään ja puolimetalleihin. Samassa ryhmässä on myös fosfori, jonka kanssa arseenilla on samankaltaisia ominaisuuksia luonnon kiertokulussa..

1.1 Kallioperän luontainen arseeni

Arseenikiisu (FeAsS) (Kuva 1.) on yleisin arseenimineraali Suomen malmiesiintymissä ja niitä ympäröivissä muuttuneissa kivissä. Muita arseenimineraaleja ovat mm. löllingiitti ($FeAs_2$), gersdorffiitti (NiAsS) ja kobolttihohde (CoAsS).

Arseenimineraaleja esiintyy eri kivilajeissa tasaisesti jakaantuneena läpi koko kiven (pirote) tai rikastuneena kivien rakopinnoilla tai hiertovyöhykkeissä. Esimerkiksi ASROCKS-hankkeen tutkimuskohteessa Pirkkalan Koivistossa arseeni on kalliossa tasaisena pirotteena gabro-kivilajissa. Eräillä tutkituilla Nokian kiviaineksen tuotantoalueilla arseenimineraaleja on granodioriitissa olevissa sulkeumissa. Arseenimineraaleja oli tyypillisesti myös kapeissa juonissa (Lamminsivu, Nokia). Arseenia esiintyy kallioperän rakopinnoilla ja eri kivilajien kontaktipinnoilla. Siksi arseenia sisältävät juonet voivat lävistää useita eri kivilajeja.

Kuva 1. Arseenikiisu- ja magneettikiisupirotetta kvartsikivessä. Isokyrö. Kuva: Jari Väätäinen, GTK

1.1.1 Pitoisuudet

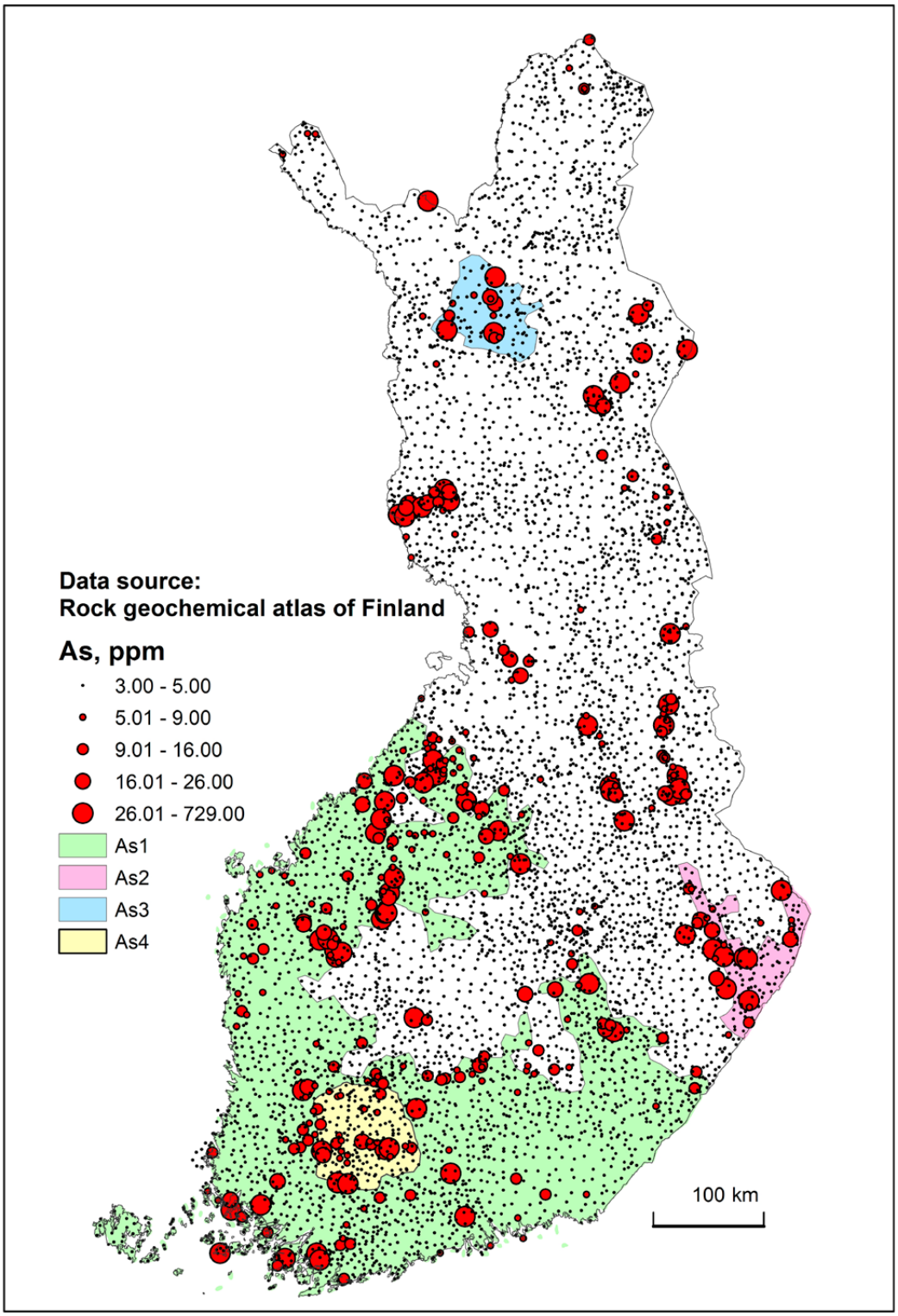
Suomen kallioperässä on lähes poikkeuksetta arseenia alle 10 mg/kg, ja vain 1–2 % kallioperästämme sisältää tätä enemmän arseenia. Keskimääräinen arseenipitoisuus vaihtelee kivilajeittain. Pääosa kallioperän poikkeavan suurista arseenipitoisuuksista on erilaisten geologisten rikastumisprosessien yhteydessä syntyneissä kivilajeissa. Malmeissa ja niiden ympärillä arseenipitoisuudet ovat monissa tapauksissa 10–1 000 -kertaisia ympäröivään kallioperään verrattuna.

Geologian tutkimuskeskus on koonnut tietoa kallioperänäytteiden alkuainepitoisuuksista ns. litogeokemian tietokantaan. Suurimmat pitoisuudet on mitattu malmiesiintymistä tai niiden ympäris-

töstä (katso kuva 2 arseenipitoisuuksista Suomen kallioperässä). Arseeniprovinssien ulkopuolella arseenipitoisuudet ylittävät 132 näytteessä taustapitoisuuden vertailuarvon 5 mg/kg ja koko tietokanta-aineiston maksimipitoisuus on 729 mg/kg.

1.1.2 Kivilajin merkitys

Arseenin esiintyminen eri kivilajeissa vaihtelee. Taulukkoon 1 on koottu tilastotietoa GTK:n litogeokemian tietokannasta eri kivilajia edustavien näytteiden arseenipitoisuuksista.



Kuva 2. Arseenipitoisuudet (mg/kg) Suomen kallioperässä. Arseeniprovinssit: As1. Etelä-Suomen arseeniprovinssi, As2. Ilomantsin arseeniprovinssi, As3. Kittilän arseeniprovinssi ja As4. Etelä-Pirkanmaan–Kanta-Hämeen arseeniprovinssi. Lähde: Litogeokemian tietokanta, GTK 2014

Taulukko 1. Taulukon arseeniprovinsseittain (luku 1.2.2) koottu aineisto koostuu niistä kivilajinäytteistä, joiden arseenipitoisuus ylittää kyseiselle arseeniprovinssille lasketun moreeninäytteiden arseenipitoisuuden SSTP-arvon (SSTP= Suurin suositeltu taustapitoisuusarvo, luku 6.2.2). Taulukossa esitetään kunkin arseeniprovinssin moreenin arseenipitoisuuden SSTP-arvo, tämän SSTP-arvon ylittäneiden näytteiden näytemäärä sekä näiden näytteiden kivilajit, arseenipitoisuuden mediaaniarvo ja maksimiarvo. Lähde: Litogeokemian tietokanta, GTK 2014.

	Arseeniprovinssi 1		
	SSTP-arvon 9 mg/kg ylittävät pitoisuudet		
Kivilaji	Näytemäärä	Mediaani mg/kg	Maksimi mg/kg
Kiilleliuske, grauvakkaliuske	11	16	333
Vulkaaninen kiillegneissi, emäksinen vulkaniitti, emäksinen/intermediäärinen vulkaniitti/juoni, emäksinen tuffi	17	22	301
Pegmatiitti	3	10,1	14,6
Dioriitti, graniitti, granodioriitti, kvartsidioriitti	22	13,7	270
Sarvivälkegneissi, kiillegneissi-migmatiitti, amfiboliitti	32	21,4	393
	Arseeniprovinssi 2		
	SSTP-arvon 9 mg/kg ylittävät pitoisuudet		
Kivilaji	Näytemäärä	Mediaani mg/kg	Maksimi mg/kg
Kiilleliuske, grauvakka	3	29,8	37,2
Emäksinen vulkaniitti	2	83,9 (ka)	139,0
Pegmatiittigraniitti	1		13,0
Ultramafiitti	1		15,4
Kiilleliuske	1		19,6
	Arseeniprovinssi 3		
	SSTP-arvon 16 mg/kg ylittävät pitoisuudet		
Kivilaji	Näytemäärä	Mediaani mg/kg	Maksimi mg/kg
Rautamuodostuma	1		75,9
Emäksinen vulkaniitti, ultraemäksinen vulkaniitti	4	26,8	31,2
	Arseeniprovinssi 4		
	SSTP-arvon 26 mg/kg ylittävät pitoisuudet		
Kivilaji	Näytemäärä	Mediaani mg/kg	Maksimi mg/kg
Intermediäärinen vulkaniitti, amfiboliitti, kiillegneissi	3	34,9	80,1
Intermediäärinen tuffi, emäksinen vulkaniitti	2	33,5	39,1
	Arseeniprovinssien ulkopuolinen alue		
	kynnysarvon 5 mg/kg ylittävät pitoisuudet		
	Näytemäärä	Mediaani mg/kg	Maksimi mg/kg
46 eri kivilajia	132	10,0	729

ASROCKS tietolaatikko 1

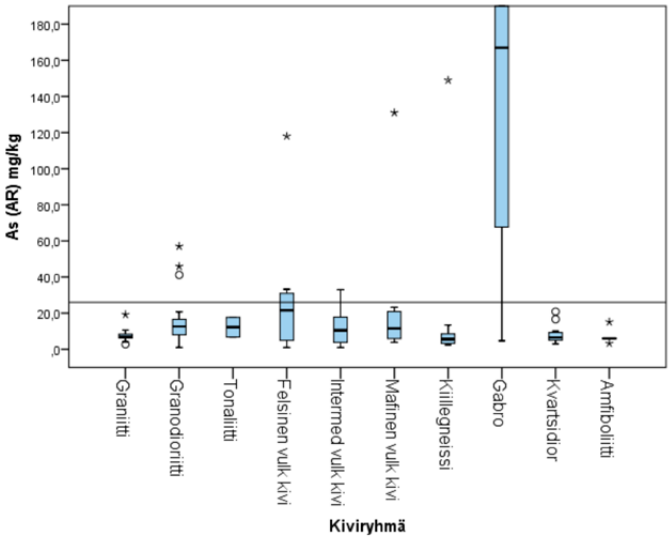
ASROCKS-hankkeen tuloksia eri kivilajien arseenipitoisuuksista

ASROCKS-hankkeen aikana otetut kivinäytteet ryhmiteltiin kentällä määritetyn kivilajin perusteella. Tutkimusalueen kivilajeista graniitti, granodioriitti ja tonaliitti ovat niin sanottuja inerttejä kivilajeja. Muutamat ASROCKSin näytteet sisälsivät useaa eri kivilajia. Nämä niin sanotut seoskivilajinäytteet jätettiin pois tilastollisesta tarkastelusta. ASROCKS-hankkeen ensimmäisessä vaiheessa pyrittiin löytämään mahdollisimman suuria arseenipitoisuuksia. Myös tätä tarkoitusta varten valitut juonikivinäytteet ja kiisupitoiset näytteet jätettiin pois tilastollisesta tarkastelusta.

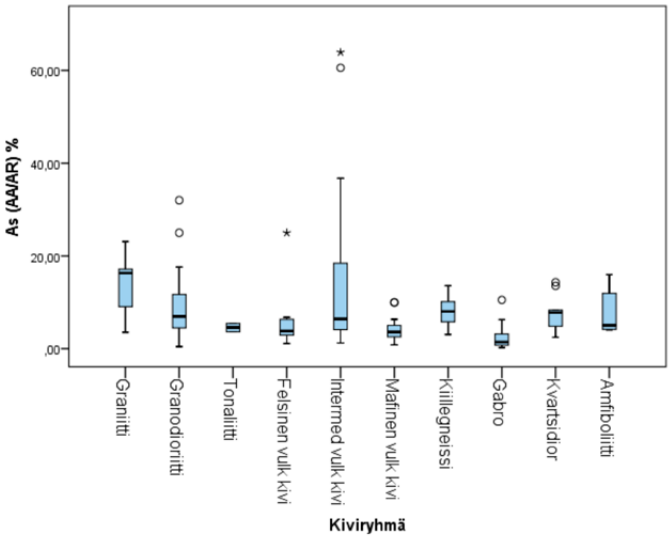
ASROCKS-hankkeen kivilajien tai kivilajiryhmien arseenipitoisuuden mediaaniarvot ja suurimmat arseenipitoisuudet on esitetty taulukossa AS1-1 (= ASROCKS -hankkeen tulostaulukko 1). Kuvassa AS1-1 on edelleen havainnollistettu pitoisuuksien tilastollista jakaumaa ja kuvassa AS1-2 esitetään heikkouuttoon liukoisen arseenin suhde kokonaispitoisuuksiin kivilajiryhmittäin.

Taulukko AS1-1. ASROCKS-hankkeen aikana otettujen kivinäytteiden arseenipitoisuuden mediaani- ja maksimiarvot kivilajiryhmittäin.

Kivilaji(ryhmä)	Näytemäärä	Mediaani	Maksimi
		mg/kg	mg/kg
Graniitti	9	6,83	19,2
Granodioriitti	34	12,7	57
Tonaliitti	2	12,3	17,7
Felsinen (hapan) vulkaaninen kivi	8	21,6	118
Intermediäärinen vulkaaninen kivi	20	10,5	33,1
Mafinen (emäksinen) vulkaaninen kivi	15	11,5	131
Kiillegneissi	13	5,71	149
Gabro	17	167	1 090
Kvartsidioriitti	12	6,62	20,9
Amfiboliitti	5	6,03	15,2



Kuva AS1-1. ASROCKS-hankkeen kivinäytteiden arseenipitoisuuksien (kuningasvesiuutto, AR) tilastollinen jakauma (25. ja 75. prosenttipiste, minimi ja maksimi) kivilajiryhmittäin. Gabronäytteiden suurimpia pitoisuuksia ei ole esitetty (maksimi 1 090 mg/kg). Paksut viivat kuvaavat mediaaniarvoja. Poikkeuksellisen suuret arvot on esitetty symboleilla (*, °).



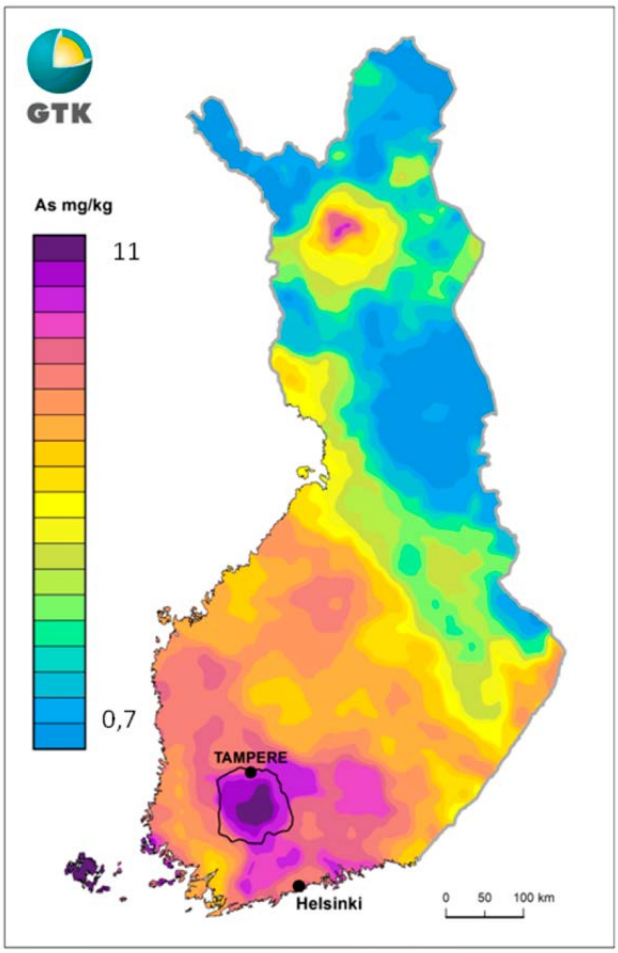
Kuva AS1-2. ASROCKS-hankkeen kivinäytteiden ammoniumasetaatti-EDTA-liukoisen (AA) arseenin suhde kuningasvesiliukoiseen (AR) arseeniin (25. ja 75. prosenttipiste, minimi ja maksimi) kivilajiryhmittäin jaoteltuna. Paksut viivat kuvaavat mediaaniarvoja. Poikkeuksellisen suuret arvot on esitetty symboleilla (*, °).

1.2 Maaperän arseeni

Maaperässä arseeni esiintyy joko mineraalirakeissa, saostumissa tai pölymäisenä kerroksena rakeiden pinnoilla. Arseeni sitoutuu herkästi rautasaostumiin, joita on yleisesti maaperässä ja sedimenteissä ja kuvassa 3 se näkyy ruskeana rikastumiskerroksena. Sitoutumista voi tapahtua myös mangaanin ja alumiinin saostumiin sekä savimineraaleihin ja orgaaniseen ainekseen.

Maalajien kemiallisessa koostumuksessa voi olla suuria eroja. Moreeni, joka on lajittumaton maalaji, edustaa paremmin paikallista kallioperää kuin veden kuljettamat ja lajittelemat maalajit, kuten sora, hiekka, siltti ja savi, jotka edustavat laajan alueen kallioperän kemiallista koostumusta. Korkeimmat maaperän luontaiset arseenipitoisuudet on todettu syvällä, lähellä kalliopintaa olevissa moreenikerrostumissa. Pohjamoreenin arseenipitoisuudet koko Suomen mittakaavassa on esitetty kuvassa 4. Tämä pitää ottaa huomioon erityisesti silloin, kun maata kaivetaan kallion pintaan asti.

Kuva 3. Maannos moreenimaassa Hämeessä. Kasvillisuuden alla näkyy musta humuskerros, sen alla vaalea huuhtoutumiskerros ja edelleen ruskea rikastumiskerros, joka vaihettuu muuttumattomaksi pohjamaaksi. Kuva: Tauno Valli, GTK



Kuva 4. Arseenipitoisuudet moreenissa (< 0,06 mm:n raesuuruus, kokonaispitoisuus). ASROCKS-hankkeen aluerajaus on merkitty mustalla yhtenäisellä viivalla. Lähde: Koljonen et al. 1992.

ASROCKS tietolaatikko 2

ASROCKS-hankkeen tuloksia maaperän arseenipitoisuudesta

ASROCKS-hankkeen tutkimusalue rajattiin pääosin moreenin arseenipitoisuuksien perusteella. Geologian tutkimuskeskuksen ylläpitämän taustapitoisuusrekisterin mukaan tutkimusalueella moreenin suurin suositeltu taustapitoisuus (SSTP) on 26 mg/kg, hiekan 25 mg/kg ja saven 16 mg/kg. ASROCKS-hankkeessa tutkittujen hiekka- ja soraesiintymien arseenipitoisuudet olivat pienemmät tai korkeintaan yhtä suuret kuin hiekkamaiden taustapitoisuus tutkimusalueella. Koiviston rakennuskäyttöön suunnitellulla tutkimuskohteella moreenista otettujen näytteiden arseenipitoisuus oli suurempi kuin hienojakoisten maalajien arseenipitoisuus. Koiviston kohteessa moreenin suurimmat luonnolliset arseenipitoisuudet olivat suurempia kuin maaperän pilaantuneisuuden ja arviointitarpeen määrittelyssä käytettävä ylempi ohjearvo (100 mg/kg).

ASROCKS-hankkeen Harjuniityn tutkimuskohteessa selvitettiin arseenipitoisuuden vaihtelua syvyyssuunnassa 250 cm syvässä kaivinkonekuopassa. Arseenipitoisuudet kasvoivat hieman syvemmälle mentäessä. Myös aikaisemmassa RAMAS-hankkeessa (LIFE Environment -ohjelman hanke, jossa selvitettiin arseeniriskiä Pirkanmaan alueella vuosina 2004–2007) havaittiin, että arseenipitoisuudet ovat paikoin suuremmat syvissä maaperänäytteissä kuin pintamaassa. Siksi maaperänäytteitä on tärkeä ottaa esimerkiksi rakennuskohteissa siltä syvyydeltä, johon maan kaivaminen ulottuu rakennusvaiheen aikana.

Nokian kiviainestuotantoalueella sadevesilammikoiden pohjaan kuivuneen hienojakoisen sedimentin arseenipitoisuus oli selvästi suurempi kuin alueelta kasatun moreenin arseenipitoisuus. Tutkimuskohteiden lammikkosedimenttien suurinkin pitoisuus 28,9 mg/kg on kuitenkin vain hieman suurempi kuin alueen maaperän taustapitoisuudet.

Liukoisuustestien perusteella Pirkanmaan ja Hämeen maaperänäytteistä arseeni liukenee helpoiten testissä, jossa liuoksen pH on 9.

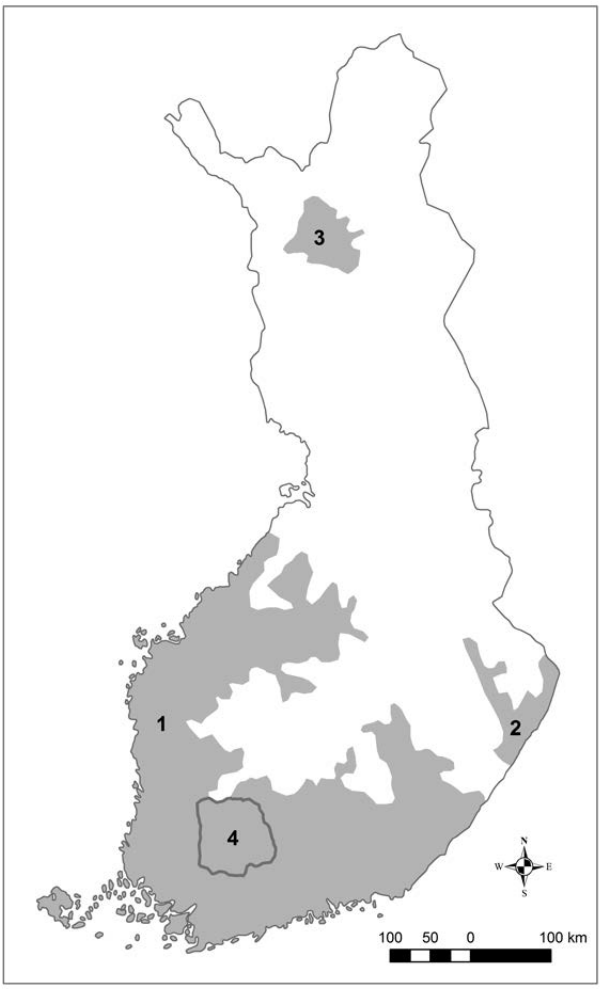
1.2.1 Taustapitoisuudet

Geologian tutkimuskeskus on koonnut maaperän taustapitoisuustietoja valtakunnalliseen taustapitoisuusrekisteriin vuodesta 2008 alkaen. TAPIR-käyttöliittymän (http://gtkdata.gtk.fi/Tapir/) avulla voidaan laskea taustapitoisuuksia myös provinsseja pienemmille alueille. Ohjelman karttapalvelussa osoitetaan tutkittavan kohteen, esimerkiksi suunnitellun kiviaineskohteen sijainti. Ohjelma etsii tietokannasta halutulta säteeltä (esimerkiksi 20 km) valitun maalajin (esimerkiksi hiekka tai moreeni) mitatut arseenipitoisuudet ja laskee tarkasteltavan pisteen SSTP-arvon. Säteen sisään pitää osua vähintään 30 näytettä, jotta luotettava SSTP-arvo voidaan laskea.

Lisätietoja taustapitoisuuden määrittämisestä saa Tampereen seudulla myös GTK:n TAATA-GeoTIETO-palvelusta, ELY-keskuksesta ja kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta.

1.2.2 Arseeniprovinssit

Arseeniprovinssi on geokemiallisen kartoitustiedon perusteella kartalle rajattu alue, jossa moreenimaan luontainen arseenipitoisuus on usein suurempi kuin maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin liittyvässä asetuksessa annettu kynnysarvo 5 mg/kg (PIMA-asetus, VNa 214/2007). Koko maan keskiarvoa suurempia arseenipitoisuuksia maa- ja kallioperässä esiintyy vyöhykkeellä, joka ulottuu Pirkanmaan eteläosista Hämeen alueelle. Alue on nimetty Etelä-Pirkanmaan–Kanta-Hämeen arseeniprovinssiksi (Kuva 5, alue 4). Muita nimettyjä arseeniprovinsseja ovat Etelä-Suomen, Ilomantsin ja Kittilän arseeniprovinssit.



Kuva 5. Suomen arseeniprovinssit: 1. Etelä-Suomen arseeniprovinssi, 2. Ilomantsin arseeniprovinssi, 3. Kittilän arseeniprovinssi ja 4. Etelä-Pirkanmaan–Kanta-Hämeen arseeniprovinssi. Lähde: http://gtkdata.gtk.fi/tapir/index.html

1.3 Arseeni pinta- ja pohjavedessä

Vesi liuottaa arseenia maa- ja kallioperästä, ja kuljettaa arseenia mukanaan. Pinta- ja pohjavesissä arseeni esiintyy joko liukoisena tai sitoutuneena vedessä oleviin hiukkasiin. Vedessä oleva liukoinen arseeni voi myös saostua ja laskeutua vähitellen vesistön pohjalle osaksi sedimenttiä.

Taustatietoa: pintavesi, pohjavesi ja sedimentti.
Pintavesi = Vesi, joka virtaa tai on varastoituneena maanpinnalla
Pohjavesi = Kyllästyneessä vyöhykkeessä oleva maanpinnanalainen vesi
Sedimentti = Veden pohjaan laskeutuneista kiinteistä hiukkasista koostuva aines
Lähde: EnDic sanakirja, http://mot.kielikone.fi/mot/endic/netmot.exe

1.3.1 Kaivovesi

Suomen kaivovesissä arseenipitoisuudet ovat yleensä pieniä (Taulukko 2. Kaivovesien arseenipitoisuuksista), mutta paikoin luontainen arseenipitoisuus voi ylittää 10 µg/l.

Taulukko 2. Kaivovesien arseenipitoisuuksia.

	Arseeni, µg/l, mediaani	Arseeni, µg/l, maksimi	Näytemäärä
Suomi, koko maa [1)]			
Porakaivot	0,16	23,6	263
Maaperän kaivot	0,14	19,7	739
Pirkanmaa [2)]			
Porakaivot	2,5	2 230	1 272
Maaperän kaivot	0,2	45	283
Pirkanmaa, Graniittivyöhyke [2)]			
Porakaivot	0,61	10	133
Maaperän kaivot	0,15	/	87
Pirkanmaa, Tampereen vyöhyke [2)]			
Porakaivot	5,5	2 230	588
Maaperän kaivot	0,32	/	19
Pirkanmaa, Pirkanmaan vyöhyke [2)]			
Porakaivot	1,6	1 560	551
Maaperän kaivot	0,22	/	177

[1)]Lahermo et al. 2002.,[2)]Backman et al. 2006

1.3.2 Purovesi ja purosedimentit

Geologian tutkimuskeskus kartoitti vuonna 1990 koko Suomen purovesien ja purosedimenttien geokemiallisen koostumuksen. Näytepaikkojen sijainti ja näytteiden analyysitulokset ovat julkisesti saatavilla mm. paikkatietoikkunan kautta (www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi).

Purovesien ja purosedimenttien alkuainepitoisuudet kuvastavat sekä valuma-alueen maa- ja kallioperän kemiallista koostumusta että paikallisia ympäristöolosuhteita. Purosedimentit ilmentävät pidemmän aikavälin ympäristön kuormitusta kuin purovedet. Suomen purovesien liukoiset arseenipitoisuudet on esitetty taulukossa 3 ja purosedimenttien arseenipitoisuudet taulukossa 4. Noin joka neljännestä näytepisteestä on tehty seurantaa noin viiden vuoden välein. Seurantanäytteiden keskimääräiset arseenipitoisuudet ovat samalla tasolla kuin vuoden 1990 peruskartoituksessa.

Taustatietoa: valuma-alue.
Valuma-alue= Alue, jolta pinta- ja pohjavedet laskevat mereen tai tiettyyn järveen tai tiettyyn uoman kohtaan.
Lähde: EnDic-sanakirja

Taulukko 3. Liukoiset arseenipitoisuudet Suomen purovesissä arseeniprovinsseittain. Määritykset tehty suodatetuista näytteistä.

Purovesi As µg/l		As provinssi 1	As provinssi 2	As provinssi 3	As provinssi 4	Provinssien ulkopuolella
Näytemäärä		350	19	17	21	744
Mediaani		0,786	0,353	0,636	0,886	0,247
Prosenttipisteet	25 %	0,546	0,276	0,208	0,715	0,150
	75 %	1,130	0,448	1,14	1,09	0,39
Maksimi		6,500	4,80	6,41	3,12	4,61

Taulukko 4. Arseenipitoisuudet Suomen purosedimenteissä arseeniprovinsseittain.

Purosedimentit As mg/kg		As provinssi 1	As provinssi 2	As provinssi 3	As provinssi 4	Provinssien ulkopuolella
Näytemäärä		365	18	17	22	739
Mediaani		4,75	3,14	30,2	9,39	2,15
Prosenttipisteet	25 %	3,06	1,89	9,49	7,51	1,31
	75 %	7,74	4,83	93,8	15,0	3,38
Maksimi		81,5	47,2	268	75,8	150

1.3.3 Järvivesi

Pohjoismaiden ja Kuolan niemimaan järvivesien alkuaineiden pitoisuudet selvitettiin vuonna 1995. Suomessa näytteitä otettiin yhteensä 464 järvestä, jotka edustivat eri kokoluokkia. Suomen mitattujen järvivesien arseenipitoisuudet on esitetty taulukossa 5. Kallioperä ja muut geologiset tekijät vaikuttivat arseenipitoisuuteen. Jonkin verran yhteyttä havaittiin myös orgaanisen aineksen kokonaispitoisuuksien ja arseenipitoisuuksien välillä.

Taulukko 5. Suomalaisten järvivesien arseenipitoisuuden (µg/l), mediaani, maksimi ja 99,5 %:n prosenttiosuus (Skjelkvåle et al. 2001).

Järvikartoitus 1995	
Järvien lukumäärä	464
Mediaani	0,26
Maksimi	4,1
99,5 %	2,4

Skjelkvåle et al. 2001 päätulokset kartoilla: www.bioone.org/na101/home/literatum/publisher/bioone/journals/content/ambi/2001/00447447-30.1/0044-7447-30.1.2/production/images/large/i0044-7447-30-1-2-f102.jpeg

1.4 Arseeni ravintokasveissa ja sienissä

Sienten ja muiden luonnosta kerättävien ravinnon lähteiden arseenipitoisuuksia on tutkittu mm. kaivosalueilla MINERA-hankkeessa 2010–2013 ja Etelä-Pirkanmaan–Kanta-Hämeen arseeniprovinssin alueella RAMAS-hankkeessa vuosina 2004–2007. RAMAS-hankkeessa tutkituissa luonnonmarjoissa, sienissä tai koivun mahlassa arseenipitoisuudet eivät olleet suurista maaperäpitoisuuksista huolimatta korkeita. Tämä selittyy arseenin varsin alhaisella biokertyvyydellä ja myös sillä, että etenkin maanpäällisiin kasveihin arseeni päätyy pääasiassa ilman kautta.

