



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# KAIVANNAISJÄTEALUEIDEN KARTOITUS

Kartoitusohjeen sekä tietojen saatavuuden arviointi

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniikka  
Ympäristötekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2011  
Kaisa Niskala

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikka

NISKALA, KAISA: Kaivannaisjätealueiden kartoitus  
Kartoitusohjeen sekä tietojen saatavuuden  
arviointi

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 89 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2011

## TIIVISTELMÄ

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on arvioida Suomen kannalta Euroopan komission ja jäsenvaltioiden muodostaman työryhmän suljettujen tai hylättyjen kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laatimaa ohjetta sekä tarkastella kaivannaisjätealueita koskevien tietojen saatavuutta. Opinnäytetyön taustalla on Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta, jossa vaaditaan jäsenmaita kartoittamaan vakavaa ympäristö- tai terveyshaittaa tai niiden vaaraa aiheuttavat suljetut ja hylätyt kaivannaisjätealueet. Opinnäytetyö toteutettiin Suomen ympäristökeskukselle (SYKE), ja se on osa SYKEN, Geologian tutkimuskeskuksen ja Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen KAJAK-projektia. Projektin tavoitteena on täyttää direktiivin mukainen vaatimus kaivannaisjätealueiden kartoituksesta.

Työ perustuu tiedonhankintaan ja sen soveltamiseen. Aluksi kartoitusohje arvioitiin yleisesti soveltamalla hankittua tietoa. Tämän jälkeen ohjeen käytettävyyttä sekä tarvittavien tietojen saatavuutta arvioitiin neljän kaivannaisjätealueen avulla. Lisäksi tarkasteltiin jätealueiden mahdollisiin riskeihin liittyviä tekijöitä sekä tuotiin esille kohteiden todelliset ympäristövaikutukset.

Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että kartoitusohje osoittaa suuresta kohdejoukosta selkeästi haitallisimmat tai vaarallisimmat alueet. Ohjeen mukaisessa tarkastelussa osa riskeistä voi jäädä tulematta ilmi. Kaivannaisjätealueiden suhteellisen vähäisen määrän vuoksi Suomessa kartoitukseen voidaan ottaa mukaan kysymyksiä myös ohjeen ulkopuolelta, ja tarkastella fysikaalisen stabiiliisuuden lisäksi tarkemmin kaivannaisjätteen kemiallista stabiiliisuutta. Ohjeen vuokaviomainen kysymysmenettely voidaan osittain korvata tietojen taulukoinnilla, ja tietoihin perustuvilla asiantuntijoiden tarkasteluilla.

Jätealueita koskevan tiedon saatavuudessa on suurta vaihtelua. Osasta kohteita löytyy kiitettävästi tietoa, ja osasta ei juuri lainkaan. Tietoja ei ole usein saatavilla keskitetysti, jolloin niiden hakeminen eri lähteistä on työlästä.

Avainsanat: kaivannaisjäte, kaivannaisjätedirektiivi, kaivosteollisuus, ympäristönsuojelu, ympäristövaikutukset

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Technology

NISKALA, KAISA: The inventory of mine waste facilities  
Evaluation on the guidance document  
and the availability of the information

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 89 pages, 8 appendices

Spring 2011

## ABSTRACT

---

The purpose of this Bachelor's thesis was to evaluate the guidance document for the inventory of closed or abandoned mine waste facilities developed by the European Commission and the Member States from the perspective of Finland, and to assess the availability of the information of the mine waste facilities. In the background of this study is the Directive of the European Parliament and the Council on the Management of Waste from the Extractive Industries, which requires that each Member State has to make an inventory of the closed or the abandoned mine waste facilities which can cause serious threat to human health or the environment. The thesis was made for the Finnish Environment Institute (SYKE) as a part of the KAJAK project of SYKE, the Geological Survey of Finland and the Kainuu Centre for Economic Development, Transport and the Environment. The aim of the project is to qualify for the Directive.

The thesis was based on the acquisition and application of the information. The guidance document was generally assessed by applying the information obtained for the study, and the usability of the document and the availability of the required information were estimated through four mine waste facilities. Also the essential factors related to the risks posed by the facilities were reviewed, and the environmental impacts of them were brought out.

On the basis of the study it can be said that the guidance document is a simplified instrument with the aim of addressing the clearly most dangerous mine waste facilities from a great number of facilities. When applying the document, it is possible that some of the risks will not come out. Due to a relatively small amount of old waste facilities in Finland, it is possible to include more questions than presented in the guidance document, and review not only the physical stability of the facility, but also more specifically the chemical stability. The flowchart-like approach presented in the document could be partly replaced on tabulation of the data, and on expert evaluation based on it. A large variation occurs in the availability of the information. There is a lot of data available for some facilities whereas almost no information is available for some other. For most questions, there is not a centralized source of information, and retrieving the data from different sources is laborious.

Keywords: mine waste, mine waste directive, mining industry, environmental protection, environmental impacts

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KAIVANNAISJÄTEALUEIDEN KARTOITUS -PROJEKTI	4
3	KAIVOSTOIMINTAA JA KAIVANNAISJÄTETTÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	6
3.1	Kaivoslaki	6
3.2	Ympäristösuojelulaki ja vesilaki	7
3.3	Patoturvallisuuslaki	8
3.4	Jätelaki ja -asetus	8
3.5	Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista	9
4	KAIVOSTOIMINTA	10
4.1	Kaivosteollisuus Suomessa	10
4.2	Kaivosten ja kaivoskivennäisten määritelmiä	14
5	KAIVANNAISJÄTE	16
5.1	Kaivannaisjätteiden muodostuminen	16
5.2	Tietoja kaivannaisjätteiden määristä	18
5.3	Kaivannaisjätteiden jäteluokittelu	20
5.4	Kaivannaisjätealueiden määritelmiä	21
5.5	Kaivannaisjätealueet Suomessa	22
5.6	Kaivospadot	22
5.7	Kemiallinen stabiilisuus	24
5.8	Hapan kaivosvaluma	25
5.9	Raskasmetallit	28
5.9.1	Raskasmetallit maaperässä	28
5.9.2	Raskasmetallit vesistössä	29
5.10	Rikastusprosessi ja kemikaalit	30
5.11	Kaivannaisjätealueiden sulkemistoimenpiteet	30
6	KAIVANNAISJÄTEALUEIDEN KARTOITUKSEN SUORITTAMINEN	32
6.1	Kartoituksen vaatimukset	35
6.2	Riski ja riskinarviointi	36
6.3	Kaivannaisjätealueiden kartoitus Irlannissa	36
7	OHJEEN KÄSITTELY JA ARVIOINTI	39

7.1	Kartoitusohjeen tarkastelu	39
7.2	Pilot-kohteet	45
7.2.1	Hammaslahden kaivos	46
7.2.2	Aijalan kaivos	49
7.2.3	Keretin kaivos	52
7.3	Rautuvaara	56
8	TIETOJEN SAATAVUUDEN ARVIOINTI	59
8.1	Onnettomuustiedot	59
8.2	Tiedot kaivoksen toiminnasta	59
8.3	Kaivannaisjäsjätteiden ja -jätealueiden ominaisuustiedot	60
8.4	Pintavesitiedot	61
8.5	Pohjavesitiedot	62
8.6	Asutustiedot	63
8.7	Tiedot pelloista ja karjasuojista	63
8.8	Tiedot suojelualueista	64
8.9	Tiedot havaituista ympäristövaikutuksista	64
8.10	Muut kuormitustiedot	65
8.11	Päätelmiä tiedon saatavuudesta	66
9	YHTEENVETO	67
	LÄHTEET	72
	LIITTEET	90

## SANASTO

**AMD:** Acid Mine Drainage. Ks. Hapan kaivosvaluma

**Hapan kaivosvaluma:** sulfidimineraalien hapettumisreaktioiden aiheuttamat, kaivoksilta ja niiden jätealueilta peräisin olevat happamat valumavedet

**Harmem mineraali:** taloudellisesti hyödyntämiskelvoton mineraali

**Kaivannaisteollisuus:** teollisuuden ala, johon sisältyvät kaivosteollisuus, kiviainesala ja luonnonkiviteollisuus

**Kaivannaisjäte:** kiviaineksen louhinnassa ja mineraalien rikastuksessa syntyvä sivutuote

**Kaivosteollisuus:** kaivoslain alainen kaivannaisteollisuuden muoto

**Kemiallinen muutunta:** yhdisteiden muuttumista siten, että muodostuu uusia yhdisteitä

**Malmi:** taloudellisesti hyödynnettävä mineraaliesiintymä

**Maanpoistomassat:** maamassat, jotka poistetaan louhittavan malmin tieltä

**Mineraali:** alkuaine tai epäorgaaninen yhdiste, joka esiintyy luonnossa

**Redox-potentiaali:** hapetus- ja pelkistyspotentiaali. Kertoo nesteessä olevien hapettavien ja pelkistävien aineiden määrästä.

**Rikastus:** prosessi, jossa malmista erotellaan taloudellisesti arvokas aines

**Rikastushiekka:** rikastuksessa syntyvä vesipitoinen sivutuote

**Rikastushiekka-allas:** rikastushiekkan läjitykseen osoitettu alue

**Sivukivi:** taloudellisesti arvoton, malmin louhinnan yhteydessä irrotettava ki-  
viaines

**Sulfidi:** epäorgaaninen tai orgaaninen rikin yhdiste

**Sulfidimalmi:** malmi, jossa metallit ovat rikkiin sitoutuneena

### **Alkuaineet**

**Ag:** hopea

**As:** arseeni

**Ba:** barium

**Be:** beryllium

**Cd:** cadmium

**Co:** koboltti

**Cr:** kromi

**Cu:** kupari

**Hg:** elohopea

**Ni:** nikkeli

**Pb:** lyijy

**Sb:** antimoni

**Se:** seleeni

**Sn:** tina

**Te:** telluuri

**Tl:** tallium

**U:** uraani

**V:** vanadiini

**Zn:** sinkki

## 1 JOHDANTO

Kaivannaisteollisuudesta peräisin oleva jäte on yksi suurimpia jätevirtoja EU:ssa. Arviolta 29 % kaikesta vuosittain syntyvästä jätteestä on kaivannaisjätteitä. Tämä tarkoittaa määrällisesti noin 400 miljoonaa tonnia. (European Environmental Agency 2001.) Kaivannaisjätteitä ovat mineraalien louhinnassa sekä prosessoinnissa syntyvät kiinteät tai nestemäiset sivutuotteet, jotka ovat sillä hetkellä taloudellisesti arvottomia, ja jotka sijoitetaan kaivannaisalueelle (Lottermoser 2007, 3).

Vuonna 2006 tuli voimaan Euroopan unionin asettama direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta (2006/21/EY). Direktiivin lähtökohtana on tietoisuus kaivannaisjätteiden mahdollisista haitta-vaikutuksista ympäristölle ja terveydelle. Direktiivin taustalla ovat erityisesti kaivannaisjätealueilla sattuneet suuronnettomuudet muun muassa Espanjassa ja Romaniassa. (Comission of the European Communities 2003.) Espanjassa Aznacollarin suldifidimalmikaivokselta pääsi ympäristöön viisi miljoonaa kuutiometriä rikastushiekkajätettä vuonna 1998 (Fundación Eroski 2002). Romaniassa sattui vuonna 2000 kaksi kaivosten jätealueiden aiheuttamaa onnettomuutta. Baia Maren kultakaivokselta pääsi vesistöihin noin 100 000 m<sup>3</sup> syanidipitoista lietemäistä jätettä rankkasateiden ja lumensulamisvesien aiheuttamien patomurtumien vuoksi. Baia Borsan kaivoksen jätealueelta kulkeutui raskasmetallipitoisia jätevesiä ja lietteitä ympäristöön yli 100 000 m<sup>3</sup> niin ikään rankkasateiden aiheuttaman padon sortumisen seurauksena. (Lucas 2001.)

Kaivannaisjätedirektiivi asettaa vaatimuksia liittyen kaivannaisjätealueen suunnitteluun, toimintaan, sulkemiseen ja jälkihoitoon. Direktiivin keskeisenä tavoitteena on varmistaa kaivannaisjätealueiden pitkäaikainen stabiilisuus sekä estää tai minimoida niiden aiheuttama ympäristön saastuminen. Vaikka useimmilla jäsenvaltiolla on jo valmiiksi kyseisiä asioita kontrolloivia säädöksiä, koettiin yhdenmukaisten vaatimusten asettaminen tärkeäksi kaivannaisteollisuuden, ja sitä säätelevien määräysten monimuotoisuuden vuoksi. (Comission of the European Communities 2003.)

Kaivannaisjätedirektiivi saatettiin Suomessa voimaan valtioneuvoksen asetuksella kaivannaisjätteistä (VNa 379/2008) sekä muutoksilla ympäristönsuojeluasetuksessa (169/2000), valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista (861/1997) sekä valtioneuvoston asetuksessa maa-ainesten ottamisessa (926/2005) (Valtion ympäristöhallinto 2009a). Kaivannaisjäteasetus tuli voimaan 5.6.2008. Asetusta sovelletaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaan, jätealueen perustamiseen, hoitoon, käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon sekä kaivannaisjätteen hyödyntämiseen tyhjässä louhoksessa. Lisäksi asetusta sovelletaan jätehuollon tarkkailuun, valvontaan ja seurantaan kaivoksella. Asetuksen soveltamisen ulkopuolelle jää suuronnettomuuden vaaraa aiheuttamattomalle kaivannaisjätealueelle sijoitettava pysyvä kaivannaisjäte, pilaantumaton maa-aines ja turvetuotannon yhteydessä syntynyt kaivannaisjäte. (Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 379/2008, 1 §.)

Kaivannaisjäteasetuksessa määrätään, että vakavaa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa aiheuttavat käytöstä poistetut kaivannaisjätteiden jätealueet tulee kartoittaa (15 §). Tämän Suomen ympäristökeskukselle toteutetun opinnäytetyön tarkoitus on arvioida komission ja EU:n jäsenmaiden muodostaman työryhmän kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laatimaa ohjeistusta ja kaivannaisjätealueita koskevien tietojen saatavuutta. Työn tavoitteena on arvioida, soveltuuko ohjeisto Suomeen sellaisenaan vai onko siihen tarpeen tehdä muutoksia tai lisäyksiä. Ohjetta arvioidaan soveltamalla hankittua tietoa ja tarkastelemalla neljää kaivannaisjätealuetta, jotka ovat Hammaslahden, Aijalan, Keretin ja Rautuvaaran kaivosten rikastushiekka-altaat. Lisäksi tarkastellaan kohteiden mahdollisesti aiheuttamiin riskeihin ja todettuihin ympäristövaikutuksiin liittyviä tekijöitä. Myös tietojen saatavuutta arvioidaan pilot-kohteiden avulla. Tietojen saatavuuden arviointi koskee lähinnä kaivannaisjätealueista julkisesti saatavilla olevia aineistoja sekä Ympäristöhallinnon aineistoja. Opinnäytetyö on osa projektin ensimmäistä vaihetta ennen varsinaisen kaivannaisjätealueiden kartoituksen aloittamista.

Opinnäytetyössä on keskitytty metallimalmikaivosten, erityisesti sulfidimalmikaivosten kaivannaisjätealueiden tarkasteluun. Sulfidimalmikaivoksilla tunnetaan olevan eniten haitallisia ympäristövaikutuksia (Heikkinen & Noras 2005, 14). Opinnäytetyössä ei ole käsitelty maa-ainelain alaista kiviaines- ja luonnonkivilouhintaa, sillä se on rajattu projektissa selvityksen ulkopuolelle haitta-

vaikutustensa vähyyden vuoksi. Tarkempaan riskinarviointimenettelyyn ei tässä opinnäytetyössä ole pureuduttu, sillä kartoituksen ei ole tarkoitus olla kaivannaisjätealueiden varsinainen riskinarviointi vaan kevyt riskiperusteinen selvitys.

## 2 KAIVANNAISJÄTEALUEIDEN KARTOITUS -PROJEKTI

Kaivannaisjäteasetuksen (2006/21/EY) 20. §:ssä sanotaan, että kaivannaisjätealueet, jotka aiheuttavat vakavia haitallisia ympäristövaikutuksia tai jotka voivat lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä aiheuttaa suurta vaaraa ihmisen terveydelle tai ympäristölle, tulee kartoittaa riskiperusteisia arvioita käyttäen. Lyhyellä aikavälillä tarkoitetaan yleensä 6–12 kuukautta ja keskipitkällä aikavälillä 1–10 vuotta (Stanley, Jordan & Hamor 2011).

Vakavana vaarana terveydelle tarkoitetaan sellaista vahinkoa, joka aiheuttaa työkyvyttömyyttä tai pitkäaikaista terveyden huonontumista (Komission päätös 2009/337/EY, 4 §). Ympäristön suhteen vakavaa vaaraa päätöksessä ei ole määritetty, mutta siinä on määritetty käsite "vähäinen vaara". Vaaran mahdollisuus on vähäinen, jos

1. päästöjen voimakkuus pienenee huomattavasti lyhyellä aikavälillä,
  2. jätealueella tapahtunut vahinko ei aiheuta pitkäaikaista tai pysyvää haittaa tai
  3. jätealueen pilaantunut ympäristö voidaan saattaa ennalleen vähäisillä toimenpiteillä
- (4 §).

Kaivannaisjäte määritellään jätteeksi, joka on peräisin mineraalien etsinnästä, louhinnasta, rikastuksesta ja varastoinnista sekä louhoksen toiminnasta (Direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta 2006/21/EY, 2 §). Kartoitukseen on otettava mukaan myös mahdollisesti radioaktiivista kaivannaisjätettä sisältävät jätealueet, mutta tarkastelussa huomioidaan vain jätealueiden toksisuus, ei radioaktiivisuutta. Jokaista jätealuetta tulee tarkastella erikseen. (Stanley ym. 2011.) Maa-aineslain alaisten kaivannaiskohteiden jätealueita selvitykseen ei sisällytetä, koska niihin ei sisälly direktiivissä kuvatun vakavan vaaran uhkaa (Aatos 2011). Maa-aineslain alaista kaivannaistoimintaa ovat soran-, kiven-, mullan-, saven- ja hiekanotto (Maa-aineslaki 555/1981, 1 §).

Valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (379/2008) sanotaan seuraavasti:

*Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen on merkittävä ympäristönsuojelun tietojärjestelmään tiedot käytöstä poistetuista tai hylätyistä vakavaa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa aiheuttavista kaivannaisjätteen jätealueista [...] (15 §).*

Tiedot jätealueista tulee julkaista 1.5.2012 mennessä (VNa 379/2008, 18 §) ja tiedostoa täytyy päivittää säännöllisesti (15 §).

Alkuvuodesta 2011 käynnistettiin projekti, jonka tarkoituksena on täyttää vaatimus kaivannaisjätealueiden kartoituksesta. Mukana projektissa ovat SYKE, Geologian tutkimuskeskus (GTK) ja Kainuun Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. GTK:lla ja Kainuun ELYllä on vahvaa kaivosalan asiantuntemusta ja SYKellä ympäristöhallinnon tietojärjestelmien sekä -aineistojen tuntemusta.

Projektin tavoitteena on ympäristöhallinnon ja GTK:n tietojärjestelmissä olevien kaivannaisjätealueiden tunnistaminen, riskialueiden kartoitus sekä kaivannaisjäte-direktiivin mukaista luokittelua varten tarvittavan tiedon saatavuuden ja luotettavuuden arviointi. Tavoitteena on saada lopputulokseksi tiedosto, joka sisältää kaikki tiedossa olevat, Suomen kaivoslain alaisten suljettujen tai hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueet sekä tarvittavat tiedot alueista.

### 3 KAIVOSTOIMINTAA JA KAIVANNAISJÄTETTÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Kaivostoimintaa on säädelty yleisillä laeilla Suomessa 1700-luvulta lähtien. Sitä ennen toimintaa säädeltiin kaivoskohtaisilla erioikeuksilla ja vuorijärjestyksillä. (Tuomainen 2001, 359.) Nykyään Suomessa merkittävimpiä kaivostoimintaa sääteleviä lakeja ovat kaivoslain (503/1965) ohella ympäristönsuojelulaki (86/2000), vesilaki (264/1961), jätelaki (1072/1993) (Heikkinen & Noras 2005, 29–31) sekä valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (379/2008). Lisäksi mittavan hankkeen ollessa kyseessä tulevat sovellettaviksi myös sekä laki (468/1994) että asetus (268/1999) ympäristövaikutusten arvioinnista (Heikkinen & Noras 2005, 30–31).

Kaivannaisjätedirektiivi ja valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä ovat keskeisintä kaivannaisjätteitä ja -jätealueita koskevaa lainsäädäntöä. Niiden lisäksi merkittäviä säädöksiä sisältyy myös muun muassa jätelakiin, patoturvallisuuslakiin (494/2009), ympäristönsuojelulakiin (Heikkinen & Noras 2005, 36–37) sekä valtioneuvoston asetukseen pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007).

#### 3.1 Kaivoslaki

Kaivoslaki koskee kaivoskivennäisten etsimistä, kaivosalueen valtaamista ja kaivoskivennäisten hyödyntämistä (KaivosL 503/1965, 1 §). Laissa tarkoitettuja kaivoskivennäisiä ovat metalliset malmit (mm. kulta, sinkki ja kupari), teollisuusmineraalit (mm. grafiitti, timantti ja talkki) ja jalokivi sekä luonnonkivistä marmori ja vuolukivi (2 §). Muiden luonnonkivien hyödyntäminen ei kuulu kaivoslain piiriin, vaan sitä säätelee maa-aineslaki (Heikkinen & Noras 2005, 11). Vuonna 1965 annettu kaivosasetus (663/1965) tarkentaa kaivoslakia.

Kymmeniä vuosia vanhan kaivoslain uudistamisesta on vuonna 2009 annettu hallituksen esitys, jonka käsittely on meneillään eduskunnassa. Hallituksen esityksen mukaan lain keskeisenä tavoitteena on turvata mahdollisuudet kaivostoimintaan ja malmin etsintään niin yhteiskunnallisesti, taloudellisesti kuin ekologisestikin kestäväällä tavalla. Lisäksi lain tavoitteiksi määritellään kuntien vaikuttamismahdolli-

suuksien turvaaminen ja oikeusturvan toteutumisen varmistaminen sekä kansalaisten vaikuttamismahdollisuuksia koskevien vaatimusten huomioiminen. Esityksen mukaan kaivoslaissa säädettäisiin "malminetsintää, kaivostoimintaa ja kullanhuuhtontaa harjoittavien oikeuksista ja velvollisuuksista toiminnan aikana sekä lopetus- ja jälkitoimenpiteistä". Kaivoslain soveltamisala pysyisi ehdotuksen mukaan entisellään. (Hallituksen esitys Eduskunnalle kaivoslaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi 273/2009.)

### 3.2 Ympäristösuojelulaki ja vesilaki

Ympäristönsuojelulakia ja ympäristönsuojeluasetusta sovelletaan ympäristön pilaantumista tai sen riskiä aiheuttavaan toimintaan, jätettä tuottavaan toimintaan sekä jätteen käsittelyyn (YSL 86/2000, 2 §). Kaivostoiminta kuuluu täten lain ja asetuksen soveltamisalaan. Lain keskeisimpiä tavoitteita ovat muun muassa luonnonvarojen kestävä käytön edistäminen, ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen, pilaantumisesta aiheutuvien vahinkojen vähentäminen ja poistaminen sekä jätteen synnyn ehkäiseminen (1 §).

Kaivannaisjätealueet voivat aiheuttaa maaperän pilaantumista, joka kielletään ympäristösuojelulain 7. §:ssä. Lain mukaan pilaamiskiellolla tarkoitetaan sitä, että maaperään ei saa päästää sellaisia jätteitä, aineita tai organismeja, jotka vaikuttavat haitallisesti maaperään aiheuttaen esimerkiksi terveys- tai ympäristöhaittoja tai viihtyisyyden huomattavaa vähenemistä (7 §). Ympäristönsuojelulaki sisältää myös pohjaveden pilaamiskiellon (8 §). Pilaantunut maa-alue tai pohjavesi voidaan määrätä puhdistettavaksi (79 §).

Kaivostoimintaan liittyviä keskeisiä vesilain (264/1961) soveltamisalueita ovat esimerkiksi pohjaveden ottaminen ja johtaminen, vesistön säännöstely ja järjestely sekä ojitus. Vuonna 2000 tuli voimaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista (2000/60/EY), jonka tavoitteena on 1. §:n mukaan muun muassa parantaa vesiensuojelua, vähentää vesien pilaantumista ja edistää kestävä vedenkäyttöä. Direktiivi saatettiin Suomessa voimaan lailla (1299/2004) ja asetuksella (1040/2006) vesienhoidon järjestämisestä sekä muutoksilla ympäristönsuojelulakiin ja vesilakiin (Rinta 2005). Vesipuitediirektiivin

toteuttaminen vaikuttaa osaltaan myös kaivosteollisuuden toimintaan ympäristön-suojeluvaatimuksia kiristävästi (Heikkinen & Noras 2005, 30).

### 3.3 Patoturvallisuuslaki

Nykyinen patoturvallisuuslaki tuli voimaan 1.10.2009 ja sitä täsmentävä valtio-neuvoston asetus patoturvallisuudesta 5.5.2010. Patoturvallisuuslaki ohjaa patojen rakentamista, kunnossapitoa ja käyttöä (Patoturvallisuuslaki 494/2009, 1 §). Kai-vospatoihin sovelletaan joko vesistö- tai jätepatovaatimuksia riippuen padottavan aineen olomuodosta. Laki ei koske kaivosten maanalaisia patoja, vaan niihin so-velletaan kaivoslakia. (Maijala 2010.)

### 3.4 Jätelaki ja -asetus

Jätelaki koskee muun muassa jätettä, jätteen syntymisen ja roskaantumisen ehkäi-semistä sekä jätehuollon järjestämistä (Jätelaki 1072/1993, 1 §). Laissa jätteellä tarkoitetaan "ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä" (2 §). Jäteasetuksen (1390/1993) liitteen 1, kohdan Q11 mukaan jätelain soveltamisalaan kuuluvaa jätettä on ”raaka-aineiden erottamisessa ja prosessoinnissa syntyneet jäännöstuot-teet, kuten kaivostoiminnan jäännöstuotteet ja öljykenttien lietteet”. Kuitenkin jäteasetuksen 1. §:n muuttamista koskevan asetuksen (294/1997) 1. §:ssä sanotaan, että asetusta ei sovelleta

*kaivostoiminnassa syntyvään ja siinä tai muualla harjoitettavan kai-vostoiminnan yhteydessä hyödynnettävään tai käsiteltävään vaarat-tomaan maa- ja kiviainesjätteeseen, jos jäte hyödynnetään tai käsi-tellään kaivoslain nojalla hyväksytyn suunnitelman mukaisesti.*

Kaivoslaissa niitä ympäristölle vaarattomia jäännöstuotteita, jotka varastoidaan kai-vosalueelle tai voidaan hyödyntää uudelleen kaivostoiminnan myöhemmässä vai-heessa tai jalostaa edelleen, ei luokitella jätteeksi vaan sivutuotteiksi (KaivosL 503/1965, 40 §). Se, tuleeko kaivoslain mukaisiin sivutuotteisiin soveltaa ainoas-taan kaivoslakia vai myös jätelakia, on aiheuttanut epäselvyyttä. Kaivoksen jään-

nöstuotteiden määrittely joko jätteeksi tai sivutuotteeksi tapahtuu kaivoskohtaisissa ympäristöluvuissa. EU-tuomioistuin on antanut myös ennakkopäätöksen kahdessa Suomessa sijaitsevien kaivosten kaivannaisjätteiden määrittelyä koskevassa asiassa. (Suomela, Rapinoja, Uhlbäck, Hiltunen & Herler 2003, 23–26.)

Jätelakia ollaan uudistamassa, ja uusi lainsäädäntö tulee voimaan vuoden 2012 aikana. Uudistuksen yhtenä keskeisenä tavoitteena on jätelainsäädännön yhtenäistämisen EU-lainsäädännön kanssa. (Valtion ympäristöhallinto 2011.) Hallituksen esityksessä Eduskunnalle jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi halutaan tarkentaa sivutuotteen ja jätteen eroa täsmentämällä niiden määritelmiä. Aine tai esine on sivutuote, jos muun muassa sen jatkokäyttö on varmaa, se on tuotantoprosessin olennainen osa eikä sen käyttö aiheuta haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle. (Hallituksen esitys Eduskunnalle jätelaiksi ja eräiksi siihen liittyviksi laeiksi 199/2010.)

### 3.5 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista eli niin sanottu PIMA-asetus perustuu ympäristönsuojelulakiin (Pyy, Reinikainen, Jaakkonen, Sorvari, Sainio, Holm & Mäenpää 2007, 14). Ympäristönsuojelulain (86/2000) 4. §:ssä säädetään, että valtioneuvosto voi asetuksella määrittää suurimmat sallitut haitta-ainepitoisuudet maaperässä tai säätää niiden pitoisuuksista pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioimiseksi. Kaivannaisjätteen luokittelussa pysyväksi jätteeksi sovelletaan PIMA-asetuksessa aineiden pitoisuuksille määritettyjä kynnsarvoja (Komission päätös 2009/359/EY, 1 §). Asetus koskee silti lähinnä kaivannaisjätealueen ympäristön maaperää, johon voi päästä haitta-aineita jätealueelta esimerkiksi suotovesien mukana tai pölyämisen seurauksena.

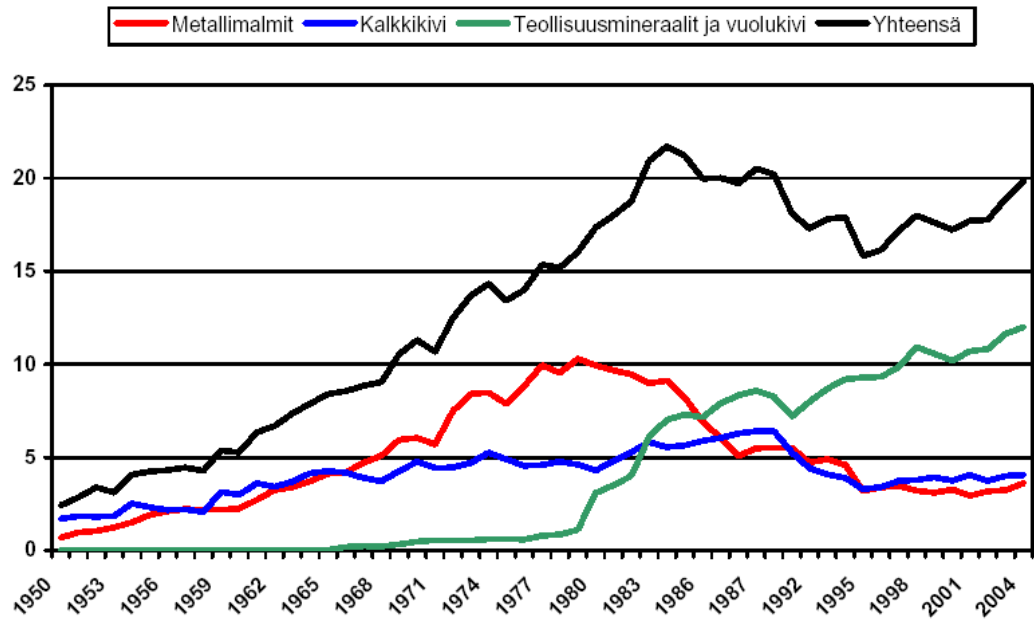
## 4 KAIVOSTOIMINTA

### 4.1 Kaivosteollisuus Suomessa

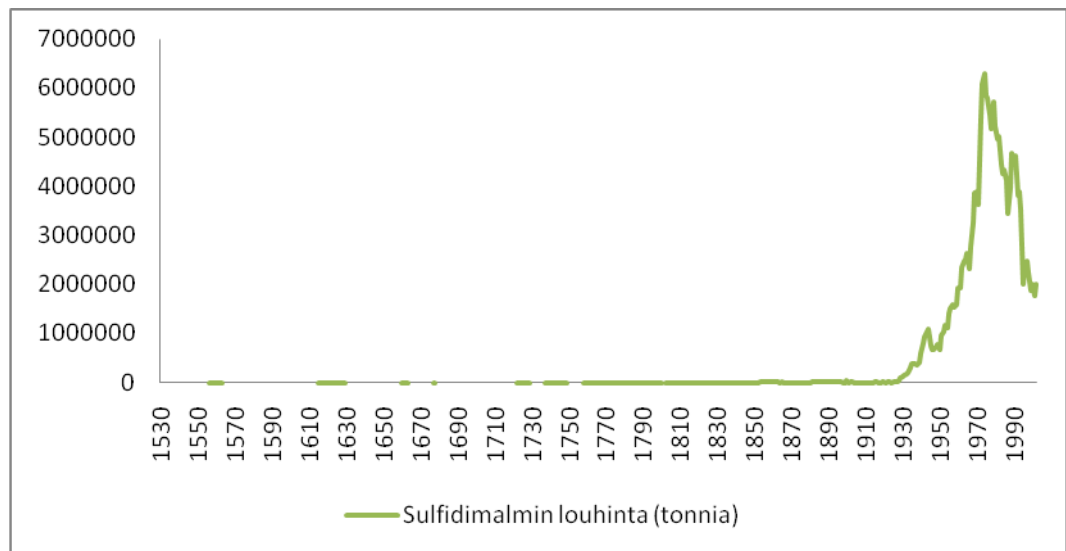
Kaivostoiminta on Suomen vanhimpia teollisuuden aloja (Suomela ym. 2003, 13). Suomessa on louhittu kalkkikiveä, teollisuusmineraaleja, oksidimalmeja ja sulfidimalmeja. Teollisuusmineraaleja ovat muun muassa kvartsi ja talkki, oksidimineraaleja esimerkiksi magnetiitti ja kromiitti sekä sulfidimineraaleja muun muassa kuparikiisu, rikkikiisu ja sinkkivälke. (Heikkinen 2000.)

Suomessa on ollut toiminnassa yli tuhat metalli-, teollisuusmineraali- tai karbonaattikaivosta vuosina 1530–2001. Metallimalmikaivoksia on ollut yli 400, teollisuusmineraalikaivoksia noin 300 ja karbonaattikaivoksia yli 300. Tänä aikana kaivosten yhteinen kokonaislouhinta on käsittänyt yli 1000 miljoonaa tonnia kiveä. Rikastetun malmin osuus tästä on lähes 700 M tonnia. Suurteollisuuden synnyn alkuvaiheilla, 1900-luvun alussa, kaivosteollisuus lähti jyrkkään nousuun, ja louhittavan kiven määrä kohosi nykyiseen suuruusluokkaansa. Malmia louhittiin vuosina 1900–2001 yhteensä noin 700 M tonnia, josta metallimalmikaivosten tuotannon osuus oli 280 M tonnia. (Puustinen 2003.)

Entisen kauppa- ja teollisuusministeriön (2006) mukaan kokonaislouhinta oli suurimmillaan 1980-luvun puolivälissä. Metallimalmien louhinta on sen jälkeen laskenut selvästi, mutta pysynyt melko tasaisena 1990-luvun puolivälistä lähtien aina 2000-luvun puoliväliin saakka. Kalkkikiven louhintamäärät alkoivat laskea 1980-luvun lopussa, mutta tasoittuivat 1990-luvun puolivälissä. Ainoastaan teollisuusmineraalien ja vuolukiven yhteislouhinta on jatkanut melko tasaista kasvuaan aina 1980-luvulta lähtien. (KUVIO 1) (Toropainen 2006.) Kuten muukin louhinta, myös sulfidimalmin louhinta kasvoi räjähdysmäisesti 1900-luvun alussa. Sulfidimalmin tuotannon huippu sijoittuu 1970-luvulle, jonka jälkeen se on vähentynyt voimakkaasti (KUVIO 2). (Puustinen 2003.)



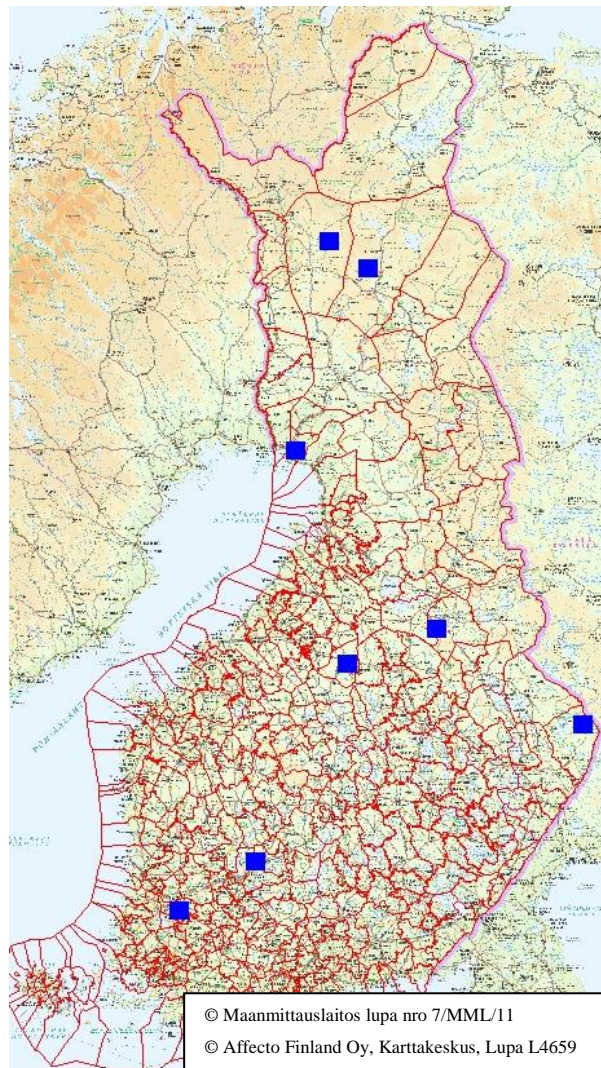
KUVIO 1. Malmin, kalkkikiven sekä teollisuusmineraalien ja vuolukiven louhinta entisen kauppaja- ja teollisuusministeriön (2006) mukaan Suomessa vuosina 1950–2004 (Toropainen 2006)



KUVIO 2. Sulfidimalmin louhinta vuodesta 1950 vuoteen 2002 (Puustinen 2003)

Vuonna 2005 hyötykiven kokonaistuotanto Suomessa oli noin 19 M tonnia, josta metallimalmikaivosten tuotannon osuus oli 3,6 M tonnia, kalkkikaivosten 3,8 M tonnia ja teollisuusmineraalikaivosten 11,6 M tonnia (Tilastokeskus 2006). Työ- ja elinkeinoministeriön (2011) tilastojen mukaan neljä vuotta myöhemmin metallimalmin tuotanto kasvoi voimakkaasti. Metallimalmia tuotettiin vuonna 2009 noin 11,8 M tonnia. Teollisuusmineraalikaivosten tuotantomäärät ovat puolestaan vähentyneet 3 M tonnilla, ja kalkkikaivosten tuotantomäärät ovat pysyneet lähes samana. (Geologian tutkimuskeskus 2011b.)

Suomessa on tällä hetkellä toiminnassa kahdeksan metallimalmikaivosta (KUVIO 3), jotka ovat Kemin kromikaivos, Pyhäsalmen kaivos, Jokisivun kaivos, Pampalon kaivos, Pahtavaaran kaivos, Talvivaaran kaivos, Suurikuusikon kaivos ja Oriveden kaivos (Geologian tutkimuskeskus 2011a). Lisäksi lähivuosina toimintansa on todennäköisesti aloittamassa kaksi metallimalmikaivosta. Kevitsan kaivos Sodankylässä on tarkoitus avata vuonna 2012 (Nurmela 2011), ja Hituran kaivos Nivalassa jatkaa toimintaansa uuden omistajan myötä (Klementtilä 2010).



KUVIO 3. Toiminnassa olevien metallimalmikaivosten sijoittuminen Suomessa vuonna 2011

Raaka-aineiden tarve kasvaa jatkuvasti lisääntyvän kulutuksen vuoksi. Mineraali-  
raaka-aineiden saatavuutta ja niiden kohtuullista hintaa pidetään merkittävänä teki-  
jönä EU:n taloudellisen tasapainon kannalta. EU on lähes täysin riippuvainen  
eräiden tärkeiden mineraaliraaka-aineiden tuonnista; metallimineraalien tuotanto  
EU:ssa on vain 3 % koko maailman tuotannosta. Euroopan komissio on laatinut  
vuonna 2008 raaka-aineita koskevan aloitteen. Aloitteella pyritään omien mine-  
raalivarojen tehokkaampaan hyödyntämiseen ja siten raaka-aineiden tasaisen  
saannin varmistamiseen Euroopan alueelta. Tavoitteena on muun muassa määri-  
tellä kriittiset alkuaineet, käynnistää diplomaattiset toimet tärkeimpien teollisuus-  
maiden ja luonnonvaroiltaan rikkaiden maiden kanssa, tunnistaa ne toimenpiteet,

jotka heikentävät EU:n asemaa kansainvälisillä raaka-ainemarkkinoilla, ja tukea kansallisten geologian tutkimuskeskusten yhteistyötä. (Euroopan yhteisöjen komissio 2008.)

Suomen maaperä on geologialtaan rikas, ja se on sijoittunut hyvin kaivosmaiden kansainvälisissä vetovoimaisuusarvioinneissa. Kaivosteollisuuden liikevaihto onkin kasvanut viime vuosina, ja sen oletetaan kasvavan lähivuosina edelleen. Etenkin Pohjois- ja Itä-Suomessa kaivosteollisuus, ja sen taloudellinen merkitys, on lisääntymässä huomattavasti. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010.) Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen mukaan kaivostoiminta on kaksinkertaistumassa seuraavan kuuden vuoden aikana (Startel 2011). Malmin kokonaislouhinta oli vuonna 2009 noin 24 M tonnia (Geologian tutkimuskeskus 2011b). Viime vuonna se oli jo 37 M tonnia, ja Etlan arvion mukaan kokonaislouhinta tulee olemaan vuonna 2016 jopa 68 M tonnia. Suomessa on tällä hetkellä noin 40 uutta kaivosprojektia ja kehityskohdetta. (Startel 2011.)

Lapista on äskettäin löydetty huomattava kultaesiintymä. Jotkut alueen kairausnäytteet sisältävät jopa 28 g kultaa tonnissa malmia, kun yleensä vastaava määrä Lapin kultakaivoksissa on 4 grammaa. GTK:n mukaan on hyvin todennäköistä, että Suomessa tullaan avaamaan lisää kultakaivoksia. Rovaniemen GTK:sta on myös todettu, että kullan ennennäkemättömän korkea hinta voi houkutella yrityksiä avaamaan kaivoksia. (Mainio 2011, B7.)

#### 4.2 Kaivosten ja kaivoskivennäisten määritelmiä

Kaivoksilla voidaan harjoittaa avolouhintaa tai maanalaisia louhintaa. Teollisuusmineraaleja ja metalliesiintymiä, jotka sijaitsevat alle 300 m:n syvyydessä maanpinnasta, louhitaan yleensä avolouhoksilla. Jos taas malmiesiintymä on syvällä tai muuten vaikeasti saavutettavissa, louhitaan sitä maanalaisesti. Näistä avolouhinta tuottaa enemmän jätettä. (BRGM 2001.)

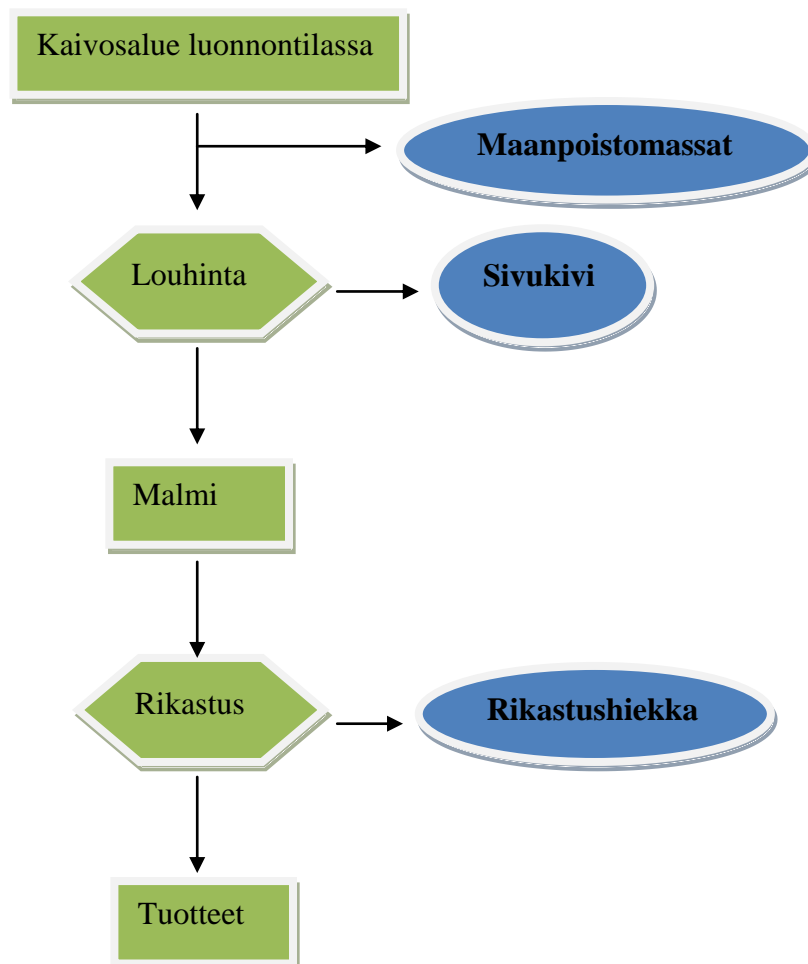
Kaivoskivennäiset luokitellaan hyötyaineen perusteella neljään ryhmään, jotka ovat metalliset kaivoskivennäiset, teollisuusmineraalit, jalokivet sekä marmori ja vuolukivi. Näistä marmori ja vuolukivi kuuluvat luonnonkivituotantoon. Ympäris-

tövaikutustensa suhteen kaivoskivennäiset voidaan luokitella sulfidi- ja oksidimalmeihin, teollisuusmineraaleihin sekä luonnonkiviin. Sulfidimalmin louhinnalla ja käsittelyllä on yleensä eniten haitallisia ympäristövaikutuksia. (Heikkinen & Noras 2005, 11, 14.)

## 5 KAIVANNAISJÄTE

### 5.1 Kaivannaisjätteiden muodostuminen

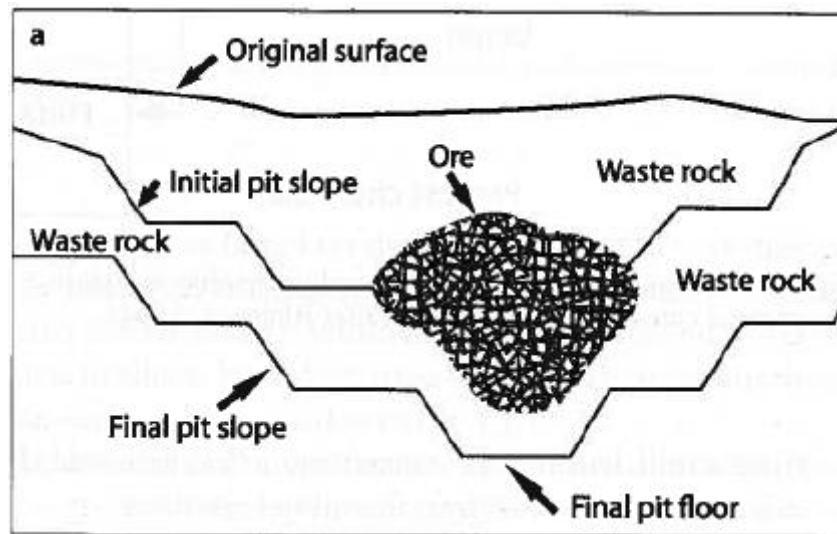
Kaivostoiminnassa syntyy kolmenlaista kaivannaisjätettä: maanpoistomassoja, sivukiveä ja rikastushiekkaa (KUVIO 4). Kaivannaisjätteillä voi olla haitallisia ympäristövaikutuksia, joiden syntyyn vaikuttavat muun muassa jätteen mineralogia, fysikaaliset ominaisuudet, jätealueen koko sekä jätteen sijoitustapa ja -paikka. (BRGM 2001.)



KUVIO 4. Kaivostoiminnan ainevirrat (BRGM 2001)

Maanpoistomassat ovat puhtaita irtomaita, jotka poistetaan avolouhosta avattaessa. Massat läjitetään yleensä louhoksen läheisyyteen ja niitä voidaan käyttää kai-

vostoiminnan aikaisessa maanrakentamisessa tai kaivoksen sulkemisvaiheessa. Sivukivi (raakku) taas tarkoittaa tuotantoon soveltumatonta, arvomineraalipitoisuudeltaan alhaista kiveä, jota poistetaan varsinaisen malmin louhinnan yhteydessä (KUVIO 5). Toiminnan aikana sivukivi läjitetään yleensä louhoksen läheisyyteen läjitysalueelle, joka voi olla kooltaan muutamista hehtaareista jopa satoihin hehtaareihin. Sivukivi tai osa siitä saatetaan kuitenkin hyödyntää jo louhintavaiheessa. (Heikkinen & Noras 2005, 89, 92.) Sivukivi saattaa sisältää kaivostoiminnan aikaisia räjähdysainejäämiä. Esimerkiksi Kemin kromiittiikaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalousluvan sekä toiminnan aloittamisluvan (2010) mukaan kaivoksen sivukivi sisältää räjähdysaineperäistä tyyppiä. Myös Ranualla sijaitsevan Suhangon metallikaivoksen sivukivissä on todettu olevan räjähdysaineista peräisin olevia tyyppiyhdisteitä (Suhangon kaivos ja rikastamo, ympäristö- ja vesitalouslupa 2005). Tämä on hyvä ottaa huomioon sivukiven ympäristövaikutuksia arvioitaessa.



KUVIO 5. Halkileikkauspiirros metallimalmikaivoksen avolouhoksesta (Lottermoser 2007, 5)

Malmia rikastettaessa sivutuotteena syntyy rikastushiekkaa, joka koostuu suurimmaksi osaksi harmemineraaleista, mutta saattaa sisältää myös arvomineraaleja (Heikkinen & Noras 2005, 92). Malmin prosessointitavasta riippuen rikastushiekka voi olla joko mineraalista rikastushiekkaa tai mineraalista jauhetta. Rikastus-

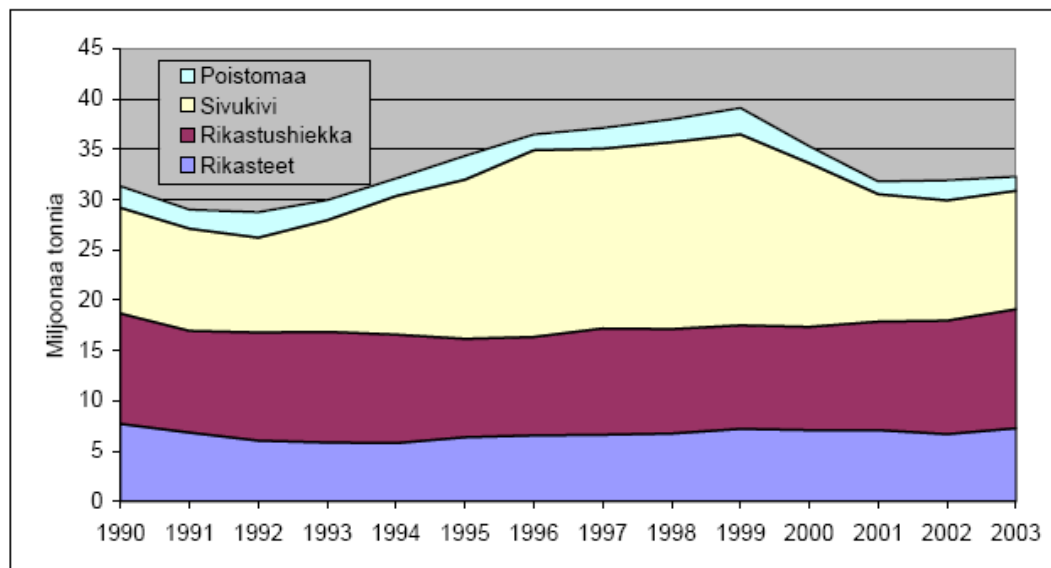
hiekalle ominaista on vesipitoisuus. (Räisänen 2008.) Rikastushiekka varastoidaan yleensä padottuihin altaisiin kaivosalueelle. Sitä voidaan usein myös käyttää hyödyksi kaivosalueella niin kaivoksen toiminta- kuin sulkemisvaiheessa, esimerkiksi kaivospatojen korotuksissa. Sulfidimalmikaivosten rikastushiekka-alueilla syntyy usein ympäristölle haitallisia happamia kaivosvesiä, kun taas karbonaattimineraalikaivosten rikastushiekka-alueilta purkautuva vesi on suurimmalta osin neutraalia. Lisäksi rikastushiekassa voi olla jäämiä rikastusprosessissa käytetyistä kemikaaleista. (Heikkinen & Noras 2005, 92–93, 153.)

Kaivosteollisuudessa on harjoitettu myös vanhojen kaivannaisjätteiden uudelleen hyödyntämistä. Tämä on kannattavaa siksi, että menetelmät mineraalien erottelemiseen kehittyvät, ja kaivannaisjätteeseen jääneet arvomineraalit saadaan myöhemmin tehokkaammin talteen. Kaivannaisjätteessä voi myös olla sellaista materiaalia, jota ei jätteiden tuottamisen aikaan ole kannattavaa ottaa talteen, mutta joka voi tulevaisuudessa olla arvokasta. (Lottermoser 2007, 11.) Tämä on mahdollisesti yksi syy siihen, miksi kaivannaisjätealueita ei ole järjestelmällisesti peitetty ja kunnostettu. Kaivannaisjätteitä voidaan hyödyntää myös muutoin, kuten maaja tierakenteissa, kaatopaikkarakenteissa, meluvalleissa ja maanparannuksessa (Härmä ym. 2005).