Luikonlahden kaivosalueella ja sen lähiympäristössä vuonna 2010 kerätyissä ruokasienissä suurimmat arseenipitoisuudet havaittiin aivan rikastushiekka-altaan läheisyydestä kerätyissä rouskuissa (2,7 mg/kg kuivapainoa kohden). Tutkitulla alueella rouskuja voi käyttää turvallisesti yli 2 kiloa viikossa (tuorepaino). Sienten pölyisen pintakelmun huuhtelu tai poistaminen vähentää altistumisen mahdollisuutta.

Keskimäärin tutkitun 4 km^2:n alueen arseenipitoisuudet olivat selvästi pienempiä kuin aikaisemmin pääkaupunkiseudulla tutkituissa kauppasienissä. Arseenin biokertyvyyttä kuvaava kerroin sienillä oli selvästi alle yhden, eli arseeni ei näyttäisi kertyvän sieniin merkittävässä määrin.

1.5 Ihmistoiminnasta aiheutuvat päästöt

Luontaisesti esiintyvän arseenin lisäksi ympäristöön on voinut joutua arseeniyhdisteitä mm.

- jätteiden käsittelystä
- kaivostoiminnasta
- energiantuotannosta
- CCA (*Copper-Chrome-Arsenic*) -kyllästeen käytöstä tai kyllästetyn puutavaran käsittelystä
- ampumaradoilta

Useissa hyödynnettävissä raaka-aineissa on arseenia epäpuhtautena, kuten kultaa ja kuparia sisältävissä malmeissa sekä energiantuotannossa käytettävissä kivihiilessä, öljyssä ja turpeessa.

Tiedonhakuvinkki: Tieto arseenikuormituksesta tai arseenin ympäristöpitoisuuksista löytyy usein asiasanan 'raskasmetallit' avulla. Arseenipitoisuuksia on analysoitu samassa yhteydessä raskasmetallien kanssa, koska arseenilla on eräiden raskasmetallien tapaan todettu haitallisia ympäristö- ja terveysvaikutuksia.

1.5.1 Päästöt maaperään

Maaperän tilan tietojärjestelmään (MATTI) on koottu tietoa alueista, joissa maaperään on voinut päästä haitallisia aineita alueen nykyisestä tai aikaisemmasta ihmistoiminnasta. Maaperän todellinen tila tulisi kuitenkin selvittää toimintahistoriatietojen ja kenttätutkimusten avulla. Osa tietojärjestelmän alueista on mukana niissä jo havaittujen ongelmien vuoksi, ja osa on myös jo tutkittu tai kunnostettu. Koska tietojärjestelmän tiedot on koottu aiemmista alueellisista tietokannoista, niiden kattavuus ja luotettavuus vaihtelevat.

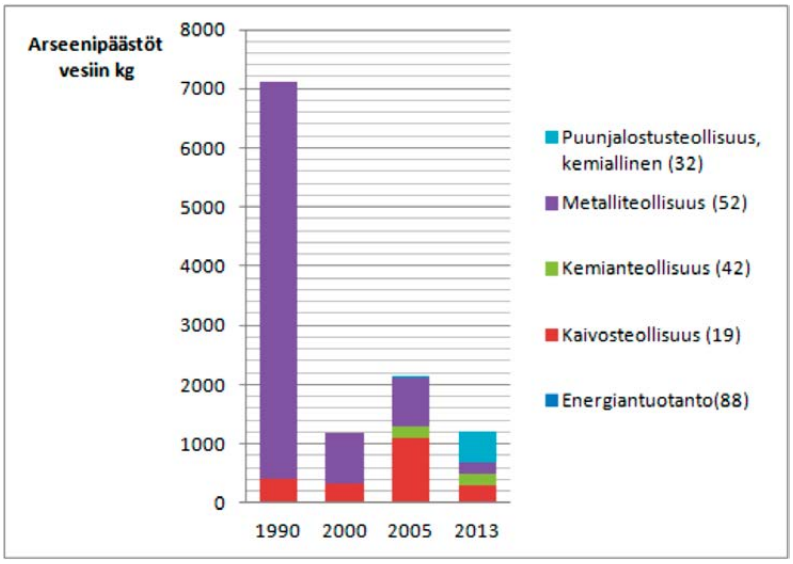
MATTI-tietojärjestelmä sisältää alueiden sijainnin lisäksi tietoa mm. niillä harjoitetusta tai harjoitettavasta toiminnasta, ympäristöolosuhteista sekä tehdyistä tutkimuksista, viranomaistoimista ja kunnostuksista. Yksittäisiä kohteita koskevat tarkemmat tiedot ovat ELY-keskuksissa. Lisäksi ympäristöhallinnon OIVA-internetpalvelussa (www.ymparisto.fi/oiva) on paikkatietoa MATTI-kohteista.

Pilaantuneista maa-alueista, joihin liittyy arseenin ohella myös muiden haitta-aineiden aiheuttamaa ympäristön pilaantumista, on lisäksi tehty joitain toimialakohtaisia selvityksiä. Kaatopaikkojen, kyllästämöiden, ampumaratojen, taimitarhojen sekä suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden aiheuttamasta maaperän pilaantumisesta on saatavilla tietoa näiden toimialakohtaisten selvitysten erillisjulkaisuista.

Lisätietoa MATTI-järjestelmästä SYKEn metatietopalvelusta: http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/

1.5.2 Päästöt vesiin

Arseenin pitoisuus vesiympäristössä vaihtelee eri alueilla paikallisen kuormituksen vuoksi. Kaivostoiminta, kaatopaikat ja pilaantuneet maa-alueet ovat tyypillisiä arseenikuormituksen lähteitä vesiympäristöissä.



Kuva 6. Teollisuuden arseenipäästöt vesiin (kg) Suomessa vuosina 1990, 2000, 2005 ja 2013. Lähde: VAHTI-valvontatietojärjestelmä, tiedot haettu 24.3.2014. Suluissa esitetään teollisuudenhaaran VAHTI-asiakkaiden määrä tietojärjestelmässä vuonna 2013.

VAHTI-valvontatietojärjestelmän tietojen mukaan teollisuuden vuosittaiset arseenipäästöt ovat 2000-luvulla enimmillään vajaa 2 200 kg (Kuva 6.), mikä on vain murto-osa vuoden 1990 päästöistä (noin 7 000 kg). Vuonna 2013 suurimmiksi vesistöihin päätyvien arseenipäästöjen (> 100 kg/vuosi) lähteiksi ilmoitettiin teollisuus, joka sijaitsee seuraavilla paikkakunnilla: Kotka, Kokkola, Kittilä, Harjavalta ja Outokumpu.

1.5.3 Päästöt ilmaan

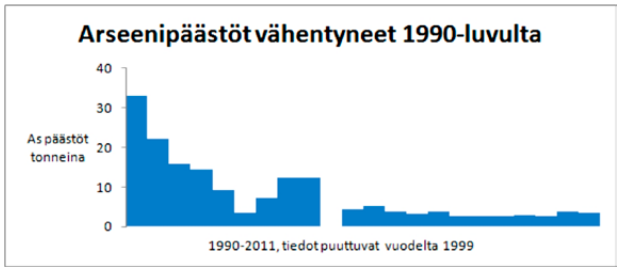
Arseenia voi päästä ilmaan lähinnä fossiilisten polttoaineiden polton yhteydessä. Luontaisesti arseenia tulee ilmaan pieninä hiukkasina tulivuorten purkauksista.

Suomessa ilman kautta tuleva arseenikuormitus ja -laskeuma ympäristöön ovat pienentyneet vuosikymmenten seurannan aikana, ja ne ovat nyt vähäisiä verrattuna useimpiin muihin Euroopan maihin (Kuva 7.). Vuosittaiset arseenipäästöt ovat olleet 2000-luvulla 2,7–5,3 tonnia. Mm. metalliteollisuuden keskittymät erottuvat selkeästi päästöjen alueellisessa jakaumassa (Kuva 8.).

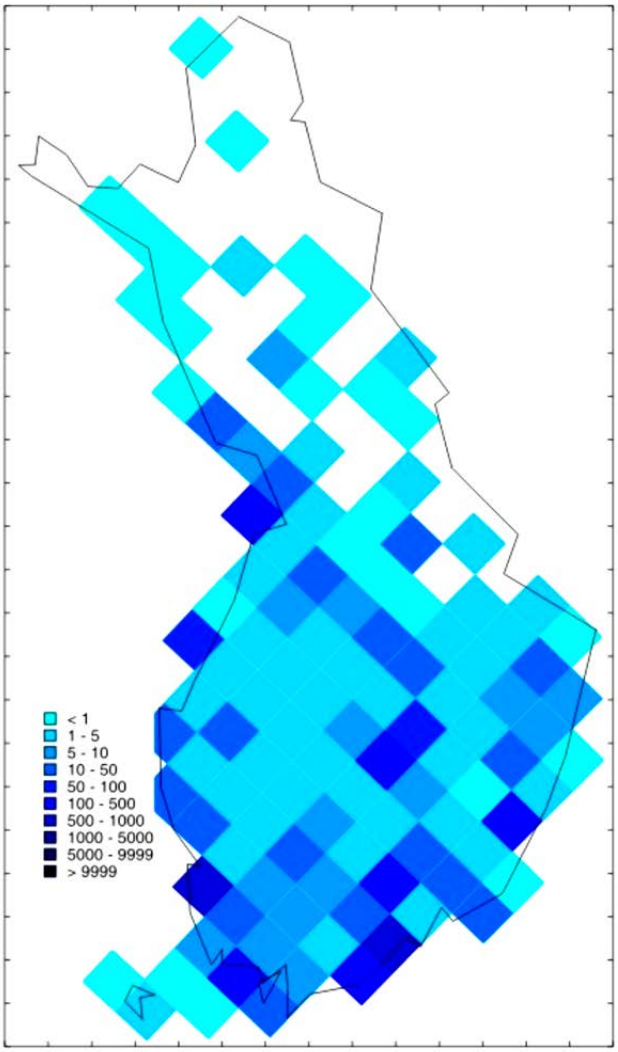
Arseenin laskeumaa voidaan tutkia analysoimalla sammalten arseenipitoisuuksia. Metsäntutkimuslaitos (Metla) on toteuttanut laaja-alaisia raskasmetallikartoituksia metsäsammalista jo vuodesta 1985 lähtien. Arseenipitoisuuksia mitattiin ensimmäisen kerran vuonna 1995, jolloin keskimääräinen pitoisuus oli 0,26 mg As/kg. Arseenipitoisuudet ovat sittemmin pienentyneet vähitellen koko Suomessa niin, että viimeisimmässä vuoden 2010 mittauksessa keskimääräinen pitoisuus oli enää 0,11 mg As/kg. Vuosina 2005 ja 2010 sammalten arseenipitoisuuksissa ei ollut maan eri osien välillä enää suuria eroja.

Lisätietoja:

www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/raskasmetalli/



Kuva 7. Arseenipäästöt ilmaan (t) Suomessa vuosina 1990–2011. Lähde: Suomen ympäristökeskus 25.3.2014. Päästöarviot julkaistaan sivustolla: www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot



Kuva 8. Koko Suomen ilmaan tapahtuvien arseenipäästöjen alueellinen jakautuminen vuonna 2010 (kg). Suomen ympäristökeskus. Lähde: Kaukokulkeutumissopimukselle toimitetut inventaarioraportit - Informative Inventory Report, IIR_2012_part1. www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot/CLRTAPraportointi

1.6 Arseenin kulkeutumisesta ympäristössä

Eri arseenimineraalien rapautumisherkkyys ja ympäristön happi- ja pH-olosuhteet vaikuttavat siihen, missä määrin arseeni liukenee kallio- tai maaperästä.

- Arseenikiisu on herkempi rapautumaan kuin esimerkiksi kvartsi.
- Kivien rikkominen ja murskaaminen lisäävät arseenin liukenemista. Tällöin syntyy uutta, tuoretta kivipintaa, joka alkaa rapautua ilman hapen ja sadeveden vaikutuksesta.
- Maata kaivettaessa paljastetaan syvällä, usein vähähappisissa tai hapettomissa olosuhteissa olleita maamassoja. Maan pinnalla ne myös altistuvat sadevedelle, mikä edistää arseenin liukenemista.

Arseenin liukoisuus veteen lisääntyy olosuhteissa, jossa pH on poikkeuksellisen korkea tai hyvin alhainen. Olosuhteiden hapellisuus tai hapettomuus sekä raudan tai rikin läsnäolo vaikuttavat myös arseenin liukoisuuteen.

Arseeni esiintyy vesissä pääasiassa arseniittina (hapetusluku +3) tai arsenaattina (hapetusluku +5), mutta muitakin muotoja esiintyy. Arseenin monimuotoisesta esiintymistavasta johtuu, että sen poistaminen vedestä on teknisesti vaativaa.

Taustatietoa: hapetusaste.
Hapetusasteella eli hapetusluvulla kuvataan sitä, kuinka monta elektronia atomi on luovuttanut tai vastaanottanut. Sitä ei voida mitata suoraan, vaan sen avulla tarkastellaan elektronien siirtymistä kemiallisissa reaktioissa. Hapetusluku voi vaikuttaa huomattavasti alkuaineen ominaisuuksiin. Arseeni esiintyy hapettavissa oloissa tavallisimmin viiden arvoisena arsenaattina (yleisimmin $H_2AsO_4^-$ ja $HAsO_4^{2-}$) ja pelkistävissä oloissa tavallisesti kolmen arvoisena arseniittina (yleisimmin $H_3AsO_3^0$ ja $H_2AsO_3^-$). Muita hapetusasteita ovat As^{3-} ja As^0.

Kiintoaineksen mukana kulkeutuva arseeni voi kerrostua saostumien tavoin esimerkiksi purojen pohjalle (Kuva 9.). Olosuhteiden muuttuessa saostunut arseeni voi muuntua uudelleen liukoiseksi ja lähteä liikkeelle veden mukana.

Eheän kallioperän alueella kalliopohjaveden määrä ja liikkuvuus on vähäistä. Tällöin myös arseenin kulkeutuminen pohjaveden mukana on vähäistä. Ruhjevyöhykkeillä kalliopohjaveden kulkeutuminen on merkittävämpää.

Kuva 9. Arseeni- ja rautapitoinen vesi on purkautunut kivilouhoksen läheiseen puroon ASROCKS-hankkeen tutkimuskohteessa Nokialla. Suuri osa arseenista ja raudasta on saostunut hapettavissa olosuhteissa lähelle purkautumiskohtaa. Kuva: Arto Pullinen, GTK.

Kiviainestuotannossa arseenin kulkeutumisen kannalta olennaista on myös mahdollinen ilman kautta syntyvä altistus. Arseenia voi olla sitoutuneena ilman pölyhiukkasiin.

Mikrobit voivat tuottaa arseeniyhdisteitä ilmaan haihtuvassa muodossa, mutta näiden yhdisteiden määrät ovat erittäin pieniä ja yhdisteet muuntuvat nopeasti ilmakehässä. Tällaista biologista haihtumista on havaittu mm. tuliperäisillä lähteillä ja kaatopaikoilla. Kiviainestuotantoalueilla kaasumaisen arseenin määrä voidaan olettaa merkityksettömäksi.

2 ARSEENIN TERVEYS- JA YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

2.1 Arseenin myrkyllisyydestä ja ihmisten altistumisesta

Monet arseenin yhdisteet ovat myrkyllisiä ja syöpävaarallisia eli karsinogeenisia. Elinympäristössämme arseenia on sekä epäorgaanisina että orgaanisina yhdisteinä. Arseenin esiintymismuodoista hapetusasteeltaan kolmen arvoinen arseeni (As3+) on todettu useissa tutkimuksissa viiden arvoista arseenia (As5+) haitallisemmaksi, mutta molemmat on kuitenkin luokiteltu syöpävaarallisiksi. Orgaaniset arseeniyhdisteet eivät ole yhtä haitallisia kuin epäorgaaniset arseeniyhdisteet.

Maailmalla ihmisten altistuminen arseenille tapahtuu suurimmaksi osaksi suun kautta, ravinnon mukana. Ravinnon mukana saatava arseeni on vain osittain epäorgaanisessa muodossa. Esimerkiksi kalojen arseeni on tavallisesti pääosin orgaanisessa, ihmiselle haitattomammassa muodossa. Alueilla, joilla juomaveden arseenipitoisuus on hyvin suuri, yli 50 µg As/l, juomavesi voi olla merkittävin altistumisen lähde. Altistuminen ilmakehän kautta yhdistetään pääsääntöisesti polttoprosesseista aiheutuviin hiukkaspäästöihin, joissa voi olla mukana pieniä määriä arseenia.

Terveysvaikutusten suuruuteen vaikuttavat sekä altistuksen määrä että kestoaika mutta myös altistujan henkilökohtaiset ominaisuudet, kuten mm. ikä, sukupuoli ja aineenvaihdunta, sekä elintavat. Suurimmasta siedettävästä arseenin saannista ei ole päästy kansainvälisesti yksimielisyyteen. Altistumista ja eri arseeniyhdisteiden terveysvaikutuksia tutkitaan edelleen.

EVIRAn (Elintarviketurvallisuusvirasto) selvitysten mukaan lähes kaikissa Suomessa käytettävissä elintarvikkeissa on vähäisiä määriä arseenia, mutta sen saanti jää hyvin pieneksi eikä ole kokonaisaltistuksen kannalta haitallista. Haitallisia terveysvaikutuksia voi ilmetä, jos arseenirikasta juomavettä käytetään säännöllisesti ja pitkään. Terveydensuojelulain perusteella on sen vuoksi määritelty, että talousvedessä saisi olla enimmillään 10 µg As/l.

Terveysvaikutusten ilmenemiseen vaikuttaa lisäksi työperäinen altistus esimerkiksi elektroniikka- tai metalliteollisuudessa. Vuonna 2011 ammatissaan altistuvien rekisteriin (Asa-rekisteri) ilmoitettiin Suomessa 2081 työntekijää, jotka voivat työssään altistua arseeniyhdisteille.

Vähäistä altistumista epäorgaaniselle arseenille voi tapahtua myös hengitysteitse pölyhiukkasten mukana tai ruoansulatuskanavasta tahattoman maan syönnin tai luonnosta kerätyn, pölyisen ravinnon kautta. Tämän vuoksi runsaasti arseenia sisältävillä asuinalueilla on tärkeää ottaa huomioon mahdollinen altistuminen pintamaan arseenille.

Epäorgaanisen arseenin myrkyllisyyttä eläimille ja ihmisille vähentää huomattavasti se, että kehoon päädyttyään se muuntuu useissa biologisissa aineenvaihduntaprosesseissa vähemmän myrkyllisiksi, orgaanisiksi yhdisteiksi. Arseeni ei myöskään kerry merkittävissä määrin ihmisen elimistöön.

Muuntumisreaktioista metyloituminen on tyypillistä merivedessä, jossa levät tai bakteerit voivat katalysoida reaktiota. Lisäksi tapahtuu mikrobien aikaansaamia hapetus-pelkistysreaktioita.

2.2 Arseenin haitallisuus eliöille

Arseenin on todettu olevan hyvin pienissäkin pitoisuuksissa myrkyllistä eräille vesieliöille. Siksi erityisesti arvokkaat pienvedet ja vesieliöstö kokonaisuudessaan on otettava huomioon, kun arvioidaan arseenin ympäristövaikutuksia.

Kasveilla haittavaikutuksina on todettu itävyyden häiriintymistä ja kasvun estymistä. Eliötesteissä todettuja vaikutuksia ovat mm. yleinen elinkyvyn heikkeneminen ja lisääntymishäiriöt. Epäorgaanisten arseeniyhdisteiden ei ole todettu merkittävässä määrin biokertyvän maaympäristössä. Eliöissä, jotka nielevät tai suodattavat sisäänsä arseenirikasta maata (lierot) tai sedimenttiä (simpukat), on kuitenkin havaittu elinympäristöään suurempia arseenipitoisuuksia. Toisaalta etenkin maaperäeliöstö on voinut paikallisesti sopeutua keskimääräistä huomattavasti korkeampaan arseenin taustapitoisuuteen.

Taustatietoa: biokertyminen.
Biokertyminen = Alkuaineen tai yhdisteen kertyminen ympäristöstä eliöiden eri osiin siten, että aineen tai yhdisteen määrä kasvaa nopeammin kuin elimistö pystyy sitä hajottamaan tai poistamaan.

Eliöstöön kohdistuvien mahdollisten haittavaikutusten lisäksi arseenin mahdollisia ympäristövaikutuksia arvioitaessa on syytä ottaa huomioon myös vaikutukset ympäristön laadulle. Erityisesti pohjavettä tulee lainsäädännön nojalla suojella ja ehkäistä sen laadun huononeminen.

Lisätietoa

Arseenin terveysvaikutuksista ja ihmisten altistumisesta

- EVIRA
  - Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Arseeni. Sivut 24–26. 2/2013. (pdf) www.evira.fi/portal/fi/tietoa%2Bevirasta/julkaisut/?a=view&productId=361
  - Vierasaineet www.evira.fi/portal/fi/tietoa+evirasta/asiakokonaisuudet/vierasaineet/tietoa+vierasaineista/kalan+ymparistomyrkytvierasaineiden+saantirajat/
- Työterveyslaitos
  - Biomonitorointi www.ttl.fi/fi/asiantuntijapalvelut/tyoymparisto/kemikaalit_ja_polyt/biomonitorointi/Documents/PM_Arseeni.pdf
  - Kemikaalikortit http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0013.htm
  - Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. ASA 2011. www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/asa/Documents/ASA%202011.pdf
- Kansainväliset lähteet
  - Syöpävaarallisuus > IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 100C (2012) http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf
  - Muut terveysvaikutukset > WHO 2004. WHO Environmental Health Criteria 224: Arsenic and arsenic compounds (2001) www.who.int/ipcs/publictions/ehc/ehc_224/en/

Arseenin myrkyllisyydestä eliöille

- RAMAS-hankkeen raportit https://gtk.verkkokirjasto.fi/web/arena

2.3 Vaikutukset kivi- ja maa-ainesten tuotantoalueilla ja rakentamiskohteissa

2.3.1 Selvitykset kiviainestuotannon ympäristövaikutuksista

Kiviainestuotannon ympäristövaikutuksia on selvitetty Suomen ympäristökeskuksen ja Infra ry:n hankkeessa Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Selvitys tehtiin vuonna 2010 voimaan tulleen, ns. Muraus-asetuksen valmistelun tueksi. Siinä keskitytään kiviainesten tuotannon aikaisten päästöjen ja ympäristövaikutusten hallintaan.

Selvityksessä kalliokiviaineksen ottamisen merkittävimpänä haittana pidetään melu- ja pölypäästöjä. Niitä voidaan vähentää ensisijaisesti toimintojen oikealla sijoittelulla ja suunnittelulla sekä pölynsidonnalla veden avulla. Muita merkittäviksi koettuja haittoja ovat maisemahaitat ja liikenteen aiheuttamat haitat. Pohjavesi- ja vesistöhaitat arvioitiin melko vähäisiksi. Toisaalta toiminnan ympäristövaikutuksista on vain vähän pitkäaikaisia, yhdenmukaisia ja koottuja seurantatietoja.

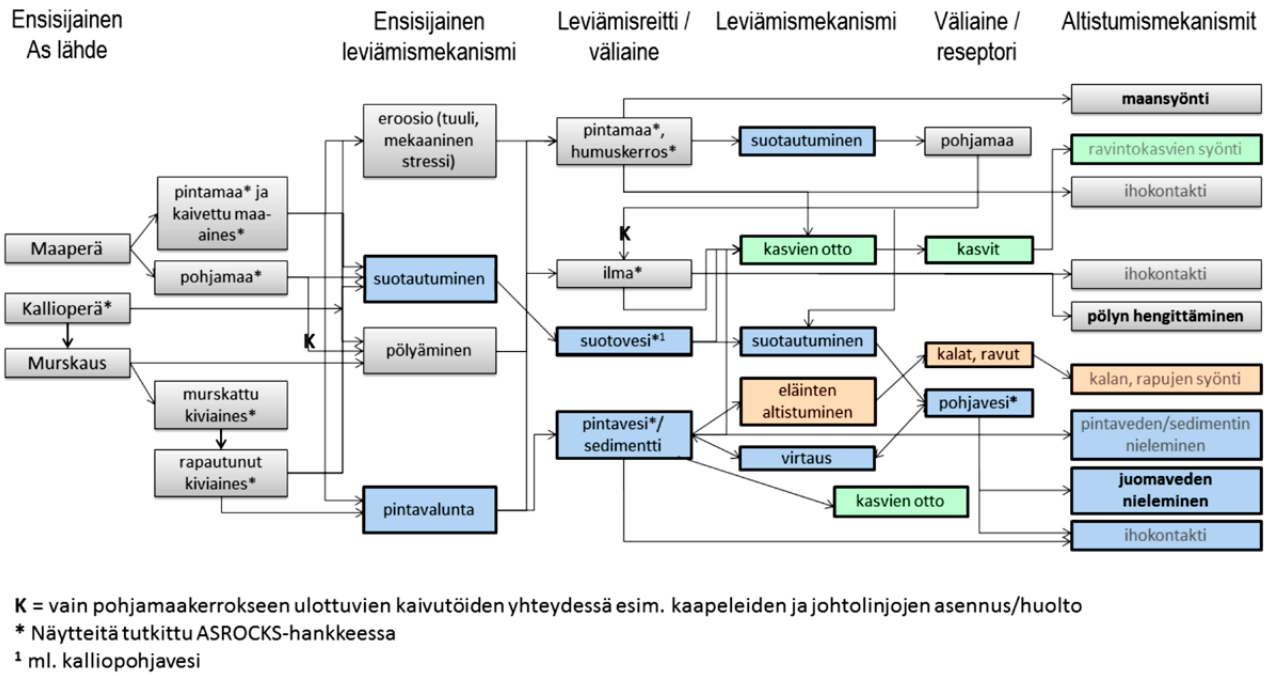
Lisätietoa

Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Suomen ympäristö 25/2010.

MURAUS-asetus. Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta 9.9.2010/800 (www.finlex.fi)

2.3.2 Arseeni ympäristö- ja terveysvaikutusten arvioinnissa

Arseenista aiheutuvien mahdollisten ympäristö- ja terveysvaikutusten arviointi perustuu tietoon arseenin päästölähteistä, leviämisreiteistä ja maankäytöstä ympäristössä. ASROCKS-hankkeessa selvitettiin ensisijaisesti arseenin kulkeutumista kalliokiviainesten tuotantoalueilta ja maaperää kaivettaessa. Hankkeessa kulkeutuminen pintavesien kautta tunnistettiin mahdollisten eliöstövaikutusten kannalta olennaisimmaksi arseenin leviämismekanismiksi.



Kuva 10. Arseenin mahdolliset leviämisreitit ja ihmisen altistumismekanismit, kun maa- tai kallioperää muokataan kaivamalla tai louhimalla ja murskaamalla. Laatikoiden värit ilmaisevat väliainetta tai altistuslähdettä: sininen = vesi, vihreä = kasvit, oranssi = eläimet, harmaa = maa- ja kallioperä tai maahiukkaset ilmassa.

Ihmisten arseenialtistusta arvioitaessa on otettava huomioon kaikki mahdolliset arseenin leviämisreitit ja altistustilanteet (Kuva 10.). Joitain reittejä voidaan kuitenkin sulkea pois tarkastelusta kirjallisuudesta saatavan tiedon perusteella. Esimerkiksi altistuminen ihon kautta kiinteään ainekseen sitoutuneelle arseenille (esim. pöly) on tutkimusten mukaan erittäin vähäistä. Lisäkarsintaa voidaan usein tehdä maankäyttötavan perusteella. Lisäksi arseenin pitoisuudet ympäristössä voivat olla niin alhaiset, että jo niiden perusteella voidaan todeta joidenkin altistusreittien olevan mahdollisten terveysvaikutusten kannalta merkityksettömiä.

Vaikutusten todennäköisyys ja suuruus riippuvat mm.

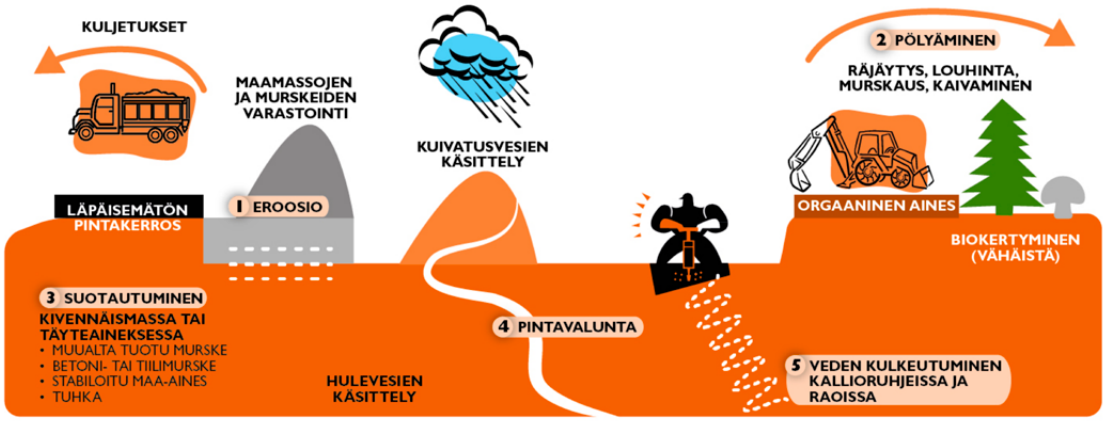
- arseenipitoisuuksista eri osissa ympäristöä
- toiminnan laajuudesta (tuotantomäärät, alueen pinta-ala)
- ympäristön ominaisuuksista (mm. herkkien kohteiden kuten asutuksen tai vesistöjen läheisyys, leviämisen esteet).

Kuva 11. Arseenin leviämismahdollisuudet kiviainestuotannossa.

Kuvissa 11–13 esitetään mahdolliset arseenin leviämismekanismit kiviainestuotannossa ja maarakentamisessa. Kulkeutumisen arvioinnista on lisätietoa oppaan luvussa 5 Ympäristökuormituksen ja riskien arviointi.

Kasvillisuuden ja pintamaan poistaminen	• Eroosio, rapautuminen ja pintavalunta lisääntyy
Sivukivien ja pintamaan varastointi	• Tapauskohtaista
Kiviaineksen irrottaminen poraamalla ja räjäyttämällä	• Pölyämistä, kallion pinta alkaa rapautua, pohjaveden purkautumispaikat, kallion rakojen koko ja pintaveden reitit voivat muuttua
Pohjaveden pumppaaminen ja johtaminen	• Virtaava vesi irrottaa ja kuljettaa arseenia, pölynestoon pumpatut vesimäärät yleensä merkityksettömiä arseeniriskien suhteen
Hulevesien käsittely	• Hulevesien kuljettaman hienoaineksen kerääminen yhteen paikkaan, josta seurauksena paikallinen As-pitoisuuden kasvu selkeytysaltaassa, mahdollisesti myös purkuvesistössä
Louheen murskaus ja seulonta tuotteiksi	• Eniten pölyä, arseenia sisältävien kiven osien rikkoutuminen, As-pitoiset mineraalit rikastuvat hienorakeiseen tuotteeseen
Tuotteiden ja ylijäämälouheiden varastointi	• Hienojakoisten tuotteiden varastokasan sisällä huokosveden As pitoisuus voi olla suhteellisen suuri, kivituhkan käyttö varastokasojen alla hidastaa vesien kulkeutumista vertikaalisesti, veden pitkä viipymä kasassa kasvattaa liukoisen arseenin määrää
Kuljetukset, kuormaukset	• Pölyämistä, pohja tiivistyy
Louhitun kohteen rakentaminen ja maisemointi	• Pintavalunta hidastuu, pölyäminen vähenee, pohjaveden muodostumisolosuhteet ja vesien purkautumispaikat "vakiinnutetaan"

Kuva 12. Arseenin mahdollisten leviämisreittien merkitys kivi- ja maa-ainestuotannon ja rakentamisen eri työvaiheissa.