## 5.2 Tietoja kaivannaisjätteiden määristä

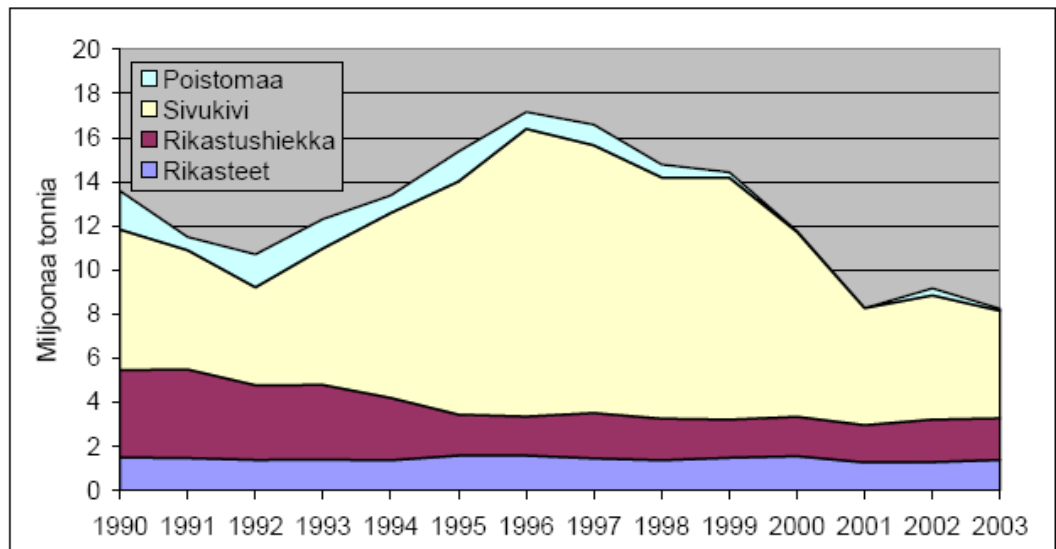
Suomen kaivosteollisuudessa syntyi toissa vuonna 46,7 M tonnia kaivannaisjätettä, mikä on enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Määrä on yli puolet jätteen kokonaistuotosta vuonna 2009. (Suomen virallinen tilasto 2011.) EU:n alueelle on läjitetty yli 4700 M tonnia maanpoistomassoja ja sivukiveä sekä noin 1200 M tonnia rikastushiekkaa. Näistä huomattava osa on läjitetty muun muassa Ruotsiin, Saksaan, Espanjaan, Iso-Britanniaan ja Suomeen. (BRGM 2001.) Kaivannaisjätteitä syntyy eri määriä riippuen esimerkiksi siitä, mitä louhitaan. Kivihiilen louhinnassa noin 75 % louhitusta materiaalista on kivihiiiltä ja loput 25 % jätettä. Louhitussa kultamalmissa puolestaan on kultaa yleensä vain muutamia grammoja tonnissa. Jos malmi sisältää esimerkiksi 5 g/t kultaa, syntyy tonnin verran kultaa tuottaessa jopa 200 000 tonnia jätettä. (Commission of the European Communities 2003.)

Vuosina 1990–2003 maanpoistomassan ja sivukiven vuosittainen määrä Suomen kaivostoiminnassa on ollut noin 10–25 M tonnia. Tänä ajanjaksona määrät olivat suurimmillaan vuosina 1996–1999. Massamäärien kasvuun vaikutti erityisesti Kemian kromikaivoksen lisääntynyt sivukiven tuotto. Määrien laskun taas selittää samaisella kaivoksella vuonna 2000 alkanut siirtyminen maanalaiseen louhintaan avolouhinnan sijaan. Rikastushiekan määrä on pysynyt noin 10 M tonnissa koko tarkastelujakson ajan. (KUVIO 6) (Härmä ym. 2005.)

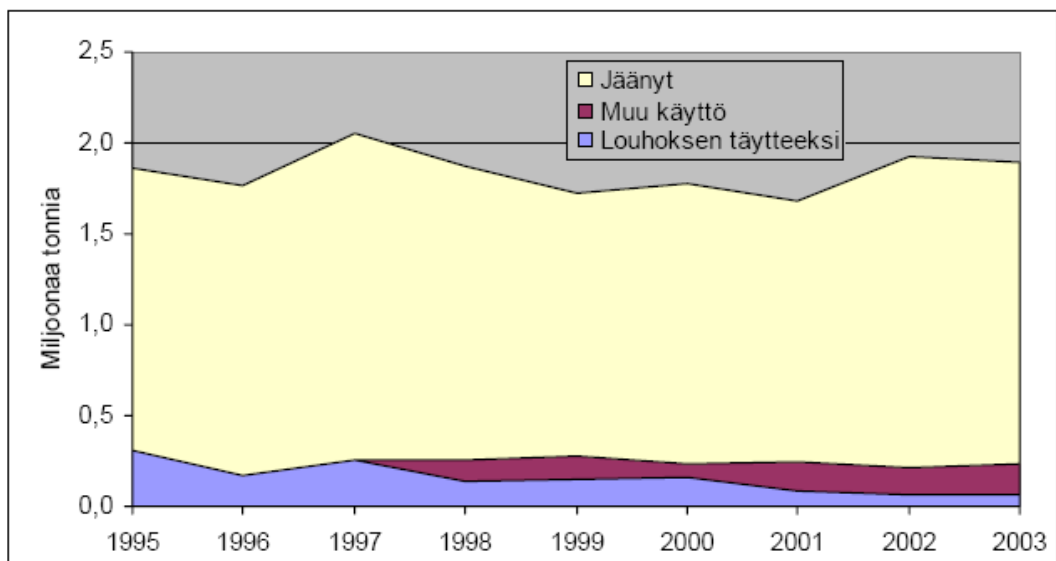


KUVIO 6. Suomen kaivosten ainevirrat vuosina 1990–2003 (Härmä ym. 2005)

Myös metallimalmikaivosten sivukiven ja maanpoistomassojen määrien huomattava kohoaminen 1990-luvun alkupuoliskolla johtui Kemian kromikaivoksen tuotannossa tapahtuneista muutoksista. Sivukiven ja maanpoistomassojen määrät ovat laskeneet 1990-luvun puolen välin jälkeen selkeästi huippuvuosista, sillä metallimalmikaivoksilla on siirrytty yhä enemmän maanalaiseen louhintaan. Rikastushiekan määrät taas vähenivät puoleen 1990-luvun alun määristä tultaessa vuosikymmenen puoliväliin. (KUVIO 7) Metallimalmikaivosten rikastushiekasta valtaosa varastoidaan rikastushiekka-altaisiin. Vuosittain altaisiin varastoidut määrät ovat pysyneet noin puolentoista miljoonan tonnin tuntumassa vuosina 1995–2003. (KUVIO 8) (Härmä ym. 2005.)



KUVIO 7. Suomen metallimalmikaivosten ainevirrat vuosina 1990–2003 (Härmä ym. 2005)



KUVIO 8. Metallimalmikaivosten rikastushiekkan käyttö vuosina 1995–2003 (Härmä ym. 2005)

### 5.3 Kaivannaisjätteiden jäteluokittelu

Kaivannaisjätteet voidaan luokitella pysyväksi jätteeksi, tavanomaiseksi jätteeksi ja ongelmajätteeksi. Pysyvä jäte on kemiallisesti muuttumatonta tai hitaasti rapautuvaa. Pysyvä jäte ei sisällä happamoittavia aineita tai säteileviä alkuaineita, ei-

vätkä sen valumavesien sisältämät haitta-ainepitoisuudet ole PIMA-asetuksessa määriteltyjä kynnsarvoja korkeampi. Pysyvän jätteen sulfidirikipitoisuus voi olla enintään 0,1 %. Tavanomainen jäte on hitaasti rapautuvaa, ja sen kaatopaikkahuuhtouma voi sisältää pieniä tai kohtalaisia pitoisuuksia haitta-aineita. Tavanomaiseksi luokitellussa jätteessä ei saa muodostua happamia valumavesiä. Ongelmajätteeksi luokiteltava jäte sisältää suuria haitta-ainepitoisuuksia ja muodostaa happamia valumavesiä. Toisaalta ongelmajäte voi olla myös säteilevää ja sisältää radioaktiivisia isotooppeja. (Räisänen 2008.)

GTK:lla ja Valtion Teknisellä Tutkimuskeskuksella (VTT) on meneillään kaivannaisjätteiden pysyvyyden luokittelua koskeva hanke. Hankkeen tavoitteena on laatia kansallinen luettelo kaivannaisjätteistä, joita voidaan pitää pysyvinä ilman testausta, antaa ohjeistusta kaivannaisjätteen luokitteluun joko pysyväksi tai ei-pysyväksi sekä laatia tätä varten opas. Luokittelu koskee kivilajeja. Kriteerinä pysyvyydelle esitetään, että 90 %:ssa tarkasteltavan kiviryhmän kivistä PIMA-alkuaineluettelossa olevien aineiden, molybdeenin ja rikin pitoisuudet ovat alle ohje- tai kynnsarvojen. Opas julkaistaan keväällä 2011. (Luodes 2011.)

#### 5.4 Kaivannaisjätealueiden määritelmiä

Kaivannaisjätealue on kiinteän, nestemäisen tai lietemäisen kaivannaisjätteen kokoamiseen tai sijoittamiseen tarkoitettu alue. Jätealue voi olla joko allas tai kasa. Altaaseen sijoitetaan yleensä mineraalien rikastuksessa syntyvää hienojakoista jätettä tai vettä ja kasaan läjitetään kiinteää jätettä. Myös jätealueiden padot ja muut aluetta rajaavat tai tukevat rakenteet lasketaan kuuluviksi jätealueeseen. Täsmennyksenä jätealueiden määritelmälle kaivannaisjätedirektiivissä käytetään joitain varastointiajan pituuteen liittyviä rajoituksia riippuen sijoitettavan jätteen laadusta ja luokittelusta. Odottamattoman jätteen sijoituspaikka määritellään jätealueeksi, kun jätteen varastointiaika on yli kuusi kuukautta. Pilaantumattoman maa-aineksen, etsinnästä aiheutuvan vaarattoman jätteen sekä turpeen nostosta, käsittelystä ja varastoinnista syntyvän jätteen sekä pysyvän jätteen tapauksessa jätteiden varastointiaika tulee olla yli kolme vuotta. Suljetun kaivannaisjätealueen määritelmässä varastointiajan pituutta ei kuitenkaan oteta huomioon, vaan jätealueet luokitellaan joko jätekasaksi tai jätealtaaksi. A-luokkaan kuuluvat jätealueet ja

vaarallisten jätteiden jätealueet katsotaan aina jätealueiksi varastointiajan pituudesta riippumatta. (Direktiivi 2006/21/EY, 3 §.)

A-luokan jätealueella tarkoitetaan kaivannaisjätealuetta, joka voi sen rakenteen heikkenemisen tai virheellisen toiminnan seurauksena aiheuttaa merkittävää haittaa tai vaaraa ympäristölle tai terveydelle tai vaatia todennäköisesti ihmishenkiä lyhyellä tai pitkällä aikavälillä (Komission päätös 2009/337/EY, 1 §). A-luokan jätealueeksi luokitellaan lisäksi sellaiset alueet, jotka sisältävät direktiivin 91/689/ETY mukaan vaaralliseksi luokiteltuja jätteitä yli 5 % jätteen kokonaismäärästä, sekä alueet, jotka sisältävät direktiiveissä 67/548/EEC ja/tai 1999/45/EC vaaralliseksi luokiteltuja aineita (Direktiivi 2006/21/EY, liite III).

Suljetulla kaivannaisjätealueella tarkoitetaan jätealuetta, joka on suljettu voimassa olleiden määräysten mukaisesti ja jonka aikaisempi omistaja tai toimiluvan haltija on tiedossa. Hylätty kaivannaisjätealue tarkoittaa puolestaan jätealuetta, jonka aikaisempi omistaja tai toimiluvan haltija ei ole tiedossa, tai aluetta ei ole suljettu määräysten mukaisesti. (Stanley ym. 2011.)

## 5.5 Kaivannaisjätealueet Suomessa

Suomessa kaivannaisjätealueiden aiheuttamat riskit liittyvät lähinnä vesistökuormitukseen (Räisänen 2011b). Akuuttia vaaraa jätealueilla ei esiinny, mutta kunnostustarpeen arviointi tulisi GTK:n aineistojen perusteella tehdä joillekin alueille. Suomessa ei ole kaivannaisjätedirektiivissä määritellyn A-luokan mukaisia suljetujen tai hylättyjen kaivosten jätealueita. (Räisänen 2011c.) Ainoa syanidipitoinen, ja täten A-luokkaan luokiteltava kaivannaisjätealue on toiminnassa olevalla Kittilän Suurikuusikon kultakaivoksella (Räihä 2010). Kaivoksen rikastushiekkaaltaan syanidipitoisuuksien on todettu olevan alhaisia (Kittilän kaivos, ympäristölupapäätöksen muuttaminen 2008).

## 5.6 Kaivospadot

Padon tarkoituksena on nesteen tai nestemäisesti käyttäytyvän aineen pidättäminen patorakenteiden sisäpuolella, tai padotun aineen pinnankorkeuden säätely

(Patoturvallisuuslaki 2009/494, 4 §). Patoja voidaan hyödyntää kaivosalueella rikastushiekan varastoinnissa ja jätevesien käsittelyssä (Sivonen & Frilander 2001, 19). Suomessa on tällä hetkellä 47 kaivospatoa 14 eri kaivoksella. Patoja valvova viranomaisena on Kainuun ELY-keskus. (Valtion ympäristöhallinto 2010b.)

Padot luokitellaan niiden vahingonvaaran perusteella 1-, 2- ja 3-luokan patoihin. Luokka määritellään joko ihmiselle aiheutuvan vaaran, ympäristölle aiheutuvan vaaran tai omaisuudelle aiheutuvan vaaran perusteella. Pato sijoitetaan 1-luokkaan, jos se voi onnettomuustilanteessa aiheuttaa huomattavaa vahinkoa joillekin edellä mainituista. Huomattavalla vahingolla ihmiselle tarkoitetaan esimerkiksi ihmishengen menetystä tai vakavaa loukkaantumista. Huomattava vahinko ympäristölle puolestaan merkitsee tärkeiden luonnonarvojen menetystä, ja rahallisesti merkittävää omaisuusmenetys luetaan huomattavaksi vahingoksi omaisuudelle. 2-luokkaan kuuluva pato voi aiheuttaa onnettomuustilanteessa vaaraa ihmiselle, ympäristölle tai omaisuudelle, mutta ei kuitenkaan niin vakavaa vaaraa kuin 1-luokan pato. 2-luokan padon sortuminen saattaa johtaa talouskaivovesien pilaantumiseen, laajojen viljelyalueiden saastumiseen tai terveysvaaraan. 3-luokkaan luokiteltu pato saa aiheuttaa onnettomuustilanteessa vain vähäistä vaaraa. Se ei saa aiheuttaa pohjaveden pilaantumista eikä vaaraa asuinrakennuksille, mutta hetkellisiä vaikutuksia purkuvesistöön voi aiheutua. Patoa ei välttämättä tarvitse luokitella lainkaan, jos patoviranomainen toteaa, ettei padosta aiheudu vaaraa. (Maijala 2010.)

Suomessa toiminnassa olevilla kaivoksilla on tällä hetkellä yhteensä viisi 1-luokan padoksi luokiteltua kaivospatoa. Padot sijaitsevat Siilinjärven apatiittikaivoksella sekä Kittilän kultakaivoksella. (Kervinen 2010.) Siilinjärven jätealueen pato on Suomen suurin kaivospato. Pato on korkeimmillaan 40 m, ympärysmitaltaan 15 km, ja padottu allas sisältää 200 M tonnia hiekkaa ja viisi miljoonaa kuutiometriä vettä. Jätealueella ei esiinny vaarallisia aineita, vaan riski liittyy padon suureen kokoon. (Tiihonen 2010.) Suomessa padoista aiheutuvien onnettomuuksien riskiä pidetään hyvin vähäisenä (Kervinen 2010).

Patojen yleisin vaurio on luiskien valuminen, jonka aiheuttajana on yleensä riittämättömistä kuivatusjärjestelmistä aiheutuva suotoveden pinnan nousu. Vedenpinnan noustessa padossa voi tapahtua sisäistä eroosiota tai lujuuden heikkene- mistä. (Saarela 1990, 23.) Patojen rakenteiden kestävyys vaikuttaa myös padolla esiintyvä kasvillisuus. Patoturvallisuusohjeissa on määräyksiä padossa sallittavasta kasvillisuudesta ja sen sijainnista, mutta asiasta on eriäviä mielipiteitä; osa viranomaisista ja padon omistajista pitää puustoa patorakenteissa suositeltavana, osa taas ei salli niissä minkäänlaista puustoa. (Sivonen & Frilander 2001, 29.) Muita patovaurioita aiheuttavia tekijöitä ovat muun muassa tuuli- ja vesieroosio. Vauriot padoissa johtuvat yleensä monesta samanaikaisesta tai peräkkäisestä tapahtumasta. (Saarela 1990, 21–22.)

### 5.7 Kemiallinen stabiilisuus

Suomessa kaivannaisjätteen kemiallinen stabiilisuus on fysikaalista stabiilisuutta olennaisempi tekijä jätteen ympäristö- ja terveysvaikutuksia arvioitaessa (Räisänen 2011a). Tärkein kemiallisen muutunnon muoto kaivannaisjätteessä on sulfidimineraalien hapettuminen, jonka seurauksena jätteestä rapautuu metalleja ja muita mineraaleja. Jätealueella voi syntyä metallipitoisia happamia valumavesiä, joilla on haitallisia vaikutuksia ympäristöön. (Räisänen 2008b.)

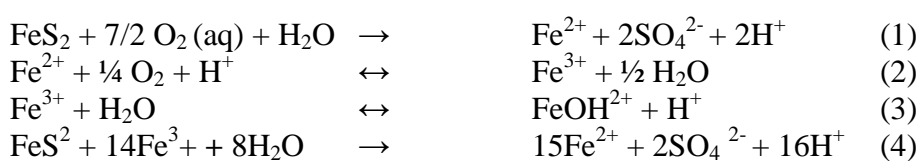
Kaivannaisjätteen kemiallista muutunutta säätelevät useat tekijät. Siihen vaikuttavat muun muassa jätteen mineralogia, mineraalien rapautumisherkkyys, hapen ja veden esiintyminen jätteessä, pH sekä jätteen sijoitusympäristö (Räisänen 2009). Sijoitusympäristöön liittyen on merkityksellistä, sijoitetaanko jäte maaperän vai kallioperän päälle, ja mikä on alueen sadeveden pH (Heikkinen 2000).

Happaman kaivosvaluman aiheuttama vesistökuormitus saattaa näkyä vasta kymmeniä vuosia kaivoksen toiminnan loppumisen jälkeen, koska jätteen kemiallinen muutunna voi kestää 20–30 vuotta. Alussa jätealueelta tulevien valumavesien pH voi olla sama kuin luonnonvesillä, ja niiden vaikutus ei ole selvästi havaittavissa. Kun jätteen neutraloimiskyky laskee, myös valumaveden pH laskee, ja metallipitoisuudet vesissä kasvavat nopeasti. (Räisänen 2008b.)

## 5.8 Hapan kaivosvaluma

Hapan kaivosvaluma on tällä hetkellä vakavin, kallein ja haastavin kaivosteollisuuteen liittyvä ympäristöhaitta (Price 2003). Happamat valumavedet liittyvät etenkin sulfidimalmikaivosten rikastushiekan ja sivukiven läjitykseen. Happamia kaivosvalumia voi syntyä, kun rikastushiekkujen ja sivukivien sisältämät rautasulfidimineraalit pääsevät kosketuksiin veden ja hapen kanssa. (Heikkinen 2009.) Happea jätekasoihin voi päästä huokosilman ja ilmakehän osapaine-eroista johtuvan diffuusion kautta, sadannan mukana, tuulen vaikutuksesta tai lämpötilaerojen aiheuttamien ilmavirtojen mukana (Heikkinen & Noras 2005, 142). Happamista kaivosvalumista käytetään useita termejä ja lyhenteitä, joista yleisin on AMD (Acid Mine Drainage) (Lottermoser 2007, 8). Tyypillisiä hapettuvia sulfidimineraaleja ovat esimerkiksi rikkikiisu ( $\text{FeS}_2$ ), magneetikkiisu ( $\text{Fe}^{1-x}\text{S}$ ), kuparikiisu ( $\text{CuFeS}_2$ ) ja sinkkivälke  $[(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}]$  (Toropainen 2006). Sulfidien hapettumisen seurauksena sulfaatteja, vetyioneja sekä metalleja pääsee jättemateriaalin huokosveteen (Heikkinen 2009).

Happamien kaivosvalumien synty on hyvin tunnettu prosessi (Heikkinen & Noras 2005, 100). Alla on luonnossa yleisimmän sulfidimineraalin eli rikkikiisun (Sipilä 1996b, 125) tavallisia hapettumisyhtälöitä. Myös muiden rautasulfidien hapettumista voidaan kuvata samankaltaisilla kaavoilla.



(Herbert 1995, 9–11; Toropainen 2006)

Rikkikiisun hapettumisessa (1) syntyvä ferrorauta hapettuu ferriraudaksi (2) happipitoisessa ympäristössä (Herbert 1995, 9–10). Reaktiota katalysoivat *Thiobacillus*-ryhmän bakteerit (Sipilä 1996b). Valumavesien kulkeuduttua jätealueen ulkopuolelle, jossa pH nousee ja sulfaattipitoisuus laskee, ferrirautaa saostuu rautahydroksideiksi ja rautaoksihydroksideiksi (3) (Herbert 1995, 11). Saostumaan pidättyy myös muita sulfideista liuenneita metalleja. Jos pH on alhainen, ferrirauta rea-

goi rikkikiisun kanssa muodostaen muun muassa happamuutta sekä sulfaatteja (4). (Toropainen 2006.)

Hapettuneessa sulfidipitoisessa jätteessä on mineralogisesti määritelty olevan kolme vyöhykettä. Ylimmässä osassa rautasulfidimineraalit ovat hapettuneet, minkä seurauksena jätteestä on liennut myös muita mineraaleja. Keskimäinen kerros on saostumiskerros, jossa viimeksi lienneet mineraalit saostuvat hapan suotoveden joutuessa emäksisempiin olosuhteisiin. Alin hapeton kerros sijaitsee pohjaveden pinnan alapuolella, missä ei tapahdu kemiallista muutuntaa lähes lainkaan. (Sipilä 1995, 12.)

Kaivosvaluman happamuus riippuu pääasiassa happoa tuottavien ja puskurina toimivien mineraalien suhteesta. Jos jätteellä on riittävä puskurointikyky, ei happamia valumavesiä pääse syntymään. (Lottermoser 2007, 45.) Tavallisimpia neutraaloivia mineraaleja ovat kalsium- ja magnesiumkarbonaatit, tarkemmin kalsiitti ( $\text{CaCO}_3$ ) ja dolomiitti ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ). Nämä mineraalit reagoivat nopeasti happoa tuottaviin reaktioihin verrattuna. (Heikkinen 2009.) Myös lähes neutraaleilla kaivosvalumilla voi olla haitallisia ympäristövaikutuksia, sillä jotkut metallit, kuten arseeni, kadmium ja sinkki, ovat melko helposti liukenevia myös neutraaleissa olosuhteissa (Price 2003).

Tässä yhteydessä on hyvä huomioida Suomen maaperän luontainen happamuus, joka saattaa vaikuttaa jätealueilta kulkeutuvien valumavesien haitallisuuteen. Suomen kallioperä koostuu valtaosin vähän kalkkia sisältävistä kivilajeista. Toinen happamoittava tekijä on maannostumisprosesseissa tapahtuva luontainen happamoitumiskehitys. Myös ihmisen toiminnasta aiheutuvat päästöt vaikuttavat osaltaan maaperän happamoitumiseen. Happamuus aiheuttaa sen, ettei maaperällä ole kykyä neutraloida happamia valumavesiä.

Boorman ja Watson (1976) ovat tehneet tutkimusta lohen lisääntymisjoen valuma-alueella sijaitsevalla, suljetulla sulfidimalmikaivoksella Kanadassa. Tutkimusten mukaan rikastushiekan hapettumiskerroksessa tapahtuu runsaasti raskasmetallien uuttumista ja saostumiskerroksessa niiden pidättymistä. Kaivosalueen tutkimukset kuitenkin osoittivat, että saostumisesta huolimatta ympäristöön pääsee paljon ras-

kasmetalleja. Suotovedestä mitatut raskasmetallipitoisuudet ylittivät selvästi suosituspitoisuudet, jotka on annettu lohen lisääntymisalueiden vesistöille. Boormanin ja Watsonin (1976) mukaan jätealueiden eristäminen hapelta on ainoa realistinen menetelmä jätealueiden haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseksi. (Sipilä 1995, 12–13.)

Happamilla kaivosvalumilla on haitallisia vaikutuksia etenkin pinta- ja pohjavesiin. Vesistöissä niiden on todettu aiheuttavan muun muassa vesieliöiden vähenemistä tai jopa niiden häviämistä. Sen lisäksi, että happamat valumat kuljettavat mukanaan haitallisia metalleja, kaivosvalumien aiheuttama happamuus voi aiheuttaa vesistöissä jo olevien tai sinne muualta kulkeutuvien metallien liukenemistä. Lisäksi happamuus voi jo itsessään tehdä vesistön elinkelvottomaksi joillekin eliöille. Happamat valumavedet voivat myös rajoittaa sekä pinta- että pohjaveden käyttöä. (Pentreath 1994.) Valumaveden muodostuminen voi käynnistyttyään jatkaa pahimmassa tapauksessa jopa vuosisatoja, ja valunnan estäminen voi olla sekä vaikeaa että kallista (Price 2003). Youngerin, Banwart'n ja Hedinin mukaan (2002) EU:n alueella hylättyjen metallimalmikaivosten valumavesien arvioidaan heikentäneen virtavesimuodostumien tilaa noin 1000–1500 kilometrin pituudelta (Jordan 2008).

Kaivannaisjätealueella tapahtuneen sulfidihapettumisen voi tunnistaa melko yksinkertaisin havainnoin ja mittauksin. Hapettumista osoittavia, havainnoitavissa olevia indikaattoreita ovat muun muassa runsas keltaisten tai punertavien hapettumien esiintyminen kivissä, puroissa tai altaissa, rikin haju sekä kasvuston puuttuminen jätealueelta. Mitattavia indikaattoreita ovat esimerkiksi laskenut pH, kasvanut sähkönjohtokyky, jätteen korkea lämpötila sekä lisääntynyt metallien ja kationien määrä valumavedessä. (Lottermoser 2007, 72.)

Vaikka Suomessa sulfidimineraalien louhinnalla ja rikastuksella on pitkä historia, sulfidimalmikaivosten ympäristövaikutuksia on tutkittu niukasti (Heikkinen 2009). Nykyään se on kuitenkin yksi tärkeimmistä asioista tarkasteltaessa jätealueiden ympäristövaikutuksia. Uusimpien kaivosten jätealueilta pyritään poistamaan happoa tuottavat rautasulfidit. (Räisänen 2011d.)

## 5.9 Raskasmetallit

Metallit, joiden tiheys on suurempi kuin  $5 \text{ g/cm}^3$ , luokitellaan raskasmetalleiksi (Valtion ympäristöhallinto 2009b). Jotkut niistä ovat välttämättömiä kasveille ja eläimille, mutta toiset voivat olla myrkyllisiä jopa hyvin pieninä määrinä. Kaivannaisjätealueelta voi levitä raskasmetalleja ympäristöön joko pölyämisen seurauksena tai jättehiekasta liukenemalla. (Sipilä 1996b, 124.) Kaivannaisjätteessä voi esiintyä muun muassa seuraavia ympäristölle haitallisia raskasmetalleja: kadmi-um, elohopea, lyijy, kromi, kupari, nikkeli, sinkki ja arseeni (Stanley ym. 2011). Raskasmetalleille on tyypillistä, että ne rikastuvat eliöiden eri elimiin, kuten maksaan, munuaisiin, luustoon ja lihaksiin (Mannio, Salminen, Leppänen, Väisänen, Räinen, Poikolainen, Kubin, Piispanen & Verta 2003).

### 5.9.1 Raskasmetallit maaperässä

Raskasmetallit esiintyvät maaperässä mineraaleina, veteen liuenneina ioneina, suoloina tai kaasuina. Lisäksi ne voivat sitoutua molekyyliin tai kiinnittyä ilman hiukkasiin. (Mannio ym. 2003.) Raskasmetallien kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat niiden esiintymismuodon ja ominaisuuksien lisäksi maaperän ominaisuudet, kuten sen vedenläpäisevyys, pH ja kerrosrakenne sekä ilmastolliset tekijät, kuten sademäärä ja lämpötila (Heikkinen 2000). Aineiden ominaisuuksista tärkeitä ovat esimerkiksi niiden adsorptio-ominaisuudet, rakenne ja kemiallinen reaktiivisuus (Salminen 2011). Raskasmetalleja myös pidättyy maaperään, mikä vähentää kulkeutumista. Aineet voivat pidättyä esimerkiksi orgaaniseen ainekseen, savimineraaleihin sekä raudan oksihydroksideihin ja hydroksideihin. Muita kulkeutumista vähentäviä tekijöitä ovat raskasmetallien suodattuminen, kertyminen eliöihin, haihtuminen ja hajoaminen. (Heikkinen 2000.)

PIMA-asetuksessa on määritetty kynnys- ja ohjearvoja sellaisille aineille, joiden arvioidaan olevan erityisen haitallisia maaperälle. Haitta-aineiden valinnassa on otettu huomioon niiden käyttö Suomessa, toistuva esiintyminen pilaantuneiksi epäilyillä alueilla sekä riittävä luotettavan tiedon saaminen aineen toksisuudesta ja ympäristökäyttäytymisestä. Maa-ainekset, jotka sisältävät haitta-aineita alle kynnysarvojen olevia pitoisuuksia, eivät todennäköisesti aiheuta pilaantumisen

riskiä ympäristössä. Alemmat ohjearvot kuvaavat suurinta sallittua haitta-ainepitoisuutta maaperässä tavanomaiseen käyttöön osoitetulla alueella ja ylemmät ohjearvot vähemmän herkällä alueella, kuten teollisuusalueella. (Reinikainen 2007, 9.) Maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointi tulee käynnistää, jos jonkun PIMA-asetuksen haitta-aineen pitoisuus ylittää kynnsarvon (Pyy, Reinikainen, Jaakkonen, Sorvari, Sainio, Holm ja Mäenpää 2007, 11).

Suomessa on määritelty olevan seitsemän aluetta, joiden maaperässä on luontaisesti tavallista suuremmat metallipitoisuudet. Arsenia on todettu olevan tavallista enemmän neljällä alueella, joista yhdellä on erityisen korkeita As-pitoisuuksia. Tietoja näiden alueiden pitoisuuksista löytyy Valtakunnallisesta taustapitoisuusrekisteristä (TAPIR). (Geologian tutkimuskeskus 2011c.) Tällaisilla alueilla taustapitoisuusarvo voi ylittää kynnsarvon, jolloin taustapitoisuutta tulee pitää kynnsarvoa vastaavana (Pyy, Reinikainen, Jaakkonen, Sorvari, Sainio, Holm ja Mäenpää 2007, 27).

#### 5.9.2 Raskasmetallit vesistössä

Raskasmetallien kulkeutumiseen vesistössä vaikuttavat lähinnä ympäristölliset tekijät, eivät niinkään aineiden ominaisuudet. Vesistön fysikaalisista ominaisuuksista kulkeutumiseen vaikuttavat muun muassa vesistön pinta-ala, virtaama sekä lämpötila. Kemiallisista ominaisuuksista tärkeitä ovat esimerkiksi pH, redox-potentiaali, kiintoaineksen määrä ja veden kovuus. Raskasmetallit voivat vesistössä esimerkiksi muuttua liukoiseen muotoon, sitoutua kiinteisiin partikkeleihin, kulkeutua veden mukana tai sedimentoitua. (Salminen 2011.) Sedimentteihin pidentyneet metallit voivat pH:n laskiessa muuttua uudelleen liukoiseen muotoon (Sipilä 1996a). Raskasmetalleista esimerkiksi kupari, lyijy sekä tietyt sinkki- ja nikkeliyhdisteet ovat erittäin myrkyllisiä vesieliöille (Reinikainen 2007, 97–101).

Pohjoissavolaisen kunnan eräästä vesistöstä löydettiin vastikään poikkeuksellisen korkeita nikkelpitoisuuksia. Enimmillään nikkeliä mitattiin olevan jopa 2700 mg/l. Herkimmille vesieliöille haitallinen pitoisuus on 43 mg/l. Vesistön lähistöllä sijaitsevat Kotalahden ja Särkiniemen kaivokset, joilla on louhittu nikkelimalmia 1950-luvulta lähtien. (Suomen Tietotoimisto 2011.)

### 5.10 Rikastusprosessi ja kemikaalit

Rikastuksella tarkoitetaan prosessia, jolla taloudellisesti arvokas aines erotellaan louhitusta materiaalista. Aluksi louhittu malmi murskataan, jonka jälkeen sitä hienonnetaan ja jauhetaan. Tätä seuraa erotteluprosessi, jossa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, kuten vaahdotusta, gravitaatioerotusta tai magneettista erotusta. Vaahdotusprosessiin liittyy erilaisten kemikaalien käyttö. Vaahdotusaineina käytetään pinta-aktiivisia aineita, kuten mäntyöljyä, propyleeniglykolia, alifaattisia alkoholeja sekä kresyylihappoa. Prosessiin lisätään myös kemikaaleja, jotka saavat tietyt partikkelit kiinnittymään ilmakuplien pintaan. Tällaisia aineita ovat muun muassa ksantaatit ja rasvahapot. Vaihtelevia määriä rikastuskemikaaleja voi esiintyä myös rikastusjätteessä. (Lottermoser 2007, 6, 154.) Rikastuksessa käytettävät kemikaalit ovat yleensä helposti hajoavia (Räisänen 2011d), mutta hajoamistuotteetkin voivat olla haitallisia. Esimerkiksi vaahdotuksessa käytettävän natrium-isobutyylimuoksuksantaatin yksi hajoamistuote on rikkihiili (Salo, Hietala, Hamari, Häyrynen, Nurkkala & Paksuniemi 2005), joka luokitellaan terveydelle vaaralliseksi ja myrkylliseksi vesieliöille. Maaperässä rikkihiilen hajoaminen on melko hidasta, ja se kulkeutuu maaperässä helposti tai kohtalaisesti. (Työterveyslaitos 2011.)

### 5.11 Kaivannaisjätealueiden sulkemistoimenpiteet

Tyypilliset sulkemistoimenpiteet toimintansa lopettaneiden kaivosten jätealueilla ovat olleet patojen muotoilu ja rikastushiekka-aitaiden peittäminen. Alueilla on tehty niin kevyitä, rikastushiekkan pölyämistä estäviä peitteitä kuin vaativiakin peiterakenteita, joilla estetään myös veden pääsy rikastushiekka-aitaaseen. Joillain suurimmilla rikastushiekka-alueilla osa altaasta on jätetty veden pinnan alapuolelle, ja vain osa on peitetty. Aitaiden suuren koon vuoksi maa-ainesten saaminen olisi ollut hankalaa, ja peittämistoimenpiteet olisivat tulleet hyvin kalliiksi. (Sivonen & Frilander 2001, 42.) Jätealueiden sulkemistoimenpiteille ei ole määritelty yhtenäistä menetelmävaatimusta, vaan toimenpiteet riippuvat esimerkiksi malmityyppistä ja kaivoksen koosta. Vaatimukset sulkemistoimenpiteistä esitetään kaivoskohtaisissa ympäristölupapäätöksissä. (Heikkinen & Noras 2005, 84.)

Kaivannaisjätealueiden käytöstä poistamiseen ja jälkihoitoon liittyen kaivannaisjäteasetuksessa määrätään muun muassa seuraavia asioita:

1. Jätealue on käytöstä poistettu, kun valvontaviranomainen on tarkastanut jätealueen ja hyväksynyt käytöstäpoiston.
2. Jätealue sekä sitä ympäröivä maa-alue tulee olla palautettu tyydyttävään tilaan, jotta käytöstäpoisto voidaan hyväksyä.
3. Toiminnanharjoittaja vastaa jätealueesta niin kauan, kun alue voi aiheuttaa ympäristön pilaantumista, sen vaaraa tai onnettomuuden vaaraa.
4. Jätealueen tarpeellisista rakenteista on huolehdittava ja mahdolliset ylivuotokanavat sekä patoaukot tulee pitää puhtaina.
5. Vaaratilanteista tulee ilmoittaa välittömästi valvontaviranomaiselle ja tarvittaessa on aloitettava toimet ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi.  
(VNa 379/2008, 14 §.)

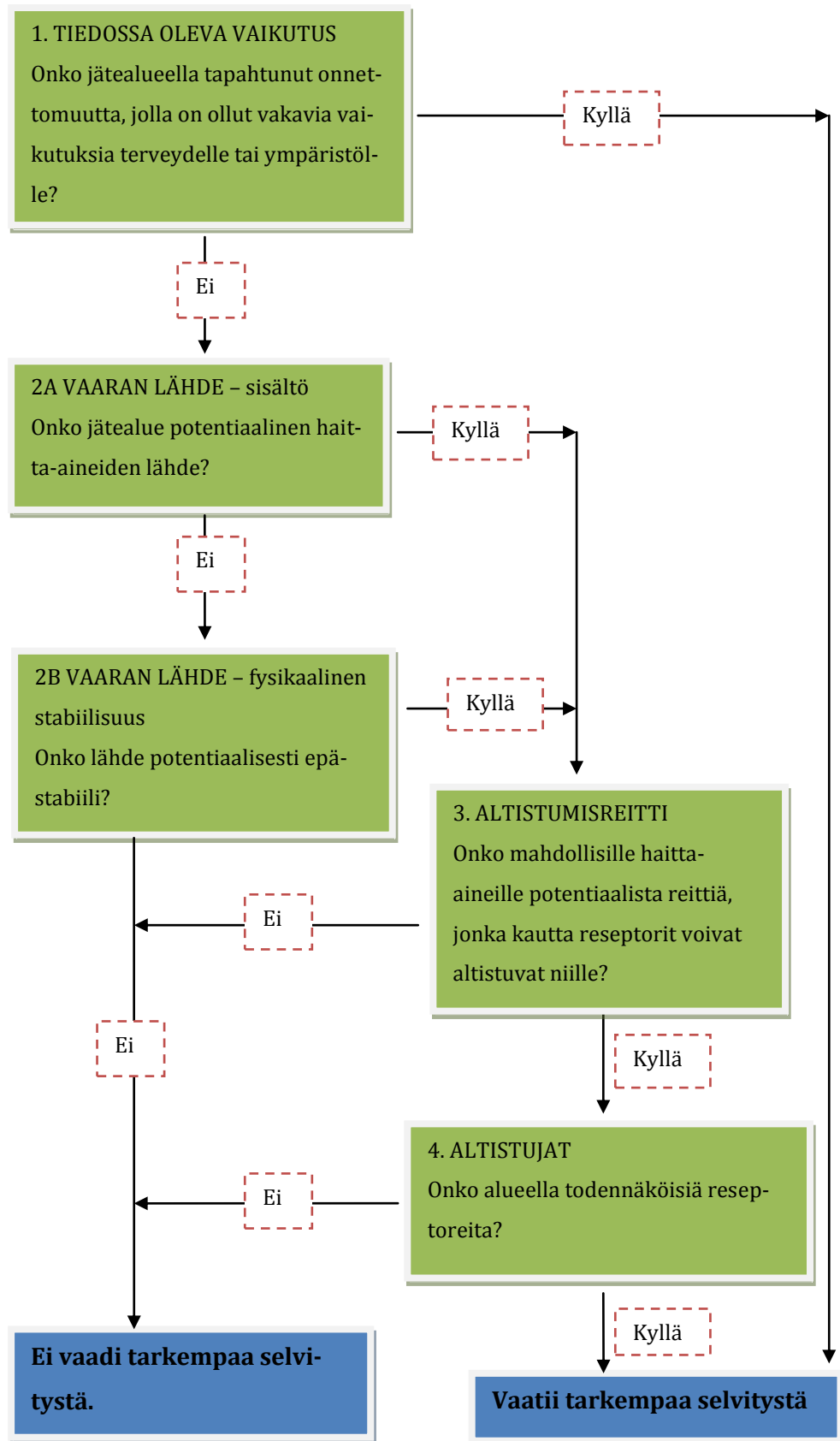
## 6 KAIVANNAISJÄTEALUEIDEN KARTOITUKSEN SUORITTAMINEN

Tässä luvussa tarkastellaan kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laadittua ohjetta ja kartoituksen vaatimuksia sekä Irlannin tekemää kaivannaisjätealueiden selvitystä. Euroopan komissio ja jäsenvaltioiden muodostama tilapäinen työryhmä (Inventory of Closed facilities Ad-hoc Group, AHG) on laatinut suljettujen tai hylättyjen kaivannaisjätealueiden kartoitusta koskevan ohjeen (Stanley ym. 2011). Sen tavoitteena on kiinnittää jäsenmaiden huomio jätealueisiin, jotka aiheuttavat tai saattavat aiheuttaa vakavaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle. Näin ollen pienet ja vaarattomat alueet jäisivät pois tarkemmasta arvioinnista. Komission ohjeen ei ole tarkoitus antaa täsmällisiä ohjeita alueiden kartoitukseen, vaan toimia tarvittaessa ohjeistavana dokumenttina jäsenvaltiolle. Ohjeen mukainen tarkastelu perustuu kaivannaisjätealueita koskeviin kysymyksiin ja kyllä-ei tietoa-ei -vastausvaihtoehtoihin. Lisäksi ohje sisältää yksinkertaisia parametreja.

Kartoitusohje on esitetty sekä kysymyslistan että lohkokaaavion muodossa (LIITE 1; KUVIO 9). Ensimmäisessä osiossa selvitetään, onko jätealueella tapahtunut onnettomuuksia, joista on seurannut vakavia haittavaikutuksia ympäristölle tai terveydelle. Toisessa osiossa tarkastellaan jätealueen sisältöä ja fysikaalista stabiilisuutta, eli osoitetaan mahdollisten haitta-vaikutusten lähde. Kolmas osio käsittelee altistumisreittejä, ja neljännessä osiossa selvitetään mahdollisia altistujia. Jokaisessa osiossa esitetään yhdestä neljään kysymystä, ja kysymyslistassa edetään ohjeen mukaan eri reittejä vastauksesta riippuen. Lopputuloksena jätealue määritellään joko alueeksi, jota ei ole tarvetta selvittää enempää, tai alueeksi, joka vaatii tarkempia selvityksiä. Jätealue, joka kartoitusohjeen kysymysmenettelyn mukaan tulee arvioida tarkemmin, ei kuitenkaan välttämättä ole mukana riskikohteiden listassa. Tähän vaikuttaa etenkin se, että tiedon puuttuessa tarkastelussa edetään samoin kuin myönteisen vastauksen tapauksessa. Ohjeen mukaisen menettelyn perusteella riskikohteiksi arvioiduista kaivannaisjätealueista tulee vielä valita lisätarkastelujen avulla ne alueet, jotka sisällytetään lopulliseen riskikohteiden joukkoon.

Osaan ohjeen kysymyksistä liittyy jokin parametri, kuten etäisyys tai pinta-ala, jolle on määritetty tietty arvo. Osalle arvoista on tieteellinen perusta, mutta suurin

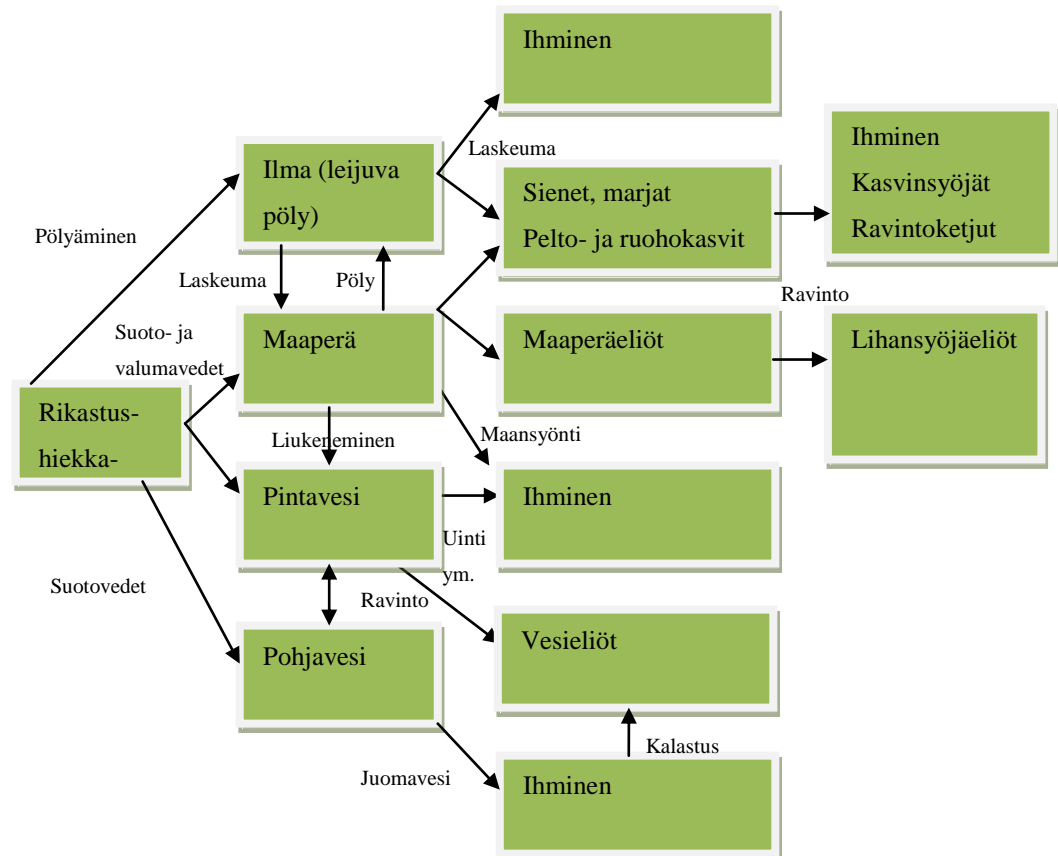
osa on asiantuntijoiden harkinnan mukaisia. Jokainen jäsenvaltio voi itse asettaa tarkoituksenmukaisen ja olosuhteisiinsa soveltuvan kynnyksarvon siinä tapauksessa, ettei ohjeessa esitetylle arvolle ole tieteellistä perustaa.



KUVIO 9. Vuokaavio kartoitusohjeen kysymysmenettelystä (Stanley ym. 2011)

## 6.1 Kartoituksen vaatimukset

Direktiivissä sekä kartoitusohjeessa on esitetty joitain vaatimuksia koskien kaivannaisjätealueiden kartoitusta. Sen tulee muun muassa olla riskiperusteista, ja siinä tulee osoittaa haittavaikutuksen lähde, altistumisreitti sekä altistuja. Vaaran lähteitä kaivannaisjätealueen tapauksessa voivat ohjeen mukaan olla jätekasa ja rikastushiekka-allas sekä niistä aiheutuvat suotovedet. Tarkasteltavia altistumisreittejä ovat pintavedet, pohjavesi, altistuminen ilman kautta ja suora altistuminen. Altistujia voivat ohjeen mukaan olla ihmiset, pohjavesi, pintavesi, karja, muut eläimet ja kasvillisuus. On huomioitava, että altistumismahdollisuuksia on useita, ja että altistumisreitti voi olla yhtä aikaa myös reseptori (KUVIO 10). Esimerkiksi ihminen voi altistua haitta-aineille myös ravintonsa, eli kasvien ja eläinten, tai juomavetenään käyttämänsä pohja- tai pintaveden kautta.



KUVIO 10. Mrouehin, Heikkisen, Jarvan, Voutilaisen, Vahanteen ja Pulkkisen (2005) esittämä käsitteellinen malli ihmisten ja eläinten mahdollisuuksista altistua rikastushiekka-altaan haitta-aineille (Heikkinen & Noras 2005, 55)

Kartoituksessa tulee käyttää jo olemassa olevia tietoja ja arvioida tiedonlähteen luotettavuutta. Tiedonsaantia varten jäsenmailla oletetaan olevan valmiiksi tietoja topografiasta, väestöstä, suojelualueista, maanpeitteistä ja maankäytöstä sekä vesistöjen sijainnista ja laadusta. Kaivannaisjätealueisiin liittyen tietoa tulisi olla alueiden sijainneista, varastoiduista jätteistä, käytetyistä rikastuskemikaaleista, jätealueen ominaisuuksista (korkeus, volyyymi, perustuksen kaltevuus ym.) sekä mahdollisesta peitteestä jätealueella.

## 6.2 Riski ja riskinarviointi

Käsite riski ei ole yksiselitteinen, mutta sen määritelmään on yleisesti sisällytetty jonkun tapahtuman todennäköisyys. Tarkemmin riski voidaan esittää haittavaikutuksen, haitan todennäköisyyden ja sen seurauksen funktiona (Kaplan & Garrick 1981). Näin ollen riski eroaa käsitteestä vaara, joka merkitsee jonkun häiriötekijän aiheuttamaa mahdollista haitallista tapahtumaa. Riskinarvioinnin tarkoituksena on tunnistaa, määrittää ja kuvailla riskejä. Riskinarvion tuloksia käytetään riskinhallintaan liittyvän päätöksenteon tukena. Ekologisessa riskinarvioinnissa käsitellään jonkun häiriötekijän vaikutuksia kasveihin ja eläimiin, ja terveysriskin arvioinnissa vaikutuksia ihmiseen. Ekologisessa riskinarvioinnissa tarkastellaan vaikutuksia yleensä yleisemmällä tasolla, kun taas terveysriskin arvioinnissa keskitytään yksilöön. (Pellinen, Sorvari & Soimasuo 2007.)

## 6.3 Kaivannaisjätealueiden kartoitus Irlannissa

Irlanti teki kaivannaisjätedirektiivin mukaisen kartoituksen kaivannaisjätealueista (Historic Mine Sites – Inventory and Risk Classification) vuosien 2006 ja 2008 välisenä aikana. Selvityksen taustalla olivat sekä kansallinen kiinnostus kartoittaa riskialueet että samoihin aikoihin voimaan tullut kaivannaisjätedirektiivi. Kartoitus koskee nimenomaan kaivosjätteitä, eikä esimerkiksi hiekan tai soran otossa syntyvää kaivannaisjätettä. Mukana selvityksessä olivat GSI (Geological Survey of Ireland), EPA (Environmental Protection Agency) ja EMD (the Exploration and Mining Division of DCERN). GSI:n tietokannassa on 450 kaivosta, joista noin puolessa on ollut merkittävää tuotantoa. Ennen 1900-lukua suurin osa kaivoksista tuotti kuparia tai lyijyä. (Stanley ym. 2009.)

Kartoitusprojektiin kuului GSI:n kaivostietokannan, kaivosten onnettomuuksista kertovien raporttien sekä olemassa olevien, kaivoksia koskevien tietojen läpikäynti. Noin 220 kaivoksen joukosta asiantuntijat valitsivat riskien tarkastelua ja luokittelua vaativat kohteet. Valintaprosessissa tarkasteltiin muun muassa louhintamenetelmiä, rikastusprosesseja, alueen geologiaa ja mineralogialla, jätealueiden ominaisuuksia, kohteessa esiintyviä haitta-aineita ja kaivannaisjätteen AMD-potentiaalia. Tämän jälkeen laadittiin käsitteellinen malli, joka kattoi vaaran lähteen, altistumisreitit ja altistujan käsitteet. Mallin avulla arvioitiin jätealueiden riskejä. (Stanley ym. 2009.)

Arviointi suoritettiin tarkastelemalla vaaran lähdettä, pohjavesikulkeutumista, pintavesikulkeutumista ja pölyämistä sekä suoraa altistumista erikseen jätealueen ja purosedimenttien osalta. Kunkin altistumisreitit yhteydessä käsiteltiin myös mahdolliset reseptorit. Vaaran lähteeseen liittyviä parametreja olivat muun muassa kaivannaisjätteen määrä, jätealueen koko ja nestemäisen jätteen määrä. Kulkeutumiseen liittyviä parametreja olivat esimerkiksi pohjaveden laatu ja luokka, pohjaveden pinnan taso, pintavesien laatu, pölyämispotentiaali ja todetut haitta-aineiden kulkeutumisesta. Altistujia tarkasteltiin huomioimalla muun muassa kaivosten sijainnit, pintavesiä juomavetenään käyttävien ihmisten määrä, alueiden virkistyskäyttö, karjatalouden vesihuolto sekä asutuksen ja erilaisten suojelualueiden etäisyydet. (Stanley ym. 2009.)

Jokainen parametri pisteytettiin havaintojen ja olemassa olevien tietojen avulla. Lopullinen pistemäärä muodostettiin laskemalla parametrien pisteet yhteen, ja pisteiden perusteella muodostettiin jätealueille luokkajako. Kunkin kaivoksen jätealueiden pisteet laskettiin yhteen, ja kaivokset luokiteltiin pistetuloksen perusteella (TAULUKKO 1). Luokkia on yhteensä viisi, joista ensimmäiseen luokkaan kuuluvien kaivosten jätealueet vaativat täydellisen riskinarvioinnin, ja viimeiseen luokkaan kuuluvat eivät vaadi minkäänlaista seuranta. Kaiken kaikkiaan pisteytettiin ja luokiteltiin 27 kaivoksen jätealueet, joita oli yhteensä 82. Kaivoksista kolme sijoittui ensimmäiseen luokkaan, yksi toiseen luokkaan, 17 viimeiseen luokkaan ja loput kolmanteen ja neljanteen luokkaan. (Stanley ym. 2009.)

TAULUKKO 1. Irlannissa kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laadittu pisteystaulukko (Stanley ym. 2009)

Luokka	Pisteet	Kuvaus
1	>2000	Kohteet, jotka vaativat riskinarviointia ja jatkuvaa tarkkailua.
2	1000–2000	Kohteet, joiden jätealueista, valumista tai purosedimenteistä suurin osa tai kaikki vaativat vuosittaista tarkkailua.
3	300–1000	Kohteet, joiden jätealueista, valumista tai purosedimenteistä suurin osa tai kaikki vaativat tarkkailua joka toinen vuosi.
4	100–300	Kohteet, joiden jätealueista, valumista tai purosedimenteistä jotkut vaativat tarkkailua joka viides vuosi.
5	<100	Kohteet, jotka eivät vaadi tarkkailua.

Irlannin kaivannaisjätealueilla merkittävin yksittäinen haitta-aine on lyijy. Jätealueella ja laajalti sen ympäristössä todettiin korkeita pitoisuuksia lyijyä. Muita kaivosalueilla esiintyviä haitta-aineita ovat muun muassa sinkki, kupari, arseeni ja elohopea. Joidenkin kaivosalueiden alapuolella olevissa sedimenteissä on korkeita pitoisuuksia kuparia. Myös sinkkiä löytyi sedimenteistä huomattavasti. Kiinteässä kaivannaisjätteessä olevan sinkin ei todettu aiheuttavan riskiä terveydelle, mutta sedimenttien sinkkipitoisuudet aiheuttavat riskin vesieliöille sekä karjalle. (Stanley ym. 2009.)

## 7 OHJEEN KÄSITTELY JA ARVIOINTI

### 7.1 Kartoitusohjeen tarkastelu

Kaivannaisjätealueiden kartoituksena on tarkoitus olla kevyehkö, olemassa olevaan tietoon perustuva selvitys. Kartoitusta varten laadittu ohje on hyvin karkea, koska se on tarkoitettu seulomaan potentiaalisesti vaaraa aiheuttavat jätealueet suuresta kohdejoukosta suhteellisen helposti. Direktiivin mukainen kartoitus ei vaadi ohjeessa esitettyä menettelyä tarkempaa selvitystä kohteista, vaan tarkastelu tulee tehdä EU:n tasolla. Silti tarkasteluun on syytä ottaa mukaan Suomen osalta muutama olennainen lisäkysymys. Lisäksi kaivannaisjätealueita voi samanaikaisesti tai jatkossa tarkastella yksityiskohtaisemmin kansallisella tasolla, ja tätä varten ohjeen arvioinnin yhteydessä on esitelty mahdollisia tarkentavia kysymyksiä.