Kuva 13. Arseenin leviämismahdollisuudet rakentamiskohteessa.

3 KAAVOITUS, LUVAT JA MÄÄRÄYKSET

Arseenialueilla haittojen muodostumista voidaan estää sekä maankäytön ohjauksen ja rajoitusten avulla että teknisillä keinoilla. Eri aluetasojen kaavat määräyksineen sekä maa-aines- ja ympäristöluvat lupamääräyksineen ovat tärkeitä hallinnollisen ohjauksen välineitä.

ASROCKS-hankkeessa selvitettiin sähköisten asiakirjojen avulla (2012), miten arseeni on otettu huomioon tutkimusalueen maa-aineslain tai ympäristönsuojelulain mukaisissa luvissa tai YVA-menettelyissä (ASROCKS tietolaatikko 3). Kun kiviaineksen louhinnan- ja kaivuun pinta-ala

ASROCKS tietolaatikko 3

ASROCKS-hankkeessa selvitettyä: Miten arseeni on otettu huomioon luvissa ja kaavoissa?

Luvat ja YVA-menettelyt 2012

Jo vuonna 2012 oli muutamissa Pirkanmaan kunnissa edellytetty ympäristöluvan yhteydessä selvitystä kallioalueen sisältämästä arseenista ja arseenin ottamista mukaan ympäristön vesien tarkkailuun. Kanta-Hämeen alueella ei ollut ainakaan maa-ainesluvissa huomioitu arseenia. Kallionlouhintahankkeessa oli selvitetty lähialueen kaivojen arseenipitoisuuksia. Luvista oli tyypillisesti tehty valituksia Vaasan hallinto-oikeuteen, jossa niitä oli edelleen useita käsittelyssä.

Muutamaa Pirkanmaan kiviainestenottoon ja ylijäämälouheen käsittelyyn liittyvää lupahakemusta on edeltänyt YVA-menettely. Näissä on selvitetty perusteellisemmin myös arseeniriskiä. YVA-selostuksissa suositellaan tyypillisesti, että muualta tuotavan ylijäämälouheen asbestimineraali- ja arseenipitoisuudet arvioidaan vielä tarkemmin ja että esitetään tarvittavat toimenpiteet haitallisen kiviaineksen käsittelylle. On myös suositeltu arseenipitoisuuksien tarkkailua pintavesistä louhinnan edetessä, vaikka arseenipitoisuudet tuotantoalueen kalliossa oli alkututkimuksissa todettu alhaisiksi. Tarkkailusta esitetään, että arseenipitoisuus tutkittaisiin ainakin liukoisena, mieluiten myös kokonaispitoisuutena.

Arseenin tutkiminen ennen toiminnan aloitusta

Vain muutamat kunnat ovat edellyttäneet arseenin tutkimista jo ennen toiminnan aloittamista. Yhdessä tapauksessa toiminnanharjoittaja on teettänyt omaaloitteisesti arseenitutkimuksia ja toimittanut ne viranomaiselle. Kohdetutkimusten raportointi on ollut selvästi puutteellista mm. näytteenoton kuvauksen ja edustavuuden arvioinnin osalta.

Arseenia on tutkittu pääosin murskeista tai sorasta. Yksi kunta on edellyttänyt kivinäytteiden tutkimista ja kivilajin seurantaa louhinnan edetessä. Tähän menettelyyn muiden kuntien viranomaiset ja toiminnanharjoittajat toivoivat tarkempaa ohjeistusta. Lähtötilan selvityksenä on voitu vaatia myös arseenipitoisuuden mittausta lähialueen kaivoista ja pohjavesiputkesta.

Tampereen kaupungin alueella on haettu vesilain edellyttämää lupaa vesialueen täyttämiseen mm. tunnelityömaan ylijäämälouheella. Tässä yhteydessä on selvitetty myös arseenista aiheutuvia mahdollisia haittoja. Täytössä käytettävässä louheessa ei ole todettu ympäristövaikutusten kannalta merkittäviä arseenipitoisuuksia.

Tarkkailu ja seuranta

Uusimmissa luvissa on paikoin edellytetty arseenin tarkkailua erityisesti pintavesissä (laskeutusallas ja purkupaikka). Vain parissa paikassa on vaadittu arseenin tarkkailua myös pohjavedestä ja näissä on ollut tarkkailuputki valmiiksi asennettuna. Tarkkailumääräys on voitu esittää muodossa ”alueelta johdettavista vesistä on otettava näytteitä valvontaviranomaisen määräyksestä” eli näytteitä voidaan määrätä otettavaksi tarvittaessa. On myös korostettu, että valvontaviranomainen voi tulosten perusteella tarkistaa tarkkailuohjelmaa ja että näytteenottotiheyttä voidaan tarvittaessa harventaa, jos tulokset eivät osoita merkittävää kuormitusta.

Tiukemmat tarkkailu- ja seurantavelvoitteet ovat olleet monessa kunnassa käytössä vain lyhyen aikaa, joten tuloksia ei ole vielä toimitettu. Ne tulokset, jotka on toimitettu, eivät ole olleet vastaajien mielestä huolestuttavia.

Kaavat ja rakennusjärjestykset

Parissa kunnassa selvitetään arseenipitoisuuksia asemakaavoja varten, yhdessä myös yleiskaavoitusta varten. Kunnan rakennusjärjestyksissä on voitu tiedottaa arseenialueista, mutta yksittäisiin rakennuslupiin ei ole yleisesti sisällytetty arseenia koskevia määräyksiä.

ylittää 25 hehtaaria tai 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa, edellytetään YVA-menettelyä. Selvitystä tarkennettiin edelleen lähettämällä kysely (2014) niiden kuntien viranhaltijoille, joiden toimialueella sijaitsi jokin 21 ASROCKS-tutkimuskohteesta. Vaikka vastauksia ei saatu kaikista kunnista, ilmeni, että viranomaiset ovat selvästi valpastuneet arseenin mahdollisille päästöille ja haittavaikutuksille.

3.1 Kunnan omat määräykset

Kunnan rakennusjärjestyksessä tai ympäristönsuojelumääräyksissä on mahdollista huomioida paikallisesti korkeat, luontaiset arseenipitoisuudet mm. osoittamalla karttarajauksilla määräysten soveltamisalue. Niissä kunnissa, joissa on teetetty yksityiskohtaisempia selvityksiä arseenialueista, erillisselvitysten tuloksia on julkaistu rakennusjärjestyksen ohjeellisina karttaliitteinä.

3.1.1 Rakennusjärjestys

Kuntaliiton oppaassa rakennusjärjestyksen laatimiseen (2012) annetaan esimerkkejä rakennusjärjestyksen määräyksistä niillä alueilla, joilla on erityisiä maankäytön ja rakentamisen rajoituksia. Tällaisia ovat mm. pilaantuneet maa-alueet ja alueet, joilla on todennäköistä, että porakaivovesien arseenipitoisuudet ylittävät talousveden laatunormin:

- Rakennushankkeeseen ryhtyvän on tarvittaessa selvitettävä rakennuspaikan maaperän mahdollinen pilaantuneisuus. Tehty selvitys ja selvitys niistä toimenpiteistä, joihin on tarpeen ryhtyä pilaantuneisuuden vuoksi, tulee liittää rakennuslupa-asiakirjoihin.
- Liitteissä esitetyillä, korkeita arseenipitoisuuksia sisältävillä alueilla porakaivovesien arseenipitoisuuksien laatunormin ylittymisriski on suuri. Näillä alueilla rakennuspaikan vesihuolto on järjestettävä siten, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle.

Polku oppaaseen rakennusjärjestyksen laatimisesta on verkkosivuilla: http://shop.kunnat.net/ Etusivu> Tuotteet ja tietopankki> Verkkokauppa> E-Julkaisut> Yhdyskunta, tekniikka ja ympäristö

Asuinkiinteistöllä pilaantuneena pidetään yleensä maaperää, jonka arseenipitoisuus ylittää 50 mg/kg. Teollisuus-, varasto- tai liikennealueena taikka muuna vastaavana alueena käytetyllä kiinteistöllä pilaantuneisuuden ohjearvo on 100 mg/kg. Näin suuret luontaiset arseenipitoisuudet maaperässä ovat hyvin harvinaisia.

ASROCKS tietolaatikko 4

Pirkkalan rakentamiskohteen arseenipitoisuuksista ja määräyksistä

ASROCKS-hankkeessa tutkitussa rakentamiskohteessa Pirkkalassa maaperän arseenipitoisuuksia selvitettiin usealla eri menetelmällä otetuista näytteistä. Arseenin kokonaispitoisuuden mediaani vaihteli välillä 48 ja 76 mg/kg näytteenottotavan mukaan.

Kohteessa on edellytetty jo asemakaavaa laadittaessa sellaisia toimia, joilla hallittaisiin mahdolliset terveys- ja ympäristöhaitat, kuten arseenin esiintymisen huomioon ottava maanrakennustyöselitys ja suunnitelma maa-aineksen ja louhitun kiviaineksen sijoittamisesta ja ympäristön arseenipitoisuuksien seurannasta. Suunnitelmista on pyydetty ELY-keskuksen lausunto. Pirkanmaan ELY-keskuksessa periaatteena on ollut ohjata taustapitoisuutta suurempia arseenipitoisuuksia sisältävät maa-ainekset sille kiinteistölle, josta ne ovat peräisin. Ylijäämämassoille etsitään kuhunkin tilanteeseen sopiva sijoituspaikka.

3.1.2 Ympäristönsuojelumääräykset

Ympäristönsuojelumääräyksillä voidaan antaa tarkempia määräyksiä erityisen häiritsevän tilapäisen melun tai tärinän torjunnalle (Ympäristönsuojelulain 19 §:n 2 momentin 2 kohta). Kuntaliiton oppaassa ympäristönsuojelumääräyksistä neuvotaan antamaan määräyksiä tilapäisistä tai siirrettävistä murskauslaitoksista (ks. myös Meluilmoitusmenettely luku 3.3.1). Pitää kuitenkin huomioida, että ympäristönsuojelumääräykset eivät koske ympäristönsuojelulain mukaan luvanvaraista toimintaa eli murskausta, jota ei pidetä tilapäisenä.

Tieto murskauksen aloittamisesta ja lopetta-

misesta antaa ympäristönsuojeluviranomaiselle mahdollisuuden tarkastaa lainmukaisuuden ja antaa muita kuin luvanvaraista toimintaa koskevia yksittäisiä määräyksiä. Arseenipitoisuuksiltaan poikkeavalla kallioalueella tällaiset määräykset saattavat olla tapauskohtaisesti tarpeen.

Lisätietoa

www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/kunta/ysmaaraykset/Documents/Kunnan_ymparistonsuojelumaaraykset.pdf

http://shop.kunnat.net/ Etusivu> Tuotteet ja tietopankki> verkkokauppa> E-Julkaisut> Yhdyskunta, tekniikka ja ympäristö

3.2 Maankäytön suunnittelu

Maankäytön suunnittelu taustaselvityksineen on tärkeä työvaihe, kun pyritään ehkäisemään kivi- tai maa-aineksen arseenista mahdollisesti aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja. Arseenialueiden erityispiirteiden huomioon ottaminen kaavoituksessa on tärkeää erityisesti talousveden hankintaa suunniteltaessa. Selvityksissä kaavoja varten sekä kaavoissa ja kaavamääräyksissä on maininto- ja arseenipitoisuuksista.

3.2.1 Alueelliset ja kuntakohtaiset arseeniselvitykset, esimerkkejä

- Pirkanmaan maakunnan POSKI-projektissa mitataan potentiaalisten kalliokiviainesotto-alueiden arseenipitoisuuksia kannettavalla XRF-laitteella.
- Pirkkalan maaperän geokemiallisen arseeniongelman laajuuden esiselvitys ja arseeniriskikartta: www.pirkkala.fi/asuminen_ja_ymparisto/ymparistonsuojelu/arseeni_pirkkalassa/
- Kartat porakaivojen arseenipitoisuuksista Tampereella: www.tampere.fi/asuminenjarakentaminen/asuminenjaterveys/juomavedenlaatu.html
- VT12, Tampereen rantaväylän ympäristövaikutusten arviointi. Arviointiselostusosaan liittyvä arseeniselvitys suunnittelualueen kalliosta ja pohjavedestä www.tampere.fi/material/attachments/a/5oWDlkZiB/rantavaylan_arseeniselvitys.pdf
- Arseeni ja fluoridi Keurusselän porakaivoissa (Keuruu, Mänttä-Vilppula, Ruovesi ja Virrat) Maijanen 2012. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52223/Maijanen_Harri.pdf?sequence=1

3.2.2 Arseeni kaavamääräyksissä, esimerkkejä

Tampere, osayleiskaava

- Sisaruspohjan osayleiskaavan selvityksessä mainitaan, että maastollisten olojen vuoksi osa talouksista jää oman vesihuollon varaan ja näillä alueilla tulee ottaa huomioon arseeni- ja fluoridiriski. Kaavaluonnoksen yleismääräyksissä todetaan, että mainitut rakennusten yhdyskuntatekniseen huoltoon liittyvät kysymykset on ratkaistava Tampereen kaupunginvaltuuston 18.12.2006 hyväksymien ympäristönsuojelumääräysten ja 6.9.2000 hyväksymän rakennusjärjestyksen mukaisesti. Tässä rakennusjärjestyksessä määrätään, että sen liitekartoissa 4 ja 5 esitetyillä arseeni- ja fluoridihaitta-alueilla rakennuspaikan vesihuolto on järjestettävä siten, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle.

Nokia, osayleiskaava

- Harjuniityn vahvistetun osayleiskaavan määräyksissä arseenista todetaan: ”Alueen maaperän luontaisesti kohonnut arseenipitoisuus tulee ottaa huomioon rakentamisessa ja maamassojen käsittelyssä. Tarvittaessa tulee asemakaavoituksen tai alueen muun rakentamisen yhteydessä selvittää maaperän arseenipitoisuus ja laatia arseenipitoisten maa- ja kiviaineksen sijoitus- ja seurantasuunnitelma.”
- Lisäksi kaavassa määrätään, että ”Asemakaavoituksen yhteydessä on varmistettava alueen hulevesikäsittelyn toimivuus siten, ettei ympäristöhaittoja synny.”

Pirkkala, asemakaava

- Koiviston (etelä-osa) asemakaavan yleismääräys: ”Arseenin käsittelystä alueella on laadittu erillinen selvitys, jonka ohjeistusta tulee alueen rakentamisessa noudattaa viranomaisen hyväksymällä tavalla.”

3.3 Ympäristönsuojelulain mukaiset luvat ja ilmoitukset

Tätä opasta kirjoitettaessa ympäristönsuojelulakia oltiin parhaillaan uudistamassa, ja uudistukset tulevat todennäköisesti voimaan syksyllä 2014. Meluilmoitusmenettely (YSL 60 §), jota on sovellettu tilapäiseen räjäytys-, louhinta- ja murskaustoimintaan, pysynee ennallaan.

3.3.1 Meluilmoitusmenettely

Toiminnanharjoittajan on tehtävä erityisen häiritsevää melua tai tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta ympäristönsuojelulain 60 §:n mukainen kirjallinen ilmoitus ympäristönsuojeluviranomaiselle. Useissa Tampereen seudun kuntien ympäristönsuojelumääräyksissä ilmoitusta vaaditaan ainakin seuraavissa tapauksissa:

1. tilapäinen murskaamo
2. louhintatyö, johon kuuluu porausta, räjäytystä sekä louheen lastausta ja ajoa, sekä paalutus- ja hydraulisen iskuvasaran käyttö, jos
   - toimintaa harjoitetaan muuna aikana kuin arkisin maanantaista perjantaihin klo 7.00–18.00
   - louhintapäiviä on yli 25 tai
   - paalutustyötä tehdään tai hydraulista iskuvasaraa käytetään siten, että työpäiviä on yli 10.

Ilmoituksen vuoksi tehtävän päätöksen yhteydessä voidaan toiminnanharjoittajaa edellyttää varmistamaan, että pölyn kulkeutuminen ympäristöön estetään tehokkaasti. Lisäksi toiminnanharjoittajaa voidaan edellyttää käsittelemään hulevedet ko. alueella. Tämä on erityisen tärkeää, jos murskattavan kallion tiedetään suurella varmuudella sisältävän epätavallisen paljon arseenia.

Lempäälässä on annettu vastaavissa päätöksissä mm. seuraavia määräyksiä:

> ”Maanrakennustyömaalta ei saa laskea suoraan vesistöön tai ojaan runsaasti kiintoainetta tai lietettä tai haitallisia aineita (esim. arseenia) sisältäviä hule- tai kuivatusvesiä. Hule- ja kuivatusvedet on käsiteltävä alueella niin, etteivät ne aiheuta haittaa alueen ulkopuolelle.”
>
> ”Alueelta ei saa viedä kaivettuja maa-aineksia/louhetta/mursketta kiinteistön ulkopuolelle, ellei maa-aineksen/louheen/murskeen arseenipitoisuutta ole tutkittu ja varmistettu, että materiaali on haitatonta.”

3.3.2 Ympäristöluvan myöntämisen edellytykset

Viranomaisen on myönnettävä toiminnalle ympäristölupa, jos toiminta täyttää ympäristönsuojelulain ja jätelain sekä niiden nojalla annettujen asetusten vaatimukset. Ympäristönsuojelulaissa säädetään niistä tapauksista, jolloin lupaa ei voida myöntää. Ensisijaisesti toiminta pyritään aina saamaan lupamääräyksin sellaiseksi, että se voidaan sallia. Vasta silloin, jos lupamääräyksinkään toimintaa ei saada lainsäädännön vaatimuksia vastaaviksi, voidaan joutua päätyä lupahakemuksen hylkäämiseen. Jo hanketta suunniteltaessa toiminnanharjoittajan tulisi yhdessä lupaviranomaisen kanssa varmistaa, että toiminta ei aiheuta mm.

- pohjaveden tai maaperän pilaantumista tai sen vaaraa
- terveyshaittaa
- haittaa luonnonsuojelulain mukaisen Natura 2000 -alueen tai muille luonnonsuojelualueiden luontoarvoille.

Suomessa arseeni on luokiteltu ns. vaarallisten aineiden asetuksen liitteessä 1 E vaaralliseksi aineeksi, jota ei saa päästää suoraan tai välillisesti pohjaveteen (2006/1022). Kielto ei kuitenkaan koske aineen tai aineryhmään kuuluvan aineen vähäisen määrän päästämistä pohjaveteen, jos päästöstä ei aiheudu pohjaveden laadun heikkenemistä tai sen vaaraa nyt tai tulevaisuudessa. Päästöjen aiheuttajan on tarvittaessa osoitettava valvontaviranomaiselle niiden haitattomuus.

3.3.3 Toiminnanharjoittajan vastuut ja velvollisuudet

Toiminnanharjoittajan on tunnettava toimintansa ympäristövaikutukset, ympäristöriskit ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuudet. Jos ympäristö pilaantuu, tietämättömyys yllätyksellisistäkin ympäristöseurauksista ei vapauta toiminnanharjoittajaa ennallistamis- ja korvausvastuusta.

Ympäristönsuojelulaissa on lukuisia erityissäännöksiä velvoitteiden muodostumisesta. Toiminnanharjoittajan on esimerkiksi ilmoitettava välittömästi mm. ELY-keskukselle vesistön merkittävästä pilaantumisesta ja luontovahingosta tai niiden välittömästä uhasta. Terveysuhasta esim.

talousveden pilaantumisen osalta on ilmoitettava myös terveydensuojeluviranomaisille.

Käytännössä viranomainen määrittelee myöntämässään luvassa ne toimenpiderajat, joiden ylittyessä toiminnanharjoittajan tulee ryhtyä toimenpiteisiin päästöjen sekä haitallisten ympäristö- ja/tai terveysvaikutusten rajoittamiseksi tai eliminoimiseksi.

Luvanvaraisen toimintansa loputtua toiminnanharjoittaja vastaa edelleen tarvittavista toimista pilaantumisen ehkäisemiseksi, toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja alueen tarkkailusta.

3.3.4 Velvoitetarkkailu

Luvan noudattamisen valvonta perustuu sekä viranomaisvalvontaan että toiminnanharjoittajan itsensä suorittamaan tarkkailuun. Luvansaajan on seurattava toimintansa vaikutuksia ja raportoitava näistä tuloksista toimintaa valvovalle viranomaiselle.

Toiminnanharjoittaja esittää hakemuksessaan toiminnan ja päästöjen tarkkailun järjestämiseksi tarkkailusuunnitelman, joka vahvistetaan päätöksessä ja jota täydennetään tarvittavilla lisämääräyksillä. Pääsääntöisesti tarkkailumääräykset annetaan lupapäätöksessä. Toiminnanharjoittaja voidaan myös velvoittaa esittämään päästöjen vaikutuksista erillinen tarkkailusuunnitelma.

Tarkkailun toteutustavan kuvauksessa tulee esittää:

- mittaus- ja näytepisteiden lukumäärä ja sijainti
- mittaus- ja näytteenottotiheys
- tehtävät mittaukset ja analyysit sekä käytettävät menetelmät
- se, miten, kenelle ja milloin tuloksista raportoidaan
- ympäristöstä mitattavan arseenipitoisuuden toimenpiderajat
- toimenpiteet rajojen ylittyessä.

Ympäristölupa tai maa-aineslupa velvoittaa yhä useammin myös kiviainesalan toiminnanharjoittajaa tarkkailemaan tuotantoalueella muodostuvia valuma- ja suotovesiä sekä niiden vaikutuksia pinta- ja pohjavesiin. Huomiota kiinnitetään usein erityisesti toiminta-alueilta ympäristöön johdettaviin vesiin ja näytteitä otetaan mahdollisista tasaus- ja selkeytysaltaista sekä purkuojista. Nämä ovat tärkeitä seurantapisteitä myös tarkkailtaessa arseenikuormitusta pintavesiin.

ASROCKS-tutkimusalueen uusissa ympäristöluvissa on jonkin verran edellytetty arseenin tarkkailua vesistä. Esimerkiksi Ylöjärvellä tarkkaillaan louhosalueelta putken kautta johdettavia pintavesiä ja purkupaikan ojavettä. Arseenipitoisuudet ovat olleet tällä kohteella taustapitoisuutta suurempia louhosalueella ja purkupisteessä ja kaiken kaikkiaan huomattavasti korkeampia kuin ASROCKS-hankkeen kohteissa mitatut pitoisuudet.

Seuraavat yleiset suositukset soveltuvat hyvin myös pintavesistä tarkkailtavalle arseenille:

- Pintavesien laatua tulisi tutkia jo ennen toiminnan aloittamista vesistöjen luontaisten ominaisuuksien ja arseenin taustapitoisuuksien selvittämiseksi.
- Tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon luonnollinen ja mahdollinen muista toiminnoista aiheutuva kuormitus valuma-alueelta ja niiden vaihtelut vuodenaikojen ja sääolosuhteiden (mm. lumen sulaminen ja sadanta) mukaan.
- Pintavesien tarkkailusuunnitelmissa esitettävät toimenpidearvot ja muut vertailuarvot on valittava tarkoituksenmukaisesti. Esimerkiksi talousveden laadulle asetetut raja-arvot eivät sovellu pintavesipitoisuuksien vertailuarvoiksi, mikäli pintavettä ei käytetä talousvesilähteenä.

3.3.5 Pohjaveden suojelutoimet

Ympäristönsuojelulain mukaan toiminta ei saa aiheuttaa pohjaveden pilaantumista tai pilaantumisen vaaraa. Pohjaveden pilaamiskielto on yleiskielto, jota ei ole mahdollista lupamääräyksillä lieventää. Kielto kattaa vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet ja sen kannalta tärkeät pohjavesialueet. Toisen kiinteistöllä olevaa pohjavettä ei myöskään saa pilata tai sen laatua vaarantaa.

Jos naapurustossa on talousvesikaivoja tai luokiteltuja pohjavesialueita, valvontaviranomaiset katsovat yleensä tarpeelliseksi selvittää haitallisten aineiden kulkeutumista ja mahdollisia haittoja pohjaveden laadulle. Lupaa harkittaessa ja lupamääräyksiä asetettaessa pitää ottaa huomioon pohjavesimuodostuman kaikki muukin kuormitus sekä mahdollinen kaukokulkeutuma, vesikemialliset olosuhteet ja sää- sekä vuodenaikavaihtelut vesimuodostumassa. Tämän vuoksi aina tunnettujen arseenialueiden kiviainestuotannon lupaa haettaessa tulee selvittää naapuruston kaivot ja lähialueen luokitellut pohjavesialueet.

Lisätietoa

- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006/1022, muutos 20.5.2009/342
- Suositeltavista pinta- ja pohjavesitutkimuksista, katso Vesinäytteet-luku 4.2.7
- Arseenipitoisuuksien viitearvoista pinta- ja pohjavesille, katso Pinta- ja pohjavedet -luku 6.2.6

3.4 Maa-aineslain mukaiset velvoitteet

Maa-ainesten kestävä käyttö -opas (YM 2009) toimii yleisenä ohjeena maa-aineslain mukaisessa lupamenettelyssä. Oppaan luvussa 4 annetaan yksityiskohtaiset ohjeet ottamisen suunnittelusta ja toteutuksesta. Puutteelliset ja täydentämistä edellyttäneet ottamissuunnitelmat ovat olleet keskeinen syy lupapäätösten viivästymiselle. Arseenin esiintyminen on tästäkin syystä syytä ottaa huomioon jo ottamissuunnitelmassa.

Lisätietoa

Maa-ainesten kestävä käyttö – Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009. 134 s.
www.ym.fi/download/noname/%7BD54254A5-77D5-4E95-9C7C-62AEB12E42B1%7D/37543

Maa-aineslain toimivuuden arviointi. Suomen Ympäristö 12/2013. 91 s.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41933/SY_12_2013.pdf?sequence=1

3.4.1 Suojaetäisyydet

Edellä mainitussa oppaassa maa-ainesten kestävästä käytöstä (YM 2009) on määritelty mm. suojaetäisyyksiä häiriintyviin kohteisiin. Suojaetäisyydet soveltuvat myös pölyn kautta kulkeutuvan arseenin kuormituksen hallintaan, mutta ne olisi määriteltävä kuitenkin tapauskohtaisesti. Suojaetäisyyteen vaikuttavat mm. kasvillisuus ja maaston muodot.

Suojaetäisyyksiä häiriintyviin kohteisiin

Etäisyys asuttuun rakennukseen
- soran ottamisalueilla vähintään 100 m
- kalliokiven ottamisalueilla 300–600 m

Etäisyys järven, joen tai meren rantaan
Rantavyöhykkeellä maa-ainesten ottaminen on pääsääntöisesti kielletty (MAL 3 §:n 3 mom). Ranta-alueen luonto ja maisema voivat edellyttää maa-ainesten ottamiselta 200 metrin suojaetäisyyttä. Poikkeustapauksissa suojaetäisyys voi olla 50 metriä.

Etäisyys naapuritilan rajaan
- soran ottamisalueilla vähintään 10 m
- kalliokiven ottamisalueilla vähintään 30 m

Etäisyys maantielle
- vähintään 50 m tien keskilinjasta

Etäisyys suojelualueeseen
Ottamisalueiden suojaetäisyydet luonnonsuojelualueisiin, Natura-alueisiin ja muihin suojelualueisiin ratkaistaan tapauskohtaisesti siten, että ottaminen ei heikennä niiden suojeluarvoa. Tällöin ottamishankkeesta pyydetään ELY-keskuksen lausunto.

Lähde: Opas maa-ainesten kestävästä käytöstä. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009. Ympäristöministeriö 2009.

Veden kautta kulkeutuvalle liukoiselle arseenille ei voi käytännössä määritellä suojaetäisyyttä, vaan kulkeutumista tulisi arvioida tapauskohtaisesti. Häiriintyvinä, herkkinä kohteina tulee ottaa huomioon talousvedenotto (kaivot), pohjavesiesiintymät ja vesiluonnoltaan arvokkaat suojelualueet.

Kuva 14. Läjitettyä pintamaata kiviaineksen tuotantoalueella. Maata hyödynnetään ottamisalueen jälkihoidossa. Kasaan asennettiin ASROCKS-hankkeen aikana kaksi imulysimetriä. Kuva: Timo Tarvainen, GTK.

3.4.2 Kaivannaisjätteet

Maa-aineslain mukaisilta hankkeilta edellytetään ns. kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa. Maa-aineshankkeiden kaivannaisjätteitä voivat olla esimerkiksi ottamisalueiden pintamaat (Kuva 14.), selkeytys- ja pesulietealtaiden lietteet, kivituhka ja vastaavat ainekset.

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa on pidetty melko tarpeettomana maa-aineshankkeissa, koska kaivannaisjätteet ovat yleensä olleet sekä pilaantumattomia että pysyviä maa-aineksia ja niitä voidaan siten käyttää ottamisalueiden jälkihoidossa tai hyödyntää ja jalostaa muualla kiviainestuotannossa ja erilaisissa rakennushankkeissa.

Pysyvän kaivannaisjätteen määrittelystä

Pysyvä kaivannaisjäte ja pilaantumaton maa-aines on määritelty yleisesti Valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä, 2 §:n 2 ja 3 kohdissa (www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130190):

2) Pysyvällä jätteellä tarkoitetaan kaivannaisjätettä, joka ei liukene, pala tai reagoi muutoin fysikaalisesti tai kemiallisesti eikä hajoa biologisesti tai reagoi muiden aineiden kanssa aiheuttaen vaaraa terveydelle tai ympäristölle ja jossa ei pitkänkään ajan kuluessa tapahdu olennaisia muita fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia muutoksia sekä jonka sisältämien haitallisten aineiden kokonaishuuhtoutuminen ja -pitoisuus samoin kuin jätteestä muodostuvan suotoveden myrkyllisyys ympäristölle on merkityksetön, eikä siitä aiheudu muun ohella vaaraa pinta- tai pohjaveden laadulle.

3) Pilaantumattomalla maa-aineksella tarkoitetaan kallio- tai maaperän pintakerroksesta irrotettua orgaanista tai epäorgaanista ainesta, joka on luonnontilaista tai joka ei sisällä haitallisia aineita siten, että siitä voi aiheutua ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa.

Kaivannaisjätteen pysyvyyttä on edelleen tarkennettu teknisillä kriteereillä, joista arseenista aiheutuvien mahdollisten haittojen kannalta tärkeitä ovat seuraavat:

- Jäte ei hajoa eikä liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle ja ihmisten terveydelle.
- Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien mahdollisesti haitallisten aineiden pitoisuudet eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (PIMA) annetussa Valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) esitettyjä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia. Arseeni on tällainen aine. Ympäristölle tai ihmisen terveydelle haitallisten metallien ja puolimetallien määrittäminen kaivannaisjätteiden pysyvyyden arvioimiseksi suositellaan tehtäväksi alle 2 mm:n raekoosta kuningasvesiuutolla standardeja ISO 11466 tai EN 13657 mukaillen ja alkuaineiden pitoisuuksien mittaus uutteesta ICP-AES/OES/MS-tekniikalla tai GFAAS-tekniikalla.

Oppaassa Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi -louhinnassa muodostuvat sivukivet (Luodes et al. 2011) selvennetään, miten kaivannaisteollisuudessa syntyvä sivukivi voidaan luokitella kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti pysyväksi jätteeksi joko kansallisen pysyvien kaivannaisjätteiden luettelon tai ns. tapauskohtaisen arvioinnin kautta. Oppaan taulukkoon 1 on koottu kivilajit, jotka täyttävät pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit (ns. kansallinen luettelo). Kivilajien koostumuksia on selitetty tarkemmin oppaan liitteessä 5.

Listatuista kivilajeista todetaan, että niissä voi luonnollisen vaihtelun vuoksi joskus esiintyä sulfidimineraaleja. Tällöin sulfidisen rikin määrä tulee selvittää. Sulfidimineraalien yhteydessä voi esiintyä myös arseenia, joten kivilajien listaa ei voi kaikissa tapauksissa soveltaa pysyvyyden arvioimiseen.

Listan perusteella useimmat vulkaanisperäiset kivet, tummahkot syväkivet ja kiilleliuskeet sekä kiillegneissit eivät ole välttämättä oppaan (Luodes et al. 2011) tarkoittamia pysyviä kivilajeja. Yleiskäsityksen saa kallioperäkartasta (http://ptrarc.gtk.fi/digikp200/default.html), jossa sinisävyt, vihreät ja ruskeat alueet eivät kuulu inerttien kivilajien listaan.

Taulukko 6. Kansallinen luettelo kivilajeista kaivannaisjätteen luokitteluun pysyväksi.

Kivilaji	Tarkennus (sisältää kivilajit)
Kvartsiitti	
Arkoosi	
Graniitti	graniitti, gneissigraniitti, graniittinen pegmatiitti
Syenitoidi	syeniitti, (kvartsi)montsoniitti
Granodioriitti	granodioriitti, gneissigranodioriitti, granodioriittineosomi
Tonaliitti	tonaliitti, gneissitonaliitti, tonaliittineosomi, trondhjemiitti
Hapan/vaalea gneissi	hapan/vaalea gneissi, granodioriittigneissi, graniittigneissi, kvartsimaasälpägneissi, tonaliittigneissi
Hapan/vaalea migmatiitti	
Anortosiitti	anortosiitti, gabroanortosiitti
Kalkkikivi	

4 ASROCKS-HANKKEEN SUOSITUKSIA

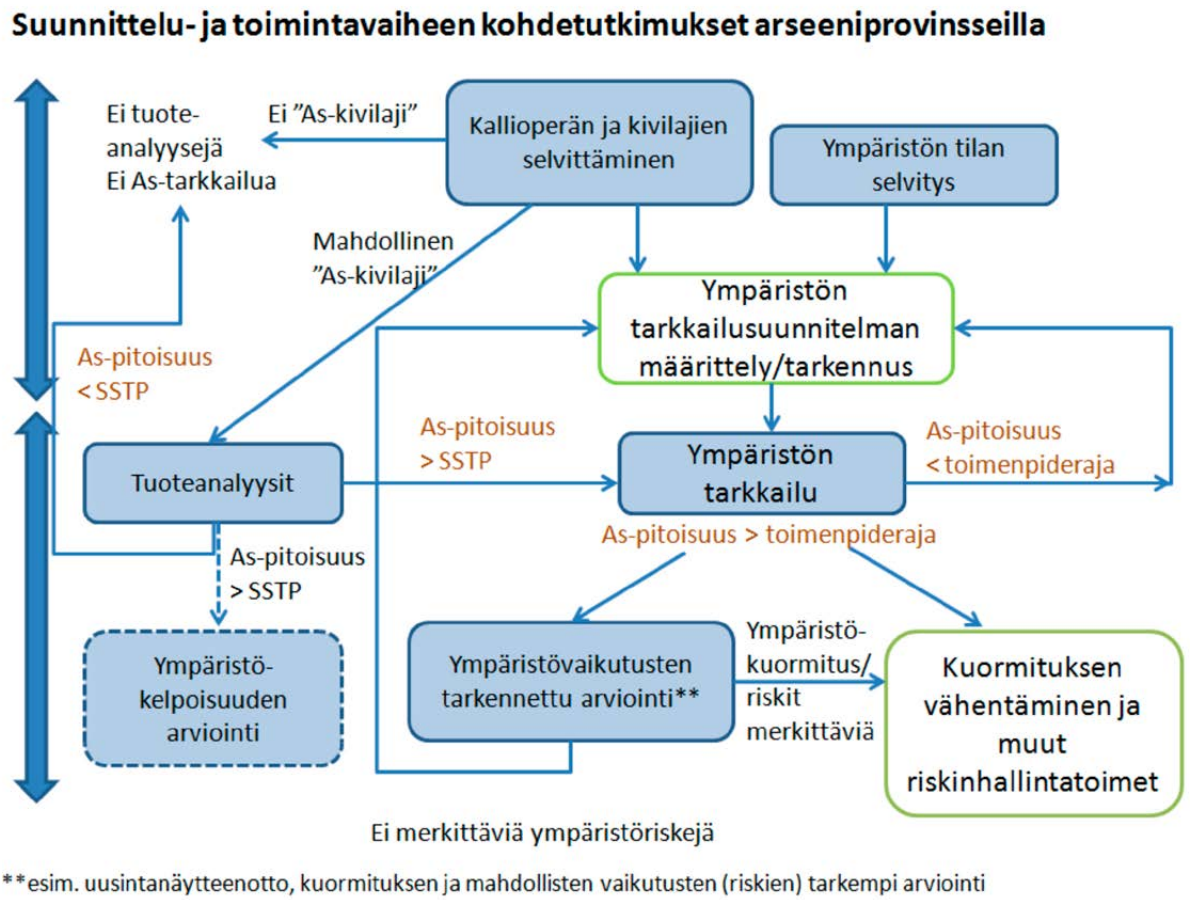
4.1 Tutkimusten hyödyt ja tarve suunnittelu- ja toimintavaiheessa

Kattavat ja luotettavat selvitykset arseenin esiintymisestä jo suunnitteluvaiheessa ovat hyödyllisiä monesta syystä. Siksi niiden laatuun ja selkeään tulosten raportointiin kannattaa kiinnittää huomiota.

Hyöty kohdetutkimuksista

- Tuotteiden laatu ja ympäristökelpoisuus varmistuvat.
- Viranomaisyhteistyö sujuu.
- Asemakaavalle asetetut vaatimukset toteutuvat.
- Ympäristönsuojelulain tarkoittama toiminnanharjoittajan selvilläolovelvollisuus tulee täytetyksi.
- Maa-aineslain ja ympäristönsuojelulain mukaisten lupien ehdot ovat perusteltuja ja kohtuullisia.
  - Esimerkiksi ennen toimintaa tutkittu vesien laatu ohjaa toiminnan aikaisen vesistötarkkailun kohdentamista.
- Lupien käsittely on joutuisampaa.
- Suhteet naapureihin ja muihin sidosryhmiin pysyvät toimivina.
  - Esimerkiksi vesien arseenipitoisuuksien tutkiminen erityisesti kaivovesistä jo ennen toiminnan aloittamista on havaittu hyödylliseksi sekä toiminnanharjoittajan että kaivonomistajan etua ajatellen.

Kiviainesten ottoalueilla tehtävien ympäristötutkimusten laajuutta ja sisältöä ohjaa se, missä vaiheessa ja mihin tarkoitukseen tutkimuksia tehdään (Kuva 15.). Suunnitteluvaiheessa voidaan tukeutua yksinomaan jo olemassa olevaan, luotettavaan tietoon kallioperästä ja ympäristöstä. Toiminnan aikana vaaditaan yleisesti ympäristön tarkkailua. Tarkkailusuunnitelman hyväksymisestä ja toimenpiderajan määrittelystä vastaa ympäristölupaviranomainen. Ympäristövaikutusten tarkennettua arviointia tarvitaan, jos arseenipitoisuudet ylittävät asetetut toimenpiderajat. Ympäristökuormituksen ja -riskien merkittävyyttä voidaan arvioida erilaisten viitearvojen, kuten eliövaikutuksia ilmaisevien vaikuttavien pitoisuuksien avulla (ks. luvut 5 ja 6).



Kuva 15. Ympäristötutkimukset kalliokiviainesten ottoalueilla suunnitteluvaiheessa ja toiminnan aikana sekä tutkimustulosten vertailu SSTP-pitoisuuksiin ja toimenpiderajoihin. SSTP = suurin suositeltu taustapitoisuus. Ei "As-kivilaji" tarkoittaa kiviesiintymää/kallioperää, joka suurella todennäköisyydellä ei merkittävässä määrin sisällä arseenia.

Suunnitteluvaiheen kiviainestutkimukset Pirkanmaalla

Pirkanmaan ELY-keskuksen käsityksen mukaan varmuus kiviaineksen arseenipitoisuudesta saadaan heidän toiminta-alueellaan kivinäytteitä tutkimalla. Mikäli havaittu arseenipitoisuus hankealueen kallioperässä on samansuuruinen tai pienempi kuin Geologian tutkimuskeskuksen Pirkanmaan arseenialueen maaperälle (moreeni) suosittelema suurin sallittu taustapitoisuusarvo 26 mg/kg, kiviaineksen käyttöä ei ole tarpeen arseenipitoisuutensa vuoksi rajoittaa.

Mikäli havaittu arseenipitoisuus maa- tai kallioperässä ylittää tämän taustapitoisuuden, niin yleensä varmistetaan ensin mittaustulosten edustavuus ja toteutetaan lisäselvityksiä tarpeen mukaan. On myös hyödyllistä ottaa yhteyttä paikallisen ELY-keskuksen ympäristöviranomaiseen. Tutkimustulosten edelleen viitatessa viranomaisen asettamaa toimenpiderajaa suurempiin arseenipitoisuuksiin, toimintavaihtoehdot punnitaan riskiperusteisesti ja kestävän riskinhallinnan periaatteita noudattaen.

4.1.1 Uuden tuotantoalueen suunnittelu

Haettaessa kiviainestuotannolle täysin uutta maa-aines- tai ympäristölupaa on hyvä selvittää alustavasti arseenin esiintyminen alueella. Sama koskee laajoja asemakaava-alueita. Kiviaineksen tuotantoalueen suunnitteluvaiheessa kallioperän tutkimukset voivat antaa viitteitä poikkeavan suurista arseenipitoisuuksista. Tästä voi olla hyötyä etenkin toiminnanharjoittajan kannalta, koska tulokset voivat kertoa mahdollisista myöhemmistä tarpeista rajoittaa arseenin päästöjä ympäristöön. Lisäksi kiviainestuotteiden sisältämä arseeni saattaa rajoittaa tai estää niiden käytön herkille alueille sijoittuvissa rakennuskohteissa.

Kallioperätutkimuksia ei kuitenkaan resurssien puutteen vuoksi ole mahdollista eikä tarkoituksenmukaistakaan tehdä niin kattavasti, että tulokset voitaisiin päätellä tulevien mahdollisten ympäristö- ja terveyshaittojen suuruus. Esimerkiksi ASROCKS-hankkeessa tutkituilla kalliokiviainesalueilla arseenia sisältävät mineraalit eivät olleet tasaisesti jakautuneina. Suunnitteluvaiheen kallioperätutkimusten avulla ei siten pystytä luotettavasti arvioimaan, miten paljon arseenia kallio sisältää. Ympäristökuormituksen arviointi edellyttäisi lisäksi erilaisten leviämis- ym. mallien käyttöä, jolloin tulokseen sisältyisi huomattava epävarmuus.

Luvan myöntämisen edellytyksenä on, että tunnistetaan toiminnan mahdolliset vaikutukset ympäristöön. Tämän vuoksi ennen toiminnan aloittamista on hankittava tiedot ympäristöolosuhteista, kuten asutuksen ja herkkien luontokohteiden sekä mahdollisten kulkeutumisreittien (joet, purot) sijainnista. Samalla selvitetään esteet, kuten asfaltoinnit tai kiinteät rakenteet maassa, sekä toisaalta veden kulkua edistävät rakenteet, kuten salaojitukset, sadevesiviemäröinnit tai putkilinjat. Lisäksi on syytä koota tieto eri ympäristönosien arseenipitoisuuksista eli ns. lähtötasoista, sillä näiden perusteella voidaan arvioida toiminnan aikana ja sen päätyttyä toiminnasta aiheutuvia/aiheutuneita päästöjä ympäristöön. Pitoisuustietoja voidaan koota olemassa olevista selvityksistä, tarkkailuraporteista jne. Tarvittaessa voidaan tehdä näytteenottoa eri ympäristönosista arvioidulla vaikutusalueella.

Riittääkö vesien tutkiminen alkutilan selvityksissä?

Vesinäytteiden liukoisista arseenipitoisuuksista voidaan päätellä, onko alueen maa- ja/tai kallioperässä veteen liukenevaa arseenia. Arseeni voi olla ympäristössä myös huonosti liukenevassa muodossa, jolloin veden arseenipitoisuudet voivat olla pienet. Kallioperän tai maaperän arseenitutkimukset antavat tietoa heikkoliukoisen arseenin esiintymisestä.

Mitä pitää tietää uutta kohdetta suunniteltaessa?

- mahdollinen sijainti arseeniprovinssien alueella
- kohteen kallioperä ja kivilajit
- arseenin pitoisuudet kohteessa ja sen lähiympäristössä (lähtötasot)
  - malmiviitteet ja kallioperän arseenipitoisuus (GTK:n litogeokemian tietokanta)
  - kaivoveden tai muiden pohjavesinäytteiden arseenipitoisuudet
  - pintavesien arseenipitoisuudet
- hulevesien kulkeutumisreitit
- lähialueen arvokkaiden luontokohteiden sijainti, erityisesti vesiluonto
- lähialueen (300–500 m) talousvesikaivojen ja tärkeiden pohjavesialueiden sijainti
- kohteen tuleva maankäyttö, erityisesti asuinalueet ja lasten leikkialueet.

Tarvetta arseenianalyyseille tai muille lisätutkimuksille voi olla erityisesti, jos suunnittelualueella

- ja sen lähiympäristössä on todettu poikkeavan suuria arseenipitoisuuksia tai
- hyödynnettävät kivilajit eivät ole pysyviksi määriteltyjä eli ns. inerttejä kivilajeja tai
- on muuta tietoa arseenin poikkeavasta esiintymisestä, esimerkiksi lähistöltä (alle 500 m) on mitattu kaivovedestä korkea arseenipitoisuus tai ympäristössä on muuta kuormittavaa toimintaa ja siihen liittyvää tarkkailua.

4.1.2 Toiminnan jatkaminen

Olemassa olevan kiviainesten ottamisalueen maa-aines- tai ympäristöluvan jatkamisen yhteydessä kohteen arseenipitoisuuden taso ja toiminnasta aiheutuva ympäristökuormitus voidaan tarvittaessa varmistaa siten, että määritetään ne kertaluonteisesti esimerkiksi alueella olevista kiviainestuotekasoista ja pintavesien tarkkailupisteistä sekä tuotantoalueella mahdollisesti olevista pohjavesiputkista tai kaivoista. Kertaluonteisissakin tutkimuksissa on kiinnitettävä aina riittävästi huomiota näytteenoton edustavuuteen. Myös tuotteeksi louhittavan kivilajin mahdollinen vaihtuminen on otettava huomioon.

Toimintaa koskevassa ympäristöluvassa määrätään toiminnan aikaisesta ympäristön tarkkailusta. Tarkkailun tehtävänä on kertoa, ovatko suunnitteluvaiheessa tehdyt lähtöoletukset toiminnan ympäristövaikutuksista olleet oikeat, eli käytännössä varmistaa, että toiminta ei pilaa ympäristöä. Tutkimusten toteutustapa on tällöin avainasemassa. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota näytteenoton edustavuuteen eli siihen, että otetut näytteet edustavat vallitsevaa tilannetta. Tämä vaatimus harvoin toteutuu, mikäli tarkkailu perustuu yksittäisiin näytteisiin.

ASROCKS tietolaatikko 5

ASROCKS-hankkeen tuloksia ensivaiheen kohdetutkimuksista

Suurin osa ensivaiheen 21 tutkimuskohteesta oli toiminnassa olevia kiviainesten ottoalueita. Koiviston asemakaava-alue Pirkkalassa oli vielä rakentamaton, ja Harjuniityn osayleiskaava-alueella oli kaavassa toteuttamattomia alueita.

Maa-aineksen tuotantoalueiden (hiekka, sora) maaperän ja tuotteiden arseenipitoisuudet olivat samaa tasoa kuin Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen hiekan ja soran normaalit taustapitoisuudet.

Valtaosassa tuotenäytteitä arseenin kokonaispitoisuudet alittivat 26 mg/kg eli tutkimusalueen (arseeniprovinssi 4) suurimman suositellun taustapitoisuuden moreenille.

Hienorakeisissa tuotteissa oli keskimäärin suuremmat arseenipitoisuudet kuin karkearakeisemmissa tuotteissa. Kaikkein karkearakeisimmissa tuotteissa (maksimiraekoko yli 100 mm) suurimman suositellun taustapitoisuusarvon ylityksiä ei todettu.

Tietolähteitä

Maastokartta, jossa ajantasaiset korkeuskäyrät
www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi

- Mahdollistaa hulevesien kulkeutumisen karttatulkinnan

Geologian tutkimuskeskuksen tietopalvelut
www.gtk.fi/tietopalvelut/ > Karttapalvelut >

- Maaperän taustapitoisuudet > TAPIR-palvelu
- Suomen Kallioperä > Hakupalvelu saumattomaan kallioperäkarttaan (DigiKP200, 1:200 000 kallioperäkartta) ja geologisiin yksiköihin sekä niihin liittyviin sähköisiin julkaisuihin. Infopainikkeella saa lisätietoa (ml. suomenkielinen nimi kivilajille) karttaan merkitystä kivilajirajauksesta.
- Mineral deposits and exploration > Malmiviitteet ja kallioperän arseenipitoisuus (litogeokemia)

Ympäristöterveyden valvontaviranomaiset
Kaivoveden arseenipitoisuuden kartoitukset

Ympäristöhallinnon tietopalvelut
www.ymparisto.fi > Kartat ja tilastot > Tietojärjestelmät

- Ympäristöhallinnon keräämää ja tuottamaa tietoa ympäristöstä kootaan Hertta-järjestelmään. Kuntien myöntämiin maa-ainesten ottolupiin tai ympäristölupiin liittyvää tarkkailutietoa kannattaa pyytää suoraan pai-

kallisilta viranomaisilta. Tämä tieto voi olla Hertta-järjestelmässä puutteellista. Paikallisilta ympäristöviranomaisilta on syytä myös varmistaa, miten kattavia kootut paikkatieto-aineistot ovat kohteen ympäristössä.

- Kootut paikkatiedot www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi tai OIVA-palvelu wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp:
  - Tärkeiden pohjavesialueiden sijainti
  - Arvokkaiden luontokohteiden sijainti
  - Vahvistettuja kaavarajauksia

Maastokäynti kohteella ja sen ympäristössä

- Maastokartan tarkentaminen, mm. purot, lähteet ja kaivot
- Uusimmat maankäytön muutokset
- Tarvittaessa kallioperäkartan tarkentaminen

Lisätietoa arseenihavainnoista ympäristöhallinnon tietojärjestelmissä

Paikannettua tietoa vesiympäristön arseenipitoisuuksista löytyy erityisesti seuraavista Hertan osajärjestelmistälähteistä:

- VAHTI-valvontatietojärjestelmä, seurantatietoa mm. teollisuuden ilmoittamista päästöistä vesiin.
- PIVET-rekisteri, tietoa pintavesien arseenipitoisuuksista.
- POVET-rekisteri, tietoa pohjavesien arseenipitoisuuksista.
- KERTY-rekisteri, tietoa arseenimäärityksistä mm. järvisedimenteistä ja kaloista.

PIVET-tietojärjestelmään on tallennettu tietoja veden laadun mittauksista sekä sisävesistä että merialueilta. Taulukoon 7 on kerätty neljän As-provinssialueen PIVET-tietokannan tietoja vesistöistä. Näytteenotto on liittynyt kartoitukseen, seurantaan, tutkimukseen tai lupien mukaiseen velvoitetarkkailuun. Velvoitetarkkailua toteutetaan usein kuormittavaa toimintaa ympäröivissä ojissa ja puroissa. Tämä pitää ottaa huomioon pitoisuuksien vertailussa. Tietoja voi käyttää alueellisen taustapitoisuuden määrittämiseen vain karsimalla aineistosta kuormitetut kohteet.

Taustatietoa: arseeni-hakuohje ympäristöhallinnon PIVET-tietojärjestelmään.
Arseenimääritysten hakuvinkki: PIVET > Veden laatu > Tietojen haku > Näytteenotto > Määritykset > Suureryhmä > Epäorgaaniset aineet > ETSI Arseeni

Taulukko 7. Havaintopaikkojen ja arseenianalyysien määrä sekä analyysituloksia neljällä As-provinssin alueella PIVET-tietokannassa vuosina 1994–2013. Aineistossa on mukana velvoitetarkkailun t uloksia mm. jätteenkäsittelyn tai kaivostoiminnan laskeutusaltaiden päästöihin liittyen.

Arseeniprovinssi	Ympäristötyyppi	Mediaani As µg/l	Näytteiden lkm	Näytteenottopaikkoja
1 Etelä-Suomi	järvet	0,33	1 860	282
	joet	0,25	471	25
	ojat ja purot	1,57	1 958	275
2 Ilomantsi	järvet	2	185	21
	joet	2	637	28
	ojat ja purot	5	115	18
3 Kittilä	järvet	0,44	3	3
	joet	1,77	828	18
	ojat ja purot	1,00	10	7
4 Etelä-Pirkanmaa – Kanta-Häme	järvet	0,49	50	19
	joet	0,68	200	29
	ojat ja purot	1,25	44	18

Pohjaveden määrää ja laatua havainnoidaan useammasta erityyppisestä paikasta. POVET-rekisterissä on tietoa seuraavista tarkkailupisteistä: havaintoputket, lähteet, pohjavesilammikot, kaivot, lysimetrit ja vedenottamon hana. Tarkka paikkatieto yksittäisistä kaivoista ei ole julkista.

Arseenimääritykset liittyvät lähes poikkeuksetta luokiteltujen pohjavesialueiden veden laadun tutkimuksiin tai haitallisten aineiden seurantaan. Arseeni on voinut olla mukana myös maa-alueiden pilaantuneisuuden tutkimuksissa tai tarkkailussa. Kokemäenjoen–Saaristomeren–Selkämeren

vesienhoitoalueella arseenia on mitattu liittyen esimerkiksi vanhojen kaatopaikkojen, ampumaratojen ja nahkatehtaan alueen mahdollisiin päästöihin. Samalla vesienhoitoalueella 36 paikalla pohjaveden arseenipitoisuus on ylittänyt ainakin kerran talousvedelle asetetun laatuvaatimuksen 10 µg arseenia/l.

Taustatietoa: hakuohje POVET-rekisteristä. Arseenimääritysten hakuvinkki: POVET > Havaintopaikat > Havainnot > Määritys > Suureryhmä > Epäorgaaniset aineet > ETSI Arseeni

Nykyiset laatusuositukset ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle on koottu ohjeeseen: Laatusuositukset ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle: vesistä tehtävien analysoitavien aineiden määritysrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja -tavat (Näykki et al. 2013). Ennen 1990-luvun puoliväliä analyysimenetelmien määritysrajat olivat nykyistä korkeammat ja tulokset eivät olleet yhtä luotettavia kuin nykymenetelmillä tehdyt määritykset. Tämä on syytä ottaa huomioon tietoja hyödynnettäessä.

4.2 Edustava näytteenotto

Arseenin ja muiden haitallisten alkuaineiden analysointia varten otettavien geokemiallisten näytteiden päätavoite on edustaa tutkimuskohdetta ja tutkittavaa näytemateriaalia mahdollisimman luotettavasti. Näytteenoton osuus kohdetutkimusten kokonaisepävarmuudesta on usein merkittävä, ja tästä syystä sen suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Luotettava ja edustava näytteenotto perustuu aina hyvään näytteenottosuunnitelmaan.

ASROCKS tietolaatikko 6

ASROCKS-hankkeessa otettiin geokemiallisia näytteitä kallioperästä, kalliokiviainestuotteista, maaperästä, humuksesta, purosedimenteistä, pintavedestä, vajovedestä ja pohjavedestä. Näytteenotossa käytettiin pääosin geokemiallisten kartoitusten hyväksi todettuja menetelmiä ja lisäksi vertailtiin erilaisia näytteenottomenetelmiä. Saatujen kokemusten ja tulosten pohjalta laadittiin tekninen näytteenotto-ohje **'Näytteiden otto geokemiallisia analyysejä ja liukoisuustestejä varten kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantoalueilla ja rakennuskohteissa luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien alueilla'** (Hatakka, T. et al. 2013)

http://projects.gtk.fi/ASROCKS/hanke/tuotokset.html

4.2.1 Yleisiä suosituksia

Näytteenotossa on hyvä muistaa seuraavat seikat:

- On suositeltavaa. että näytteenottajat ja näytteenotosta vastaavat henkilöt ovat saaneet koulutuksen geokemialliseen näytteenottoon ja että heillä on siitä myös kokemusta. Geokemiallisia näytteitä ottavat sertifioidut näytteenottajat. (Lisätietoa sertifioinnista mm. www.syke.fi/fi-FI/Palvelut_aineistot/Ymparistonaytteenottajien_henkilosertifiointipalvelu)
- Näytteenottomenetelmien tulee olla asianmukaiset, ja kaikkien näytteenotossa käytettävien tarvikkeiden ja materiaalien tulee olla tarkoitukseen sopivia, puhtaita ja sellaisia, ettei niistä irtoa tai liukene näytteisiin mitään.
- Laadunvarmistukseen on kiinnitettävä huomiota.
- Työturvallisuusnäkökohdat tulee ottaa huomioon.

4.2.2 Näytteenottosuunnitelma ja laadunvarmistus

Näytteenottosuunnitelmaa tarvitaan näytteenoton edustavuuden varmistamiseksi. Edustava ympäristönäyte tai tuotenäyte tarkoittaa näytettä, jonka perusteella voidaan tehdä luotettavia arvioita sen ympäristön osan/tuotteen ominaisuuksista, josta näyte on otettu.

Näytteenottosuunnitelman tärkeimpänä vaiheena on asettaa yksiselitteiset tavoitteet, joihin näytteenotolla halutaan saada vastauksia. Vasta tämän jälkeen voidaan perustellusti määritellä, mistä,

miten, millaisia, kuinka monta ja miten usein näytteitä tulee ottaa. Olennaista on siis määritellä, mihin tarkoitukseen tai tarkoituksiin analyysituloksia käytetään. Käyttötarkoitus voi vaihdella sen mukaan, missä vaiheessa tutkimuksia tehdään, esimerkiksi kiviainesten ottoalueen suunnitteluvaiheessa, sen toiminnan aikana vai toiminnan loputtua.

Suunnitteluvaiheessa tavoitteena saattaa olla saada mahdollisimman todennäköinen kuva ympäristön pohjaveden luontaisesta taustapitoisuudesta, koska tämän ylittyminen toiminnan aikana voi ilmentää toiminnasta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Tällöin useina eri ajankohtina otettujen näytteiden keskimääräiset pitoisuudet ovat edustavimpia. Näytepisteiden tulisi myös edustaa aluetta, johon toiminnan vaikutukset voisivat ulottua, mikäli tuloksia on tarkoitus käyttää toiminnasta aiheutuvan kuormituksen tunnistamiseen.

Toiminnan aikaisessa ympäristötarkkailussa voi sen sijaan olla syytä tunnistaa myös pahimmat mahdolliset tai poikkeukselliset tilanteet esimerkiksi hulevesien kautta tapahtuvassa kulkeutumisessa, jolloin sulamisvesien tai runsaiden sateiden aikainen näytteenotto antaisi todennäköisesti edustavimman kuvan kulkeutuvan arseenin määrästä tällaisissa ääriolosuhteissa.

Näytteenottosuunnitelmassa tulee määritellä muun muassa

- näytteenoton tavoitteet ja kohde
- näytteenottopaikat ja ajankohdat
- näytteenottotapa ja -menetelmät
- näytteiden käsittely, kuljetus ja varastointi
- tutkimus- ja analyysimenetelmät
- laadunvarmistus
- tulosten käsittely ja raportointi.

Näytteenottosuunnitelman laatimista on ohjeistettu mm. standardissa EN 14899 sekä monissa kansainvälisissä julkaisuissa (mm. Data Quality Objectives Process for Hazardous Waste Site Investigations www.epa.gov/quality1/qs-docs/g4hw-final.pdf).

ASROCKS-hankkeen tulosten perusteella kohdetutkimusten tyypillisiä tavoitteita on selvittää

1. mikä on louhittavien kivilajien keskimääräinen arseenipitoisuus
2. mikä on kaivettavan maaperän keskimääräinen arseenipitoisuus sillä syvyydellä, johon kaivutyö ulottuu
3. mikä on alueelta purkautuvien pintavesien arseenipitoisuus ennen toimintaa (tai luvan uusimisessa toiminnan aikana)
4. mikä on lähialueen pohjavesien arseenipitoisuus
5. mikä on tuotteiden keskimääräinen arseenipitoisuus.

Laadunvarmistus käsittää kaikki ne toimenpiteet, joilla varmistetaan, että saadut tulokset vastaavat asetettuja vaatimuksia. Laadunvarmistusnäytteillä tunnistetaan, mitataan ja hallitaan näytteenottoon liittyviä epävarmuustekijöitä.

Esimerkiksi maa- ja kallioperänäytteiden, tuote-, humus-, sedimentti-, liukoisuustesti- sekä Kd-näytteiden (maa-maavesi-jakautumiskertoimen määrittämiseen otettavat näytteet) laadun varmistamiseksi tulisi ottaa rinnakkaisnäytteitä vähintään 5 %:sta kokonaisnäytemäärästä silloin, kun näytteenotto perustuu yksittäisnäytteisiin. Kokoomanäytteenotossa laadunvarmistusnäytteinä tulisi ottaa yksi tai kaksi varsinaista näytettä vastaavaa kokoomanäytettä. Laadunvarmistusnäytteet otetaan näytteenoton yhteydessä samalla tavalla kuin varsinaiset näytteet. Vesinäytteiden laatua varmistetaan nolla- eli sokeanäytteiden avulla, joiden lukumäärän tulisi olla vähintään 5 % vesinäytteiden kokonaismäärästä.

4.2.3 Kallioperänäytteet

Kohteen tausta-aineistosta esille tulleiden kivilajien esiintymisalueiden varmistamiseksi kohdealueen kallioperä olisi hyvä kartoittaa maastossa, sillä kallioperäkarttojen tarkkuus vaihtelee. Maastokartoitus voi antaa tarkempaa lisätietoa arseenin esiintymisestä, ja sen laajuus ja tarkkuus määräytyvät kohdekohtaisesti riippuen tarpeesta ja siitä, miten hyvin kohteen kallioperä on paljastunut. Kallioperäkartoituksen perusteella voidaan edelleen määritellä tarvittavat näytteenottopisteet ja näytemäärät ja samalla saada käsitys näytteiden ja analyysitulosten kattavuudesta koko kallioalueella.

Kun halutaan selvittää kallioperän arseenipitoisuudet, edustavuuden vuoksi kaikista tuotantoalueen pääkivilajeista olisi otettava ainakin yksi kokoomanäyte. Kivinäyte arseenianalyysiä varten voidaan ottaa esimerkiksi kiven lujuuden ja muiden laatuvaatimusten testaamiseksi otettavista lohkarenäytteistä.

Yhteen kokoomanäytteeseen otetaan 3–5 osanäytettä, pieniä kivilohkareita (halkaisija 3–4 cm). Näyte voidaan myös ottaa kalliosta esimerkiksi vasaralla. Näyte tulee ottaa rapautumattomasta kivestä. Myös paineilmaporakaluston tuottamas-

ta porasoijasta voidaan ottaa näyte osanäytteinä, jolloin saadaan koostumukseltaan tasalaatuisempi näyte kivilajista. Kaikissa vaihtoehdoissa näyte on otettava huolellisesti puhtain työvälinein, ettei aiheuteta kontaminaatiota näytteisiin. Näytteet toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi.

ASROCKS tietolaatikko 7

ASROCKS-hankkeen kokemukset kallionäytteenotosta

ASROCKS-hankkeessa otettiin kallioista näytteitä seuraavasti:

- pala/lohkarenäyte suoraan kalliosta vasaralla
- paineilmakäyttöisen porakaluston porasoijasta
- porasoijaa poravasaralla suoraan kallion pinnasta (Kuva 16.)
- kairauskaluston huuhteluveden kivilietteestä.

Tämän kokemuksen perusteella voidaan todeta, että

⇒ tasalaatuisesta kivilajista porasoijat ja palanäyte antoivat arseenipitoisuudesta samantasoisia tuloksia

⇒ erot pala- ja porasoijanäytteen arseenipitoisuuksien välillä olivat suurimmat silloin, kun kivilaji ei ollut enää tasalaatuista ja sisälsi erityispiirteitä (hieroja, juonia, sulkeumia ja rakoja); porasoijanäytteet antoivat tällöin tasaisemman tuloksen

⇒ kairauskaluston kiviliete aiheuttaa kontaminaatioriskin.