Aluksi selvitetään, onko kaivannaisjätealueella tapahtunut onnettomuutta, joka olisi aiheuttanut vakavaa haittaa ympäristölle tai terveydelle. Onnettomuudeksi lasketaan myös pitkäaikainen ympäristön pilaantuminen, jos sen seurauksena on koitunut vakavia haittoja ympäristölle tai terveydelle. Vaikka haitta olisi jo korjattu ja alue kunnostettu, ohjeessa suositellaan, että kohde arvioitaisiin tarkemmin. Ohjeen mukaan vakavaa haittaa aiheuttanut onnettomuus tai pitkäaikainen pilaantuminen tulee huomioida, vaikka sen toistuminen olisikin tehtyjen toimenpiteiden vuoksi hyvin epätodennäköistä. Kokonaisuudessaan kaivannaisjätealueiden haittavaikutuksia kartoitettaessa vanhat vakavat haitat ovat yhtä tärkeitä kuin nykyiset tai tulevat. Lisäksi vanhat onnettomuudet tai pilaantumiset voivat antaa tärkeää tietoa muiden kaivannaisjätealueiden riskien arviointia varten. On myös hyödyllistä selvittää, onko jätealueella ylipäätään havaittu olevan ympäristöhaittoja. Lisäksi mahdollisesti jo havaittu AMD-vesien esiintyminen alueella kertoo jätealueeseen liittyvistä riskeistä.

Seuraavaksi tarkastellaan kaivannaisjätteessä mahdollisesti esiintyviä haitallisia aineita. Aluksi selvitetään, onko kaivoksella työstetty sulfidimineraaleja tai tuotettu jätettä, joka sisältää sulfidimineraaleja. Sulfidimineraalien hapettumisen seurauksena voi muodostua happamia kaivosvesiä, jotka on todettu yhdeksi merkittävimmistä kaivosten aiheuttamista ympäristöhaitoista (mm. Price 2003).

Tämän jälkeen tulee selvittää, onko louhitusta malmista tuotettu jotain seuraavista aineista: Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, U, V, Zn tai asbestia. Ohjeen mukaan edellä mainitut aineet on otettu kysymysmenettelyyn mukaan neuvoston direktiivin 91/689/EEC perusteella. Direktiivin liitteessä II luetellaan ne haitta-aineet, joiden esiintyminen yli tietyn pitoisuusrajan johtaa jätteen luokitteluun ongelmajätteeksi. Luettelosta on valittu ne aineet, joita kaivoksilla mahdollisesti tuotetaan.

Ohjeen viimeinen haitallisia aineita koskeva kohta liittyy rikastuksessa käytettyihin kemikaaleihin. Rikastuksessa on voitu käyttää vaarallisia aineita, jotka saattavat kulkeutua ympäristöön. Rikastuskemikaalien ei ole kuitenkaan oletettu olevan Suomessa kovin merkittävä vaaran lähde, koska rikastuskemikaalit ovat yleensä luonnossa helposti hajoavia aineita (Räisänen 2011c). Toisaalta selvityksen arvoista voi olla se, mitkä ovat rikastuskemikaalien hajoamistuotteet, voiko niillä olla haitallisia vaikutuksia, ja miten ne kulkeutuvat. Kartoitusta varten tulee ainiaan selvittää, onko rikastuksessa käytetty vaarallisia kemikaaleja vai ei.

Kaivannaisjätteen laatuun liittyen on myös syytä selvittää, sisältääkö sivukivi joi-  
tain edellä luetelluista aineista, ja sisältääkö jäte säteileviä mineraaleja tai muita kemialliselle muutunnalle alttiita aineita. Lisäksi on tärkeää tietää, onko kaivannaisjäte kemiallisesti labiilia, eli onko sillä haponmuodostuspotentiaalia. Potentiaalini voi päätellä jätteen mineralogiasta ja kemiallisesta koostumuksesta. Tässä vaiheessa on syytä selvittää myös jätteen määrä; jos AMD-potentiaalista jätettä on alle 1000 t, sillä ei oleteta olevan haitallisia vaikutuksia pienen määränsä vuoksi. On myös tärkeää selvittää, voiko jätteellä olla jotain muuta haittapotentiaalia. (Räisänen 2011c.)

Seuraavaksi tarkastellaan kaivannaisjätealueen fysikaalista stabiilisuutta. Osiossa tarkastellaan jätealueen ominaisuuksia, kuten pinta-alaa, rikastushiekka-altaan tai jätekanan korkeutta sekä jätekanan osalta perustan kaltevuutta. Mitä suurempi jätealue on, sitä suuremmat voivat olla siitä aiheutuvat haitat. Kohdassa selvitetään, kuinka suuret vesi- ja lietemassat pääsisivät sortumisen yhteydessä leviämään ympäristöön. Sen lisäksi, että jätemassat kuljettaisivat ympäristöön haitta-aineita, myös massat itsessään saattaisivat aiheuttaa tuhoa. Jätealueen koolla on merkitys-

tä myös kemiallista stabiilisuutta tarkasteltaessa, sillä suuri jätealue voi sisältää enemmän haitallisia aineita, jotka pääsevät kulkeutumaan ympäristöön. Padon tai kasan korkeus sekä kasan perustan kaltevuus liittyvät niin ikään sortumistilanteen vaaraan. Lisäksi tarkemmassa, kansallisen tason tarkastelussa tulisi huomioida myös padon sortumispotentiaali, joka on ratkaiseva tekijä rikastushiekka-altaiden fysikaalista stabiilisuutta arvioitaessa (Räisänen 2011c).

Fysikaalisen stabiilisuuden ei arvioida olevan Suomen kaivannaisjätealueilla erityisen suuri uhka, vaan tärkeämpää on huomioida alueen kemiallinen stabiilisuus, eli jätealueen hapontuottopotentiaali ja metallien liukoisuus (Räisänen 2011b). Padot on yleisesti rakennettu Suomessa hyvin, ja vesipinta niissä on usein sen verran alentunut, ettei padoissa oleva vesi tee niistä epävakaita (Räisänen 2011d). EU-lainsäädännössä korostetaan fysikaalista stabiilisuutta ja ihmisiin kohdistuvia riskejä, sillä lainsäädännön taustalla ovat nimenomaan läjitysalueiden fysikaalisesta labiilisuudesta johtuneet onnettomuudet (Comission of the European Communities 2003). Mahdollisesti tästä syystä ei kemialliseen stabiilisuuteen ole erityisesti kiinnitetty huomiota kartoitusohjeessa. EU:n alueella ei myöskään ole montaa aktiivista metallikaivosta (Räisänen 2011d), joihin kemiallinen stabiilisuus korostetusti liittyy.

Seuraavassa osiossa tarkastellaan altistumisreittejä. Aluksi tulee selvittää, onko 1 km:n säteellä jätealueelta vesistöä. Ohjeessa vesistöllä tarkoitetaan kaikkia pintavesiä, kuten puroja, jokia, järviä, lampia ja tekojärviä. Jätteestä liukenevat haitta-aineet voivat kulkeutua vesistöjä pitkin laajalle alueelle, jolloin ihmiset ja eläimet voivat altistua niille. Tässä kohdassa vesistöjä kuvataan altistumisreiteinä, mutta vesistöt ovat ekosysteemejä, ja täten myös reseptoreita.

Tämän jälkeen tarkastellaan jätealueen pohjaa, ja näin ollen haitta-aineiden kulkeutumista jätteestä pohjaveteen. Perusteluksi esitetään, että jätealue ei voi saastuttaa pohjavettä, jos mahdolliset happamat valumavedet pysyvät sen sisällä. Kohdassa tulee kuitenkin selvittää ainoastaan se, onko jätealueen pohja hyvin läpäisevä vai tiivis. Haitta-ainepitoisia vesiä voi kulkeutua pohjaveteen myös muita reittejä pitkin. Vesiä voi kulkeutua esimerkiksi ylivuotoina jätealueen ympäristöön, josta se voi edelleen imeytyä maaperään hyvin vettä johtavien kerrosten tai

kallioperän ruhjeiden kautta. Pohjavesi on kulkeutumisriskin lisäksi itsessään reseptori, jonka pilaaminen on kielletty YSL:n (86/2000) 8 §:n mukaan. Jätealueen pohjaan liittyvien tekijöiden lisäksi olisi hyvä tarkastella myös ympäröiviä alueita ja selvittää, onko lähistöllä pohjavesialueita, pohjavesimuodostumia tai pohjavedenottoamoita. Myös pohjavesialueiden luokka on hyvä huomioida.

I-luokan pohjavesialue on vedenhankinnan kannalta tärkeä alue. II-luokan pohjavesialue taas soveltuu vedenhankintaan, mutta sitä ei toistaiseksi hyödynnetä. III-luokan pohjavesialue vaatii tutkimuksia, joissa selvitetään sen hyödyntämiskelpoisuus. (Britschgi, Antikainen, Ekholm-Peltonen, Hyvärinen, Nylander, Siiro & Tuomela 2009)

Niin ikään maaperään kohdistuvia riskejä tulee tarkastella. Maaperän pilaaminen on kielletty YSL:n (86/2000) 7 §:n mukaan. Maaperä on jokaisen kohteen tapauksessa mahdollinen altistuja, joten sitä koskeva tarkastelu liittyy kulkeutumisreittien tarkasteluun. Maaperän pilaantumista voi tapahtua jätealueen pölyämisen, haitta-aineiden pohjavesikulkeutumisen sekä jätealueelta kulkeutuvien pintasuotovesien kautta. Näistä tekijöistä ohjeessa on huomioitu pölyäminen sekä osittain pohjavesikulkeutuminen.

Seuraavaksi on tarkoitus selvittää, onko jätealue peittämätön ja ovatko partikkelit niin pieniä, että ne voivat kulkeutua tuulen mukana. Tuulen mukana haitta-aineita voi levitä ympäristöön, jolloin ihmiset ja eläimet voivat altistua niille hengityksen kautta. Ohjeessa mainitaan altistujina vain ihmiset ja eläimet, mutta pöly voi pilata myös esimerkiksi ympäröivien alueiden maaperää. Pölyäminen estyy, jos kaivannaisjätealue on hyvin peitetty joko maakerroksella tai vedellä.

Seuraavassa kohdassa tarkastellaan suoraa altistumista kaivannaisjätteen haitta-aineille, joten partikkelikoolla ei ole merkitystä. Ohjeessa todetaan, että peittämätön jätealue mahdollistaa ihmisten tai eläinten pääsyn kosketuksiin kaivannaisjätteen kanssa, jolloin sen haitta-aineet voivat imeytyä ihon läpi tai kulkeutua ruoansulatuselimistöön.

Kansallisen tason tarkastelussa kulkeutumisreittien osalta voisi selvittää, ovatko jätealueen suotovesien kulkureitit tiedossa (Räisänen 2011c). Tieto vesien reiteistä kertoo siitä, mihin haitta-aineita voi kulkeutua veden mukana. Jos kulkureittejä ei tiedetä, on mahdollista, että vesien hallitsematon kulkeutuminen aiheuttaa laajalti haittaa ympäristössä.

Viimeinen osio koskee mahdollisia altistujia. Tarkoituksena on kartoittaa mahdollinen ihmisten, ekosysteemien sekä kasvien ja eläinten altistuminen haitta-aineille. Aluksi tarkastellaan ihmisten altistumisriskiä selvittämällä, onko 1 km:n säteellä jätealueesta yli sadan ihmisen asutusta. Ohjeessa todetaan, että mitä enemmän ihmisiä lähialueella asuu, sitä todennäköisemmin joku voi altistua jätteen haittoille. Alueella voi toisaalta liikkua ihmisiä, vaikka alle kilometrin säteellä ei olisikaan yli 100 ihmisen taajamaa. Suoraan altistumiseen jätealueen haitta-aineille vaikuttavat myös esimerkiksi lähistön haja-asutus, kesäasuntoalueet sekä alueen ja sen ympäristön virkistyskäyttö.

Edellisessä kohdassa käsitellään ihmisen osalta suoraa altistumista. Altistumisreittejä tarkasteltaessa otetaan huomioon myös eläinten suora altistuminen haitta-aineille, mutta sitä ei huomioida altistujia koskevassa osiossa. Altistujaosiossa voisi ainakin kansallisen tason tarkastelussa ottaa huomioon alueella kulkevat eläimet. Tämän voisi tehdä esimerkiksi selvittämällä, sijaitseeko jätealueen lähitöllä kansainvälisesti tärkeitä lintualueita (IBA-alueet) tai Ramsar-alueita. Ramsar-alueet ovat kansainvälisesti merkittävien kosteikkojen ja vesilintujen suojelua varten perustettuja luonnonsuojelualueita (Valtion ympäristöhallinto 2009c).

Seuraavassa kohdassa tarkastellaan alle 1 km:n päässä olevan vesistön laatua. Tässä kohdassa vesistöä tarkastellaan altistujana. Tarkoituksena on selvittää, onko alle kilometrin säteellä jätealueesta oleva vesistö huonommassa kuin hyvässä tilassa.

Vesistöt luokitellaan EU:n vesipuitedirektiivin vaatimusten mukaisesti ekologiselta tilaltaan huonoksi, välttäväksi, tyydyttäväksi, hyväksi tai erinomaiseksi. Merkittävistä jokivesimuodostelmista noin puolet on luokiteltu ja järvistä on luokiteltu

noin kolmannes. Pienemmistä vesistöistä suurin osa on luokittelematta, koska niitä on runsaasti ja tiedoista on puutetta. (Valtion ympäristöhallinto 2010c.) Jos vesistön tilaan on vaikuttanut jokin muu tekijä kuin kaivannaisjätealue, tulee vesistö ohjeen mukaan katsoa tässä yhteydessä tilaltaan hyväksi. Joidenkin vesistöjen osalta tilan heikentymiseen johtaneen syyn selvittäminen voi olla työlästä tai mahdotonta ilman kenttätutkimusta. Kuormittajia voi olla paljon, eikä ole välttämättä varmuutta siitä, onko myös jätealue vaikuttanut vesistön tilaan. Vaikka vesistön tila olisikin hyvä, on aiheellista tarkastella, voiko jätealueesta myöhemmin (asetuksen mukaan keskipitkällä aikavälillä) aiheutua haittaa vesistölle, kuten direktiivissä edellytetäänkin. Koska happamien valumavesien muodostumisen alkaminen voi kestää jopa 20–30 vuotta (Räisänen 2008b), haitat eivät välttämättä näy vielä keskipitkänkään ajanjakson jälkeen. Tämä on syytä huomioida vesistöriskin tarkastelussa.

Seuraavan kohdan tarkoituksena on selvittää, onko 1 km:n säteellä jätealueesta Natura 2000 -aluetta. Natura 2000 -alueet ovat EU:n alueella sijaitsevia, lailla ja määräyksillä suojeltuja ekologisesti tärkeitä alueita, joiden tarkoitus on suojella luonnon monimuotoisuutta (Metsähallitus 2010). On perusteltua ottaa kysymysmenettelyssä huomioon kohteet, joiden luontoarvoille ei saa aiheutua uhkaa. Tarkastelussa on syytä huomioida myös Natura 2000 -ohjelman ulkopuoliset luontokohteet, joilla on suojelullisia arvoja. Tällaisia ovat esimerkiksi luonnonpuistot, kansallispuistot ja erilaisten suojeluohjelmien alueet. Pelkästään Natura 2000 -alueiden huomioiminen ohjeessa johtunee niiden yleisestä tunnettavuudesta ja kattavuudesta EU:n alueella.

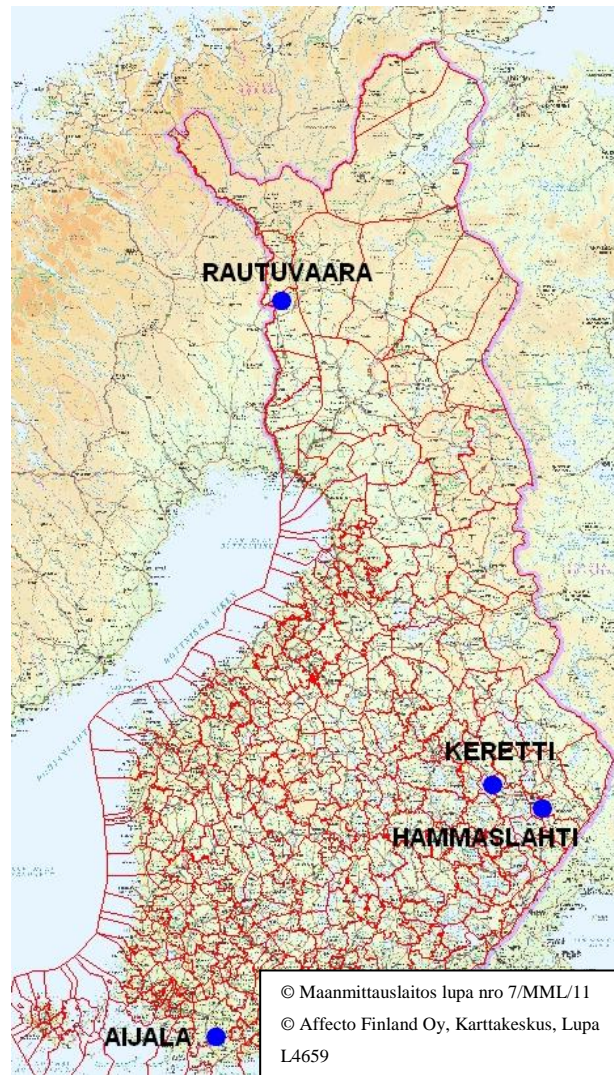
Lopuksi tulee selvittää, sijaitseeko 1 km:n säteellä jätealueesta peltoa tai karjaa. Kohdassa kartoitetaan ihmisten ja eläinten mahdollisuutta altistua jätealueiden haitta-aineille ravinnon kautta, ja täten haitta-aineiden rikastumisen mahdollisuutta ravintoketjussa. Tämän lisäksi kansallisen tason arvioinnissa on hyvä tarkastella myös muiden eläintilojen, kuten esimerkiksi siipikarjatilojen, sijoittumista jätealueeseen nähden.

Kysymysmenettelyssä käytetään jonkin verran parametreja, joille annetut arvot perustuvat asiantuntijoiden arvioihin. Ohjeessa kehoitetaan muuttamaan parametri-

en arvoja tarpeen mukaan jäsenvaltion olosuhteisiin sopiviksi. Jätealueen ominaisuuksiin liittyvien parametrien arvot on asetettu varovaisuusperiaatteen mukaan melko alhaisiksi. Tarvetta arvojen muuttamiselle, ainakaan pienemmiksi, tuskin on. Etäisyysparametrien arvona on käytetty 1 kilometriä. Tarvetta arvon nostamiselle ei ole toistaiseksi tullut ilmi.

## 7.2 Pilot-kohteet

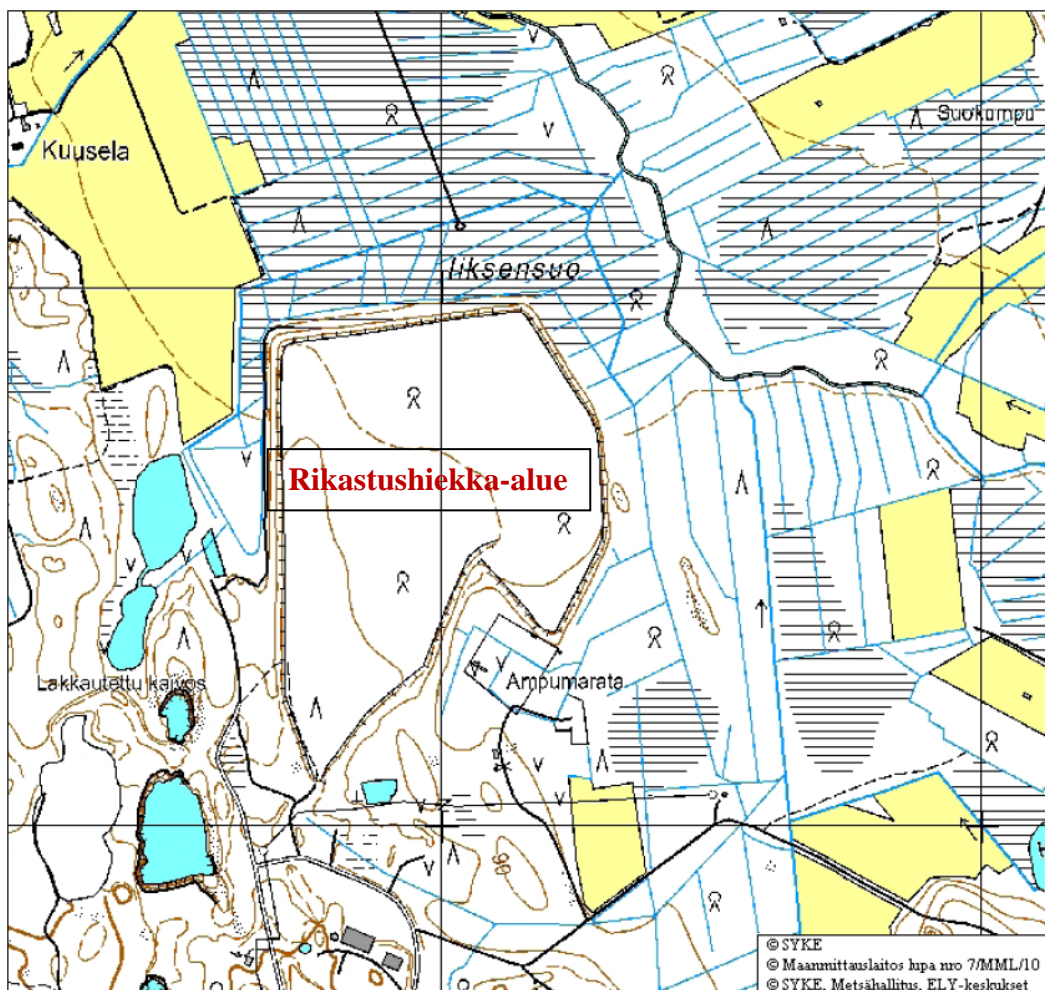
Komission ohjeen käytettävyyttä sekä tarvittavien tietojen saatavuutta tarkastellaan neljän pilot-kohteen avulla. Kohteet ovat Hammaslahden, Aijalan, Keretin ja Rautuvaaran kaivosten rikastushiekka-alueet (KUVIO 11). Kaikki kaivokset ovat toimintansa lopettaneita sulfidimalmikaivoksia, joiden jätealueiden on todettu kuormittavan ympäristöä. Näiden neljän kohteen valintaan vaikuttivat niiden ominaiset ympäristövaikutukset ja toisistaan eroavat ominaisuudet (Räisänen 2011a). Pilot-kohteita käydään aluksi läpi kartoitusohjeen mukaisella menettelyllä. Kohteiden aiheuttamien riskien kannalta olennaisia tekijöitä tarkastellaan hieman syvemmin. Lisäksi huomioon otetaan myös osa lisä- ja tarkentavista kysymyksistä, ja tarkastellaan jo todettuja haittoja. Liitteessä 1 on kunkin kohteen osalta taulukoitu vastaukset niin ohjeen kysymyksiin, lisäkysymyksiin kuin kansallisen tason arviointia varten ehdotettuihin tarkentaviin kysymyksiin.



KUVIO 11. Pilot-kaivannaisjätealueiden sijainnit

### 7.2.1 Hammaslahden kaivos

Hammaslahden kaivos Joensuussa oli GTK:n kaivosaineistojen perusteella toiminnassa vuosina 1971–1986. Hammaslahdessa louhittiin yhteensä noin 7,9 M tonnia malmia, josta rikastetun malmin osuus oli noin 5,6 M tonnia. Hammaslahdessa tuotettiin lähinnä kuparia ja sinkkiä. (Karlsson 2011a.) Hammaslahden kaivosalueella on tällä hetkellä jäljellä kolme vanhaa avolouhosta, sivukiven läjitysalue, rikastushiekan läjitysalue (KUVIO 12), kaivostorni sekä rikastamorakennus (Räisänen, Niemelä & Saarelainen 2003). Kaivoksen omistaa Outokumpu Oy (Geologian tutkimuskeskus 2009b).



KUVIO 12. Hammaslahden kaivoksen rikastushiekka-alue

Hammaslahden kaivoksella on louhittu sulfidimalmia. Päämineraalit olivat magneettikiisu, kuparikiisu, sinkkivälke ja rikkikiisu. Muita mineraaleja olivat muun muassa arseenikiisu ja lyijyhohde. (Geologian tutkimuskeskus 2009b.) Jätealueelle on läjitetty noin 4,8 M tonnia rikastushiekkaa, joka sisältää 3,5 % rikkiä, 8,1 % rautaa, 1 % sinkkiä ja 0,06 % kuparia. Allas on kooltaan 30 ha, ja se on jaettu välipadolla kahteen osaan. (Hammaslahden kaivos, ympäristölupa 2008). Jätealue on peitetty ja metsitetty, ja kunnostusta on paranneltu 2000-luvun lopussa muun muassa kalkituksella, uusilla ojitusjärjestelyillä ja kosteikkojen rakentamisella (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2010a). Rikastushiekan kerrosrakenne on selvitetty vuonna 2003 julkaistussa tutkimuksessa. Tutkimuksen mukaan hapettuneen kerroksen paksuus on noin 30–70 cm (Räisänen ym. 2003).

Karttatulkinnan perusteella noin 200 m:n päässä rikastushiekka-alueen koillisreunalta virtaa Iiksenjoki (Peruskartta 1:20 000, Rauansalo). Iiksenjoki on noin 28 km pitkä, ja se luokitellaan keskisuureksi turvemaiden joeksi (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Vesistön tila on asiantuntijoiden arvion mukaan tyydyttävä (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Rikastushiekka-alueen vedet kulkeutuvat reunaojien kautta kosteikoille ja sieltä Iiksenjokeen laskevaan ojaan (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2010a). Kosteikolle ei ole syntynyt kunnollista kasvillisuutta, joten se ei ole toiminut tehokkaasti (Hammaslahti, kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen 2011). Jätealueen vesien on todettu kuormittavan ojaa, mikä näkyy lähinnä kohonneina metallipitoisuuksina, lisääntyneenä sameutena sekä kohonneena sähkönjohtokykyinä. Vuonna 2009 ojan veden pH oli keskimäärin 3,3 ja etenkin alumiinia ja rautaa oli vedessä runsaasti. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2010a.) Rikastushiekka-alueelle tullaan suunnittelemaan täydentäviä kunnostustoimenpiteitä, jos purkuvesien laatu ei ole parantunut tai kosteikko ei ole kasvittunut vuoden 2012 loppuun mennessä (Hammaslahti, kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen 2011).

Kaivoksen alapuolisissa Iiksenjoen näytteenottopisteissä veden laatu on selkeästi heikentynyt. Kaloille turvalliseksi määritetty alumiinin enimmäispitoisuus lievästi happamissa sekä happamissa vesissä on 40 µg/l (Valtion ympäristöhallinto 2006). Kauimmaisella Iiksenjoen asemalla alumiinipitoisuus oli vuonna 2009 korkeimmillaan yli 10 kertaa tätä suurempi (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2010a). Talousveden laatusuositus raudan enimmäispitoisuudelle taas on 200 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000, Liite 1/2). Iiksenjoessa raudan pitoisuus oli korkeimmillaan kymmeniä kertoja tätä suurempi (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus 2010a). Vuoden 2010 näytteenottotulosten mukaan kaivoksen lähimmän alapuolisen Iiksenjoen aseman vedenlaatu oli hieman parantunut edellisvuodesta (Pintavesien tilan tietojärjestelmä 2011). Tuloksia tulkittaessa tulee huomioida, että myös kaivoksen avolouhoksen vedet johdetaan saman ojan kautta Iiksenjokeen (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2010a).

Ohjeen mukaisessa tarkastelussa ilmi tulevia keskeisiä jätealueen ominaisuuksia ovat lisäksi sekä sen koko että korkeus, joka on noin 7,5–12 m (Räisänen ym. 2003). Tarkastelun mukaan mahdollinen altistuja haitta-aineille on vesistön lisäksi pelto, joka sijaitsee noin 50 m:n säteellä rikastushiekka-altaasta (Peltolohkorekisteri 2011).