Kivinäytteen arseenin analysoinnissa kokeiltiin myös kannettavaa XRF-laitetta. Mittauksia tehtiin suoraan kallion pinnasta ja poravasaralla tehdystä kivisoijasta. Porasoijasta tehtyjen mittausten tulokset olivat vertailukelpoisempia laboratorioanalyysien tulosten kanssa kuin suoraan kallionpinnasta tehtyjen mittausten. Vaihtelut suoraan kallionpinnasta tehtyjen mittausten tuloksissa kasvoivat, kun kivilajin raekoko suureni.

Hankkeen kokemusten perusteella Etelä-Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen tutkimusalueella arseenin kallioperän pitoisuustason selvittäminen edellyttää vähintään yhtä kokoomanäytettä jokaisesta kohteessa esiintyvästä ja tuotantoon suunnitellusta pääkivilajista.

Kuva 16. Porasoijaa poravasaralla suoraan kallion pinnasta.

4.2.4 Kiviainestuotenäytteet

Tuotenäytteiden arseenianalyysit antavat tietoa paitsi tuotteen ympäristökelpoisuudesta eri käyttökohteissa myös etenkin pölyn ja hulevesien kautta aiheutuvasta mahdollisesta arseenin ympäristökuormituksesta kohteessa ja sen ympäristössä. Analyysituloksia voidaan hyödyntää myös päästöjen rajoittamistoimien suunnittelussa ja tarkkailusuunnitelman tarkentamisessa.

Tuotenäytteet tulisi ottaa mieluiten laatunäytteen tapaan pysäytetyltä kuljetinhihnalta, mutta jos se ei ole mahdollista, näytteet voi ottaa tuotekasoista. Tällöin on otettava huomioon, että kasassa tapahtuu aina ajan myötä lajittumista raekoon vaihtelun vuoksi. Kasanäytteenotto edellyttää useampia osanäytteitä. Arseenipitoisuuksia voidaan analysoida yksittäisnäytteistä tai kokoomanäytteistä. Se, millaisia näytteitä otetaan, riippuu tutkimuksen tavoitteesta eli siitä, halutaanko selvittää maksimi- ja minimipitoisuuksia vai keskimääräisiä pitoisuuksia. Tuotekasojen ympäristövaikutuksia pistelähteenä arvioitaessa halutaan selvittää kasan luotettava keskimääräinen pitoisuus. Suositeltavinta on ottaa vähintään 30–50 osanäytteen kokoomanäytteitä, koska ne edustavat parhaiten tuotekasan keskimääräistä koostumusta. Eri näytteenottomenetelmiä on esitetty tarkemmin ASROCKSin näytteenotto-ohjeessa (Hatakka et al. 2013).

ASROCKS tietolaatikko 8

ASROCKS-hankkeen kokemukset näytteenotosta tuotekasoista

ASROCKS-hankkeessa testattiin näytteenottoa tuotekasoista kolmella menetelmällä:

- standardin SFS-EN 932-1 mukainen kiviaineksen näytteenottomenetelmällä – kuvat 17 ja 18.
- moniosanäytteenotolla (=MONO-menetelmä) – kuvat 19 ja 20.
- kuuden osanäytteen näytteenottomenetelmällä – kuva 21.

Päätulokset vertailusta:

- Leikatuissa näytteissä (tuotteen raesuuruus vähintään > 2 mm) näytteenottomenetelmällä ei ole kovin suurta merkitystä.
- Arseenipitoisuudet vaihtelevat vähemmän moniosanäytteenottomenetelmällä otetuissa näytteissä (Kuva AS8-1.). Nämä näytteet edustavat siten hyvin näytekasan keskimääräistä koostumusta.
- Kiviainestuotteita käsitellään suurina määrinä. Keskimääräinen arseenipitoisuus on usein tärkeämpi tieto kuin yksittäiset suuret ja pienet pitoisuudet.

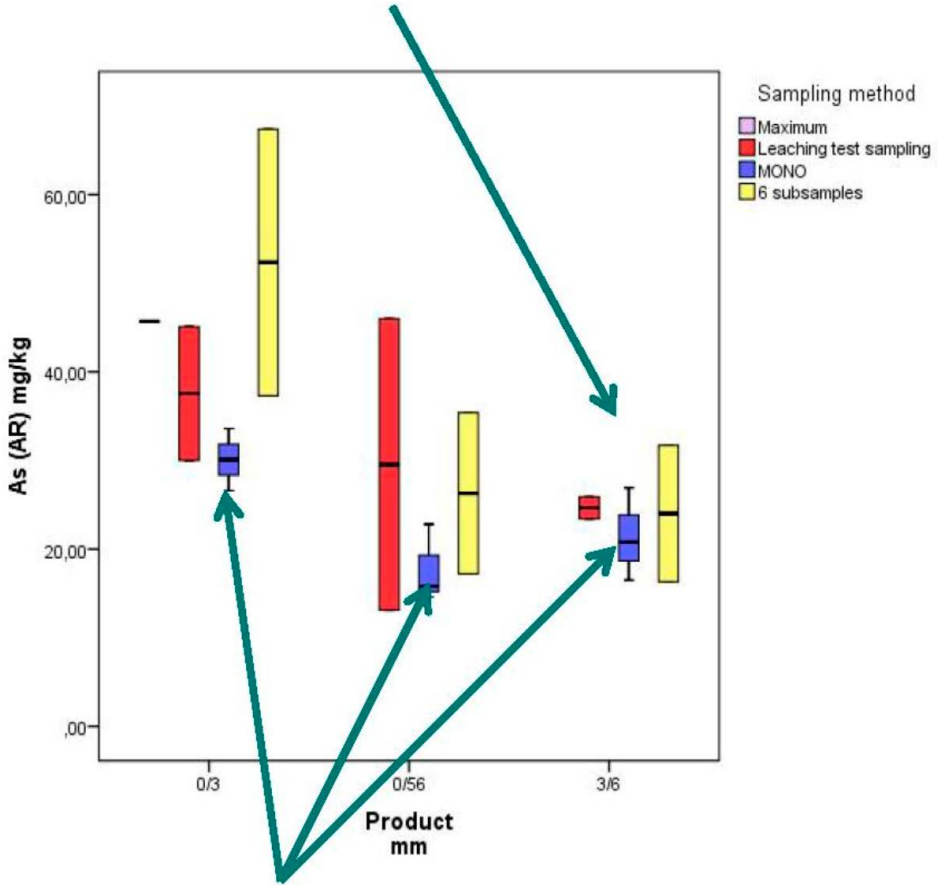
Tuotteiden koostumuksen monitoroinnissa on syytä kiinnittää huomiota murskattavan kallion koostumusvaihteluihin.

Esimerkiksi tuotteiden laadun varmistamiseksi tehtävissä tutkimuksissa näytemäärä sidotaan kiviainestuotteen määriin. Tätä periaatetta voitaisiin soveltaa arseenipitoisuuteen liittyvän ympäristökelpoisuuden osoittamisessa.

Näytteenoton yhteydessä kannettavalla XRF-mittarilla mitatut arseenipitoisuudet olivat systemaattisesti pienempiä kuin laboratoriossa analysoidut kuningasvesiuuttoon liukoiset kokonaispitoisuudet. Kannettavan XRF-laitteen mittaustulokset tulisikin siksi varmentaa laboratorioanalyysein.

ASROCKS tietolaatikko 8 jatkuu seuraavalla sivulla

Tuotteissa, joiden pienin raekoko on 3 mm, näytteenottomenetelmä ei vaikuta paljon pitoisuuksiin



Arseenipitoisuuksien vaihtelu on yleensä pienin moniosanäytteenotossa (MONO)

Kuva AS8-1. Näytteenottomenetelmän vaikutus kalliokiviainestuotteiden arseenipitoisuuksiin. As (AR)= kuningasvesiliukoinen arseenipitoisuus, Product 0/3, 0/56, 3/6 = tuote, jonka raekoko 0–3 mm, tai 0–56 mm tai 3–6 mm, Sampling method = näytteenottomenetelmä, Leaching test sampling = kiviaineksen standardinäytteenottomenetelmä, MONO = moniosanäytteenottomenetelmä, 6 subsamples = kuuden osanäytteen menetelmä.

Kiviaineksen standardinäytteenottomenetelmä:

- kauhakuormaajalla tehtiin auma tuotekasan kiviaineksesta (Kuvat 17. ja 18.)
- näytteenotto perustuu SFS-EN 932-1-standardiin
- kokoomanäyte.

Moniosanäytteenottomenetelmä (Kuvat 19. ja 20.):

- Menetelmä perustuu moniosanäytteenottoon (Gerlach & Nocerino 2003).
- 30–50 osanäytettä kerättiin eri puolilta tuotekasaa.
- Osanäytteet yhdistettiin kokoomanäytteeksi.

Kuuden osanäytteen näytteenottomenetelmä (Kuva 21.):

- Kuusi osanäytettä kerättiin eri puolilta tuotekasaa.
- Osanäytteet yhdistettiin kokoomanäytteeksi.

Kuva 17. Tuotenäytteen otossa näyte jaetaan osiin jakolaatikolla.

Kuva 19. Moniosanäytteenottomenetelmässä otetaan useita osanäytteitä monesta pisteestä tuotekasan ympäriltä.

Kuva 18. Tuotenäytteenottoa standardin SFS-EN 932-1 mukaisella tavalla.

Kuva 20. Moniosanäytteenottomenetelmässä otetaan useita pieniä osanäytteitä, jotka kerätään yhteen näytepussiin.

Kuva 21. Kuuden osanäytteen näytteenottomenetelmässä näytettä otetaan vain kuudesta pisteestä.

4.2.5 Humusnäytteet

Humus on eloperäistä ainesta, joka muodostuu kasvien ja muun eloperäisen aineksen maatuessa. Humukseen kertyy myös ilman mukana kulkeutuneita aineksia, ja sen vuoksi sen pitoisuudet antavat tietoa päästöistä ilmaan. Humusnäytteiden arseenipitoisuuksien ja pitoisuuksissa tapahtuneiden muutosten avulla voidaan siten arvioida arseenin kulkeutumista pölyn mukana kiviainesten tuotantoalueen lähiympäristöön. Tulosten tulkitsemiseen tarvitaan avuksi tietoa vallitsevista tuulen suunnista. Humusnäytteiden näytteenotto-ohjeet löytyvät ASROCKSin näytteenottojulkaisusta (Hatakka et al. 2013). Humusnäytteenoton työvaiheita ja -välineitä on esitelty kuvissa 22 ja 23.

Kuvat 22. ja 23. Humusnäytteenoton työvaiheita ja –välineitä, oikealla näytteenotin.

4.2.6 Pinta- ja pohjamaanäytteet

Pintamaan arseenipitoisuuksista tarvitaan tietoa erityisesti silloin, jos rakennettavalle alueelle on suunniteltu asumista, sillä ihmisten mahdollinen altistuminen maa-aineksen arseenille tapahtuu tällöin pääosin pintamaan kautta. Pintamaanäytteet otetaan yleensä 0–25 cm:n syvyydeltä mineraalisesta maakerroksesta (Kuva 24.). Näytesyvyys määritellään kuitenkin tutkimuskysymyksen mukaan eli sen mukaan, mihin tarkoitukseen pitoisuustietoa on tarkoitus käyttää. Esimerkiksi ihmisten pölyn hengittämisen ja maansyönnin kautta tapahtuvan suoran altistumisen arvioimiseksi olisi olennaista tietää haitta-aineiden pitoisuus ylimmässä 0–2 cm/5 cm pintamaakerroksessa.

Myös pohjamaasta on syytä ottaa näytteitä, mikäli alueelle suunnitellaan putkistoja, johtolinjoja tai kaapeleita, joiden huoltotöiden yhteydessä pohjamaata voi levitä ympäristöön. Pohjamaanäytteet otetaan muuttumattomasta pohjamaasta, jota normaalisti Suomen olosuhteissa on maaperässä noin 75 cm:n syvyydeltä aina kallionpintaan asti.

Silloin kun tavoitteena on selvittää rakentamisessa syntyvien maamassojen käyttökelpoisuus esimerkiksi pintakerroksissa joko paikan päällä tai

muualla, näytteet on syytä ottaa koko kaivukerroksen paksuudelta. Jos alueella on tarkoitus rakentamisen yhteydessä tehdä mittavia maansiirtotöitä tai alueelle on suunniteltu kiviaineksen tuotantoa

- hiekka- ja sora-alueilla pohjamaanäytteet voidaan ottaa maapeitteen paksuudesta riippumatta muuttumattomasta pohjamaasta
- moreenialueilla näytteet on syytä ottaa siltä syvyydeltä, johon rakentaminen on tarkoitus ulottaa (lähellä kallionpintaa arseenipitoisuudet ovat yleensä suurimmat).

Maaperänäytteet otetaan yleensä yksittäisnäytteinä, kun halutaan alustavasti selvittää, onko suunnitellun tuotanto- tai rakennusalueen maaperässä arseenia, ja jos on, kuinka suurina pitoisuuksina. Maaperän keskimääräisiä arseenipitoisuuksia selvitettäessä näytteet voidaan ottaa kokoomanäytteinä. Tarkemmat näytteenotto-ohjeet pintamaiden ja pohjamaiden arseenitutkimuksiin löytyvät ASROCKSin näytteenottojulkaisusta (Hatakka et al. 2013).

Kuva 24. Maaperänäyteen ottopiste läjitetyn pintamaan pintaosisssa (syvyys 0–25 cm).

ASROCKS tietolaatikko 9

Maastomittaukset maaperänäytteistä

Maaperänäytteistä voidaan arseenipitoisuuksia määrittää alustavasti myös kannettavilla maastokäyttöisillä XRF-mittareilla (Kuva 25.), mutta niiden antamat pitoisuudet ovat yleensä alhaisemmat kuin laboratoriomäärityksissä saadut pitoisuudet. Yksinomaan kannettavalla XRF-mittarilla mitatut maaperän arseenipitoisuudet eivät anna luotettavaa tietoa arseenin pitoisuuksista, joten tulokset tulee varmentaa aina laboratorioanalyyseillä.

Kuva 25. Pitoisuusmittausta kannettavalla maastokäyttöisellä XRF-mittarilla.

4.2.7 Vesinäytteet

Pinta- ja pohjavesien laadun selvittämisessä ja tarkkailussa edustava pitoisuus voidaan usein määrittää näytepistekohtaisesti, jos näytepisteen sijainti on näytteenoton tavoitteiden kannalta tarkoituksenmukainen (esim. tuotantoalueella muodostuvien pintavesien purkautumiskohta ojassa tai se vesistön kohta, johon purkuojan vesi sekoittuu). Tällöin on kuitenkin olennaista ottaa huomioon pitoisuuksien ajalliset muutokset, joita aiheutuu erityisesti vaihtelevien sääolosuhteiden ja vuodenaikaisvaihtelujen seurauksena.

Ennen toiminnan aloittamista tehtävät arseenianalyysit kohteessa tai sen lähiympäristössä olevista pinta- ja pohjavesistä antavat tietoa lähtötilanteesta. Toiminnan aikaiset analyysit puolestaan kertovat todennäköisistä toiminnasta aiheutuvista ympäristöpäästöistä.

Vesiä koskevaan näytteenottosuunnitelmaan on toiminnan suunnitteluvaiheessa syytä liittää hydrologinen kartoitus, jossa maastotutkimukseen perustuen tai muutoin arvioidaan sekä pinta- että pohjavesien virtaussuunnat ja virtaamat niillä valuma-alueilla, joilla suunniteltu toiminta-alue sijaitsee. Näiden avulla voidaan selvittää, mihin ja miten laajalle arseenia voi kulkeutua.

Pintavesinäytteitä voidaan ottaa ojista (Kuva 26.), puroista tai lammikoista (Kuva 27.) suunnitellulla tuotanto- tai rakennusalueella tai laajemmin koko valuma-alueelta. Pohjavesinäytteitä voidaan ottaa valuma-alueen lähteistä ja maaperän kaivoista (Kuva 28.), kallioporakaivoista, kairarei'istä sekä pohjaveden havaintoputkista. Pohjaveden kemiallinen koostumus kuvastaa hyvin sitä, mitä kallioperästä tai maaperästä liukenee veteen.

Maaperässä tai tuotekasoissa liikkuvasta vajovedestä voidaan myös ottaa näytteitä arseenipitoisuuksien määrittämistä varten (Kuva 29.). Näiden tulosten avulla voidaan arvioida, kuinka helposti arseeni liukenee kiviaineksesta. Kun vesinäytteitä otetaan havaintoputkista tai kairarei'istä, on tärkeää, että vettä pumpataan riittävän pitkään ennen varsinaista näytteenottoa. Lisäksi suositellaan, että näyte otetaan aina pumpatusta vedestä ennemmin kuin kertanäytteenottimella, jos se vain on mahdollista.

Vesinäytteistä voidaan määrittää arseenin kokonaispitoisuus (suodattamaton näyte) ja liuenneen arseenin määrä (suodatettu näyte). Useimmiten arseenille asetetut vertailu- ja raja-arvot on annettu liukoisille pitoisuuksille, joten suositeltavaa on pääsääntöisesti määrittää vesistä liukoiset pitoisuudet. Kuitenkin, jos veden näytteenottopaikassa on selkeästi havaittavissa hapettomat olosuhteet tai vedessä on paljon orgaanista ainesta tai rautaa, vesistä on hyvä määrittää arseenin liukoisen määrän lisäksi myös arseenin kokonaispitoisuudet. Hapettomista olosuhteista kertovat mm. maastomittareilla näytteenoton yhteydessä mitatut veden olematon tai hyvin pieni happipitoisuus tai alhainen, jopa negatiivinen redox-potentiaali tai silmin nähtävät rautasaostumat (oranssi sakka vrt. kuva 9.) veden purkauspaikalla.

Tarkempia näytteenotto-ohjeita saa siitä laboratoriosta, joka analysoi näytteet tai ASROCKSin näytteenotto-oppaasta. Analysoivasta laboratoriosta saa yleensä myös asianmukaiset näytepullot.

Kuva 26. Suunnitellulla rakennuskohteella virtaava oja.

Kuva 27. Pintavesilammikko kalliokiviaineslouhoksessa.

Kuva 28. Vesinäytteenottoa kaivosta. Arto Pullinen, GTK

Lisätietoa:

Yksityiskaivojen veden arseenipitoisuuden selvittämisessä neuvoo kunnan terveysviranomainen. Lisätietoja kaivoista ja kaivoveden tutkimisesta löytyy sivulta www.ymparisto.fi/kaivot.

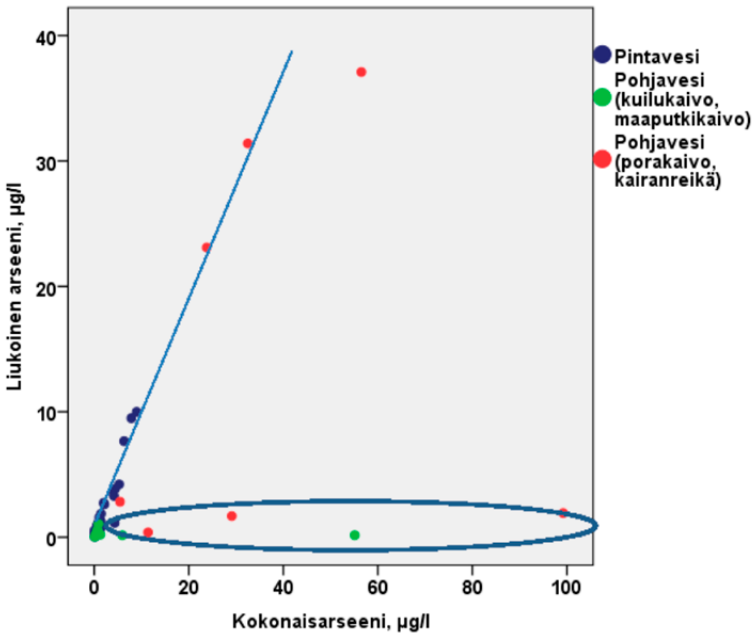
Kuva 29. Vajoveden näytekeräimet kalliokiviaineksen tuotekasassa.

ASROCKS tietolaatikko 10

ASROCKS-hankkeen vesinäytteenoton menetelmät

Näytteet otettiin sekä arseenin liukoisten että kokonaispitoisuuksien analysoimiseksi. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta arseenin liukoiset pitoisuudet ja kokonaispitoisuudet olivat lähes samansuuruisia.

ASROCKS-hankkeessa kairarei´istä eri näytteenottomenetelmillä (liukoinen eli suodatettu tai kokonaispitoisuus eli suodattamaton näyte) otettujen pohjavesinäytteiden arseenipitoisuudet erosivat merkittävästi toisistaan.



Kuva AS10-1. Kokonaisarseenilla ja liukoisella arseenilla on usein hyvä korrelaatio. Mikäli vedessä on paljon rautaa, mangaania tai orgaanista ainesta, voi arseeni olla niihin sitoutuneena ja liukoisen arseenin määrä on vähäinen, vaikka veden kokonaisarseenipitoisuus on korkea.

4.2.8 Purosedimentit

Purosedimentti eli puron pohjalle kerrostuneen aineksen (saostumien, kiintoaineksen ja eloperäisen ja mineraaliaineksen yhdistelmä) ilmentää pitkän aikavälin ympäristön kuormitusta. Purosedimenttinäytteiden arseenipitoisuuksista voi arvioida, sisältääkö valuma-alueen maa- ja kallioperä arseenia. Lisäksi orgaanisten purosedimenttien arseenipitoisuuksia seuraamalla voidaan arvioida tuotannonaikaista arseenin kulkeutumista ympäristöön.

Purosedimenttinäytteet otetaan puron pohjalta värittömällä muovikauhalla (Kuva 30.), muuten näytteenotossa noudatetaan ASROCKSin näytteenotto-oppaan maaperänäytteiden otto-ohjeita (Hatakka et al. 2013).

Kuva 30. ASROCKS-projektin purosedimenttinäytteenottoa Nokialla lokakuussa 2012. Kuva: Arto Pullinen, GTK

4.3 Laboratorioanalyysit

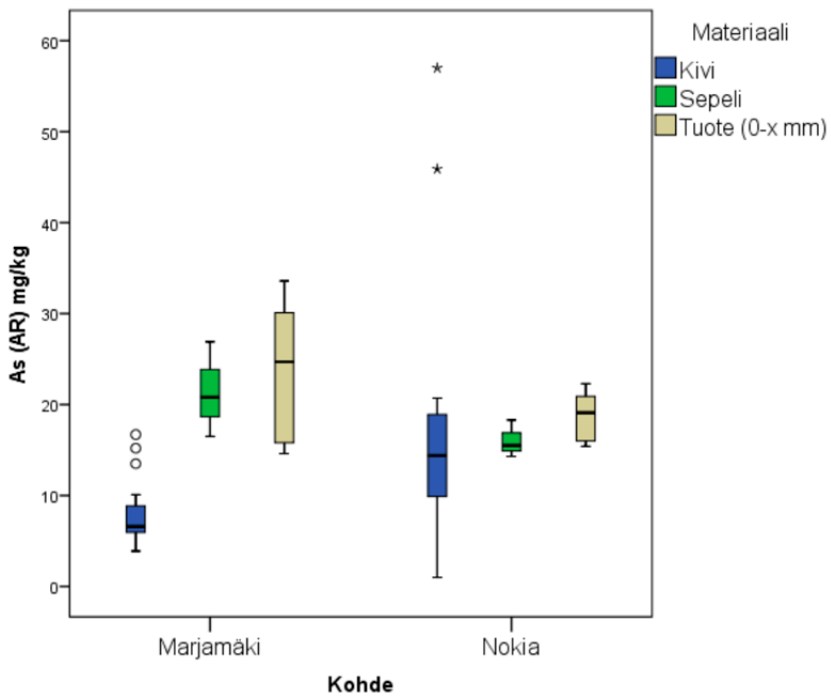
Laboratorioiden, joissa geokemialliset näytteet analysoidaan

- tulee mielellään olla akkreditoituja
- niiden käyttämien arseenianalyysimenetelmien tulisi olla akkreditoituja tai niiden tulisi perustua standardeihin.
- Lisäksi analyysimenetelmien määritysrajojen on oltava riittävän alhaisia. Esimerkiksi maaperänäytteitä analysoitaessa analyysimenetelmän määritysraja arseenille on oltava pienempi kuin ns. PIMA-asetuksessa annettu kynnysarvo 5 mg As/kg (Valtioneuvoston asetus 214/2007).

4.3.1 Kokonaispitoisuudet

Kallioperänäytteiden ja kiviainestuotteiden kemiallinen analysointi antaa viitteitä arseenin esiintymisestä kohteessa. Arseenin kokonaispitoisuustietoa tarvitaan mm. arvioitaessa ympäristöön päätyvän arseenin kokonaismäärää eri leviämisreiteillä. Myös analyysitulosten vertailussa käytettävät viitearvot perustuvat useimmiten kokonaispitoisuuksiin.

Kallioperänäytteiden, kiviainesnäytteiden ja maaperänäytteiden kokonaispitoisuudet voidaan määrittää laboratoriossa esimerkiksi XRF-tekniikalla. ASROCKS-hankkeessa ICP-MS-laitteella mitatut kivi- ja tuotenäytteiden kuningasvesiliukoiset pitoisuudet (*aqua regia* -uutto) olivat lähellä XRF-laitteella laboratoriossa määritettyjä kokonaispitoisuuksia. Kiinteiden näytteiden liuotusta (esim. kuningasveteen) edellyttävien analyysien määritysrajat ovat alhaisempia kuin XRF-tekniikalla tehtyjen analyysien määritysrajat. Lisäksi analyysitulosten vertailussa usein käytetyt pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvot perustuvat kuningasvesiliukoisiin pitoisuuksiin. Tämän vuoksi ASROCKS-hankkeessa päädyttiin tarkastelemaan pääosin kuningasvesiliukoisia arseenipitoisuuksia (Kuva 31.).



Kuva 31. Kuningasvesiliukoinen arseenipitoisuus alle 2 mm:n raekokolajitteeseen murskatuissa kivinäytteissä, hienoainesta sisältävissä tuotteissa ja sepelissä. Sepeli ei sisällä kaikkein hienojakoisinta (alle 3 tai 4 mm) kivituotetta. Perustuu ASROCKS-hankkeen näytteistä tehtyihin analyyseihin. Yksi Nokian kiviaineksen tuotantoalueelta otettu, poikkeuksellisen paljon arseenia sisältävän sulkeuman kivinäyte on jätetty pois kuvaajasta.

Analyysejä varten kivinäytteet ja tuotenäytteet hienomurskataan (> 70 % < 2 mm) ja liuotetaan kuningasveteen. Poraussoija- ja jauhetut kivinäytteet seulotaan tarvittaessa < 2 mm:n raesuuruuteen ja näistä analysoidaan kuningasvesiliukoiset pitoisuudet akkreditoitujen menetelmien mukaisesti. Maaperänäytteet ja mineraaliset purosedimenttinäytteet kuivataan ja seulotaan laboratoriossa ja kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet määritetään < 2 mm:n raesuuruudesta akkreditoitujen menetelmien mukaisesti.

Humusnäytteet ja orgaaniset sedimenttinäytteet uutetaan väkevällä typpihapolla mikroaaltouunissa.

Vesinäytteistä määritetään joko liukoiset tai kokonaisarseenipitoisuudet ICP-MS-tekniikalla.

4.3.2 Liukoisuuden tutkiminen

Liukoisuustestit antavat tietoa aineiden liukenemisesta ja kulkeutumisesta veden mukana. Niiden tuloksia voidaan käyttää mm. silloin, kun määritetään vajoveden laskennallista arseenipitoisuutta riskinarviointia varten tai arvioidaan kivi- tai maa-aineksen ympäristökelpoisuutta. Käytettävä testi riippuu siitä, mihin tuloksilla haetaan vastausta: halutaanko esimerkiksi tietoa arseenin pitkäaikaisesta liukenemisesta tuotekasasta sadeveden vaikutuksesta tai siitä, miten muuttuvat pH-olosuhteet vaikuttavat arseenin liukoisuuteen. Arseenin liukoisuutta voidaan tutkia määrittämällä kallioperä-, maaperä- ja tuotenäytteistä arseenipitoisuudet ns. heikkouuttojen avulla (esim. ammoniumasetaatti-EDTA-uutto tai oksalaattiuutto) ja niin kutsutuilla liukoisuustesteillä.

Lisätietoa tutkimusmenetelmistä (Hatakka et al. 2013).

Liukoisuustestit

Liukoisuustestiin valittavien maa-, kallio- tai tuotenäytteiden ottoon pätevät samat periaatteet kuin muihinkin näytteisiin, ja esim. näytteenoton edustavuus on erikseen varmistettava. Liukoisuustestit ovat joko eurooppalaisia standardeja tai teknisiä spesifikaatioita (standardien esiasteita). Nykyisin käytössä olevat liukoisuustestit on kehitetty jätteiden testaamiseen, mutta tulevaisuudessa myös rakennustuotteille tulee olemaan standardisoidut liukoisuustestausmenetelmät.

Liukoisuustestit tehdään yleensä raekooltaan < 4 mm:n materiaalista ja liuottavana nesteenä käytetään tislattua tai ionivaihdettua vettä. Vesinäytteistä analysoidaan tutkittavien alkuaineiden pitoisuudet standardoiduilla ja yleensä akkreditoiduilla testausmenetelmillä laboratoriossa.

Lisätietoa

Liukoisuustestauksen menetelmiä ja tuloksia on kuvattu tarkemmin ASROCKSin liukoisuustestitulosten julkaisussa (Ketola & Kuula 2013). Liukoisuuden tutkimusmenetelmiä esitellään myös ASROCKSin näytteenotto-oppaassa (Hatakka et al. 2013) ja VTT:n tutkimusraportissa (Kuusela-Lahtinen et al. 2012).

ASROCKS tietolaatikko 11

Liukoisuuden testaus ASROCKS-hankkeessa

ASROCKS-hankkeessa käytettiin useita erilaisia testausmenetelmiä, joiden avulla pyrittiin vertailemaan erilaisten testiolosuhteiden välisiä eroja. Eniten arseenia liukeni kolonnitestissä (CEN/TS 14405) ja vähiten kiviaineksen liukoisuustestissä SFS-EN 1744-3. Testeissä havaittiin myös pH:n vaikuttavan merkittävästi arseenin liukenemiseen. Arseenia liukeni kaikissa liukoisuustesteissä hyvin pieniä määriä (< 0,5 mg/kg), mikä oli useimmissa tapauksissa vain 1–2 % näytteen kokonaispitoisuudesta.

ASROCKS-hankkeen tulosten perusteella on suositeltavaa käyttää liukoisuuden testaukseen kolonnitestiä. Se tulee olemaan tulevaisuudessa kiviainestuotteille käytettävä testi, ja sen tulosten perusteella voidaan arvioida pitkän aikavälin liukenemista.

Liukoisuustestauksen menetelmiä ja tuloksia on kuvattu tarkemmin ASROCKSin liukoisuustestitulosten julkaisussa (Ketola & Kuula 2013).

ASROCKS tietolaatikko 12

Vajoveden arseenipitoisuus 0/3 mm:n tuotteen varastokasassa

ASROCKS-hankkeen tulosten perusteella hienojakoisimmissa kalliomurskeissa (kuten kivituhkassa) on enemmän helppoliukoista arseenia kuin muissa kiviainestuotteissa.

Oheisessa taulukossa on laskettu 0–3 mm:n kalliomurskeen tuotekasan läpi kulkeutuneen veden arseenipitoisuus. Laskenta perustuu tuotteesta tehtyyn Kd-määritykseen ja neljän liukoisuustestin perusteella laskettuihin Kd-arvoihin. Liukoisuuskokeiden tuloksista laskettiin ensin jakautumiskerroin Kd, jonka avulla voitiin laskea tuotekasan läpi kulkevan veden arseenipitoisuus. Tuotekasasta otettiin myös vajovesinäyte imulysimetrillä noin 70 cm:n syvyydeltä kasan pinnasta (Kuva 32.). Taulukon AS12-1 tuloksissa kohdekohtainen Kd kuvastaa lyhyemmän ajanjakson liukoisuutta kuin ravistelu- ja kolonnitestien tulokset.

Aineen kiinnittymistä maaperään tai sedimenttiin kuvaavat adsorptiokertoimet Kd (jakaantumiskerroin veden ja kiinteän aineksen välillä) ja Koc (jakaantumiskerroin veden ja orgaanisen hiilen välillä). Suuri Kd-arvo tarkoittaa sitä, että arseeni on voimakkaasti sitoutunut kiintoaineeseen.

Taulukko AS12-1: 0–3 mm:n tuotekasan läpi kulkeutuneen veden arseenipitoisuus.

Menetelmä	Kd	As µg/l
Kohdekohtainen Kd	3681	3,8
Ravistelutesti	1094	12,9
Kolonnitesti	419	33,6
pH -vaikutustesti,		
pH = 4	741	19,0
pH-vaikutustesti,		
pH = 9	315	44,8
Imulysimetri (kuva asennuksesta alla)		37,4

Kuva 32. Vajoveden mittausta imulysimetrillä tuotekasasta.

Tällä tutkimuskohteella kivituhkakasasta suotautuvan veden arseenipitoisuus laimeni nopeasti, kun se sekoittui tuotantoalueen pintavesiin. Kasan vieressä olevassa lammikossa oli vain 1,12 µg/l aseenia.

ASROCKS tietolaatikko 13

Arseenin liukeneminen 0/3 ja 0/4 mm:n tuotenäytteistä

ASROCKS-hankkeessa kaksivaiheisella ravistelutestillä EN 12457-3 ja kolonnitestillä CEN/TS 14405 saatuja tuloksia on alla olevassa taulukossa AS13-1. Lukuarvot ovat kahden rinnakkaisen testin tulosten keskiarvoja Nokian ja Marjamäen näytteistä, sekä yhden näytteen tulos on Koiviston kiviaineksesta. Liukoisuustestitulosten lisäksi on mainittu kunkin näytteen kuningasvesiliukoinen arseenipitoisuus sekä pääkivilajit.

Taulukko AS13-1: Arseenin liukeneminen ja kokonaispitoisuudet kivituhkanäytteissä.

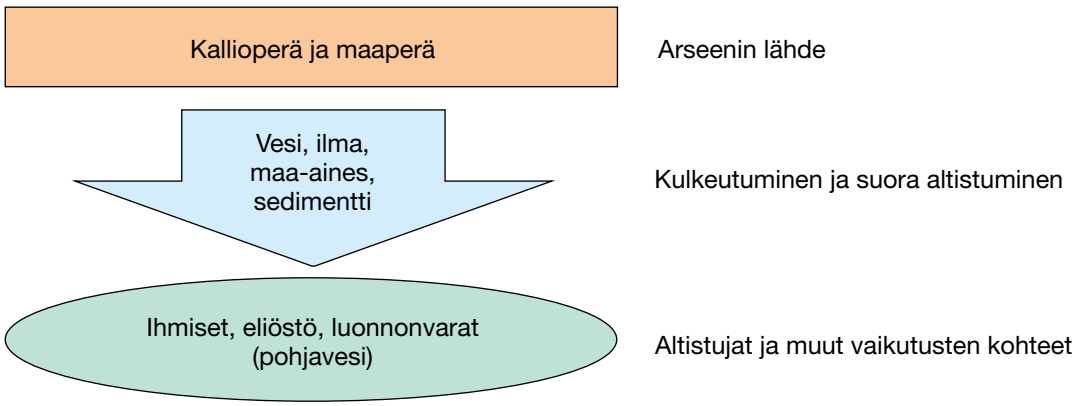
Näyte	Nokia 0/4 mm	Marjamäki 0/3 mm	Koivisto 0/4 mm
Ravistelutesti L/S 10, mg/kg	0,14	0,11	0,55
Kolonnitesti L/S 10, mg/kg	0,33	0,13	0,64
Kokonaispitoisuus (kuningasvesiuutto), mg/kg	15	24	160
Pääkivilaji	granodioriitti	granodioriitti, dioriitti, gabro	gabro

5 YMPÄRISTÖKUORMITUKSEN JA RISKIEN ARVIOINTI

Arseenista aiheutuvaa ympäristökuormitusta ja tämän seurauksena syntyviä mahdollisia haittoja eli riskejä (ihmisen terveydelle, eliöstölle ja ympäristön laadulle) on tarpeen arvioida tarkemmin vasta, jos ympäristön arseenipitoisuudet ylittävät toimenpideraja-arvot.

5.1 Riskien muodostuminen

Arseenista aiheutuvien mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi perustuu tietoon arseenin lähteistä, leviämisreiteistä ja maankäytöstä ympäristössä. Riskien muodostuminen edellyttää, että on olemassa haittojen lähde eli tässä tapauksessa kallioperässä, kiviainestuotteessa tai maa-aineksessa oleva arseeni ja leviämis- sekä altistusreitti, jonka välityksellä ihmiset tai eliöstö (eläimet, kasvit, sienet) voivat altistua, tai kulkeutumisreitti, jota pitkin arseeni voi päätyä pohjaveteen ja aiheuttaa sen laadun heikkenemisen. Riskien muodostuminen edellyttää kaikkien näiden komponenttien (lähde, kulkeutuminen tai suora altistuminen, altistujat tai muu vaikutusten kohde) läsnäoloa (Kuva 33.).



Kuva 33. Kallioperän tai maaperän arseenista aiheutuvien mahdollisten ympäristövaikutusten eli riskien muodostuminen.

Maa- ja kallioperässä esiintyvän arseenin kulkeutumiseen vaikuttavat ensisijaisesti ainesten murskaaminen hienojakoisemmaksi ja olosuhteiden muuttuminen hapelle ja sadeveden vaikutukselle alttiiksi louhittaessa ja kaivettaessa. Arseenin liukoisuus lisääntyy, kun arseenipitoiset sulfidimineraalit hapettuvat ja muut arseenipitoiset mineraalit rapautuvat ja kun kiviaines murskautuu pienempään raekokoon ja joutuu tekemisiin virtaavan veden kanssa. Pintavalunnan mukana arseenia voi kulkeutua myös kiinteään ainekseen pidättyneenä. Kiintoaines kulkeutuu lopulta mm. hulevesialtaiden lietteeseen, purojen tai kosteikkojen sedimentteihin ja turpeeseen. Jonkin verran arseenia kulkeutuu myös ilman hiukkasissa, jotka leviävät tuulten mukana.

5.2 Kiviainestuotanto ja arseeni

Kiviainesten tuotantoalueilla arseenin aiheuttama ympäristökuormitus ja tästä seuraavat mahdolliset ympäristö- tai terveyshaitat eli riskit liittyvät ensisijaisesti aineen kulkeutumiseen veden mukana pinta- tai pohjavesiin (Kuva 11.).

Kiviainestuotteiden, kallion ja maaperän rapautuminen irrottaa arseenia veden kuljetettavaksi (1). Arseenipitoinen vesi voi myös imeytyä (3) tuotekasoihin, maaperään tai kallion rakoihin. Arseeni voi liikkua pintavesien mukana (4), maaperän pohjaveden mukana tai raoissa kalliopohjaveden mukana (5). Arseeni ja metallit voivat rikastua raudan kanssa kallion rakopinnoille ja ruhjeisiin. Näistä arseeni voi taas uudelleen liueta ja kulkeutua ympäristöön mm. vesistöön purkautuvan pohjaveden mukana. Lisäksi tuuli kuljettaa mukanaan pölyävää ainesta, jossa voi olla arseenia (2).

Eri työvaiheiden vaikutusta aineiden kulkeutumiseen on selvitetty mm. kiviainestuotantoalueiden parasta käyttökelpoista tekniikkaa määriteltäessä (BAT). BAT-raporttia valmisteltaessa tutkittiin tarkemmin mm. pölypäästöjä ja niiden ehkäisemistä. Lisäksi koottiin erillinen selvitys louhinnan ja murskauksen vaikutuksista pintavesiin. Näissä selvityksissä ei ole huomioitu erikseen arseenia, mutta niitä voidaan soveltaa arvioitaessa arseenin kulkeutumista eri muodoissa ja eri ympäristönosissa (liukoinen arseeni – vesi, pidättynyt arseeni – kiintoaines vesissä, ilmassa pöly).

ASROCKS-hankkeessa arvioitiin laskennan havainnollistamiseksi yhden kiviainestuotantoalueen arseenin kokonaiskuormitusta purkuvesistöön (ks. ASROCKS tietolaatikko 14). Laskennassa käytettiin apuna kohteen YVA-selostuksessa esitettyjä arviointeja aineiden kulkeutumisesta.

5.3 Maarakentaminen ja arseeni

Maarakentamisen kohdealueiden kallioperä voi koostua useista eri kivilajeista, ja alueilla on rakennusvaiheessa enemmän erilaisia toimintoja kuin kiviainesten tuotantoalueilla. Lisäksi rakentamisella on usein tarkoitus muuttaa alueen maankäyttöä ja työmaan toiminnot ovat kestoltaan lyhyempiä kuin kiviainesten ottoalueilla (Kuva 10.).

Rakentamiskohteilla on erityisen tärkeää arvioida sitä, voiko maaperässä olevasta arseenista aiheutua terveyshaittaa alueen tulevassa maankäytössä. Tämä koskee erityisesti asuinalueita ja lasten leikkipaikkoja ja niiden peittämättömäksi jääviä pintamaita. Tämän lisäksi voi olla tarpeen arvioida arseenin liukenemista ympäristöön pitkän ajan kuluessa arseenia sisältävästä kiviaineksesta tehdyistä rakenteista. Rakenteiden kosketus emäksisiin materiaaleihin voi lisätä arseenin liikkuvuutta. Arseenin kertyminen humukseen, sieniin, ravintokasveihin ja eliöihin on todettu sen sijaan pääosin vähäiseksi, eikä sen erilliseen arviointiin rakennuskohteissa yleensä ole tarvetta.

ASROCKS tietolaatikko 14

ESIMERKKILASKELMA: Arvio arseenin kokonaiskuormituksesta purkuvesistöön

ASROCKS-hankkeessa tarkasteltu kiviainesten tuotantoalue on suuri: lupien mukaan murskattavaa kalliota on 1,4 milj. kiintokuutiometriä ja mursketta voidaan tuottaa kaikkiaan noin 4,25 miljoonaa tonnia. Louhinta-alue on suunnitelmissa noin 14 hehtaaria. Tuotantoalueelta vedet purkautuvat kolmeen eri vesistöön. Kulkeutumista arvioitiin yhdellä oja- ja puroreitillä, joka johtaa muutaman kilometrin päässä sijaitsevaan, arvokkaaseen vesiluontokohteeseen.

Arseenia arvioitiin päätyvän tarkasteltavaan purkuvesistöön kiintoaineen mukana 20 grammaa yhteensä kymmenen toimintavuoden aikana. Arseenia ei arvioitu kulkeutuvan arvokkaalle vesiluontokohteelle nykyisten olosuhteiden vallitessa.

Kiintoaineskuormaa vesiin ja sen mukana kulkeutuvan arseenin määrää arvioitiin käyttäen apuna seuraavia tietoja:

- alueelta laaditun YVA-selostuksen (Ramboll Oy 2011) tiedot tai arviot
  - tuotantoalueen laajuudesta ja maankäyttömuodoista,
  - kiintoaineskuormasta (maankäyttömuodoille erilaiset ominaiskuormituskertoimet, poimittu kirjallisuudesta)
  - hulevesien määrästä ja jakautumisesta kolmelle valuma-alueelle
- raekokoanalyysit ja niistä hienoimman aineksen osuus, joka kulkeutuu vesistössä muutamia kymmeniä metrejä pidemmälle
- As-kokonaispitoisuus kivituhkassa, maksimi (14,5 mg/kg).

Karkea laskelma näyttää antavan tässä kohteessa melko todenmuk aisen arvion arseenikuorman suuruusluokasta, kun otetaan huomioon kuorman laimeneminen purouomassa ja uomasta mitatut arseenipitoisuudet. Oja- ja purovesistä mitattiin sekä suodattamattomien että suodatettujen näytteiden arseenipitoisuudet. Lisäksi selvitettiin orgaanisen aineksen osuus kiintoaineksesta. Noin puolet kiintoaineksesta oli kivestä peräisin olevaa mineraalista ainesta.

Valtaosa arseenista oli liukoisessa muodossa. Liukoisen arseenin maksimipitoisuus (7,21 µg/l) mitattiin talvella ojaston alkulähteellä, tuotantoalueen penkereen alapuolella otetusta näytteestä (suodattamaton 7,42 µg/l). Kauempana samassa ojastossa mitatut arseenin liukoiset pitoisuudet olivat pienempiä kuin SSTP-arvo purovesille eteläisen Suomen arseeniprovinssi 1. nimetyllä alueella (2,0 µg/l).

Hankkeessa mitattiin myös purosedimentin arseenipitoisuus samalla louhokselta loittonevalla linjalla: purkupaikka sekä pisteet 400 m:n ja 800 m:n päässä tästä purkupaikasta. Näytteiden typpihappouuttoon liukoinen arseenipitoisuus oli aavistuksen suurempi tuotantoalueen välittömässä läheisyydessä, ojaston alkul ähteillä (30,2 mg/kg), kuin pidemmällä ojastossa, jossa pitoisuudet (16,1 ja 5,28 mg/kg) olivat samaa tasoa tai pienempiä kuin SSTP-arvo eteläisessä Suomessa.

Suurimman raekoon omaava kiintoaines kertyy heti vesien purkupaikan kohdalla sedimentoituvaan ainekseen. Vain kaikkein hienoin aines kulkeutuu pidemmälle. Kohteen kivituhkasta 9,4 % on karkeaa silttiä tai sitä hienompaa ainesta (< 0,063 mm), joka kulkeutuu vielä hitaastikin virtaavassa vedessä. Vähitellen kiviaines vajoaa uoman pohjalle osaksi purosedimenttiä. Purosedimenttiin vajoavat osittain myös vedessä syntyneet arseenin saostumat ja muut kiinteät yhdisteet. Tässä purouomassa oli silmin havaittavia rautasaostumia.

Kohteessa ei selvitetty pohjaveden ja pintaveden välistä yhteyttä toisiinsa, joten ei ole tiedossa, purkaako pohjavesi pintavesistöön. Tämän selvittämistä ei pidetty tarkoituksenmukaisena, koska purovedestä ja sedimentistä mitatut pitoisuudet olivat suhteellisen pieniä.

ASROCKS-hankkeessa havaittiin arseenin liukoisuuden lisääntyvän murskeista silloin, kun testissä käytettiin liuosta, jonka pH oli alle 4 tai yli 9. Rakenteissa käytetyt kierrätysmateriaalit, kuten betonimurske ja energiantuotannon tuhka, voivat nostaa huomattavasti maaveden pH-arvoa. Tämä todettiin ASROCKS-hankkeessa tärkeäksi lisätutkimusten aiheeksi.

5.4 Riskinarvioinnin menetelmät

Arseenin kulkeutumis- ja altistumistilanteita voidaan selvittää jo ennen toiminnan aloittamista. Jo alkutilan tutkimuksissa tulisi selvittää kartta- ja maastotutkimusten avulla vesien kulkeutumista suunnitellulla kohteella ja sen lähiympäristössä. Joissain tapauksissa voi olla tarpeen arvioida myös pölyn mukana ilmassa kulkeutuvaa arseenia. Arvioitaessa kulkeutumista on otettava huomioon mm. seuraavat kohdekohtaiset tekijät:

- alueen maa- ja kiviaineksessa olevan arseenin liukoisuus
- maaston muodot
- pH-olosuhteet
- maaperän huokoisuus ja kallioperän rakoilu.

5.4.1 Pintavedet

Pintavalunnan määrää voidaan arvioida mm. vesitaselaskelmien ja valumakertoimien avulla alueen ilmasto- ja maaperätietoja hyödyntäen. Vastaanottavaan vesistöön kohdistuvan kuormituksen arviointi edellyttää tietoa myös laimenemiskertoimesta. Tämä voidaan arvioida alustavasti laskemalla toiminta-alueen ja valuma-alueen pinta-alojen suhde. Tarkempi laimenemiskertoimen määrittely ja vesipäästöjen kulkeutumisen arviointi edellyttää mm. vesitilavuuksien ja virtaussuuntien määrittämistä. Virtaamia voidaan määrittää erilaisin virtausmittauksin, kuten mittapatoja käyttäen. Ominaiskuormituskertoimien avulla voidaan lisäksi arvioida kiintoaineen kulkeutumista maankäytöltään erilaisilta valuma-alueen osilta.

Liukoisen arseenin kulkeutumiseen vesistöissä vaikuttavat monet ympäristötekijät, eikä yksinkertaisia arviointimenetelmiä ole tarjolla. RAMAS-hankkeessa (2004–2007) kehitettiin melko yksinkertainen, tilastollinen arseenin kulkeutumismalli yhdelle jokireitille. Tärkeimpiä mallinnettavia prosesseja olivat laimentuminen, sedimentaatio ja kemialliset prosessit. Liukoisen arseenin tärkeimmät muuttujat olivat pH ja raudan kemialliset prosessit. Kiintoaineeseen sitoutuneen arseenin keskeisin prosessi oli sedimentoituminen.

Kulkeutumisen arvioimiseksi alueen pinta- ja pohjavesistä sekä sedimenteistä on otettava tarpeellinen määrä edustavia näytteitä. Arseenin ohella kulkeutumista kuvaavista vesinäytteistä suositellaan mitattavaksi happamuutta ja raudan kemiallisiin prosesseihin vaikuttavaa happipitoisuutta tai hapenkulutusta, sillä arseeni saostuu usein yhdessä raudan kanssa sopivissa olosuhteissa. Kiviaineksen raekokojakauma vaikuttaa olennaisesti siihen, mikä osuus aineksesta sedimentoituu (Bilaletdin et al. 2007).

5.4.2 Maaperä ja pohjavesi

Menetelmiä haitallisten aineiden kulkeutumisen arviointiin maaperässä ja pohjavesissä esitellään mm. tulevassa ympäristöministeriön oppaassa pilaantuneen alueen riskinarvioinnista ja kestävästä riskinhallinnasta (ohjeluonnos lausunnoille 26.3.2014).

Ottoalueelle sijoitettuihin pohjaveden tarkkailuputkiin ei välttämättä kerry riittävästi vettä edustavaa näytteenottoa varten. Laajoilla arviointialueilla voidaan käyttää apuna osin kartta-aineistoihin perustuvaa ns. ruhjetulkintaa ja mahdollisesti myös lähialueen porakaivoja tai muuta tarkoitusta varten asennettuja pohjaveden tarkkailuputkia. Tarkempi kalliorakojen kautta tapahtuvan kulkeutumisen selvittäminen edellyttää tietoa kalliorakoverkoston muodosta. Tätä tietoa voidaan hankkia erilaisten geologisten (mm. pintakartoitusmenetelmät), geofysikaalisten, hydraulisten ja kemiallisten menetelmien avulla.

ASROCKS tietolaatikko 16

ASROCKS-hankkeessa tehtiin neljässä kohteessa tulkinta kallioperän ruhjevyöhykkeistä. Tulkinnan perusteella tunnistettiin mahdollisia pysty- ja vaakasuuntaisia rikkonaisuusvyöhykkeitä. Puroissa havaittiin paikoin luontaista taustapitoisuutta suurempia arseenipitoisuuksia, joiden lähteenä voi ruhjetulkinnan perusteella olla myös puroon purkautuva kalliopohjavesi. Täyttä varmuutta tulkinta ei anna, vaan tarvittaisiin tarkentavia kohdekohtaisia tutkimuksia.

5.4.3 Pöly

Pölypäästöjen kulkeutumista arvioidaan ennakkoon mm. laskentamalleilla, mutta niiden on kuitenkin todettu melko huonosti soveltuvan kalliokiviainesten tuotantoon. ASROCKS-hankkeen demonstraatioalueilla on tehty karkeaa, leviämismalleihin perustuvaa laskennallista arviointia YVA-selvitysvaiheessa. Kaivosympäristössä tapahtuvan murskauksen pölyvaikutuksia on tutkittu muun muassa MINERA-hankkeessa, jossa myös arvioitiin laskennallisesti murskauksen pölypäästöjä (ensyklopedia-artikkeli op-fi 3789 http://fi.opasnet.org/fi/Minera-hanke).

Toiminnan aikana arseenin leviämistä pölypäästöjen mukana voidaan tutkia erilaisin mittauksin suoraan ilmasta, humuksesta tai metsäsammalista. Näytteenotossa on syytä huomioida tuotantoon liittyvät tekijät (murskausta vain tiettynä aikana vuodesta) ja meteorologiset tekijät (esimerkiksi vallitseva tuulen suunta).

ASROCKS tietolaatikko 17

ASROCKS-hankkeen kohdetutkimuksia kulkeutumisen ja altistustilanteiden arvioimiseksi

ASROCKS-hankkeessa selvitettiin neljässä esimerkkikohteessa arseenin kulkeutumista ja ihmisten mahdollisten altistusreittien merkitystä ottamalla näytteitä murskeiden varastoalueiden ja kaivettujen näytekuoppien lammikkovesistä, oja- ja purovesistä, kaivovesistä, hengitettävistä hiukkasista ja humuksesta. Näytteistä mitattuja arseenin kokonaispitoisuuksia on koottu taulukkoon AS17-1.
Vesistä tutkittiin arseenin kokonaispitoisuuden lisäksi sen liukoisia pitoisuuksia. Sekä suodatettujen että suodattamattomien pintavesinäytteiden arseenipitoisuudet olivat yleensä pieniä, alle 1,65 µg/l. Suurin osa arseenista oli liukoisessa muodossa.

Esimerkkikohteissa ja niiden ympäristössä talousvedenotto kaivoista oli vähäistä. Nokian kiviainesten tuotantoalueella on syvä (>100 m) porakaivo, jonka vettä käytetään pölyn hallinnassa. Kaivoveden mitatut arseenipitoisuudet (31,4–49,4 µg/l) ylittivät selvästi talousveden laatuvaatimuksen. Maaperään kaivetuista kuilukaivoista otettujen vesien arseenipitoisuudet (0,14–1,07 µg/l) vastasivat kuitenkin alueelle tavanomaisia taustapitoisuuksia.

Esimerkkikohteissa ei todettu merkittävää arseenin kulkeutumista ympäristöön pölyn mukana. Kohteiden ympäristöstä otettiin ASROCKS-hankkeessa humusnäytteitä muun muassa vallitsevan tuulen suuntaisesta 450 m pitkästä linjasta ja tuloksia verrattiin Pirkanmaan alueen humuksen taustapitoisuuksiin (Hatakka et al. 2010). Arseenin pitoisuudet vastasivat alueen tavanomaisia taustapitoisuuksia. Suuremmat humuksen arseenipitoisuudet voisivat viitata arseenipitoiseen kuiva- tai märkälaskeumaan, mutta humuksesta mitattujen pitoisuuksien avulla ei voida arvioida ilmassa olevien hengitettävien hiukkasten arseenipitoisuuden vuosikeskiarvoa.

Hankkeessa toteutettiin Nokian kohteessa kaksi mittausjaksoa, joiden aikana mitattiin hengitettävistä hiukkasista arseenipitoisuuksia. Ensimmäinen mittausjakso sijoittui kesään, jolloin alueella ei ollut murskaustoimintaa. Mittauslaitteisto sijoitettiin tuotantoalueen portin läheisyyteen, jolloin mittaustulos voisi kuvata kuljetuksissa syntyviä pölypäästöjä. Toinen mittausjakso toteutettiin maaliskuussa toiminnan aikana. Tällöin laitteisto sijoitettiin lähelle murskainta, jolloin tulokset kuvaavat lähinnä

ASROCKS tietolaatikko 17 jatkuu seuraavalla sivulla

ASROCKS tietolaatikko 17 jatkuu

mahdollista suurinta mahdollista arseenipitoisuutta, joille työntekijät voivat altistua, mikäli ei käytetä työsuojaimia. Kaikki mitatut arseenipitoisuudet (< 44 ng/m3) olivat paljon pienempiä kuin arseenin työsuojelullinen raja-arvo eli haitalliseksi tunnettu pitoisuus (HTP-arvo, kahdeksan tunnin keskiarvopitoisuus 10 000 ng As/m3). Näin lyhyiden mittausjaksojen tuloksia ei voi verrata suoraan ulkoilman laadulle asetettuun tavoitearvoon arseenille, koska tavoitearvo on annettu koko vuoden kestävän mittauksen keskiarvopitoisuudelle. Tulokset voivat selittää tuotantoalueen sisällä olevien lammikoiden hienojakoisten pohjasedimenttien hieman koholla olevat arseenipitoisuuksia. Mittausten suoritus ja tulokset on kuvattu tarkemmin erillisissä raporteissa (Saari et al. 2013 ja 2014).

Taulukko AS17-1. ASROCKS-hankkeen neljältä esimerkkikohteelta mitattuja arseenin kokonaispitoisuuksia (humus ja orgaaninen purosedimentti: typpihappouuttoon liukoinen pitoisuus).

ASROCKS hankkeessa mitatut kokonaispitoisuudet	Kiviainesten tuotantoalueet ja niiden ympäristö		Koivisto asemakaava-alue		Harjuniitty osayleiskaava-alue	
	maksimi	mediaani	maksimi	mediaani	maksimi	mediaani
Suodattamaton lammikkovesi µg/l	1,56	1,39 (n=6)	4,44 (n=1)			
Suodattamaton oja- tai purovesi µg/l	7,42	0,85 (n=12)	1,17	0,83 (n=4)	4,2	1,25 (n=8)
Purosedimentti, kokonaispitoisuus mg/kg	30,2	16,1 (n=5)			18 ja 25 (2 näytepaikkaa)	
Humus, kokonaispitoisuus mg/kg	6,4	4,2 (n=12)			4,16	3,0 (n=4)
Pöly (PM10) ng/m3, vrk Mittausjakso 1) kesällä Mittausjakso 2) tuotantoaikana	0,62 43,6	0,35 12,6				

5.5 Lisätietoa riskinarvioinnista

Riskinarviointi suositellaan yleensä tehtäväksi portaittain siten, että edetään yksinkertaisista menetelmistä monimutkaisempiin, yksityiskohtaisempia ja tarkempia kohdetietoja sekä enemmän resursseja edellyttäviin menetelmiin. Tarve yksityiskohtaisemmalle arvioinnille voi olla esimerkiksi silloin, kun on kyseessä erittäin suurialainen kohde, jonka välittömässä läheisyydessä on arvokkaita, suojeltavia luontokohteita. Yksinkertaisimmillaan ympäristö- ja terveysvaikutuksia voidaan arvioida vertaamalla ympäristöstä mitattuja pitoisuuksia vaikutusperustaisiin vertailuarvoihin. Kulkeutumista ja altistumisen suuruutta voidaan joissain tapauksissa arvioida myös laskennallisesti. Tällaisen arviointiprosessin eli kohdekohtaisen riskinarvioinnin vaiheita ovat seuraavat:

1. Riskien tunnistaminen
   - mahdolliset haitallisen yhdisteen ’lähteet – kulkeutuminen – altistuminen’ -ketjut
2. Tärkeimpien kulkeutumisreittien ja altistustilanteiden tunnistaminen
   - tukena mm. kartat, analyysitulokset ympäristöstä, maankäyttösuunnitelmat
3. Kulkeutumisen ja altistumisen tarkempi arviointi
   - tutkimussuunnitelma, näytteenottosuunnitelma
4. Riskien määrittäminen – ihmiset & ekologinen tila, esimerkiksi
   - laadullinen altistustilanteiden merkityksen arviointi
   - ympäristön mitattujen pitoisuuksien vertailu viitearvoihin
   - laskenta
5. Riskien kuvaus
   - suuruus ja hyväksyttävyys
   - ulottuvuudet
   - epävarmuudet.

6 TOIMENPIDERAJOISTA JA TARKKAILUTULOSTEN TULKINNASTA

Ympäristön tarkkailun tarkoituksena on varmistaa, että toiminta täyttää ympäristöluvassa asetetut vaatimukset. Ympäristöstä mitatut arseenipitoisuudet kertovat siitä, täyttyvätkö ympäristön pilaantumisen estämiseksi esitetyt lupaehdot. Lupaehdoissa tulisi olla määritelty toimenpiderajat eli suurimmat sallitut ympäristön arseenipitoisuudet. Näiden ylittyessä toiminnanharjoittajan tulisi ryhtyä toimenpiteisiin ympäristövaikutusten rajoittamiseksi. Tarkkailutulosten tulkinnassa tulisi ottaa huomioon näytteenoton edustavuuteen liittyvät asiat. Käytännössä toimenpiderajan ylittyessä onkin ensivaiheessa päädytty yleensä uusimaan näytteenotto.

Toimenpiderajan määrittelee siis ympäristöviranomainen, jonka näkökulmasta arseenin pitoisuus voi olla suuri esimerkiksi silloin, kun se edustavasti määritettynä ylittää aineen taustapitoisuuden eli luontaisesti tavanomaisen pitoisuuden tarkasteltavana olevassa ympäristön osassa. Esimerkiksi maaperän tilan arvioinnissa käytettävien taustapitoisuuksien käytöstä on säädetty valtioneuvoston asetuksessa (VNa 214/2007, 2 §). Toimenpiderajojen määrittelyssä on kuitenkin syytä ottaa huomioon myös jo toiminnan alkaessa vallinnut alkutilanne eli ympäristön lähtöpitoisuudet, kuten arseeniprovinssin luontaisesti korkeat taustapitoisuudet ja etenkin ennen toiminnan alkua vaikutusalueella mitatut arseenipitoisuudet, sillä vasta näiden ylittyminen kertoo mahdollisista toiminnan aiheuttamista vaikutuksista. Lisäksi viranomaisen tulisi ottaa huomioon muut mahdolliset kuormituslähteet asettaessaan toimenpiderajoja tietylle toiminnalle.

6.1 Ympäristötutkimusten tulosten tulkinta

Viranomaisen tulee varmistaa, että ympäristöluvassa määrätty tarkkailuvelvoite toteutuu ja tarkistaa tarkkailussa saadut tulokset. Verrattaessa tutkimusten tuloksia luvassa asetettuihin toimenpiderajaa ilmaiseviin ympäristön arseenipitoisuuksiin on otettava huomioon näytteiden edustavuus. Olennaisia tietoja ovat tällöin näytteiden lukumäärä, näytteenottoajankohta (vuodenaika), näytepisteiden sijainti sekä se, miten pitkää ajanjaksoa näytteet edustavat. Tiettynä hetkenä otettua yksittäistä näytettä ei voi pitää edustavana.

Ympäristöluvassa tarkkailua koskevien määräysten on syytä olla sellaisia, että niitä voidaan tarvittaessa muuttaa, mikäli tarkkailun tulokset eivät vastaa aiemmin arvioitua ympäristökuormitusta tai -vaikutusta eli ympäristöstä mitatut pitoisuudet osoittavat, ettei toiminnasta ole aiheutunut päästöjä ympäristöön. Tällöin tarkkailua voidaan harventaa tai luopua siitä kokonaan. Esimerkiksi pintavesien tarkkailua on turha jatkaa, jos toiminnassa ei tapahdu merkittäviä muutoksia ja vesien arseenipitoisuudet pysyvät useita vuosia riittävän alhaisina. Vastaavasti tutkimustulosten osoittaessa merkittävää ympäristöpitoisuuksien kasvua tai ympäristövaikutuksia, viranomaisen tulisi edellyttää toimenpiteitä päästöjen tai vaikutusten rajoittamiseksi tai ohjata toiminnanharjoittaja varmistamaan tulokset lisätutkimuksin.

6.2 Vertailuarvoja

6.2.1 Yleistä vertailuarvojen käytöstä

Arvio mahdollisten haittojen eli riskien merkittävyydestä ja toimenpidetarpeista perustuu yleensä erilaisiin vertailuarvoihin. Tällaisia ovat mm. säädöksiin perustuvat viitearvot, kuten maaperän pilaantuneisuuden arviointiin tarkoitetut kynnys- ja ohjearvot, vesienhoidon suunnittelussa käytettävät ympäristönlaatunormit ja talousveden laatuvaatimukset. Arvioinnissa voidaan käyttää myös muita luotettavaan tieteelliseen arvioon perustuvia viitearvoja, jotka kuvaavat haitatonta tai haitalliseksi arvioitua ympäristöpitoisuutta tai altistumista.