Muita jätealueen mahdollisista riskeistä kertovia tekijöitä ovat lisäksi jätealueen lähimmän asutuksen, pohjavesialueen ja pohjavedenottamon sijainti. Lähin asuinrakennus sijaitsee Rakennus- ja huoneistorekisterin (2011) mukaan noin 600 m:n päässä jätealueelta. Noin 800 m:n päässä jätealueelta sijaitsee II-luokkaan luokiteltu pohjavesialue (Pohjavesialuepaikkatietokanta 2011). Honkavaaran pohjavedenotamo puolestaan sijaitsee noin kilometrin päässä jätealueelta (Maaperän tilan tietojärjestelmä 2011). Jätealueen pohja on kuitenkin tiivistä turvemaata (Räisänen ym. 2003), joten sitä kautta jätealueelta ei voi kulkeutua haitta-aineita pohjaveeseen.

Hammaslahden kaivoksen rikastushiekka-allas tulee olemaan lisäselvitystä tarvitsevien kohteiden joukossa. Ensisijaiset lisäselvitystarpeeseen johtavat tekijät ovat kaivoksella työstetyt sulfidimineraalit, alle 1 km:n säteellä sijaitseva vesistö, ja kyseisen vesistön tyydyttävä tila. Ohjeen mukaisessa tarkastelussa usea kysymysmenettelyn kohta osoittaa Hammaslahden rikastushiekka-alueen lisäselvitysten tarpeen. Ohjeen mukainen tarkastelu kertoo todellisista ympäristövaikutuksista sekä jätealueen koon ja pellon sijainnin aiheuttamista riskeistä. Jätealueen ei tiedetä aiheuttaneen muita kuin ohjeen mukaisessa tarkastelussa ilmi tulevia ympäristö- tai terveyshaittoja.

### 7.2.2 Aijalan kaivos

Aijalan kaivos Salossa oli GTK:n aineistojen mukaan toiminnassa vuosina 1948–1961. Malmia louhittiin yhteensä noin 0,93 M tonnia, josta rikastetun malmin osuus oli 0,84 M tonnia. (Karlsson 2011a.) Louhitusta malmista tuotettiin kuparia, sinkkiä, hopeaa ja kultaa (Geologian tutkimuskeskus 2009a). Kaivoksen rikastamo oli toiminnassa vuoteen 1974 asti. Aijalassa louhitun malmin lisäksi rikastamossa käsiteltiin kahden muun kaivoksen, Metsämöntun ja Telkkälän, malmeja.

(Sipilä 1994.) Aijalan kaivoksella malmia on louhinut lähinnä Outokumpu Oyj (Geologian tutkimuskeskus 2009a). Alueen nykyinen omistaja on Kiinteistö Oy Kiskon Kaivos (Maaperän tilan tietojärjestelmä 2011).



KUVIO 13. Aijalan kaivoksen rikastushiekka-alue.

Aijalan kaivoksella työstettyjä sulfidimineraaleja olivat esimerkiksi rikkikiisu, kuparikiisu, magneetikiisu ja sinkkivälke (Geologian tutkimuskeskus 2009a). Vuonna 2004 julkaistun tutkimuksen mukaan rikastushiekka sisälsi keskimäärin Cu 300 mg/l, Zn 700 mg/l, Pb 1600 mg/l ja As 600 mg/l (Saresma 2004, 40). Rikastushiekan hapettuneessa kerroksessa oli 1990-luvun puolivälissä tehdyn tutkimuksen mukaan 99 % rautahydroksideja, 1 % rikkikiisua ja hieman kupari- ja

magneetikiisua (Sipilä 1994). Lähes kaikki kerroksen sulfidimineraalit ovat siis hapettuneet.

Rikastushiekka-altaaseen (KUVIO 13) on läjitetty noin 2 M tonnia rikastusjätettä. Allas sijaitsee kahden mäen välissä, ja se on padottu kahden padon avulla. Rikastushiekkan läjitysalue on pinta-alaltaan 18 ha. 1990-luvulla laaditun kunnostussuunnitelman mukaan jätealueesta on peitetty noin 1/3. (Sipilä 1996a.) Alue on edelleen samassa tilassa kuin kunnostussuunnitelman laatimishetkellä, eikä kunnostusta ole paranneltu (Wihlman 2011).

Jätealueen välittömässä läheisyydessä sijaitsevan, noin 1,4 km pitkän laskuojan vedessä on kohonneita pitoisuuksia lyijyä ja kadmiumia (Sipilä 1994). Kilometrin päässä jätealueelta virtaa Kiskonjoki (Peruskartta 1:20 000, Aijala), joka on noin 15 km pitkä keskisuuri kangasmaiden joki (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Aijalan rikastushiekka-alueen on todettu kuormittavan jokea. Rikastusjätteen päällä on kaksi lampea, joissa on vettä läpi vuoden. Valumavedet purkautuvat lampien ja laskuojan kautta Kiskonjokeen. Jätealueelta suotautuu vesiä ympäristöön jonkin verran myös padon läpi. Aijalan kaivoksella ei ole säännöllistä vesientarkkailuvelvoitetta. Vesientarkkailuohjelma lopetettiin vuonna 1981 suotovesien alhaisiksi todettujen metallipitoisuuksien vuoksi. Sen jälkeen alueella on tehty vain satunnaisia tarkkailuja. Sekä laskuojan että Kiskonjoen orgaanisiin sedimentteihin on pidättynyt jätealueelta peräisin olevia metalleja. Ojan sedimentteihin on pidättynyt muun muassa arseenia, elohopeaa ja kadmiumia ja Kiskonjoen sedimentteihin muun muassa alumiinia, kuparia ja kromia. Ojan osalta on olemassa vaara, että pH:n laskiessa metallit vapautuvat sedimentistä uudelleen ja kulkeutuvat veden mukana jokeen. (Sipilä 1996a.)

Toinen ohjeen mukaisessa tarkastelussa ilmi tuleva jätealueen keskeinen ominaisuus on sen koko. Lähimmän vesistön sijainnin lisäksi mahdollisista kulkeutumisqueistä taas kertoo jätealueen osittainen peittorakanteiden puuttuminen ja altistumisriskeistä lähimmän Natura 2000 -alueen ja pellon sijainti. Jätealueesta noin 13 ha:n kokoinen alue on alttiina tuulelle ja mahdollistaa suoran altistumisen jätteen haitta-aineille (Sipilä 1996a). Pölyäminen näkyy ympäristön maaperässä kohonneina metallipitoisuuksina (Sipilä 1996a). Lähin Natura 2000 -alue on kilo-

metrin päässä sijaitseva Kiskonjoki (Natura 2000 -tietokanta 2011), ja lähin pelto sijaitsee noin 50 m:n päässä jätealueelta (Peltolohkorekisteri 2011).

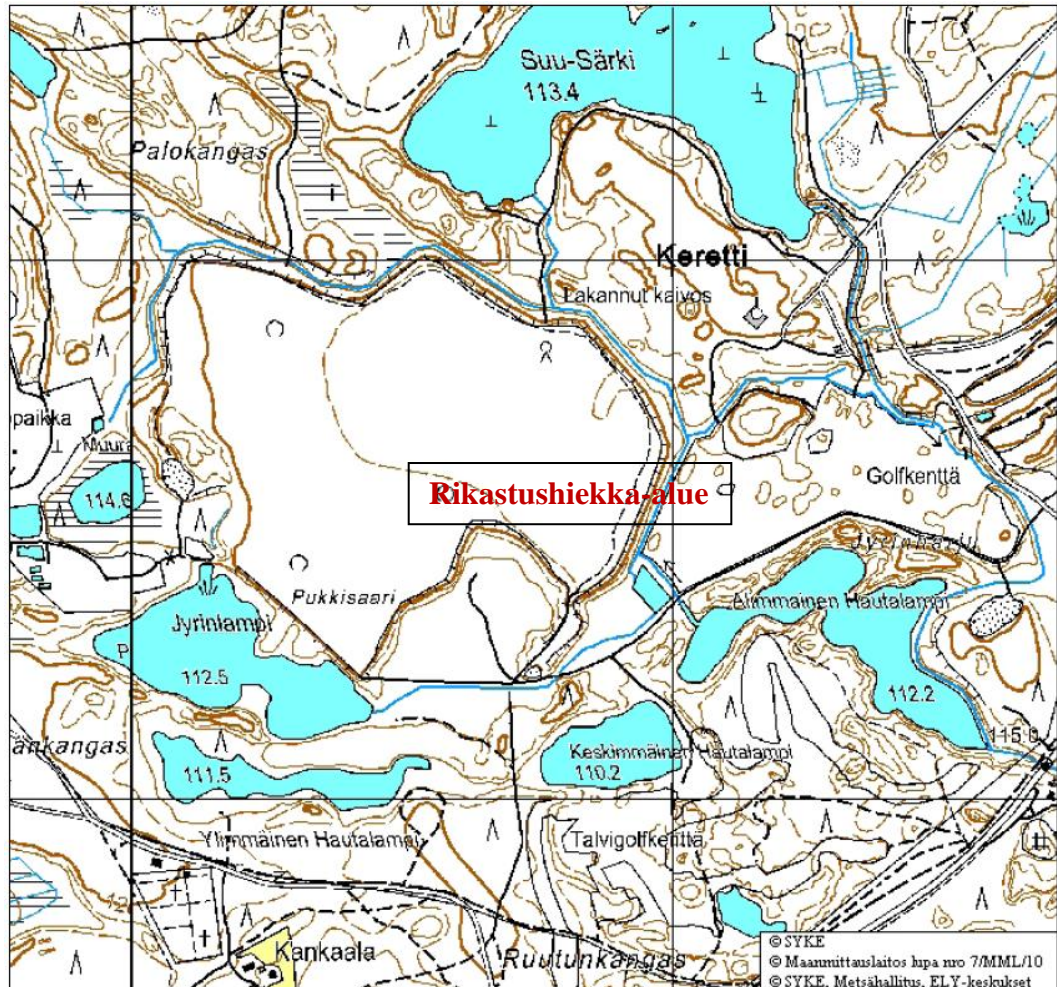
Muita olennaisia tekijöitä riski- ja haittavaikutusten tarkastelun kannalta ovat todettu pohjavesivaikutus sekä jätealueen lähimmän pohjavesialueen, asuinrakennuksen ja soidensuojeluohjelma-alueiden sijainti. Joidenkin metallien, kuten magnesiumin, raudan ja kalsiumin, pitoisuuksien on todettu olevan selvästi koholla alueen pohjavedessä (Sipilä 1996a). Pohjavesi on teknisesti ja esteettisesti käyttökelpotonta, eikä sitä käytetä talousvetenä (Sipilä 1996a). On hyvä huomioida, että jätealueella on todettu olevan pohjavesivaikutuksia, vaikka jätealueen pohjamaa ei ole helposti vettä läpäisevää. Pohjavesi on todennäköisesti päässyt kontaminoitumaan jätealueen pölyämisen tai padon läpi suotautuvien vesien seurauksena. Lähin pohjavesialue sijaitsee Pohjavesialuepaikkatietokannan (2011) perusteella noin 600 m:n päässä jätealueelta. Lähin asuinrakennus puolestaan sijaitsee vain noin 300 m:n päässä rikastushiekka-altaasta (Rakennus- ja huoneistorekisteri 2011). Jätealueen eteläpuolella, noin 400 m:n päässä taas sijaitsee soidensuojeluohjelma-alue Koskossuo, ja noin 2,2 km päässä soidensuojeluohjelma-alue Pyyso (Luonnonsuojeluohjelmien paikkatietokanta 2011).

Aijalan kaivoksen rikastushiekka-allas on lisäselvityksiä vaativa kohde. Lisäselvityksen tarpeen osoittavat ensisijaisesti jätteen sisältämät sulfidimineraalit, alle 1 km:n päässä sijaitseva vesistö, ja kyseisen vesistön tyydyttäväksi arvioitu tila. Komission ohjeen mukainen tarkastelu kertoo todellisista ympäristövaikutuksista, ja rikastushiekka-altaan koon sekä Natura-alueen ja pellon sijaintien aiheuttamista riskeistä. Pohjavesivaikutusta lukuun ottamatta rikastushiekka-alueen todetut vaikutukset tulevat ohjeen mukaisessa menettelyssä ilmi.

### 7.2.3 Keretin kaivos

Outokummun kaivos oli GTK:n kaivosaineistojen mukaan toiminnassa vuosina 1910–1989 (Karlsson 2011a). Tuotanto siirtyi Keretinniemielle vuonna 1954 (Komulainen 1997, 9). Kaivoksilla tuotettiin kuparia, sinkkiä ja kobolttia (Geologian tutkimuskeskus 2009c). Kaivosten kokonaislouhinta oli GTK:n aineistojen perusteella noin 34,9 M tonnia malmia, josta rikastetun malmin määrä oli noin

30,0 M tonnia (Karlsson 2011a). Rikastamolla on käsitelty sekä Keretistä louhitua malmit että Outokummun vanhan kaivoksen rikastushiekka-alueen rikastushiekkaa (Komulainen 1997, 9).



KUVIO 14. Keretin kaivoksen rikastushiekka-alue.

Kaivoksen päämineraaleja olivat magneettikiisu, rikkikiisu ja kuparikiisu (Geologian tutkimuskeskus 2009c). Jätealueelle (KUVIO 14) on läjitetty yhteensä noin 11,5 M tonnia rikastushiekkaa. 140 ha:n kokoinen rikastushiekka-alue on peitetty ja maisemoitu, ja sinne on rakennettu golf-kenttä. (Hautalammen kaivos, ympäristölupa 2009.)

Jätealueen kaakkoispuolella sijaitsevasta Alimmaisesta Hautalammesta saa alkunsa Ruutunjoki (Peruskartta 1:20 000, Outokumpu). Rikastushiekka-altaan on to-

dettu kuormittavan noin neljä kilometriä pitkää Ruutunjokea, joka on tyypiltään pieni kangasmaiden joki (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2009). Rikastushiekka-altaan suotovedet johdetaan ojia pitkin kosteikkopuhdistamolle, josta ne purkautuvat Alimmaiseen Hautalampeen, ja sen jälkeen Ruutunjokeen. Kosteikon kautta Ruutunjokeen johdetaan myös viereisen kaatopaikka-alueen suotovedet. (Hautalammen kaivos, ympäristölupa 2009.)

Kosteikolta lähteissä vesissä on ollut kohonneita sulfaatti- ja metallipitoisuuksia sekä happamuutta. Alimmainen Hautalampi toimii, ja toimi jo kaivostoiminnan aikana jälkiselkeystys- ja tasausaltaana. Lammen veden laatu on heikko, ja lammissa on runsaasti metalleja ja kiintoainesta. Ruutunjoessa esiintyy muun muassa kohonneita metallipitoisuuksia ja lievää happamuutta. (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2010b; Hautalammen kaivos, ympäristölupa 2009.)

Toinen ohjeen mukaisessa tarkastelussa ilmi tuleva keskeinen jätealueen ominaisuus on sen suuri koko. Haitta-aineiden mahdollisista kulkeutumisriskeistä taas kertoo vesistön sijainnin lisäksi myös jätealueen pohjakerroksen läpäisevyys. Rikastushiekka-alueen pohjamaa on hiekkaa ja soraa (Komulainen 1997, 9), joten maaperä on hyvin vettä läpäisevää. Ohjeen mukaisessa reseptoritarkastelussa altistuja voi vesistön ja pohjaveden lisäksi olla myös pelto. Lähin pelto sijaitsee noin 500 m:n päässä jätealueelta (Peltolohkorekisteri 2011).

Muita mahdollisista riskeistä kertovia tekijöitä ovat lisäksi jätealueen lähimmän I-luokan pohjavesialueen, asutuksen ja tärkeän lintuveden sijainti. Pohjavesialuepaikkatietokannan (2011) mukaan noin 2 km:n etäisyydellä jätealueesta sijaitsee pohjavesialue, joka on luokiteltu I-luokkaan. Niin ikään 2 km:n päässä jätealueelta sijaitsee Outokummun keskusta (Peruskartta 1:20 000, Outokumpu). Lähin asuttu rakennus puolestaan sijaitsee Rakennus- ja huoneistorekisterin (2011) mukaan noin 900 m:n päässä kohteesta. Noin neljän kilometrin päässä jätealueelta sijaitseva Sysmäjärvi kuuluu Natura 2000 -ohjelman piiriin (Natura 2000 -tietokanta 2011), ja lisäksi se on sekä IBA- alue (IBA-alueiden paikkatietokanta 2011) että Ramsar-alue (Ramsar-alueiden paikkatietokanta 2011). Keretin kaivosalueen on todettu olevan yksi järven pistekuormittajista (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Metallipitoisuuksien, sulfaattipitoisuuden ja sähkönjohta-

vuoden on todettu olevan hieman koholla Sysmäjärven Ruutunjoen laskualueella (Hautalammen kaivos, ympäristölupa 2009).

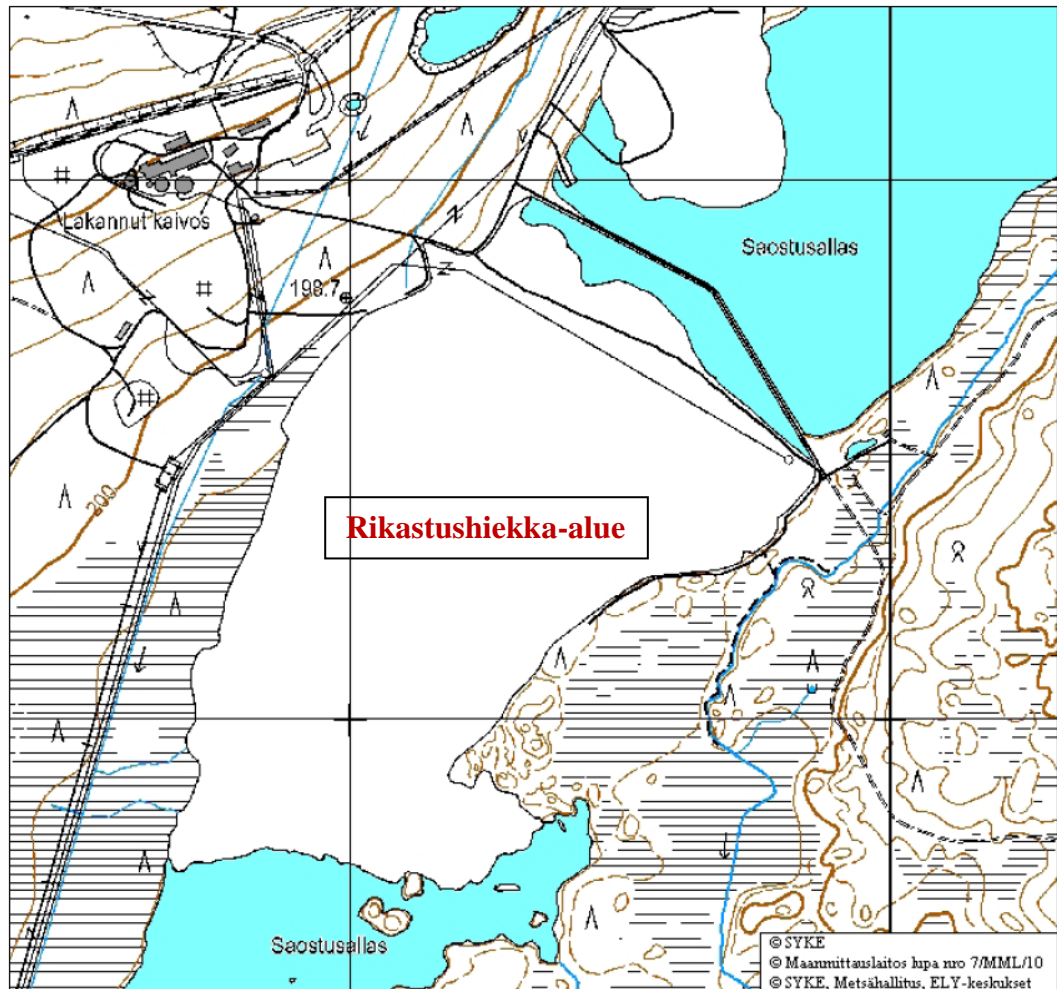
Keretin rikastushiekka-alueen ympäristössä on todettu vesistövaikutusten lisäksi pohjaveden pilaantumista (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2010b) sekä maaperän pilaantumista (Komulainen 1997, 7). Pohjaveden laatu on heikentynyt alueella muun muassa rikastushiekka-altaalta tulevan kuormituksen vuoksi. Pohjavesi ei sovellu nykyisin vedenhankintaan, koska siinä on muun muassa kohooneita pitoisuuksia rautaa ja mangaania. (Hautalammen kaivos, ympäristölupa 2009.) Liukenevan raudan määrä vedessä oli vuoden 2009 vesistötarkkailun mukaan korkeimmillaan satoja kertoja suurempi kuin talousveden laatusuosituksen mukainen enimmäispitoisuus raudalle (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2010b). Mangaanin osalta talousveden laatusuositus sen enimmäispitoisuudesta on 50 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000, Liite 1/2). Pohjaveden mangaanipitoisuus oli korkeimmillaan yli 10 kertaa tätä suurempi (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2010b). Laajamittainen pohjaveden pilaantuminen tapahtui Keretin kaivosta edeltäneen vanhan Outokummun kaivoksen toiminnan aikana. Pilaantuminen johti oikeuskäsittelyihin ja taloudellisiin korvauksiin. (Kuusisto 1991.) Maaperän pilaantuminen näkyy puusto- ja metsämaanosvaurioina. Pintakasvillisuus on osittain kokonaan hävinnyt. Syynä maaperän pilaantumiselle on rikastamon toiminnan aikaisen kivipölyn lisäksi alueen peittämistöitä edeltänyt rikastushiekka-altaan pölyäminen. (Komulainen 1997, 9, 41.)

Keretin rikastushiekka-altaan osalta tulee tehdä lisätarkasteluja. Ohjeen mukaisen tarkastelun perusteella lisäselvitystarpeeseen vaikuttavat ensisijaisesti sulfidim mineraaleja sisältävä jäte ja alle kilometrin päässä sijaitseva vesistö, jonka tila arvioidaan tyydyttäväksi. Toisaalta Keretin kaivosalueella on tapahtunut myös huomattavaa pohjaveden pilaantumista kaivostoiminnan aikana (Kuusisto 1991), joten jo tämän vuoksi kohde tulisi ottaa mukaan tarkempaan arviointiin. Ohjeen mukainen tarkastelu kertoo Keretin rikastushiekka-altaan todellisista ympäristövaikutuksista sekä jätealueen koon ja pellon sijainnin aiheuttamista riskistä. Sekä pohjavesi- että pintavesivaikutus tulevat ilmi tarkastelussa. Sen sijaan maaperän pilaantuminen ei

tule, koska jätealueen pölyämistä on tapahtunut ennen jätealueen nykyisiä peitto-rakenteita (Komulainen 1997, 9).

### 7.3 Rautuvaara

GTK:n kaivosaineistojen mukaan Rautuvaaran kaivos Kolarissa oli toiminnassa vuosina 1962–1988. Kaivoksella louhittiin yhteensä 12,9 M tonnia malmia, josta rikastetun malmin osuus oli 11,6 M tonnia. (Karlsson 2011a.) Kaivoksella tuotettiin kuparia, rautaa, kultaa ja mangaania. Kaivostoimintaa alueella on harjoittanut Rautaruukki Oy (Geologian tutkimuskeskus 2009d), joka on myös alueen nykyinen omistaja (Maaperän tilan tietojärjestelmä 2011). Rautuvaaran rikastushiekka-alue (KUVIO 15) on ollut toiminnassa vuosina 1978–1996. Jätealuetta ei ole kunnostettu. (Pöyry Finland Oy 2010.)



KUVIO 15. Rautuvaaran kaivoksen rikastushiekka-alue

Rautuvaaran kaivoksella louhittiin magneettikiisua, kuparikiisua, rikkikiisua ja magnetiittia. Rautaa tuotettiin yhteensä noin 5,4 M tonnia ja kuparia noin 23 000 tonnia. (Geologian tutkimuskeskus 2009d.) Rikastushiekka-altaaseen on läjitetty noin  $5 \text{ M m}^3$  rikastushiekkaa. GTK:n (2005–2006) tutkimusten mukaan suurin osa sulfidimineraaleista oli rapautumatta, mutta hapettumista on kuitenkin tapahtunut. (Pöyry Finland Oy 2010.)

Rikastushiekka-altaan välittömässä läheisyydessä sijaitsee saostusaltaana käytettävä järvi (Peruskartta 1:20 000, Hannukainen), joka luokitellaan runsasravinteiseksi ja runsaskalkkiseksi järveksi (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Järvi on jaettu kahteen altaaseen, joista eteläosan altaan vesi täyttää talousveden laatuvaatimukset (Pöyry Finland Oy 2010). Altaista rikastushiekka-alueen vedet kulkeutuvat Niesajokeen (Pöyry Finland Oy 2010), joka kuuluu tyypiltään keskisuuriin

kangasmaiden jokiin (Vesienhoito-tietojärjestelmä 2011). Rikastushiekka-alueen vaikutus Niesajokeen on GTK:n (2005–2006) tutkimuksissa todettu näkyvän lähinnä kohonneina sulfaatti- ja kalsiumpitoisuuksina (Pöyry Finland Oy 2010). Rikastushiekka-altaan alapuolisista näytteenottopisteistä vuonna 2000 määritettyjen pitoisuuksien mukaan tilanne on pysynyt Niesajoessa samankaltaisena (Pinta-vesien tilan tietojärjestelmä 2011).

Muita ohjeen mukaisessa tarkastelussa ilmi tulevia keskeisiä tekijöitä ovat rikastushiekka-altaan koko, joka on karttatulkinnan perusteella yli 10 000 m<sup>2</sup> (Peruskartta 1:20 000, Hannukainen), jätealueen peittorakenteiden puuttuminen sekä kohteen sijainti Natura 2000 -alueella. Perusteena alueen Natura 2000 -ohjelmaan kuulumiselle ovat sen linnusto, lohikalat sekä edustava jokireitti (Natura 2000 -tietokanta 2011). Myös jätealtaan perustan mahdollisesti hyvin läpäisevä maaperä on hyvä ottaa huomioon. Rikastushiekka-altaan ympäristön pohjamaa on hietaa, hiekkaa, soraa sekä moreenia (Peruskartta 1:20 000: maaperäkartta, Rautuvaara). Rikastushiekka-altaan pohjamaa ei käy kartasta ilmi. Jos jätealueen pohjamaa on samanlaista kuin sen ympäristön pohjamaa, se on joko kohtalaisesti tai hyvin vettä läpäisevää.

Lisäksi riskien tarkastelussa on tärkeää huomioida pohjavesialueen sekä lähimmän asuinrakennuksen sijainti. Pohjavesialuepaikkatietokannan (2011) perusteella jätealueelta noin 1,6 km:n päässä sijaitsee III-luokan pohjavesialue. Ympäristön pohjaveden laatu on todettu melko hyväksi (Pöyry Finland Oy 2010). Rakennus- ja huoneistorekisterin (2011) mukaan lähin asuinrakennus puolestaan sijaitsee noin 800 m:n päässä jätealueelta.

Rautuvaaran rikastushiekka-alue vaatii lisätarkasteluja. Lisäselvitystarpeen osoittavat ohjeen kysymysmenettelyn perustella ensisijaisesti jätteen sisältämät haitta-aineet, alle kilometrin päässä sijaitseva vesistö ja tiedon puuttuminen vesistön tilasta. Tarkastelu kertoo todellisesta vesistövaikutuksesta sekä kohteen Natura 2000 -alueelle aiheuttamista riskeistä. Ohjeen mukaisessa tarkastelussa mikään todettu ympäristövaikutus ei jää huomioimatta.