Vertailuarvoja ei tule kuitenkaan soveltaa liian suoraviivaisesti, vaan niiden käytössä on otettava huomioon mm. kohdetutkimusten edustavuus ja arvojen perusteet. Esimerkiksi suuretkaan arseenipitoisuudet yksittäisissä näytteissä eivät välttämättä merkitse suurta riskiä, koska kokonaisriskin muodostumiseen vaikuttavat myös arseenin kokonaismäärät alueella, arseenin liukeneminen ja kulkeutuminen sekä mahdolliset altistusreitit.

6.2.2 Suurimmat suositellut taustapitoisuudet (SSTP)

Geologian tutkimuskeskuksen ylläpitämässä taustapitoisuusrekisterissä taustapitoisuuden viitearvoksi on laskettu suurin suositeltu taustapitoisuusarvo eli SSTP-arvo, jota voidaan käyttää alueellisen taustapitoisuuden vertailuarvona. SSTP-arvo maaperälle lasketaan kaavalla

$SSTP = P_{75} + 1{,}5 \times (P_{75} - P_{25})$
jossa
P_{75} on arseenin pitoisuusjakauman 75. prosenttipiste (eli 75. persentiili) ja
P_{25} on arseenin pitoisuusjakauman 25. prosenttipiste (eli 25. persentiili).

SSTP-arvo voidaan laskea luotettavasti, jos näytteitä on vähintään 30 kappaletta.

Jos laskennallinen SSTP-arvo on suurempi kuin suurin mitattu arseenipitoisuus, SSTP-arvona käytetään suurinta mitattua arvoa.

Maaperälle yleisesti käytetyn SSTP-arvon laskentaperiaatteita voidaan soveltaa myös purovesille ja purosedimenteille. Oheiseen taulukkoon 8 on laskettu purovesien ja purosedimenttien SSTP-arvoja arseeniprovinsseille ja niiden ulkopuolelle.

Taulukko 8. Purovesien ja -sedimenttien SSTP-arvoja arseeniprovinsseille ja niiden ulkopuoliselle alueelle Suomessa. Puroveden arseenipitoisuus on mitattu suodatetuista näytteistä.

A Purovedet

Purovesi As µg/l	As provinssi 1	As provinssi 2	As provinssi 3	As provinssi 4	Provinssien ulkopuolella
Näytemäärä	350	19	17	21	744
SSTP	2,006	0,706	2,54	1,65	0,751

B Purosedimentit

Purosedimentit As mg/kg	As provinssi 1	As provinssi 2	As provinssi 3	As provinssi 4	Provinssien ulkopuolella
Näytemäärä	365	18	17	22	739
SSTP	14,8	9,23	220	26,3	6,49
SSTP = suurin suositeltu taustapitoisuus	SSTP-laskenta perustuu liian pieneen näytemäärään				

6.2.3 Talousvesi

Ihmisten terveysvaikutusten kannalta juomavetenä käytettävä talousvesi on usein olennaisin altistusreitti. Terveysperusteinen talousveden laatuvaatimus arseenipitoisuudelle on alle 10 µg As/l.

6.2.4 Ilman laatu

Ulkoilman arseenipitoisuudelle on annettu metallidirektiiviin perustuen ilman laadun terveysperusteinen tavoitearvo (6 ng/m^3) ja kynnysarvot seurantaa tukemaan. Tavoitearvot ilmaistaan vuosikeskiarvoina ja ne on määritelty hengitettävien hiukkasten (PM10) massapitoisuudelle. Tavoitearvo on mahdollisuuksien mukaan alitettava määräajassa. Tavoitearvojen avulla pyritään välttämään, ehkäisemään tai vähentämään ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvia haitallisia vaikutuksia.

6.2.5 Pilaantunut maa-alue

Oppaassa pilaantuneen maa-alueen riskinarvioinnista ja kestävästä riskinhallinnasta (YM 2014) tullaan antamaan suositukset pohjaveden laadun vertailuarvoiksi tyypillisille haitta-aineille pohjavesialueilla (tärkeät ja muut vedenhankintaan sopiviksi luokitellut) sekä pintavesien laatuun kohdistuvien haittojen ja mahdollisten ekologisten vaikutusten tunnistamiseen tarkoitetut vertailuarvot, joita voidaan soveltaa pilaantuneen alueen purkuvesistöön. Maaperän pilaantuneisuuden arviointiin on annettu kynnys- ja ohjearvot niitä koskevassa valtioneuvoston asetuksessa.

Juomaveden ja talousveden laatuvaatimuksista

Euroopassa talousveden laadun valvontaa on kehitetty erityisesti juomavesidirektiivin mukaisesti. Suomessa yksittäisten kaivojen juomaveden laadusta säädetään sosiaali- ja terveysministeriön päätöksessä pienten yksiköiden vedenlaatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (Valtioneuvoston asetus, VNa 401/2001).

Terveydensuojelulaissa määritellään talousvesi, jota laatuvaatimukset koskevat. Talousvettä käytetään juomavetenä, elintarvikkeiden tuotannossa tai ruoan valmistuksessa. Talousvetenä ei pidetä vettä, jota käytetään yksinomaan peseytymiseen, pyykinpesuun, siivoukseen, saniteettitarkoitukseen tai muuhun vastaavaan tarkoitukseen.

Jos talousveden (ml. talousvedenottoon käytetty kaivovesi) arseenipitoisuus ylittää laatuvaatimuksen raja-arvon ja talousvedestä voi aiheutua haittaa terveydelle, niin **kunnan terveydensuojeluviranomaisen** on yhdessä veden toimittajan kanssa selvitettävä terveyshaitan syy, määrättävä veden toimittaja pikaisesti korjaamaan tilanne ja annettava veden käyttäjille tarpeelliset ohjeet terveyshaittojen ehkäisemiseksi.

Maa- ja metsätalousministeriö on antanut asetuksen alkutuotannossa (ml. maitotilat) käytettävän veden laatuvaatimuksista vuonna 2006 (MMM 134/2006, 15§). Pesuvesien on täytettävä yksittäiselle talousvesikaivolle asetetut laatuvaatimukset (STM asetus 401/2001). Arseenille sovelletaan kuitenkin poikkeusta 20 µg As/l koskien pesuvesiä.

Juomavesidirektiivi: Neuvoston direktiivi 98/83/EY, annettu 3 päivänä marraskuuta 1998, ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta

Ulkoilman arseenipitoisuus hengitettävissä hiukkasissa

Metallidirektiivin mukainen tavoitearvo ilmassa olevalle arseenille on ollut Suomessa voimassa vuoden 2013 alusta lähtien sitä koskevan asetuksen mukaisesti (Taulukko 9). Asetuksen tavoitearvot perustuvat WHO:n, kansainvälisen syöpätutkimusjärjestön (IARC) sekä toksisuutta, ekotoksisuutta ja ympäristöä käsittelevän tiedekomitean (CSTEE) suosituksiin ja lausuntoihin, joissa on otettu huomioon kyseisten aineiden syöpävaarallisuus ja muut kuin syöpää aiheuttavat vaikutukset.

Taulukko 9. Ilmassa olevan arseenin tavoitearvo ja arviointikynnykset.

	Tavoitearvo (ng/m³)	Alempi arviointikynnys (ng/m³)	Ylempi arviointikynnys (ng/m³)
Arseeni	6	2,4	3,6

Vertailussa ylempään ja alempaan arviointikynnykseen käytetään viiden edellisen vuoden aikana mitattuja pitoisuuksia. Arviointikynnyksen katsotaan ylittyneen, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä. Arviointikynnykset ohjaavat ilmanlaadun arvioimiseksi käytettävien menetelmien valintaa (pitoisuudet > 3,6 ng/m3, jatkuvat mittaukset ovat ensisijainen ilmanlaadun seurantamenetelmä ja pitoisuudet < 2,4 ng/m3, seuranta-alueella käytetään yksinomaan mallintamista tai muita menetelmiä kuten päästökartoituksia).

Suomessa ilmoitetut arseenipäästöt ilmaan ovat pääosin peräisin energiasektorilta ja osin teollisuusprosesseista, kuten metallisulatoilta. Ainoastaan Harjavallassa arseenipitoisuuden vuosikeskiarvo on säännöllisesti ylittynyt seurannoissa, jotka siellä aloitettiin jo vuonna 1994. Muualla Suomessa ilman laadun seurannoissa todetut pitoisuudet ovat olleet matalia ja ne ovat alittaneet alemman arviointikynnyksen.

Lisätietoa

Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä (164/2007). www.finlex.fi/fi/laki/smur/2007/20070164

Metallidirektiivi: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/107/EY, annettu15 päivänä joulukuuta 2004, ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0107:FI:NOT

Maaperän pilaantuneisuus

Maaperän pilaantuneisuuden arviointia koskevassa valtioneuvoston asetuksessa (VNa 214/2007) esitetyt kynnys- ja ohjearvot ovat joko terveysperusteisia tai ekologisiin vaikutuksiin perustuvia. Arseenin kulkeutuvuudesta johtuva, merkittävä riski pohjaveden pilaantumiselle on ilmaistu erillisellä merkinnällä (Taulukko 10., p-kirjain). Arseenin ohjearvot perustuvat mahdollisiin ekologisiin vaikutuksiin (e), näitä kuvaavat viitearvot on esitetty taulukossa 10. Asetuksessa arseenin luontaiset taustapitoisuudet vastaavat valtakunnallisesta kartoitustiedosta laskettua moreenin hienoaineksen luontaisen pitoisuuden mediaania (vaihteluväli), kun määritys on tehty uuttamalla raekooltaan alle 2 mm:n näytettä kuningasveteen. Joillain alueilla taustapitoisuudet ovat tätä suurempia, mikä on otettava huomioon näitä vertailuarvoja käytettäessä.

Taulukko 10. Maaperän pilaantuneisuuden arvioinnin kynnysarvot ja ohjearvot arseenille.

Aine (symboli)	Luontainen pitoisuus [mg/kg]	Kynnysarvo [mg/kg]	Alempi ohjearvo [mg/kg]	Ylempi ohjearvo [mg/kg]
Arseeni (As) (p)	1 (0,1-25)	5	50 (e)	100 (e)

Maaperän ohjearvojen määrittelemisessä ei ole otettu huomioon aineiden mahdollista kulkeutumista alueen ulkopuolelle, pohjaveteen tai pintavesiin. Tästä syystä arvoja ei voida käyttää suoraan arvioitaessa mahdollisia päästöjä pohjaveteen tai pintaveteen ja vaikutuksia näiden vedenlaatuun.

Taulukko 11. Maaperän ohjearvojen (VNa 214/2007) perusteena käytetyt arseenin ekologiset viitearvot.

Aine	SVP [mg.kg-1]	SHPeko [mg.kg-1]	SHPTeko [mg.kg-1]
Arseeni	0,9	56	250

SVP pohjautuu ekologisiin riskeihin ja tarkoittaa ns. suurinta vaikutuksetonta pitoisuutta (HC5-arvo). Tämä vastaa pitoisuutta, jossa 5 % maaperän eliöistä voisi kokea haitta-vaikutuksia. Sitä voidaan pitää pitoisuustasona, jossa maa-aineksessa olevan haitta-aineen aiheuttamia riskejä voidaan pitää merkityksettömän pieninä riippumatta siitä, missä kyseinen maa-aines sijaitsee. Alemman ohjearvon määrittämisessä on ollut lähtökohtana pitoisuustaso (SHPeko), joka kirjallisuudessa esitettyjen ekotoksisuustestien tulosten mukaan voi olla haitallinen noin puolelle maaperän eliöistä tai mikrobiologisista prosesseista (HC50). Maaperän ylempien ohjearvojen perustana olevat ekologiset viitearvot (SHPTeko) on asetettu pääsääntöisesti kaksi kertaa SHPeko- ja HC50-arvoja suuremmiksi.

Terveysperusteisten ohjearvojen (Taulukko 11.) laskennassa on ollut lähtökohtana maankäyttö, jossa altistumistavat ja -reitit ovat seuraavat:

- maan tahaton nieleminen, alueella kotitalouskäyttöön viljeltyjen ravintokasvien syöminen ja talousveden juominen. Nämä reitit on huomioitava arseeniriskejäkin arvioitaessa.
- maa- ja kiviainestuotantoalueilla ja rakentamiskohteissa eräät arseenialtistuksen kannalta merkityksettömät reitit kuten sisäilman ja ulkoilman (sis. haihtuvat yhdisteet ja pöly) hengitys, suihkuvedestä haihtuvien yhdisteiden hengitys ja ihokosketus maan ja suihkuveden kanssa. On huomattava, että etenkin tuotantoalueiden työperäisessä altistuksessa myös pöly voi joissain tapauksissa olla merkittävä altistusreitti.

Taulukko 12. Maaperän terveysperusteiset viitearvot (SHPter , alempi ja SHPTter , ylempi) ja eri altistusreittien osuus kokonaisaltistuksesta.

	SHPter [mg.kg-1]	Maansyönti	Ravintokasvit	Sisäilma	SHPTter [mg.kg-1]	Maansyönti	Sisäilma
Arseeni	424	46,6 %	53 %	< 1 %	2 920	99,4 %	< 1 %

Vajovesi pohjavesialueella

Oppaassa pilaantuneen maa-alueen riskinarvioinnista ja kestävästä riskinhallinnasta (2014) annetaan myös suositukset pohjaveden laadun vertailuarvoiksi tyypillisille haitta-aineille pohjavesialueilla (tärkeät ja muut vedenhankintaan soveltuviksi luokitellut). Näitä vertailuarvoja käytetään ensisijaisesti määritettäessä aineiden haitatonta pääsyä pohjaveteen tai maaperän hyväksyttävää pitoisuutta silloin, kun haitta-aineiden päästölähde on kokonaan vajovesikerroksessa eikä aineita ole vielä kulkeutunut pohjaveteen. Nämä vertailuarvot määräytyvät pohjaveden yleisen suojelutarpeen sekä pohjaveden käytön ja käyttömahdollisuuksien mukaan ja ne vastaavat ensisijaisesti uusimpia WHO:n esittämiä enimmäispitoisuuksia juomavedelle (10 µg As/l).

Purkuvesistö

Tulkittaessa pohjaveden analyysituloksia on otettava huomioon pohjaveden haitta-aineiden kulkeutumisen mahdolliset seuraukset myös muiden ympäristönosien laadulle. Esimerkiksi pintaveteen purkautuvan pohjaveden hyväksyttävä pitoisuustaso voi tällöin määräytyä pintaveden laatutavoitteiden perusteella. Pilaantuneita alueita koskevassa oppaassa (YM 2014) tullaan antamaan myös pintavesien laatuun kohdistuvien haittojen ja riskien määrittämiseen tarkoitetut vertailuarvot, joita sovelletaan pilaantuneen alueen purkuvesistön erikseen määritellyssä sekoittumisvyöhykkeessä. Oppaassa esitettyjä vertailuarvoja (ml. arseeni) voidaan soveltaa myös vesistöä pienemmällä vesialueella esimerkiksi yksittäisessä purossa, jos tällä on todettu suojeluntarve.

Edellä mainitun oppaan luonnoksessa 26.3.2014 arseenipitoisuuden vertailuarvoiksi pintavesissä annetaan 4,2/24 µg/l. Tämä vastaa muissa maissa esitettyjen ekologisin perustein määriteltyjen, erilaisten viitearvojen vaihteluväliä. Nämä viitearvot kuvaavat yleisesti "haitattomia" tai merkityksetöntä vaikutusta tai haittaa aiheuttavia pitoisuuksia, eikä niiden ylittyminen vielä tarkoita, että todelliset tai merkitykselliset haitat olisivat todennäköisiä. Esimerkiksi yhtenä taustatietona käytetyt PNEC-arvot tarkoittavat toksisuustestien perusteella arvioitua haitatonta pitoisuutta herkimmälle eliölle. Ranskassa on valittu makeille vesistöille PNEC-arvo 4,4 µg/l ja merivesille 0,44 µg/l (INERIS 2010). HC5-arvoa (RIVM report 711701 020: 24 µg/l) on käytetty mm. Hollannissa arvioitaessa vesieliöille merkityksettömiä haittoja aiheuttavaa pitoisuutta.

Taustatietoa: sekoittumisvyöhyke.
Sekoittumisvyöhykkeellä tarkoitetaan sellaista päästölähteen läheisyydessä sijaitsevaa ympäristöluvassa rajattua aluetta, jolla päästö tai huuhtoutuma asteittain sekoittuu pintaveteen.

Taustatietoa: PNEC-arvo.
PNEC-arvolla (PNEC = Predicted No-effect Concentration) tarkoitetaan pitoisuutta, jota alhaisemmat pitoisuudet eivät todennäköisesti aiheuta haittaa eliöille kyseessä olevassa ympäristön osa-alueessa. Pitoisuus on määritelty valituille kohde-eliöille tehtyjen toksisuustestien tulosten perusteella.

Taustatietoa: HC5-arvo.
HC5-arvo (HC = Hazardous Concentration) tarkoittaa pitoisuutta, joka on haitallinen 5 %:lle tarkastelluista eliöistä.

6.2.6 Pinta- ja pohjavedet

Pinta- ja pohjavesille on asetettu vesipuitedirektiivin mukaisia haitallisten aineiden ympäristönlaatunormeja, jotka tukevat vesien laadun luokittelua ja seurantaa. Laatunormin ylitys voi mm. muuttaa vesistön osan luokittelun hyvästä tyydyttäväksi. Pintavesien ekologinen tila voidaan määritellä ojia suuremmille vesistön osille, puroille, jokireiteille tai järville. Noroon ja ojaan ei sovelleta esimerkiksi ympäristönlaatunormeja koskevia säännöksiä. On huomioitava, että näitä ympäristönlaatunormeja verrataan seurantapaikan pitoisuuksien vuosikeskiarvoihin, ei yksittäisen näytteenoton pitoisuuteen.

Pohjaveden arseenipitoisuudelle on annettu Suomessa vesienhoidon tavoitteisiin perustuva ympäristönlaatunormi (5 µg/l). Ympäristönlaatunormi on sitova arvo, jonka ylittäminen ei ole sallittua. Laatunormit toimivat ympäristönlupapäätöksessä reunaehtoina hyväksyttävää kuormitusta määritettäessä. Niitä sovelletaan myös ympäristöluvan myöntämisedellytyksiä harkittaessa.

Suomessa ei ole annettu kansallista pintavesien ympäristönlaatunormia arseenille. Arseeni on vesi-

puitedirektiivin (2000/60/EY) mukaisessa pintavesimuodostumien suunnittelussa ns. paikallisesti merkittävä, vesiympäristölle haittaa aiheuttava aine. Se tulee huomioida pintavesien ekologisen tilan määrittelyssä tiedettyjen biologisten vaikutusten kautta.

Ruotsissa vesimuodostumien luokittelua varten on koottu tietoja haitallisiksi todettujen metallien ja arseenin taustapitoisuuksista eri osissa maata ja erilaisissa vesistöissä sekä sedimentissä. Ruotsin jokien, isompien purojen ja järvien vesien taustaa kuvaavat arseenipitoisuudet ovat < 0,7 µg/l. Ekotoksikologisten tietojen perusteella Ruotsissa on suositeltu käytettäväksi makeille pintavesille kynnysarvoa 5 µg As/l. Myös Kanadassa on valittu sama 5 µg/l kynnysarvoksi. Kynnysarvon ylittävien pitoisuuksien on arvioitu aiheuttavan lyhyellä tai pitkällä aikavälillä haittaa kaikkein herkimmille eliöille.

Lisätietoa

Ruotsi
- Naturvårdsverket 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenade ämnen. Rapport 5799. 121 s. http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5799-2.pdf
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet: Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 1. Kemiska och fysikaliska parameter. Raport 4920.

Kanada
- CCME faktalaatikko arseenille asetetuista ohjearvoista http://st-ts.ccme.ca/?lang=en&factsheet=9
- CCME Canadian Environmental Quality Guidelines http://ceqg-rcqe.ccme.ca/

6.3 Kiviainestuotteiden ympäristökelpoisuudesta

Rakennustuoteasetukseen perustuva kiviainestuotteiden CE-merkintä sisältää tietoja sekä tuotteiden teknisestä kelpoisuudesta että mahdollisista vaarallisista aineista. Tällä hetkellä ei ole vielä yhtenäisiä eurooppalaisia menettelytapoja rakennustuotteiden vaarallisten aineiden pitoisuuden tai liukoisuuden osoittamiseen. Periaatteena tulee kuitenkin olemaan se, että kaikkien niiden rakennustuotteiden, jotka voivat aiheuttaa päästöjä maaperään tai pinta- ja pohjaveteen, kokonaispitoisuus ja mahdollisesti myös liukoisuus on testattava osana CE-merkintään liittyvää prosessia. Näin ollen myös kiviainesten pitoisuuksia ja liukoisuuksia joudutaan mahdollisesti tulevaisuudessa testaamaan. Raja-arvot vaarallisten aineiden pitoisuuksille ja/tai liukoisuuksille tullaan määrittelemään kansallisesti.

Rakennustuotteiden liukoisuuden määrittämiseksi on kehitetty kaksi eurooppalaista uutta testausstandardiluonnosta, joista toinen on hyvin lähellä ASROCKS-hankkeessa käytettyä läpivirtaustestiä (CEN/TS 14405).

Kansallisten raja-arvojen puuttuessa on tyydyttävä tapauskohtaiseen arviointiin tuotteiden ympäristökelpoisuuden määrittelyssä, jos niissä todetaan keskimääräistä suurempia arseenin kokonaispitoisuuksia. Tällöin yleiset toimintavaihtoehdot ovat seuraavat:

A Ensisijaisesti tuotteet varastoidaan tai sijoitetaan lopullisesti samalla kohteella tai tunnetulla arseenialueella, missä poikkeavat pitoisuudet on havaittu. Jos on merkittäväksi tunnistettuja kulkeutumis- ja altistumisreittejä
   - i tehdään tarvittavat käytännön toimet kulkeutumisen ja altistumisen ehkäisemiseksi (hule- ja suotovesien sekä pölyämisen hallinta)
   - ii tarkkaillaan tarvittaessa kuormitusta ja seurataan vaikutuksia lähiympäristössä.

B Siirrettäessä tuotteet käytettäväksi tunnetun arseenialueen ulkopuolelle varmennetaan kiviaineksen kelpoisuus tuotteeksi kyseiseen tarkoitukseen.

6.4 Kaivettujen maa-ainesten hyödyntämiskelpoisuudesta

Ympäristöministeriö valmistelee viranomaisille opasta rakentamisessa syntyvien kaivettujen maa-ainesten luokittelusta jätteeksi ja hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnista (tilanne 05/2014). Tämän rinnalla on aloitettu asetuksen valmistelu. Oppaassa käsitellään rakentamisessa syntyvien maa-ainesten käsittelykelpoisuuden arviointia ja hyödyntämismahdollisuuksia erilaisissa kohteissa sekä yleisellä tasolla maa-ainesten kaatopaikkakäsittelyn edellytyksiä. Siinä ei käsitellä maa-aineslain (555/1981, MAL) mukaisessa menettelyssä otettujen maa-ainesten käyttöä tai kaivannaisjät-

teitä. Opas on tarkoitus julkaista muistiona, jota päivitetään tarvittaessa.

Maa-ainesten sisältämät haitalliset aineet, kuten arseeni, vaikuttavat niiden käsittelykelpoisuuteen ja hyödyntämiseen. Kaivetun maa-aineksen ympäristökelpoisuuden arviointiperusteita ei ole toistaiseksi määritelty. Ympäristöministeriön opasluonnoksen (20.3.2014) mukaan kaivetun maa-aineksen hyödyntämisen ja sijoituksen arviointiperusteina voidaan tästä syystä toistaiseksi käyttää ns. PIMA-asetuksessa (214/2007) annettuja haitta-aineiden kynnys- ja ohjearvoja sekä käyttö- tai sijoituspaikan alueellisia taustapitoisuuksia. Arviointiperusteita on tarkoitus täsmentää valmisteilla olevassa asetuksessa.

Lisätietoa lainsäädännön uudistuksista ja opasluonnoksesta (YM 20.3.2014):

www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ymparistonsuojelun_valmisteilla_oleva_lainsaadanto/Jatealan_lainsaadannon_kokonaisuudistus

7 TEKNISIÄ TOIMENPITEITÄ HAITTOJEN RAJOITTAMISEKSI

7.1 Vesien hallinta ja pölyämisen vähentäminen

Teknisiä toimenpiteitä haitallisten aineiden kulkeutumisen rajoittamiseksi on selvitetty mm. kiviainestuotantoalueiden parasta käyttökelpoista tekniikkaa määriteltäessä (BAT). Pölypäästöjä ja niiden ehkäisemistä selvitettiin yksityiskohtaisesti ja pinta- ja pohjavesikuormitusta yleispiirteisemmin. Nämä yleiset ohjeet haittojen rajoittamiseksi soveltuvat osin myös niille rakentamiskohteille, joissa louhitaan ja murskataan kiviainesta.

Vesien hallinnan suunnittelu on tärkeää kalliokiviainesten ottamisalueilla, joilla kallioperässä on arvioitu esiintyvän paljon arseenia. Suunnittelussa on otettava huomioon, että

- vedet johdetaan haluttuun suuntaan louhoksen pohjan muotoilun avulla
- suuria hulevesimäärien vaihteluita tasataan tarpeen mukaan laskeutusaltailla, jotka toimivat kiintoaineksen kerääjinä
- varmistetaan laskeutusaltaan oikea mitoitus
- varmistetaan laskeutusaltaaseen kertyneen lietteen turvallinen käsittelytapa, mm. mittaamalla sen arseenipitoisuus.

7.2 Massojen sijoittaminen ja rakenteet

Hapetus- ja pelkistysolojen tai pH-arvon muutokset voivat lisätä arseenin liukenemis- ja kulkeutumisriskiä. Esimerkiksi betonimurskeet, tuhkat ja kalkki voivat paikallisesti nostaa maan pH-arvoa niin, että arseenin liukoisuus kasvaa.

Massojen siirron yhteydessä on kiinnitettävä huomiota arseenipitoisten maa- ja kiviainesten sijoittamiseen pintamaakerroksiin asuinalueilla. Käyttö pintamaakerroksessa saattaa altistaa ihmisiä pölylle. Etenkin pienet lapset voivat saada maa-aineksen sisältämää arseenia suoraan elimistöönsä maansyönnin kautta. Pintamaan alapuoliselle maa-ainekselle voidaan altistua lähinnä maan kaivamisen yhteydessä (esim. putkistojen ja kaapelien huoltotyöt). Toimien lyhytaikaisuuden vuoksi päästöt ympäristöön jäävät vähäisiksi, eikä näistä ole odotettavissa merkittäviä terveysvaikutuksia tai vaikutuksia eliöstöön.

- Suunnitellulla rakentamisalueella on kiinnitettävä huomiota rakenteisiin, jotka voivat aiheuttaa voimakkaita hapetus- ja pelkistysolojen tai pH-arvon muutoksia.
- Kiinteistöllä voidaan edellyttää pölyämiseltä tai sadeveden vaikutukselta suojaavia pintarakenteita.
- Tapauskohtaisesti voi olla järkevää sijoittaa maarakentamisesta syntyviä massoja soveltuvan ympäristöluvan omaavaan sijoituspaikkaan kiinteistön ulkopuolella.

Arseenipitoisten kaivettujen maa- ja kiviainesten sijoittaminen alueille tai varastointi alueilla, joissa arseenipitoisuudet ovat alhaisemmat, voi lisätä arseenikuormitusta ympäristöön. Sulfideihin sitoutuneen arseenin liukeneminen on suurinta tuoreesta, vasta kaivetusta maa-aineksesta ja vähenee ajan myötä.

- Välivarastoinnilla hallitussa ympäristössä voidaan vähentää sulfideista liukenevan arseenin päästöjä lopullisessa sijoituspaikassa.

7.3 Arseenipitoisten ainesten käsittelymenetelmistä

7.3.1 Juomavesi

Puhtaan juomaveden saamiseksi on arseenin osalta olemassa kaksi teknistä perusratkaisua: poistaa arseenia vedestä tai järjestää vaihtoehtoinen juomaveden lähde. Suomessa tavallisinta on järjestää vaihtoehtoinen juomaveden lähde. Kotitalouden juomaveden voi puhdistaa erillisellä laitteistolla.

Laitostasolla arseenia on maailmalla poistettu juomavesinormin alittaviin pitoisuuksiin yleisimmin hapettamalla ja saostamalla ja laskeuttamalla, pienemmässä mittakaavassa adsorboimalla johonkin suodatinmassaan, ioninvaihdolla tai käänteisosmoosiin perustuvalla kalvosuodatuksella. Erilaiset raudan yhdisteet ovat tavallisimpia sekä saostuskemikaaleina että adsorbentteina.

Lisätietoa arseenin poistamisesta kaivovedestä: www.ymparisto.fi > Rakentaminen > Rakennushanke > Talotekniset järjestelmät (LVI) > Vedenhankinta kaivosta > Kaivoveden käsittely

7.3.2 Passiiviset käsittelymenetelmät veden puhdistuksessa

Teollisuus- tai kaivostoiminnan vesiä on käsitelty myös passiivisissa rakenteissa, joissa puhdistuminen tapahtuu osin biologisia prosesseja hyödyntäen. Passiivisia käsittelymenetelmiä ovat mm. laskeutusaltaat, rakennetut kosteikot ja reaktiiviset seinämät (maaperä) ja suotopatjat (vesi). Laskeutusaltaat on todettu kiviainestuotannossa parhaaksi käyttökelpoiseksi tekniikaksi mm. vesistöjen kiintoaineskuormituksen vähentämiseen. Alla on kuvattu pääpiirteittäin kosteikkojen ja reaktiivisten seinämien toiminta.

Rakennetut kosteikot

- Vesi puhdistuu fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien seurauksena
- Mieluiten aerobinen prosessi => hapettuessaan saostuvat alkuaineet, mm. arseenin saostuminen yhdessä rauta- ja alumiini- tai mangaaniyhdisteiden kanssa
- Vaativat paljon tilaa mutta vähän ylläpitoa => soveltuvat pitkäkestoiseen käyttöön.

Reaktiiviset seinämät ja suotopatjat

- Raudan yhdisteet tyypillisiä
- Kohtuullinen neutralointi kalkilla (liian runsas kalkin käyttö voi johtaa siihen että pH kasvaa liikaa ja arseenin liukoisuus kasvaa)
- Puhdistusteho riippuu mm. viipymäajasta.

7.3.3 Kiinteät ainekset

Maa-aineksen ja muiden kiinteiden, arseenia sisältävien ainesten käsittelyistä kiinteytys ja stabilointi ovat olleet yleisin ja myös edullisin käsittelytekniikka. Stabiloidut massat saatetaan edelleen sijoittaa valvotulle alueelle, jos niiden pitkäaikaispysyvyydestä ei ole täyttä varmuutta. Suomessa arseenipitoisen aineksen stabilointiin on käytetty hyvin tuloksin sementtiä tai bitumia.

Maailmalla on testattu monia innovatiivisia käsittelymenetelmiä, joiden kustannustehokkuudesta on vasta vähän tietoa. Tällaisia ovat mm. fytoremediaatio (kunnostus kasvien avulla), elektrokineettinen käsittely sekä maan pesu ja huuhtelu erilaisilla kemikaaleilla. Ongelmajätteen arseenipitoisuuksia sisältäviä aineksia on voitu käsitellä myös metallienrikastustekniikoita tai vitrifikaatiota (jäte sulatetaan lasimaiseksi massaksi) hyödyntävin menetelmin.

7.3.4 Eri tekniikoiden käyttökelpoisuudesta

Taulukkoon 13 on koottu tietoa arseenin pitoisuuden, olomuodon ja ympäristötekijöiden vaikutuksesta eri käsittelytekniikoiden käyttökelpoisuuteen. Hyvin monet tekijät voivat vaikuttaa siihen, miten hyvin tietyllä menetelmällä saadaan poistettua arseeni vedestä. 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 vaikeuttaa monien käsittelytekniikoiden käyttöä. Mikrobiologisella käsittelyllä voidaan tukea muita käsittelymenetelmiä, mm. hapettaa arseenia kolmenarvoisesta viidenarvoiseksi.

Taulukko 13. Arseenin pitoisuuden, olomuodon ja ympäristötekijöiden vaikutus arvioitavan käsittelyn käyttökelpoisuuteen. X = on vaikutusta.

Käsittelytekniikka	Korkea arseenin lähtöpitoisuus	Arseenin kemialli-nen muoto	pH	Muita käyttökelpoisuuteen vaikuttavia tekijöitä
Vedet				
Saostus		X	X	muut yhdisteet vedessä saostuskemikaali saostuskemikaalin annostus puhdistustavoite muodostuvan lietteen käsittely
Kalvosuodatus	X	X	X	kiintoaineen määrä, kiintoaineen suuri molekyylipaino liuenneet epäpuhtaudet, orgaaniset yhdisteet ja kolloidit lämpötila kalvotyyppi alkuperäinen jäteveden virta jäännösveden virta
Adsorptio	X	X	X	veden virtausnopeus suodattimen läpi pH suodattimen tukkeutuminen haitta-aineiden konsentraatio suodatinmassan ominaisuudet
Ioninvaihto	X	X	X	kilpailevat ionit orgaaninen aines kolmenarvoisen arseenin pitoisuus puhdistuksen mittakaava Ioninvaihtomassan uusiutuminen (regeneration) sulfaattipitoisuus
Reaktiivinen seinämä maassa		X		kallioperän ruhjeet pohjavesiesiintymän ja haitta-ainekerrostuman syvyys suuri hydraulinen johtavuus muodostumassa muodostuman kerrostuneisuus seinämän tukkeutuminen seinämän suuruus ja syvyys
Maaperä				
Kiinteytys/ Stabilointi		X	X	redox-potentiaali (hapetus-pelkistysolot), orgaanisen aineksen pitoisuus (vaikeuttaa), raekooltaan hienoin aines, sidosaine ja muut prosessissa käytetyt aineet sekä esikäsittely
Maan pesu			X	maaperän homogeenisuus ja vesipitoisuus, muut haitta-aineet, lämpötila ja raekokojakauma
Maan huuhtelu in situ	X	X		muut haitta-aineet, maaperän ominaisuudet, sadanta ja lämpötila, huuhteluaineen uudelleenkäyttö, haitta-aineiden kierrätysmahdollisuudet

8 KIRJALLISUUTTA

Alaviippola, B., Pietarila, H., Hakola, H., Hellén, H. & Salmi, T. 2007. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Arseeni, kadmium, nikkeli, elohopea ja polysykliset aromaattiset hiilivedyt (=PAH-yhdisteet). Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Helsinki, 88 s. + 29 liitesivua.

Assmuth, T., Poutanen, H., Strandberg, T., Melanen, M., Penttilä, S. & Kalevi, K. 1990. Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset. Riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A 67.

Backman, B., Luoma, S., Ruskeeniemi, T., Karttunen, V., Talikka, M. & Kaija, J. 2006. Natural Occurrence of Arsenic in the Pirkanmaa region in Finland. Tiivistelmä ja yhteenveto suomeksi: Luontaisen arseenin esiintyminen Pirkanmaalla. Geologian tutkimuskeskus. Erikoisjulkaisut 82 s. http://newprojects.gtk.fi/export/sites/projects

Bilaletdin, Ä., Kaipainen, H., Parviainen, A., Kauppila, T. & Ruskeeniemi, T. 2007. A transport model of arsenic for surface waters - an application in Finland. Geologian tutkimuskeskus, Erikoisjulkaisut. 33 s. http://www.gtk.fi/projects/ ramas/reports.php?lang=en

CCME 2014. Arsenic. Summary Table. Canadian Environment Quality Guidelines. (päivitettävä tietokanta, arseenia koskevat ohjearvopäätökset vuosilta 1997 ja 1998) http://st-ts.ccme.ca/?lang=en&factsheet=9

Eilu, P. & Lahtinen, R. 2004. Arseeni kallioperässä ja malmiutuneissa vyöhykkeissä, 29–44. Julkaisussa: Loukola-Ruskeeniemi, K. & Lahermo, P. (toim.). Arseeni Suomen luonnossa – Ympäristövaikutukset ja riskit. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 173 s .

Gerlach, R. W. & J M. Nocerino. 2003. Guidance for obtaining representative analytical laboratory subsamples from particulate laboratory samples. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-03/027 (NTIS PB2004-101514)

Golder Associates Ltd 2010. Fractured bedrock field methods and analytical tools. Main report. Science Advisory Board for Contaminated Sites in British Columbia, Canada. 87 s. http://www.sabcs.chem.uvic.ca/May%2024%20Final%20FBRock%20ReportFBFMAT-Vol1.pdf

Hallikainen, A., Jestoi, M., Kekki, T., Koivisto, P., Kostamo, P., Mäkinen, T., Rannikko, R., Suomi, J., Pohjanvirta, R., Hietaniemi, V., Rajakangas, L., Kankaanpää, H., Kurttio, P., Turtiainen, T., Airaksinen, R., Kiviranta, H., Komulainen, H., Rantakokko, P., Viluksela, M., Laakso, J., Nuotio, K., & Siivinen, K. 2013. Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Eviran julkaisuja 2/2013. Uudistettu painos 12.2.2014. http://www.evira.fi/portal/fi/tietoa%2Bevirasta/julkaisut/?a=view&productId=361

Hasari, M. 2009. Maa-ainesten oton vaikutukset pintavesiin. Tampereen ammattikorkeakoulu. Työharjoitteluna tehty selvitys NCC Roads Oy:lle. Infra ry:n ja Suomen ympäristökeskuksen ohjaus. 68 s. http://www.infrary.fi/files/3147_pintavedet_08032010.pdf

Hatakka, T. (toim.), Tarvainen, T., Jarva, J., Backman, B., Eklund, M., Huhta, P., Kärkkäinen, N. & Luoma, S. 2010. Pirkanmaan maaperän geokemialliset taustapitoisuudet. Summary: Geochemical baselines in the Pirkanmaa region. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 182. 104 s. (sähköinen julkaisu) http://arkisto.gtk.fi/tr/tr 182.pdf

Hatakka, T., Backman, B., Härmä, P., Kuula-Väisänen, P., Reinikainen, J., Tarvainen, T. & Vuokko, J. 2013. Näytteiden otto geokemiallisia analyysejä ja liukoisuustestejä varten kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantoalueilla ja rakennuskohteissa luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien alueilla. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 141/2013. 26 s. http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/ASROCKS/hanke/LIFE10_ENV_FI_000062_ASROCKS_Deliverable_11_Guidelines_of_Sampling_korj_fin_31_05_2013.pdf

IARC 2004. IARC MONOGRAPHS – 100C. Arsenic. 54 pages. http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-6.pdf

INERIS 2010. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Arsenic et ses derives inorganiques. 7.4.2010. INERIS –DRC- 09-103112-11453A. 124 s. http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2715

IPCS. 2004. Environmental Health Criteria 224: **A**rsenic and Arsenic Compounds. 501 s. WHO Task Group on Environmental Health Criteria for Arsenic and Arsenic Compounds. ISBN 92 4 157224 8. ISSN 0250-863X. http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_224/en

Jaakkonen, S. & Sorvari, J. 2006. Metsätaimitarhoilla käytettyjen torjunta-aineiden ympäristövaikutukset ja riskinarviointi. Suomen ympäristö 819. 138 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40573/SY_819.pdf?sequence=1

Jarva, J., Tarvainen, T., Reinikainen, J. & Eklund, M. 2010. TAPIR - Finnish national geochemical baseline database. Science of the Total Environment 408, (20), 4385–4395

Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. & Tuomisto, J. (toim.) 20§13. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti. Summary: Improving Environmental Risk Assessments for Metal Mines: Final Report of the MINERA Project. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199. 233 s.

Ketola, T. & Kuula, P. 2013. ASROCKS-hankkeen Action 2 –vaiheen liukoisuustestien tulokset. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Maa- ja pohjarakenteet. Tutkimusraportti. 30 s. http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/ASROCKS/hanke/Deliverable_Raportti_TTY_30092013.pdf

Kinnunen, T. (toim.) 2005. Pohjavesitutkimusopas - käytännön ohjeita. Suomen vesiyhdistys r.y. 194 s. http://www.vvy.fi/files/2653/Pohjavesiopas.pdf

Koljonen,T. , Gustavsson, N., Noras, P., & Tanskanen, H. 1992. The Geochemical Atlas of Finland, Part 2 – Till. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 218 s.

Kuusela-Lahtinen, A., Tarvainen, T., Backman, B., Hänninen, P., Reinikainen, J. & Niskala, K. 2012. Metalleilla pilaantuneiden maa-ainesten liukoisuusselvitykset. Tutkimusraportti VTT-R-06935-12. 56 s. http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/liikennevirasto/tutkimus_kehittaminen/tk_painopistealueet/turvallisuus_ja_ymparisto/ymparisto/energia_ja_materiaalitehokkuus/Liukoisuuskokeet_loppuraportti_VTT2012.pdf

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T., & Salminen, R. 1996. Suomen Geokemian Atlas, osa 3. Ympäristögeokemia – purovedet ja –sedimentit. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 149 s.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. & Suomela, P. 2002. Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemialli-

nen laatu vuonna 1999. Summary: One thousand wells – the physical-chemical quality of Finnish well waters in 1999. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 155. 92 s.

Laurila, J. & Hakala, I. 2010. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) - Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa. Suomen ympäristö 25/2010. 87 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37976/SY25_2010.pdf?sequence=1

Lehtinen, H. & Sorvari, J. 2006. Arseenista aiheutuvien riskien hallinta Pirkanmaalla – Esiselvitys ohjauskeinoista ja teknisistä menetelmistä riskien vähentämiseksi. Geologian tutkimuskeskus, Erillisjulkaisut. Extended summary in English. 85 s. + 3 liitettä. http://arkisto.gsf.fi/ej/Task4.web.pdf

Lehtinen, H., Sorvari, J. & Pyy, O. 2007. Risk management of environmental arsenic in Finnish conditions: case Pirkanmaa region. Geologian tutkimuskeskus, Erikoisjulkaisut. 66 s. http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=Tampereregion_RiskManagement2007.pdf

Lehtinen, H., Sorvari, J. & Tuominen, S. 2013. Käsitteelliset mallit riskinarvioinnin kohdentamiseksi. Suomen ympäristökeskus 31.10.2013. 38 s. http://projects.gtk.fi/ASROCKS/hanke/tuotokset.html

Lehto, O., Järvinen, HL., Breilin, O., Dahlbo, K., Nevalainen, J. & Dahlbo, H. 1998. Mallisuunnitelma suolakyllästämöalueen maaperän tutkimiseen ja kunnostamiseen. Suomen ympäristö 245. 180 s.

Lepistö, J., Westerholm, H., Schultz, E., Uljas, J. & Björklöf, K. 2014. Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa. Ympäristöopas 2014. 71 s. (sähköinen julkaisu) https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42681/YO_2014.pdf?sequence=1

Luodes, H., Kauppila, P.M., Teemu Karlsson, T., Nikkarinen, M., Aatos, S., Tornivaara, A., Wahlström, M. & Kaartinen, T. 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. 35 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37032/SY21_2011_Kaivannaisjatteen_luokittelu_pysyvaksi.pdf?sequence=1

Naturvårdsverket 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenade ämnen. Rapport 5799. ISBN 978-91-620-5799-2.pdfhttp://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5799-2.pdf

Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrunds rapport 1. Kemiska och fysikaliska parametrar. Rapport 4920.

Naumanen, P., Sorvari, J., Pyy, O., Rajala, P., Penttinen, R., Tiainen, J. & Lindroos, S. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä – Tutkimukset ja riskienhallinta. Suomen ympäristö nro 543. 145 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY_543.pdf?sequence=1

Närhi, P., Räisänen, M.-L., Sutinen, M.-L. & Sutinen, R. 2012. Effect of tailings on wetland vegetation in Rautuvaara, a former iron–copper mining area in northern Finland. Journal of Geochemical Exploration. Vol. 116 - 117, 60-65. http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.03.005

Näykki, T., Kyröläinen, H., Witick,A., Mäkinen, I., Pehkonen, R., Väisänen, T., Sainio, P. & Luotola, M. 2013. Laatusuositukset ympäristöhallinnon vedenlaaturekistereihin vietävälle tiedolle: vesistä tehtävien analyyttien määritysrajat, mittausepävarmuudet sekä säilytysajat ja tavat. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2013. 54 s. (sähköinen julkaisu) https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40920/OH_4_2013.pdf?sequence=1

Pellinen, J., Sorvari, J. & Soimasuo, M. 2007. Pilaantuneen maaperän ekologinen riskinarviointi. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus. 114 s. http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BEAFEBB44-7EB1-4B42-A08B-EC6ADAA28ADC%7D/91492

Päkkilä, J. 2008. Pintavalutus arseenin ja typen poistossa Suurikuusikon kultakaivoksen valumavesistä. Diplomityö. Oulun yliopisto. 141 s. + liitteet. http://www.oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/johannapakkila.pdf

Ramboll Oy 2011. Rudus Oy:n kiviaineksen kierrätysalue Nokialla – Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 28.2.2011. 84 s. + liitteet

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määritysperusteet. Suomen ympäristö 23/2007. 164 s.

Rintala, Jari & Lonka, Harriet. 2013. Maa-aineslain toimivuuden arviointi. Suomen Ympäristö 12/2013. ISBN 978-952-11-4236-9 (PDF). 91 s. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41933/SY_12_2013.pdf?sequence=1

Räisänen, M-L., Tornivaara, T., Haavisto, T., Niskala, K. & Silvola, M. 2013. Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus. Ympäristöministeriön raportteja 24/2013. 45 s. (sähköinen julkaisu)

Saalo, A., Soosaar, A., Länsimäki, E. & Kauppinen T. 2013. Syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissaan altistuneiksi ilmoitetut Suomessa. ASA 2011. Katsauksia 164. Työterveyslaitos. ISBN 978-952-261-340-0 (PDF).

Saari, H., Vestenius & M. Pesonen, R. 2013. Hiukkasten sisältämän arseenin pitoisuusmittaukset Nokian kiviainesten tuotantoalueella. Ilmatieteen laitos, Ilmanlaadun asiantuntijapalvelut. Helsinki. http:ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatumittausten referenssejä [13.6.2014]

Saari, H., Vestenius, M., Lovén, K. & Pesonen, R. 2014. Hiukkasten sisältämän arseenin pitoisuusmittaukset Nokian kiviainesten tuotantoalueella. Ilmatieteen laitos, Asiantuntijapalvelut, ilmanlaatu ja energia. Helsinki.

Skjelkvåle, B.L., Andersen, T., Fjeld, E., Mannio, J., Wilander, A., Johansson, K., Jensen, J.P. & Moiseenko, T. 2001. Heavy Metal Surveys in Nordic Lakes; Concentrations, Geographic Patterns and Relation to Critical Limits. AMBIO: A Journal of the Human Environment 30(1)2-10. Extended abstract.

Schultz, E. & Joutti, A. 2007. Arsenic Ecotoxicity in Soils. Finnish Environment Institute. Espoo 2007. 53 s. https://gtk.verkkokirjasto.fi/web/arena/ Hakusana: RAMAS

Sorvari, J. & Assmuth, T. 1998. Saastuneiden alueiden riskinarviointi – mitä, miksi, miten. Suomen ympäristökeskus, Ympäristöopas 50. 150 s.

Sorvari, J., Schultz, E., Rossi, E., Lehtinen, H., Joutti, A., Vaajasaari, K. & Kauppila, T. 2007. Risk Assessment of Natural and Anthropogenic Arsenic in Pirkanmaa Region, Finland (Pirkanmaan ympäristön luontaisesta ja antropogeenisesta arseenista aiheutuvien riskien arviointi). Geologian tutkimuskeskus. Erikoisjulkaisu, 96 s. + 4 liitettä. https://gtk.verkkokirjasto.fi/web/arena/ Hakusana: RAMAS

Suomen ympäristökeskus 2012. Air pollutant emissions in Finland 1990–2010 informative inventory report. Part 1. (Kaukokulkeutumissopimukselle toimitetut inventaarioraportit - Informative Inventory Report, IIR_2012_part1.) http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ilman_epapuhtauksien_paastot/CLRTAPraportointi

Suomen Kuntaliitto 2013. Opas rakennusjärjestyksen laatimiseen. 87 s.

Tarvainen, T., Kuula-Väisänen, P. & Härmä, P. 2013. ASROCKS-hankkeen Action 1 vaiheen tutkimuskohteet.45 s. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 3/2103. 45 s. http://projects.gtk.fi/ASROCKS/hanke/tuotokset.html

Toivonen, M. 2010. Kiviainestuotannon pölypäästöt. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 138 s. http://www.infrary.fi/files/3237_Matti_Toivonen.pdf

Työterveyslaitos 2010. Arseenin kemikaalikortti. © IPCS, CEC 2010 (suomennos 2012, © TTL) http://kappa.ttl.fi/kemikaalikortit/khtml/nfin0013.htm

U.S.EPA. 2000. Data Quality Objectives - Process for Hazardous Waste Site Investigations - EPA QA/G-4HW Final. EPA/600/R-00/007. Office of Environmental Information Washington, DC 20460. 72 pages + Appendices A-D. http://www.epa.gov/quality1/qs-docs/g4hw-final.pdf

Verbruggen,E.M.J., Posthumus, R. & van Wezel, A.P. 2001. Ecotoxicological serious risk concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. RIVM report 711701 020. 173 s. + 9 liitettä http://rivm.openrepository.com/rivm/bitstream/10029/9656/1/711701020.pdf

Vitikka, K. ja Valpasvuo, V. 2005. Kunnan ympäristönsuojelumääräykset. Kuntaliitto. 29 s. http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/kunta/ysmaaraykset/Documents/Kunnan_ymparistonsuojelumaaraykset.pdf

Ympäristöministeriö. 2009. Maa-ainesten kestävä käyttö – Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009. 134 s. http://www.ym.fi/download/noname/%7BD54254A5-77D5-4E95-9C7C-62AEB12E42B1%7D/37543

YMra 15/2012. Vesiymparistolle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen saadosten soveltaminen – Kuvaus hyvista menettelytavoista. Tekijät: Airi Karvonen, Tuire Taina, Juhani Gustafsson, Jaakko Mannio, Jukka Mehtonen, Taina Nysten, Marja Ruoppa, Pirjo Sainio, Katri Siimes, Kimmo Silvo, Sirkku Tuominen, Matti Verta, Kari-Matti Vuori ja Lauri Aysto. Ymparistoministerion raportteja 15/2012. 149 s. (sahkoinen julkaisu) http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Raportteja_RA/YMra152012__Vesiymparistolle_vaarallisis(4471)

Ympäristöministeriö 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ohjeluonnos lausuntokierrokselle 26.3.2014. 139 s. + 12 liitettä.

Ympäristöministeriö 2014. Maa-ainesten hyödyntäminen -opas kaivettujen maa-ainesten luokittelusta jätteeksi ja hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnista. Luonnos 20.3.2014 lausuntokierrokselle. 32 s. + liite.

LIITE – APPENDIX

ASROCKS PROJECT: GUIDELINES FOR PRODUCERS, EARTHWORK CONTRACTORS, AND AUTHORITIES. A PRINT FROM WWW-PAGES (http://projects.Gtk.Fi/asrocks_eng/guidelines/)

The natural concentrations of arsenic and other potentially harmful elements in soil and bedrock vary between different parts of Finland. The Tampere–Häme region in southern Finland is characterized by elevated natural concentrations of arsenic in the most common soil parent material, glacial till. In some cases, arsenic concentrations are also elevated in bedrock, groundwater and even in humus. The same applies in other countries. Arsenic concentrations are often higher in central and southern Europe than in Fennoscandia. Read more at: Arsenic regions

It is important to ensure that no harmful amounts of arsenic or other potentially harmful elements end up in groundwater or surface waters during major earthworks or excavations in rock aggregate production. The long-term use of drinking water containing high concentrations of arsenic poses a risk to human health, whereas arsenic in surface waters may particularly cause adverse effects on aquatic organisms. The generic guidelines developed during the ASROCKS project suggest methods for pathway recognition, sampling, the choice of analytical methods and selection of risk management tools. Read more at: Aggregate production and Construction.

The ASROCKS project did not develop any specific classification method for aggregate products. In the European Economic Area, CE marking will be required for aggregate products. The results from the different leaching tests applied in the ASROCKS project could also be useful for selecting suitable leaching test methods in other parts of Europe. Read more at: Aggregate products.

According to the results from the ASROCKS demonstration sites, the most important subjects to study when a new aggregate production site or construction site is being set up can be summarized in the list of seven Key issues.

Arsenic regions

The natural concentrations of arsenic and other potentially harmful elements in soil and bedrock vary between different parts of Finland. The Tampere–Häme region in southern Finland is characterized by elevated natural concentrations of arsenic in the most common soil parent material, glacial till. In some cases, arsenic concentrations are also elevated in bedrock, groundwater and even in humus. The same applies in other countries. Arsenic concentrations are often higher in central and southern Europe than in Fennoscandia

Report: Method for delineating regions with high baseline concentration: Download pdf

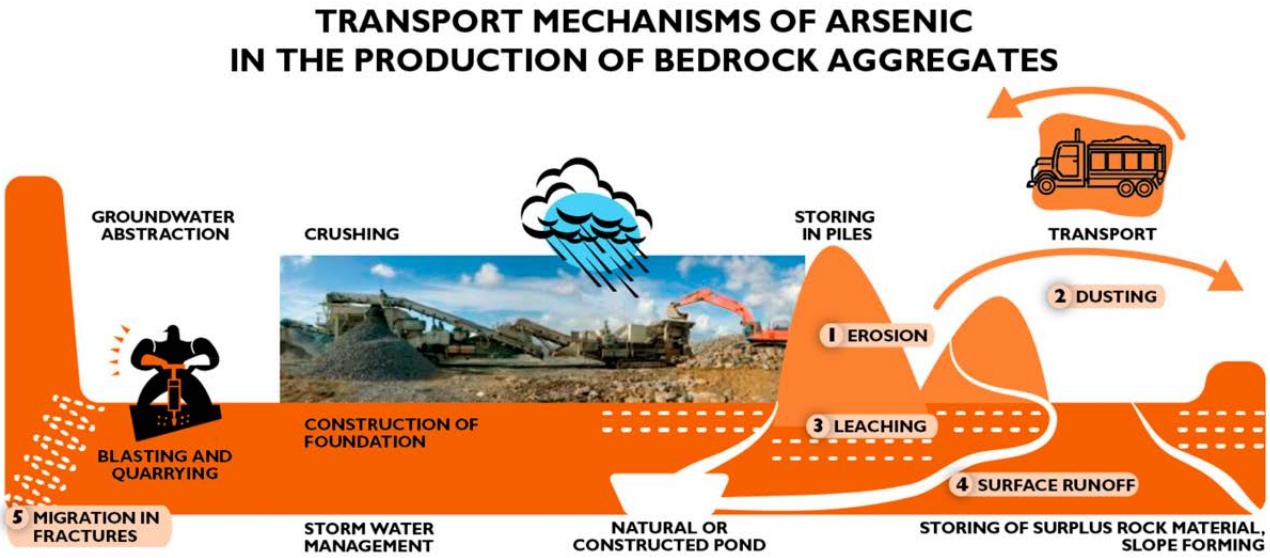
Geochemical baselines in Europe: Geochemical Atlas of Europe

Aggregate production

The toxicological risks of aggregate production to the environment in areas with elevated concentrations of arsenic (or other potentially harmful elements) can be preliminarily recognized on the basis of a conceptual model that describes how arsenic is spread from the production site to the surrounding areas and what the potential exposure routes are.

On aggregate production sites, the toxicological risks comprise the following three components, see Figure.

1. Source: Arsenic in the production area: Rock or soil types or geological features such as cracks, veins or dykes or aggregate products stored on site and containing elevated arsenic concentrations.
2. Pathways: Possible transport of arsenic to and with surface water, groundwater or air dust.
3. Recipients: Important groundwater reservoirs, vulnerable species in receiving water bodies, human beings etc.



An accurate and comprehensive conceptual model is helpful in the selection of sample types and sampling locations, analytical methods and scenarios for risk assessment, and in the identification of potential risk management tools. Read more at: Report: Preliminary risk assessment for rock aggregate production and construction sites – Building a Conceptual Site Model and defining worst case scenarios Download pdf Report: Risk assessment and risk management tools Download pdf (Available on 30 June 2014) Report: Sampling and analysis Download pdf

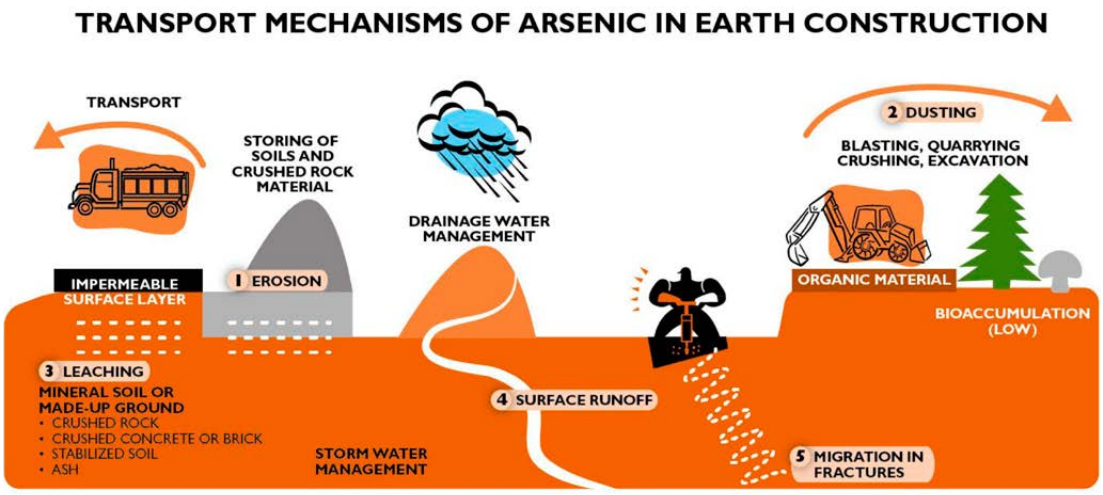
Aggregate products

According to the Construction Products Regulation (CPR), the CE marking of an aggregate product includes information on its technical properties and the dangerous substances it can contain. The test methods and the need for testing of dangerous substances in a construction product are still under development at the European level. Nevertheless, the basic principle will be that all those construction products from which dangerous substances might be released to soil, groundwater or surface water shall be tested. The leachability of dangerous substances will be tested as a part of the CE marking process in the future. This means that aggregate products will also be tested. The European test methods for leaching are under validation. One of the leaching tests is quite similar to the method used in the ASROCKS project. There are no national or European threshold values for the interpretation of the leaching test results.

Arsenic in regional planning and construction

Elevated concentrations of arsenic in soil and in bedrock should already be taken into account in regional or detailed planning. In order to provide adequate information for land-use planning and decision making, cities located in the arsenic-containing areas need systematic information on the regional distribution of arsenic. The local arsenic risk map and associated measures can be included in the local building code.

Construction can involve the excavation of arsenic-containing soils and small-scale production of aggregates with elevated arsenic concentrations. The risks of construction and aggregate production to the environment can be identified on the basis of a conceptual model that describes how arsenic can be spread from the production site to the surrounding areas and what the potential exposure routes are. If necessary, two conceptual models can be defined: one for the construction period and one for the built environment.



On construction sites, the toxicological risks comprise the following three components, see Figure.

1. Source: Arsenic at the construction site: Rock or soil types or geological features such as cracks, veins or dykes or aggregate products stored on site and containing elevated arsenic concentrations.
2. Pathways: Possible transport of arsenic to and with surface water, groundwater or air dust.
3. Recipients: Important groundwater reservoirs, vulnerable species in receiving water bodies, human beings etc.

An accurate and comprehensive conceptual model is helpful in the selection of the sample types and sampling locations, analytical methods and scenarios for risk assessment, and in the identification of potential risk management tools. Sometimes, aggregates with elevated arsenic concentrations can be utilized on site if all transport routes such as direct contact with arsenic-containing topsoil or transport by surface waters is preventable.

The following reports developed for aggregate production can also be useful for construction sites.

Preliminary risk assessment for rock aggregate production and construction sites – Building a Conceptual Site Model and defining worst case scenarios Download pdf
Report: Risk assessment and risk management tools Download pdf (Available on 30 June 2014)
Report: Sampling and analysis Download pdf

Key issues

According to the results of the ASROCKS demonstration sites, the most important questions to address when a new aggregate production site or construction site is being set up are as follows:

- Is the new site located within an arsenic province, i.e. in the geological region with naturally elevated arsenic concentrations?
- What are the rock types at the site?
- Is there any information on elevated arsenic concentrations at the site or in its surroundings?
- What is the direction of surface water runoff from the site?
- Are there any valuable natural resources or protected ecosystems or species in the surroundings?
- Are there any private household wells or important groundwater aquifers nearby (within 300–500 m)?
- What is the planned land use and would this involve playgrounds or residential areas?

www.gtk.fi
info@gtk.fi

Tämän oppaan kiviainesten ottoon arseenialueilla ovat laatineet Geologian tutkimuskeskuksen, Tampereen teknillisen yliopiston ja Suomen ympäristökeskuksen tutkijat yhdessä Pirkanmaan eteläosan ja Kanta-Hämeen kuntien, ELY-keskusten, toiminnanharjoittajien ja konsulttiyritysten kanssa. Suosituksia voi soveltaa myös muilla luontaisesti arseenia sisältävillä alueilla. ASROCKS-hanke ”Ohjeistus kivi- ja maa-ainesten kestävään käyttöön luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien alueilla” toimi vuosina 2011–2014. Hankkeen päärahoittajat olivat EU:n Life+ ympäristöpolitiikka ja -hallinto -ohjelma sekä osallistuvat organisaatiot. Opas ei ole sitova viranomaisohje, vaan se tukee olemassa olevaa ohjeistusta.

Suositukset arseenipitoisuuksien selvittämiseen ja riskien arviointiin on koottu lukuihin 4 ja 5. Suositukset perustuvat pääosin ASROCKS-hankkeen tuloksiin, joiden yhteenveto on esitetty tässä oppaassa. Hankkeen kaikki tulokset on julkaistu yksityiskohtaisemmin erillisissä raporteissa. Suositusten taustatietoina esitetään tietoa arseenin ominaisuuksista ja esiintymisestä sekä terveys- ja ympäristövaikutuksista. Kiviainestuottajia ja maarakentajia koskevat velvoitteet ja nykykäytännöt kuvataan ja lisäksi annetaan suosituksia siitä, miten ympäristötutkimusten tuloksia tulisi tulkita. Lopuksi esitetään keinoja ympäristökuormituksen rajoittamiseksi.

The guidelines for the exploitation of natural aggregate resources in areas with elevated natural arsenic concentrations in bedrock and soil have been compiled by researchers of the Geological Survey of Finland, Tampere University of Technology, and the Finnish Environment Institute, together with municipalities, Centres for Economic Development, Transport and the Environment, entrepreneurs and consulting companies of the Southern Tampere and Häme regions. The guidelines can also be applied in other areas with elevated natural arsenic concentrations. The ASROCKS project “Guidelines for Sustainable Exploitation of Aggregate Resources in Areas with Elevated Arsenic Concentrations” was carried out in 2011–2014. The project was mainly funded by the EU’s Life+ Environment Policy and Governance programme and the partners of the project. The guidelines are not a mandatory regulation for authorities, but serve in supporting existing guidance.

Chapters 4 and 5 summarize the recommendations for the assessment of arsenic concentrations and related risks. The recommendations are mainly based on the results of the ASROCKS project. The project results are summarized in this report; detailed results are presented in separate reports. As background to the recommendations, information is provided on the characteristics and occurrence of arsenic, as well as the health and environmental effects. The obligations and present practices of aggregate producers and earthwork contractors are described. Recommendations are also given on how to interpret the results of environmental investigations. Finally, means for reducing the environmental load are presented.

All GTK’s publications online at hakku.gtk.fi

LIFE10ENV/FI/000062 ASROCKS

ISBN 978-952-217-289-1 (PDF)
ISBN 978-952-217-288-4 (nid.)
ISSN 0781-643X