## 8 TIETOJEN SAATAVUUDEN ARVIOINTI

Seuraavaksi on käsitelty niin komission ohjeen mukaista tarkastelua, kuin lisä- ja kansallisen tason tarkentavia kysymyksiä varten vaadittujen tietojen saatavuutta. Kaivannaisjätealueiden kartoituksen jälkeisissä selvityksissä tai osittain sen aikana voidaan hyödyntää myös erilaisia ympäristökuormitustietoja, joten myös niiden saatavuutta on tarkasteltu. Ympäristökuormituksesta tietoja on saatavissa useista ympäristöhallinnon järjestelmistä. Osa niistä on rajoittamattomasti tai osittain käytettävissä ympäristöhallinnon ulkopuolisille tahoille Oiva-palvelun kautta, ja osasta tietoja saa pyytämällä ympäristöhallinnolta. Oiva on asiantuntijoille suunnattu ilmainen ympäristö- ja paikkatietopalvelu, joka sisältää ympäristöhallinnon tietojärjestelmissä olevaa tietoa (Valtion ympäristöhallinto 2009d).

### 8.1 Onnettomuustiedot

Mahdollisista vakavista onnettomuuksista tai vakavaa vaaraa aiheuttavasta pilaantumisesta on tietoa etenkin alan asiantuntijoilla sekä valvovilla viranomaisilla. Lisäksi suurista onnettomuuksista on yleensä raportoitu mediassa, joten tietojen jäljittäminen on suhteellisen helppoa. Pilot-kohteiden tapauksessa vastaukset saatiin alan asiantuntijalta.

### 8.2 Tiedot kaivoksen toiminnasta

Tiedot kaivoksilla työstetyistä mineraaleista sekä louhituista malmeista löytyivät kaikkien neljän kaivoksen osalta GTK:n julkisista kaivostietokannoista: FINCOPPER, FINNICKEL, FINZINC, FINGOLD, FINURANIUM JA FINPGE. Tietokannat sisältävät kaivoskohtaisia tietoja yhteensä yli 400 toimintansa lopettaneesta ja toiminnassa olevasta kupari-, nikkeli-, sinkki-, kulta-, uraani- ja platinaryhmäkaivoksista. Tietoja on muun muassa sijainnista, toimintavuosista, louhituista malmeista ja mineraaleista sekä alueen geologiasta.

Lisäksi GTK:lla on osittain samoja tietoja sisältävä aineisto yli 400 kaivoksesta, joista suurin osa on metallimalmikaivoksia. Aineistoissa on tietoja myös muun muassa vuolukivi-, talkki- ja apatiittikaivoksista. Aineistosta löytyy kaivoksen

numero, nimi, koordinaatit, sijaintikunta, tyyppi, kokonaislouhintamäärä, rikastetun malmin määrä sekä toimintavuodet. GTK:lla on myös ympäristönäkökulmaa painottava Kaivosympäristötietokanta, joka sisältää lisäksi tietoja muun muassa jätealueiden mineralogiasta ja käytetyistä rikastuskemikaaleista. Tietokannassa on joidenkin kaivosten osalta paljonkin tietoa, mutta suurimmasta osasta ei vielä lainkaan. Osa tiedoista on luottamuksellisia. (Karlsson 2011.)

Tietojen löytyminen käytetyistä rikastuskemikaaleista osoittautui ongelmalliseksi. Tietoja on todennäköisesti kohteiden valvojilla ja mahdollisesti GTK:n Kaivosympäristötietokannassa, mutta aikataulun rajallisuuden vuoksi niitä ei haettu tätä opinnäytetyötä varten. Käytetyt rikastuskemikaalit eivät myöskään ole esiselvitysvaiheen olennaisimpia asioita pilot-kohteiden tapauksessa, koska kohteissa on jo todettu metalleista johtuvia ympäristövaikutuksia, mikä taas edellyttää tarkempaa selvitystä. Myöhemmin rikastuskemikaalien käyttö ja laatu on syytä selvittää.

### 8.3 Kaivannaisjäisjätteiden ja -jätealueiden ominaisuustiedot

Tietoja jätteiden AMD-potentiaalista löytyi kaikkien neljän kaivoksen osalta. Kahta jätealuetta koskien tiedot löytyivät kohdekohtaisista tutkimuksista, yhtä jätealuetta koskien sen vesientarkkailuraportista ja yhden kohteen osalta sen lähistöä koskevan hankkeen Ympäristövaikutusten arviointi (YVA) -selostuksen aluekuvauksista. Tähän tarkoitukseen ei ole olemassa keskitettyä tietolähdettä. Laajempaa aineistoa käsiteltäessä AMD-potentiaaliin liittyvien tutkimustietojen kerääminen on turhan työlästä, joten tarkoituksenmukaisinta on nojautua asiantuntijoiden arvioihin kaivannaisjätteen AMD-potentiaalista.

Rikastushiekka-aitaiden koot ja peittotiedot löytyivät kolmen kohteen osalta kohdekohtaisista tutkimuksista. Yhden jätealueen osalta tieto löytyi YVA-selostuksen aluekuvauksista. Rikastushiekka-aitaiden korkeuksista puolestaan löytyi tietoa kahden kohteen osalta, nekin kohdekohtaisista tutkimuksista. Jätealueiden maaperästä kirjallista tietoa löytyi kolmen kaivoksen osalta niiden kohdekohtaisista tutkimuksista. Yhden kaivoksen osalta tietoa haettiin maaperäkartasta. Jätealueen

pohjamaasta ei löytynyt tietoa, mutta ympäröivän alueen pohjamaa käy kartasta ilmi.

Arvioita patojen sortumariskistä vedenpinnan mahdollisen nousun seurauksena ei löytynyt. Asiantuntija voi tehdä padon ominaisuuksien perusteella arvion sortumisriskistä. Jätealueen fysikaalisten ominaisuuksien selvitys voi olla hyvin haastavaa, koska tietoa ei löydy keskitetysti. On oletettavaa, että tietoja jää puuttumaan usean jätealueen osalta.

Jätealueiden suotovesien kulkeutumisreiteistä tietoja löytyi kaikkien kohteiden osalta. Yhtä rikastushiekka-allasta koskien tiedot saatiin kohdekohtaisesta tutkimuksesta. Tutkimus on kuitenkin peräisin vuodelta 1996, joten se ei välttämättä anna luotettavaa tietoa nykytilanteesta. Kahden muun kaivoksen osalta tiedot löytyivät vesientarkkailuohjelmasta ja YVA-selostuksen aluekuvauksesta. Tietoa suotovesien reiteistä ei todennäköisesti ole saatavilla monenkaan kohteen osalta koska tiedon saaminen edellyttää tehtyjä selvityksiä tai tarkkailua, jota suoritetaan vain harvassa kohteessa.

#### 8.4 Pintavesitiedot

Ympäristöhallinnon aineistosta saa paikkatietoa lähimmistä pintavesistöistä, mutta pilot-kohteita varten tiedot haettiin peruskarttatulkinnan avulla Karttapalvelun pohjakartasta. Näin pilot-kohteiden tarkastelua varten saatiin etäisyystietojen lisäksi tietoa vesistötyypeistä ja vesistöjen nimistä. Karttapalvelu on sovellus, jonka avulla ympäristöhallinnon henkilökunta voi muun muassa katsoa hallinnon paikkatietoaineistoja, tuoda omia aineistojaan kartalle ja muodostaa teemakarttoja (Valtion ympäristöhallinto 2008a).

Tiedot vesistöjen tilaluokituksesta löytyivät Vesienhoito-tietojärjestelmästä kolmen kohteen osalta, ja yhden kohteen osalta arvio tilasta saatiin YVA-selostuksen aluekuvauksesta. Vesienhoito -tietojärjestelmässä on tietoja vesienhoidon suunnittelusta ja toteutuksesta. Järjestelmään tallennettavia tietoja hyödynnetään myös vesienhoitoon liittyvässä EU-raportoinnissa. Tietojärjestelmään on tallennettu tiedot noin 6000 järvestä, joesta tai rannikkovesistöistä. (Suomen ympäristökeskus

2011.) Tietoja on melko kattavasti saatavissa muun muassa sijainnista, pinta-vesityypistä, pinta-alasta, luokittelusta, tavoitetilasta, tilaa heikentävästä toiminnasta ja vesistöön kohdistuvista toimenpiteistä.

Pintavesien tilan tietojärjestelmästä (PIVET) löytyy tarvittaessa vesistönäytteenottoon liittyviä tietoja. PIVETissä on järvien, jokien ja rannikkovesien kemiallis-fysikaalisia määrittystuloksia noin 66 000 havaintopaikalta. Säännöllistä tarkkailua suoritetaan noin 5000 havaintopaikalla. (Valtion ympäristöhallinto 2010d.) Tietojen kattavuus riippuu todennäköisesti muun muassa siitä, millaisesta vesistöstä on kyse; suuria järviä seurataan melko säännöllisesti, mutta pienistä lammista tietoja on mahdollisesti vain yhdeltä näytteenotokerralta tai ei lainkaan. Kaivosten kohdalla kiinnostavia tietoja ovat etenkin niiden mahdollisten velvoitetarkkailujen määrittystulokset. Velvoitetarkkailujen käytettävyys riskien ja ympäristövaikutusten tarkastelussa tulee arvioida huolella. Joissakin velvoitetarkkailuissa määriteltävien alkuaineiden valikoima ei riitä kertomaan mahdollisesta AMD-potentiaalista tai sen voimakkuudesta (Räisänen 2011d). Myös tarkkailupisteiden sijainteihin tulee kiinnittää huomiota. Tarkkailupisteiden tulee olla aseteltu niin, että ne kuvastavat kaiken jätealueelta ympäristöön kulkeutuvan veden laatua, myös silloin, kun tapahtuu esimerkiksi ylivuotoja. Kaikilla kaivoksilla ei ole velvoitetarkkailua, mutta niiden lähistöjen vesistöistä voi löytyä muita seurantatuloksia. Tällöin tulee erityisesti kiinnittää huomiota siihen, että tarkkailussa käytetään kaivannaisjätealueiden kannalta tarkoituksenmukaisia alkuaineparametreja.

## 8.5 Pohjavesitiedot

Lähimpien pohjavesialueiden etäisyydet rikastushiekka-alueilta saatiin Ympäristöhallinnon Pohjavesialuepaikkatietokannasta ammattikäyttöön suunnitellun ArcMap-paikkatieto-ohjelman avulla. Ympäristöhallinnon aineistoista tietoja saa haettua myös Karttapalvelun avulla, mutta ArcMapin todettiin olevan tarkempi työväline etäisyystietojen haussa. Pohjavesialuepaikkatietokanta sisältää tiedot pohjavesialuerajoista, pohjavedenmuodostumisalueiden rajoista, osa-alueajoista sekä pohjavesialuenumeroista ja luokituksista (Suomen ympäristökeskus 2009b). Lähimpien pohjavedenottamoiden sijainnit kohteisiin nähden saatiin Maaperän tilan tietojärjestelmästä, jota tarkastellaan luvussa 8.9.

Pohjavesitietojärjestelmään (POVET) tallennetaan pohjaveden määrään ja laatuun sekä muun muassa alueen tutkimuksiin liittyviä tietoja luokitelluilta pohjavesialueilta ja pohjavesiasemilta. Luokiteltuja pohjavesialueita on noin 6500 ja ympäristöhallinnon pohjavesiasemia noin 80. Tietoja löytyy jonkin verran myös kaivoista ja lähteistä. (Suomen ympäristökeskus 2010a.) Jos kaivannaisjätealueella on pohjavesien velvoitetarkkailu, voi POVETista hakea tarkkailun määritystuloksia. Velvoitetarkkailuraportit ovat kuitenkin parempia tiedonlähteitä, sillä POVETiin ei ole liitetty tulosten analysointia. Kaivosten velvoitetarkkailuraportteja löytyy vaihtelevasti asianhallintajärjestelmä AHJOsta. Kaikkia raportteja järjestelmään ei välttämättä ole talletettu, mutta ne on mahdollista saada ELY-keskuksilta. Samoin kuin pintavesien tarkkailun osalta, myös pohjavesiseurannan tulosten käytettävyyteen on kiinnitettävä huomiota. Arvioita kaivannaisjätealueiden pohjavesivaikutuksista voi tehdä myös tarkastelemalla lähistön pohjavesien muita seurantatuloksia, jos mitatut parametrit ovat käyttökelpoisia.

## 8.6 Asutustiedot

Tiedot asutuksesta saatiin Rakennus- ja huoneistorekisteristä ArcMap-paikkatieto-ohjelman avulla. Rakennus- ja huoneistorekisteri sisältää tiedot kaikista Suomen rakennuksista ja niiden ominaisuuksista (Suomen ympäristökeskus 2009c). Taa-  
jamien sijainnista saa suuntaa antavaa tietoa Corine Land Cover 2006 ja 2000 -aineistosta. Aineistossa on tietoa Suomen maanpeitteistä ja maankäytöstä vuosina 2006 ja 2000. Maanpeitteet ja maan käyttö on jaettu viiteen pääluokkaan, jotka ovat rakennetut alueet, maatalousalueet, metsät, avoimet kankaat ja kalliomaat, kosteikot ja avoimet suot sekä vesialueet. Pääluokat on jaettu vielä alaluokkiin. (Valtion ympäristöhallinto 2010a.)

## 8.7 Tiedot pelloista ja karjasuojista

Peltojen sijainnit haettiin Peltolohkorekisteristä. Peltolohkorekisteri on Maaseutu-  
viraston omistama maataloushallinnon tukien hallinta- ja valvontajärjestelmään kuuluva julkinen tietokanta. Tietokannassa on sijainti- ja tunnistetietoja kaikista pinta-alaperusteisia tukia hakeneista maatalojen talouskeskuksista ja peltolohkoista. (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2011.)

Eläinsuojista tietoja voi hakea Ympäristönsuojelun tietojärjestelmästä eli VAHTI-järjestelmästä. VAHTI-järjestelmä on etenkin ympäristölupien käsittelyn ja valvonnan tueksi suunniteltu järjestelmä (Nurmio 2005). Järjestelmässä on kaikki ympäristöluvan vaatineet eläinsuojat (Ympäristönsuojelun tietojärjestelmä VAHTI 2003). Sijaintitietojen haku on työlästä, koska järjestelmässä on mainittu ainoastaan kunta, jossa kohde sijaitsee. Lisätiedot voi katsoa järjestelmässä osoitetuista ympäristöluvista, jotka löytyvät yleensä Asianhallinta- eli AHJO-tietojärjestelmästä. Etäisyyksiä selvitetessä täytyy todennäköisesti käyttää apuna peruskarttaa, jonka avulla eläinsuojan voi paikallistaa osoitteen tai luvassa mahdollisesti olevien koordinaattien perusteella. Kaikkien eläinsuojien osalta luvannumeron numeroa ei ole merkitty järjestelmään, jolloin lupien löytäminen voi olla vielä työläämpää.

#### 8.8 Tiedot suojelualueista

Tiedot Natura 2000 -alueista ja muista suojelualueista löytyvät Natura 2000 -, Luonnonsuojelualueet- ja Luonnonsuojeluohjelma-alueet-paikkatietokannoista Karttapalvelun avulla. Luonnonsuojelualueet-tietokanta kattaa paikkatiedot muun muassa luonnonpuistoista, kansallispuistoista, soidensuojelualueista, yksityisistä suojelualueista ja erämaa-alueista (Valtion ympäristöhallinto 2008b) ja luonnonsuojeluohjelma-alue-tietokannasta tiedot löytyvät muun muassa harjujen, lintuvesien, soiden ja rantojen suojeluohjelmista (Valtion ympäristöhallinto 2008c). Karttapalvelun avulla saa hyvän kokonaiskuvan kohteiden lähistöllä olevista suojelualueista.

#### 8.9 Tiedot havaituista ympäristövaikutuksista

Tiedossa oli jo pilot-kohteita valittaessa, että kohteet ovat aiheuttaneet haitallisia ympäristövaikutuksia. Tietoja todetuista pintavesi-, pohjavesi- ja maaperävaikutuksista sekä AMD-vesien havainnoista löytyi muun muassa kohdekohtaisista tutkimuksista ja vesientarkkailuohjelmista.

Maaperän tilasta tietoa voi löytyä myös Maaperän tilan tietojärjestelmästä (MATTI). Tietojärjestelmään kootaan tietoja Suomen maa-alueista, joiden maaperässä saattaa esiintyä haitallisia aineita, sekä tutkituista tai kunnostetuista alueista.

Tietoja löytyy muun muassa alueiden sijainnista, siellä harjoitetusta tai harjoitettavasta toiminnasta, maalajista, etäisyyksistä esimerkiksi lähimpään vesistöön ja pohjavesialueeseen sekä tehdyistä tutkimuksista ja kunnostuksista. (Valtion ympäristöhallinto 2010e.) Kaivostoimintaan liittyen tiedot ovat olleet usein puutteellisia. Kaivosalueista ei ole järjestelmällisesti viety tietoja MATTIin. Tietojärjestelmään on merkitty noin 70 kaivoskohdetta, joista monet ovat kivilouhoksia. (Haavisto 2011b.) MATTI-järjestelmästä saa tietoja pyytämällä niitä järjestelmän vastuuhenkilöiltä tai ELY-keskuksilta. Kunnat pääsevät tarkastelemaan tietoja KuntaVAHTI-käyttöliittymän kautta. (Valtion ympäristöhallinto 2010e.)

#### 8.10 Muut kuormitustiedot

Pohjaeläintietojärjestelmä (Pohje) sisältää vesiviranomaisten, julkisen valvonnan alaisten vesientutkimuslaitosten sekä muiden merkittävimpien pohjaeläintutkimusta tekevien laitosten tuottamia pohjaeläinaineistoja. Järjestelmässä on tietoja noin 3400 paikalta. (Suomen ympäristökeskus 2009a.) Kaivosten jätealueiden ympäristövaikutusten tarkastelussa pohjaeläintiedoista voi olla apua, jos tutkimuspaikat kohdistuvat kohteiden läheisiin, etenkin alapuolisiin vesistöihin. Tietojen tulkitseminen vaatii alan asiantuntijan apua, koska järjestelmä ei sisällä tulosten tarkastelua.

Kertymärekisteristä (KERTY) saa tietoa haitallisten aineiden kertymisestä eliöihin, kuten kasveihin, kaloihin ja lintuihin, sedimentteihin, maaperään ja passiivikeräimiin. Tiedot järjestelmään kerätään muun muassa ympäristön tilan seurannoista ja tutkimuksista, velvoitetarkkailuista sekä maaperän pilaantuneisuuden kartoituksen ja sedimenttien ravinnetutkimusten yhteydessä tehdyistä pitoisuus selvityksistä. (Suomen ympäristökeskus 2010b.) Kaivannaisjätealueiden biologisia vaikutuksia on tarkasteltu melko vähän. Joitain klorofylli-, pohjaeläin-, vesikirppu- ja kalatutkimuksia on mahdollisesti tehty. (Räisänen 2011d.) Kaivannaisjätealueita tarkasteltaessa tiedoista voi olla hyötyä, jos tarkastelupisteitä sijoittuu niiden läheisyyteen

### 8.11 Päätelmiä tiedon saatavuudesta

Pilot-kohteista löytyi jonkin verran tutkimustietoa, mutta näin ei ole läheskään jokaisen kaivannaisjätealueen kohdalla. Alkutarkasteluun tulee mahdollisesti yli 400 kohdetta. Näistä asiantuntijan arvion mukaan alle kymmenessä kohteessa on tehty nykytilaselvitys, ja muita kohdekohtaisia selvityksiä, joista on apua tietojen selvittämisessä, on tehty alle 20 kohteessa (Räisänen 2011c). Tulee myös huomioida, että parin vuosikymmenen takaiset tutkimukset eivät välttämättä kuvasta vallitsevaa nykytilaa. Ne eivät välttämättä ole myöskään vertailukelpoisia keskenään esimerkiksi erilaisista analyysimenetelmistä johtuen. Myös kohteita tai niiden lähialueita koskevista ympäristöluvista tai muista valvontadokumenteista voi löytyä hyödyllistä tietoa jätealueista ja niiden ympäristön tilasta. Lisäksi jätealueen lähiympäristöä koskevien hankkeiden YVA-selostuksiin on voitu liittää tietoa kohteista. Kohteita koskevia uusia lupia lukuun ottamatta tällaisten asiakirjojen etsiminen ei kuitenkaan ole tarkoituksenmukaista suurta kohdemäärää tarkasteltaessa.

## 9 YHTEENVETO

Ohjeen mukainen kaivannaisjätealueiden riskien tarkastelu on niin sanottu desktop-menettely, jossa otetaan huomioon haittavaikutuksen lähde, altistumisreitti ja altistuja. Suurin kysymys on, voiko joku alue rajautua ohjeen mukaisessa tarkastelussa pois tarkemmasta arvioinnista, vaikka se todellisuudessa sitä vaatisi. Tällaisia rajaavia tekijöitä voivat olla pohjaveden kautta altistumisen sekä 1 km:n säteellä olevan vesistön tilan ja sijainnin tarkastelu.

Mahdollisia kulkeutumisreittejä koskevassa osiossa tarkastellaan kaivannaisjätealueen haitta-aineiden kulkeutumista pohjaveteen jätealueen pohjamaan kautta. Pohjavesi voi kuitenkin kontaminoitua myös esimerkiksi jätealueelta kulkeutuvan pintavalunnan seurauksena. Tämä on syytä ottaa huomioon etenkin, jos pohjavesikulkeutumisen tarkastelu osoittaa ohjeen mukaisessa menettelyssä kohteen lisäselvitysten tarpeettomuuden.

Altistujien tarkastelu -osiossa tulee selvittää lähistöllä sijaitsevan vesistön tila. Jos tila katsotaan hyväksi, vesistöä ei pidetä potentiaalisena altistumisreitteinä tai altistujana. Vesistön tilan mahdollinen heikentyminen tulevaisuudessa tulisi myös ottaa huomioon, koska jätealueen vaikutukset vesistöön saattavat näkyä vasta pitkän ajan kuluttua. Lisäksi lähimmän vesistön sijainnin tarkastelussa tulisi huomioida, voiko jätealueen läheisyydessä oleva puro tai oja olla niin pieni, ettei se käy ilmi kartoista. Vaikka alle 1 km:n säteellä jätealueesta ei olisikaan vesistöä, johon puro laskisi, voi vesi kuljettaa haitta-aineita laajemmalle ympäristöön ja haitta-aineet voivat sedimentoitua puron sedimentteihin tai imeytyä maaperään.

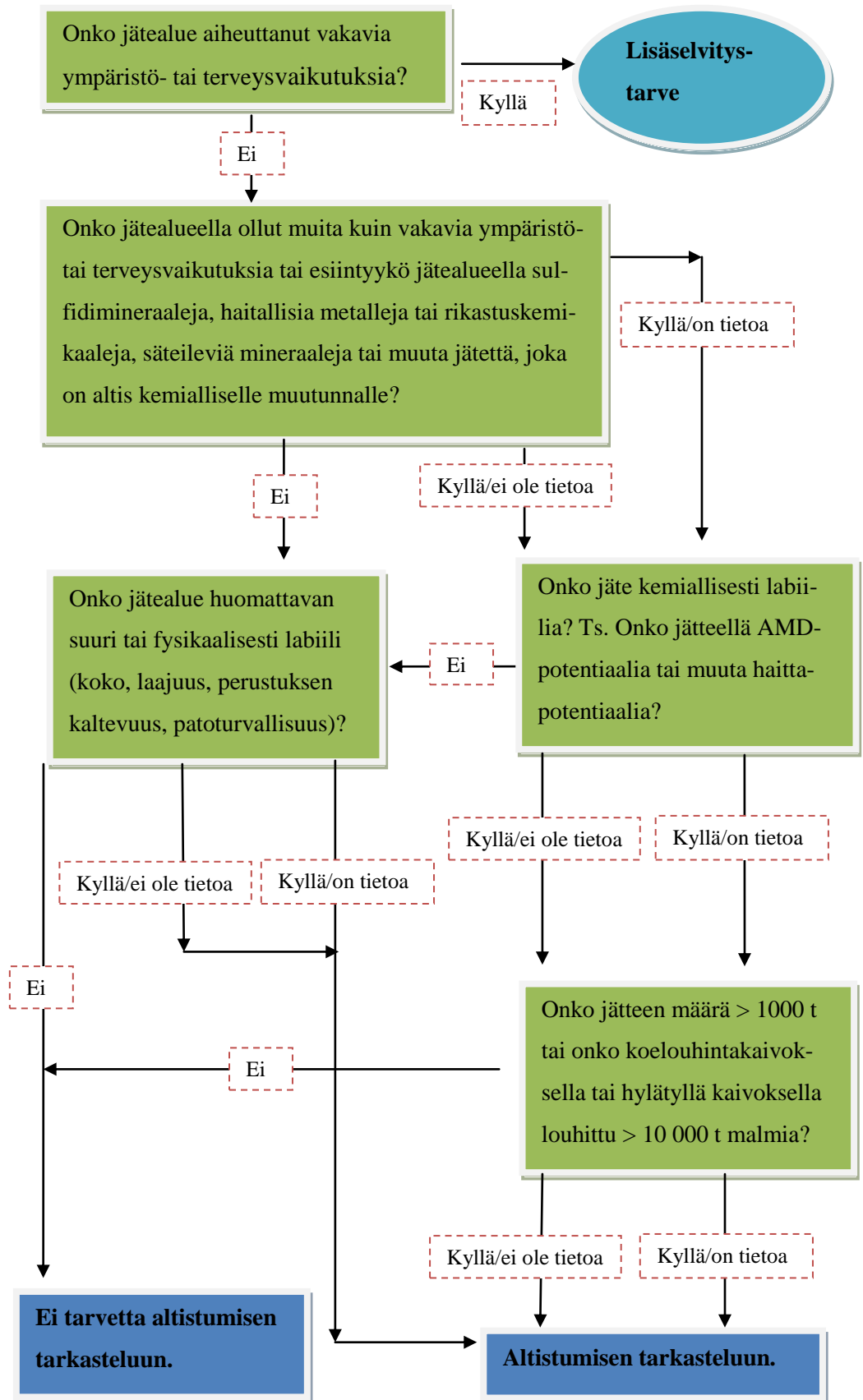
Voidaan kuitenkin todeta, että käytännössä ohjeen mukaisessa tarkastelussa kaikkiin kysymyksiin ei löydy varmennettua vastausta. Tiedon puuttuminen tarkoittaa kysymysmenettelyssä etenemisen suhteen samaa kuin vastaus "kyllä". Tämä vähentää sitä riskiä, että tarkempaa arviointia vaativa jätealue jäisi lisäselvitysten ulkopuolelle.

Pilot-kohteiden osalta lähes kaikki todetut ympäristövaikutukset tulevat ilmi ohjeen mukaisessa menettelyssä. Osa riskeistä sen sijaan ei tule. Tällaisia ovat osit-

tain jätealueiden välittömässä läheisyydessä asuviin ihmisiin, jätealueiden lähistöllä sijaitseviin pohjavesiin sekä ympäristössä esiintyviin eläimiin, kuten lintuvesien lintuihin, kohdistuvat riskit. Myös Natura 2000 -ohjelmaan kuulumattomiin suojelualueisiin sekä osittain maaperään kohdistuvat riskit jäävät tulematta ilmi.

Ohjeen mukaisessa menettelyssä asutuksen tarkastelu rajoittuu yli 100 ihmisen taajamiin, mutta myös haja-asutus tulisi huomioida. Erityisen tärkeää on kartoittaa jätealueiden lähimmät asuinrakennukset. Pohjavesiin kohdistuvia riskejä voisi jätealueen pohjamaan tarkastelun lisäksi tarkastella kartoittamalla kohteiden lähistöllä sijaitsevat pohjavesialueet sekä pohjavedenmuodostumisalueet. Eläinten suoran altistumisen riskiä peittämättömille kaivannaisjätealueille voisi tarkastella selvittämällä, sijaitseeko jätealueen lähistöllä tärkeitä lintuvesiä. Ohjeessa tarkastellaan vain Natura 2000 -ohjelmaan kuuluvia suojelualueita, mutta tärkeää olisi selvittää myös muiden luonnonsuojelu- sekä luonnonsuojeluohjelma-alueiden sijainnit. Maaperään kohdistuvien riskien tarkastelua voisi laajentaa. Tämän voisi tehdä yksinkertaisesti katsomalla maaperä mahdolliseksi altistujaksi aina kulkeutumisreittien tarkastelun yhteydessä.

Vaaran lähteen, altistumisreitin ja altistujan samanaikainen tarkastelu ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista. Tarkastelu olisi hyvä jakaa erikseen vaaran lähteen tarkasteluun (KUVIO 16) ja altistumisen tarkasteluun. Näin kaikki sellaiset jätealueet, joista voi aiheutua haittaa ympäristölle tai terveydelle, olisivat varmasti mukana ensimmäisessä vaiheessa. Vaiheittainen menettely voi myös selkeyttää kartoitusta, kun kaikkia tekijöitä ja vaiheita ei tarvitse hallita samanaikaisesti. Jos kaivannaisjätealueella on ollut muita kuin vakavia ympäristö- tai terveysvaikutuksia, tulisi sen osalta tehdä altistumistarkastelua. Altistumistarkasteluun edettäisiin myös, jos kaivannaisjäte sisältää sulfidimineraaleja tai haitallisia aineita, sillä on haittapotentiaalia, ja jätealueen koko ei ole merkityksettömän pieni. Samoin voisi toimia myös siinä tapauksessa, että kaivannaisjäte ei sisällä haitallisia aineita, mutta jätealueen fysikaalinen stabiilisuus tai suuri massamäärä voi aiheuttaa vaaraa. Jos tietoa ei löydy, edettäisiin samaa reittiä kuin myöntävän vastauksen tapauksessa. Ne kaivannaisjätealueet, jotka ovat aiheuttaneet vakavia ympäristö- tai terveyshaittoja, vaatisivat edelleen lisätarkasteluja.



KUVIO 16. Ehdotus kaivannaisjätealueiden kartoituksen ensimmäiseksi vaiheeksi

Vaaran lähteen tunnistamisen jälkeen voisi tarkastella altistumisreittejä ja altistujia, mikä taas rajaisi osan alueista pois. Altistumisreittejä ja altistujia voisi tarkastella ohjeen kysymysten ja muutamien lisäkysymysten avulla, mutta välttämättä kartoitusohjeen mukainen menettely, jossa edetään vuokaavion tapaan vastauksista riippuen, ei ole tarpeen. Tällainen menettely voi jättää joitain seikkoja huomiotta. Reitti- ja reseptoritarkastelussa hyvä menettely voisi olla kysymysten ja vastausten listaaminen taulukkoon (LIITE 2). Vastausten perusteella valittaisiin tarkempia selvityksiä vaativat kohteet alan asiantuntemuksen avulla, ja valinnan tulokset perusteltaisiin. Tämä on mahdollista sen vuoksi, että Suomessa merkittävien suljettujen tai hylättyjen kaivosten määrä on suhteellisen pieni, ja projektissa on mukana vahvaa asiantuntemusta. On ymmärrettävää, että valtioissa, joissa vanhoja kaivoksia on tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia, joudutaan tekemään yksinkertaistettua tarkastelua hallittavan tiedon runsauden vuoksi.

Kartoituksen on tarkoitus olla suhteellisen kevyt menettely, joka pohjautuu olemassa oleviin tietolähteisiin ja johon ei kuulu kenttätutkimusta. Täten luotettavien tietojen saatavuus on hyvin olennainen osa kaivannaisjätealueiden kartoituksen onnistunutta läpivientä. Jätealueiden ominaisuuksiin liittyvien tietojen saaminen voi olla hankalaa, koska tietoja ei ole saatavilla keskitetysti. Osa tiedoista, kuten kaivannaisjätealueen kokotiedot ja kohteen maaperätiedot, voidaan myös kerätä tekemällä karttatulkintoja.

Ympäristöhallinnon järjestelmissä on laajasti tietoa eri ympäristön osien kuormituksesta ja kertymistä. Järjestelmät eivät kuitenkaan sisällä välttämättä sellaisia tietoja, joiden avulla kaivannaisjätealueiden ympäristövaikutukset ovat osoitettavissa. Monien alueiden osalta tiedot ovat puutteellisia, koska kaivannaisjätealueita ja niiden ympäristövaikutuksia ei ole järjestelmällisesti tutkittu (Räisänen 2011a). Ympäristöhallinnolla on myös paikkatietoaineistoa sekä tietoa alueiden käytöstä. Paikkatietoaineiston käytettävyys riippuu lähinnä kohteiden koordinaattien paikkaansa pitävyydestä.

Varsinainen kaivannaisjätealueiden kartoitus tullaan aloittamaan lähiaikoina. Aluksi tarkastellaan noin 400 kohdetta. Asiantuntijan tämänhetkisen arvion mukaan tarkempia selvityksiä vaativia jätealueita on yhteensä noin 30, joista noin

kolmasosa vaatinee lisätutkimuksia ja mahdollisesti kunnostustarpeen arviointia (Räisänen 2011c). Kohteiden tarkemmat selvitykset ja mahdolliset kunnostustarpeen arvioinnit eivät kuulu enää KAJAK-projektin piiriin.

Yleisesti on odotettavissa, että kaivosteollisuus tulee kasvamaan, ja kaivosten määrä lisääntymään Suomessa. Tämä tulee väistämättä lisäämään myös kaivosteollisuuden ympäristövaikutuksia ja luomaan uusia haasteita ympäristön- sekä luonnonsuojelulle. Kaivannaisjätedirektiivi on askel eteenpäin kaivannaisteollisuuden ja etenkin kaivosteollisuuden ympäristönäkökulman huomioon ottamisessa. Direktiivin mukaisen kaivannaisjätealueiden kartoituksen jälkeen olisi hyvä jatkaa yksityiskohtaisemmin jätealueiden riskien sekä ympäristö- ja terveysvaikutusten arviointia. Tämä auttaisi kohentamaan nykytilannetta sekä vastaisi ennakoivasti tulevaisuuden tarpeisiin. Parhaita tuloksia saataisiin liittämällä tarkasteluun mukaan myös kohdekohtaista kenttätutkimusta. On mahdollista, että EU:n tasolta tulee jäsenmaille myöhemmin tämänkaltaisia vaatimuksia. Perusteellisempi tarkastelu voisi painottua esimerkiksi ELY-keskuksille. Niillä ELYillä, joilla on kaivoksia vastuualueellaan, on asiantuntemusta ja kokemusta kaivosten valvonnasta ja tietoa ympäristönsä vanhoista ja toimivista kaivoksista. Jatkossa tärkeä rooli tulee olemaan etenkin Kainuun ELY-keskuksella, joka on parhaillaan erikoistumassa kaivoksiin liittyviin ympäristöasioihin.

## LÄHTEET

### PAINETUT LÄHTEET

Heikkinen, P. M. & Noras, P. (toim.) 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Espoo: Outokumpu; Tieliikelaitos; Maa ja Vesi; GTK; VTT.

Herbert J. R., R. B. 1995. The geochemistry of groundwater and soils contaminated by acid mine leachate: a field study from Rudolfsgruvan, Dalarna, Sweden. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 156. Uppsala: Acta Universitatis Upsaliensis.

Komulainen, M. 1997. Keretin sulfidimalmikaivoksen rikastamon ympäristövaikutukset. Kuopio: Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. AMK-opinnäytetyö. Säilytyspaikka: Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Lottermoser, B. G. 2007. Mine Wastes: characterization, treatment and environmental impacts. Berlin: Springer.

Mainio, T. 2011. Kittilästä löydettiin toinen lupaava kultaesiintymä. Helsingin Sanomat 27.4.2011.

Pentreath R. J. 1994. Teoksessa Hester, R. E. & Harrison, R. M. (toim.) Mining and its Environmental Impact. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 121.

Pyy, O., Reinikainen, J., Jaakkonen, J., Sorvari, J., Sainio, P., Holm, K. & Mäenpää, M. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2 / 2007. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Suomen ympäristö 23 / 2007. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Saarela, J. 1990. Kaivosjätteiden geoteknisistä ominaisuuksista ja ympäristövaikutuksista. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus.

Saresma, M. 2004. Aijalan, Orijärven ja Makolan kaivosympäristöjen oksidiset pigmentit. Helsinki: Helsingin yliopisto, Geologia ja paleontologia. Pro gradu – tutkielma. Säilytyspaikka: Geologian tutkimuskeskus, Helsinki.

Sedim, H. M. & Amacher M. C. 1997. Reactivity and transport of heavy metals in soils. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Sipilä, P. 1995. Sulfdimalmikaivosten jätealueiden ympäristövaikutusten tutkimukset Kanadassa, Ruotsissa ja Norjassa, kirjallisuusselvitys. Tutkimusraportti 129. Espoo: Geologian tutkimuskeskus.

Sipilä, P. 1996b. Kaivosten jätealueiden mallikunnostussuunnitelma. Teoksessa Nystén T., Suokko T. & Tarvainen T. (toim.). Ympäristögeologian sovelluksia. Helsinki: Oy Edita Ab, 124.

Sivonen, M. & Frilander, R. 2001. Patoturvallisuuden toteutuminen Suomen kaivospadoilla. Suomen ympäristö. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Startel. 2011. Etna: Kaivostoiminta kaksinkertaistuu Suomessa. Helsingin Sanomat 13.5.2011.

Suomela, P. (puh.joht.), Rapinoja S. (siht.), Uhlbäck, J. (siht.), Hiltunen, T. (siht.) & Herler, C. (siht.). 2003. Esitys kaivoslain uudistamiseksi. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Suomen Tietotoimisto. 2011. Järvestä löytyi nikkeliä Leppävirralla. Helsingin Sanomat 10.5.2011.

Tuomainen, J. 2001. Vastuu saastuneesta ympäristöstä. Helsinki: WSOY Lakitieto.

## ELEKTRONISET LÄHTEET

BRGM. 2001. Management of Mining, Quarrying and Ore-Processing Waste in the European Union. European Commission [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa:

<http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/mining/0204finalreportbrgm.pdf>

Britschgi, R., Antikainen, M., Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P. & Tuomela, T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristö-opas. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=102636&lan=fi>

Commission of the European Communities. 2003. Proposal for a directive of the European parliament and of the council on the management of waste from the extractive industries. Communication department of the European Commission [viitattu 11.2.2011]. Saatavissa: [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0319:FIN:EN:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0319:FIN:EN:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0319:FIN:EN:PDF)

European Environmental Agency. 2001. Total waste generation by sector, EEA Countries 1992–1997 [viitattu 11.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-waste-generation>

Euroopan yhteisöjen komissio. 2008. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille ja neuvostolle. Raaka-aineita koskeva aloite – työllisyyden ja kasvun kannalta kriittisten tarpeiden täyttäminen. Euroopan komissio [viitattu 23.3.2011]. Saatavissa: [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:fi:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:fi:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:fi:PDF)

Fundación Eroski. 2002. Boliden dice que no pagará la multa por el desastre ecológico de Doñana [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa:

[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/2002/08/05/50129.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2002/08/05/50129.php)

Geologian tutkimuskeskus. 2009a. Aijala – ZINC Database [viitattu 20.4.2011].

Saatavissa: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc/aijala.html>

Geologian tutkimuskeskus. 2009b. Hammaslahti – ZINC Database [viitattu 11.4.2011]. Saatavissa:

<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc/hammaslahti.html>

Geologian tutkimuskeskus. 2009c. Outokumpu – Copper Database [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa:

<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Copper/outokumpu.html>

Geologian tutkimuskeskus. 2009d. Rautuvaara – Gold Database [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa:

<http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/rautuvaara.html>

Geologian tutkimuskeskus. 2010. Metallit [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.gsf.fi/luonnonvarat2/metallit/>

Geologian tutkimuskeskus. 2011a. GTK Active Map Explorer [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://geomaps2.gtk.fi/activemap/>

Geologian tutkimuskeskus. 2011b. Mining in Finland 2009 [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa:

[http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/MineralProduction/minfinl\\_09.html](http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/MineralProduction/minfinl_09.html)

Geologian tutkimuskeskus. 2011c. Valtakunnallinen taustapitoisuusrekisteri [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://www.gsf.fi/tapir/>

Hammaslahden kaivos, kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristölupa. 2008. Outokumpu Mining Oy, Outokumpu. Myöntänyt Itä-Suomen ympäristölupavirasto 21.4.2008. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=83942>

Hammaslahden kaivos, kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen. 2011. Outokumpu Mining Oy, Espoo. Myöntänyt Itä-Suomen Aluehallintovirasto 21.4.2011. Saatavissa:

[http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistojavesitalousluvat/ymparistoluvat/Documents/Päätökset/Vuosi%202011/isavi\\_paatos\\_47\\_2011\\_1-2011-4-21.pdf](http://www.avi.fi/fi/virastot/itasuomenavi/ymparistojavesitalousluvat/ymparistoluvat/Documents/Päätökset/Vuosi%202011/isavi_paatos_47_2011_1-2011-4-21.pdf)

Hautalammen kaivos, ympäristölupa ja kaivokseen kertyvän pohjaveden pumpaaminen sekä ympäristönsuojelulain ja vesilain mukaiset luvat toiminnan ja töiden aloittamiseen. 2009. Finnickel Oy, Helsinki. Myöntänyt itä-Suomen ympäristölupavirasto 6.7.2009. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105738&lan=fi>

Heikkinen P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa:

[http://arkisto.gsf.fi/tr/tr150/TR150s1\\_41.pdf](http://arkisto.gsf.fi/tr/tr150/TR150s1_41.pdf)

Heikkinen, P. 2009. Active sulphide mine tailings impoundments as sources of contaminated drainage: controlling factors, methods of characterisation and geochemical constraints for mitigation. Väitöskirja. Turun yliopisto, Geologian laitos [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: <http://arkisto.gtk.fi/ej/ej76synopsis.pdf>

Härmä, T., Dahl O. & Mäenpää I. 2005. Suomen kaivostoiminnan ainevirrat ja sivuvirtojen hallinta. Oulun yliopisto [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa:

<http://thule.oulu.fi/raportit/kaivostoim/Kaivosrap.pdf>

Jordan, G. 2008. Sustainable mineral resources management: from regional mineral resources exploration to spatial contamination risk assessment of mining. *Environmental Geology*. Vol. 58, Iss. 1, p. 153–169 [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa Springerlink-tietokannassa:

<http://www.springerlink.com/content/em092p1130634123/fulltext.pdf>

Kaplan, S. & Garrick, B.J. 1981. On The Quantitative Definition of Risk. Risk Analysis. Vol. 1, Iss.1, p. 11-27 [viitattu 23.2.2011]. Saatavissa Online Library – tietokannassa: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1539-6924.1981.tb01350.x/abstract>

Kemin kromiittikaivos ja rikastamo, ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnan aloittamislupa. 2010. Outokumpu Chrome Oy, Kemi. Myöntänyt Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto 27.12.2010. Saatavissa: [http://www.avi.fi/fi/virastot/pohjoissuomenavi/Ymparistojavesitalousluvut/Ymparistolu-vat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/2010/psavi\\_paatos\\_125\\_101-2010-12-27.pdf](http://www.avi.fi/fi/virastot/pohjoissuomenavi/Ymparistojavesitalousluvut/Ymparistolu-vat/Documents/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6kset/2010/psavi_paatos_125_101-2010-12-27.pdf)

Kervinen, K. 2010. ILMIOITÄ: Patomurtuma aiheuttaisi suuren vaaran myös Suomessa. YLE uutiset [viitattu 17.3.2011]. Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/10/patomurtuma\\_aiheuttaisi\\_suuren\\_vaaran\\_myos\\_suomessa\\_2056432.html](http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/10/patomurtuma_aiheuttaisi_suuren_vaaran_myos_suomessa_2056432.html)

Kittilän kaivos, ympäristölupapäätöksen muuttaminen 2008. Agnico-Eagle AB, Kiistala. Myöntänyt Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 11.6.2008. Saatavissa: <http://www.ymparistokeskus.fi/download.asp?contentid=86706&lan=fi>

Klementtilä, P. 2010. Hituran kaivoksen toiminta näyttää jatkuvan. Kaleva [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: <http://www.kaleva.fi/uutiset/hituran-kaivoksen-toiminta-nayttaa-jatkuvan/839631>

Kuusisto, E. 1991. Metall- ja rikkimalmikaivosten ja – louhosten jätealaiden ja jätekasojen vaikutusta ympäristöön tutkivaan hankkeeseen liittyvä esiselvitys. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/s42/S\\_42\\_0000\\_1\\_1991.pdf](http://arkisto.gtk.fi/s42/S_42_0000_1_1991.pdf)

Lucas, C. 2001. The Baia Mare and Baia Borsa Accidents: Cases of Severe Transboundary Water Pollution. *Environmental Policy & Law*. Vol. 31, Iss. 2, p. 106-111 [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa:

<http://iospress.metapress.com/content/pa071b80hwy4y9j0/fulltext.pdf>

Lundgren, T. 2001. The dynamics of oxygen transport into soil covered mining waste deposits in Sweden. *Journal Geochemical Exploration*. Vol. 74, Iss. 1-3, p. 163–173 [viitattu 25.2.2011]. Saatavissa ScienceDirect-tietokannasta:

<http://www.sciencedirect.com>

Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 2011. Peltolohkorekisteri auttaa maataloustukien hallinnoinnissa [viitattu 8.4.2011]. Saatavissa:

<http://www.mmmtike.fi/www/fi/palvelut/tietopalvelut/peltolohkorekisteri.php>

Maijala, T. 2010. Patoturvallisuusopas, luonnos. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 8.4.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123380&lan=fi>

Mannio, J., Salminen, R., Leppänen, S., Väisänen, U., Räinen P., Poikolainen, J., Kubin, E., Piispanen, J. & Verta, M. 2002. Raskasmetallit. Teoksessa Mähönen, O. (toim.) AMAP II - Lapin ympäristön tila ja ihmisen terveys. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 4.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=23668&lan=fi>

Metsähallitus. 2010. Natura 2000 -alueilla suojellaan luontotyyppisiä ja lajeja. [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Luonnonsuojelu/Suojelualueet/Natura2000alueet/Sivut/Natura2000alueillasuojellaanluontotyyppijalajeja.aspx>

Nurmela, K. 2011. Kaivospäätös. Sodankylä kunta [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa: [http://www.kaivos.fi/kevitsa\\_mining\\_oy/kaivospaatos/](http://www.kaivos.fi/kevitsa_mining_oy/kaivospaatos/)

Nurmio, M. 2005. KuntaVAHTI. Kuntaliiton ja TEMin Julkisten hankintojen neuvontayksikkö [viitattu 3.3.2011]. Saatavissa: <http://www.kuntatieto.fi>

Pellinen, J., Sorvari, J. & Soimasuo, M. 2007. Pilaantuneen maaperän ekologinen riskinarviointi, Ympäristöopas. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 23.2.2011].

Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=236992&lan=fi>

Price, W. 2003. Challenges posed by metal leaching and acid rock drainage, and approaches used to address them. Harvard School of Public Health [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa:

[http://www.hsph.harvard.edu/mining/files/Canadian\\_paper\\_on\\_challenges\\_facing\\_metal\\_mines\\_with\\_suggestions.pdf](http://www.hsph.harvard.edu/mining/files/Canadian_paper_on_challenges_facing_metal_mines_with_suggestions.pdf)

Puustinen, K. 2003. Suomen kaivosteollisuus ja mineraalisten raaka-aineiden tuotanto vuosina 1530–2001, historiallinen katsaus erityisesti tuotantolukujen valossa. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 10.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.gtk.fi/aineistot/kaivosteollisuus/index.htm>

Pöyry Finland Oy. 2010. Hannukaisen rautakaivoshanke – ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa: [http://www.ely-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireillä/luonnonvara)

[kes-](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireillä/luonnonvara)

[kus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireillä/luonnonvara/](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireillä/luonnonvara/Documents/Hannukaisen%20rautakaivoshanke/Hannukainen_YVA_ohjelma_3.pdf)  
[Documents/Hannukaisen%20rautakaivoshanke/Hannukainen\\_YVA\\_ohjelma\\_3.pdf](http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireillä/luonnonvara/Documents/Hannukaisen%20rautakaivoshanke/Hannukainen_YVA_ohjelma_3.pdf)

Rinta, S. 2005. EU:n vesipuitedirektiivin soveltaminen Suomen oloissa: Tapaus-tarkasteluna Säkylän Pyhäjärvi. Helsinki: Helsingin yliopisto, Ympäristöekonomia [viitattu 6.4.2011]. Pro gradu – tutkielma. Saatavissa:

<http://www.helsinki.fi/taloustiede/Abs/Selv35.pdf>

Räihä, T. 2010. EU-parlamentti haluaa kieltää syanidin kaivoksissa. YLE Lappi [viitattu 12.4.2011]. Saatavissa: [http://yle.fi/alueet/lappi/2010/05/eu-](http://yle.fi/alueet/lappi/2010/05/eu-parlamentti_haluaa_kieltaa_syanidin_kaivoksissa_1657780.html)

[parlamentti\\_haluaa\\_kieltaa\\_syanidin\\_kaivoksissa\\_1657780.html](http://yle.fi/alueet/lappi/2010/05/eu-parlamentti_haluaa_kieltaa_syanidin_kaivoksissa_1657780.html)

Räisänen, M. L. 2008. Johdatus kaivannaisjätteisiin. Oulun yliopisto, Thule instituutti [viitattu 24.2.2011]. Saatavissa:

[http://thule.oulu.fi/uuma/teemaryhmat/kaivosala/MarjaLiisa\\_Raisanen.pdf](http://thule.oulu.fi/uuma/teemaryhmat/kaivosala/MarjaLiisa_Raisanen.pdf)

Räisänen, M. L. 2008b. Kaivosympäristöongelmat – Kaivannaisjätteiden kemiallinen muutunta ja ympäristön pilaantuminen. Esitelmän tiivistelmä. Maaperän tutkimus- ja kunnostusyhdistys ry [viitattu 24.2.2011]. Saatavissa:

<http://www.mutku.fi/files/esitelman%20tiivistelma-MLRaisanen.pdf>

Räisänen, M. L. 2009. Kaivannaisjätteiden geokemiallinen karakterisointi – lyhyt- ja pitkäaikaisten muutosten arviointi. Teknologiateollisuus ry [viitattu 24.2.2011]. Saatavissa:

[http://www.teknologiateollisuus.fi/file/6660/MLRAISANEN\\_kaivannaisjatteiden\\_karakterisointi\\_Lappeenranta160909.pdf.html](http://www.teknologiateollisuus.fi/file/6660/MLRAISANEN_kaivannaisjatteiden_karakterisointi_Lappeenranta160909.pdf.html)

Räisänen, M. L., Niemelä, K. & Saarelainen, J. 2003. Rautasulfidipitoisen rikastushiekan läjitysalueen rakenne ja ympäristön pintavesien nykytila. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa:

[http://arkisto.gtk.fi/s44/S\\_44\\_0000\\_1\\_2003.pdf](http://arkisto.gtk.fi/s44/S_44_0000_1_2003.pdf)

Salminen, J. 2011. Johdanto ekotoksikologiaan, haitallisiin aineisiin ja ekologiseen riskinarviointiin. Lahden ammattikorkeakoulu [viitattu 17.2.2011]. Saatavissa Ekotoksikologia ja ekologinen riskinarviointi -kursilla Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijoiden tiedotus- ja verkko-opetusympäristössä:

<http://reppu.lamk.fi/>

Salo, O., Hietala, J., Hamari, S., Häyrynen, A., Nurkkala, A. & Paksuniemi, S. 2005. Lapin vesitutkimus oy. Talvivaaran kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 5.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=118526&lan=fi>

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2010a. Hammaslahden kaivosalueen kuormitus- ja vesistötarkkailun vuosiyhteenveto 2009 [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2010b. Keretin kaivoksen jälkitarkkailun vuosiraportti 2009. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 8.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä:

<http://hyla.vyh.fi/hyla/welcome.htm>

Sipilä, P. 1994. Aijalan, Pyhäsalmen ja makolan sulfidimalmikaivosten rikastamoiden jätealueiden ympäristövaikutukset, osa II – Aijala. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 20.3.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/ka/ka33\\_94\\_1\\_2.pdf](http://arkisto.gtk.fi/ka/ka33_94_1_2.pdf)

Sipilä, P. 1996a. Aijalan kaivoksen rikastamon jätealueen kunnostussuunnitelma. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 17.3.2011]. Saatavissa:

[http://arkisto.gtk.fi/ka/ka\\_61\\_97\\_2.pdf](http://arkisto.gtk.fi/ka/ka_61_97_2.pdf)

Stanley, G., Jordan, G., & Hamor, T. with the support of Sponar, M. 2011. Guidance document for the inventory of closed waste facilities as required by Article 20 of Directive 2006/21/EC. Euroopan komissio [viitattu 17.3.2011]. Saatavissa:

[http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/pdf/Pre\\_selection\\_GUIDANCE\\_FINAL.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/mining/pdf/Pre_selection_GUIDANCE_FINAL.pdf)

Stanley, G., Gallagher, V., Mhairtín, F., Brogan, J., Lally, P., Doyle, E. & Farrell, L. 2009. Historic Mine Sites – Inventory and Risk Classification. Vol.1. Environmental Protecting Agency [viitattu 10.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.epa.ie/downloads/pubs/land/mines/>

Suhangon kaivos ja rikastamo, ympäristö- ja vesitalouslupa. 2005. Gold Fields Arctic Platinum Oy, Rovaniemi. Myöntänyt Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 7.12.2005. Saatavissa:

<http://www.ymparistokeskus.fi/download.asp?contentid=44127&lan=fi>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto. 2009. Jätteiden kertymät sektoreittain ja jätelajeittain vuonna 2009, 1 000 tonnia vuodessa. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 25.5.2011]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/jate/2009/jate\\_2009\\_2011-05-20\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/jate/2009/jate_2009_2011-05-20_tie_001_fi.html)

Suomen ympäristökeskus. 2009a. Pohjaeläintietojärjestelmä (Pohje) [viitattu 29.3.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetin Metatietokannassa: <http://hertta.vyh.fi/meta/frsMetaStart.htm>

Suomen ympäristökeskus. 2009b. Pohjavesialuepaikkatietokanta (Pvesi) [viitattu 28.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä: <http://info.vyh.fi/atk/tietoj/tuotesel/444i.htm>

Suomen ympäristökeskus. 2009c. Rakennus- ja huoneistorekisteri (RHR) [viitattu 28.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä: <http://info.vyh.fi/atk/tietoj/tuotesel/535i.htm>

Suomen ympäristökeskus. 2010a. Pohjavesitietojärjestelmä (POVET) [viitattu 12.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä: <http://hertta.vyh.fi/meta/frsMetaStart.htm>

Suomen ympäristökeskus. 2010b. Kertymärekisteri (KERTY) [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://hertta.vyh.fi/meta/frsMetaStart.htm>

Suomen ympäristökeskus. 2011. Vesienhoito, Pintavedet [viitattu 12.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä: <http://hertta.vyh.fi/scripts/hearts/welcome.asp>

Tiihonen, M. 2010. Suomen suurin kaivospato Siilinjärvellä. Savon Sanomat [viitattu 17.3.2011]. Saatavissa: <http://www.savonsanomat.fi/uutiset/kotimaa/suomen-suurin-kaivospato-kokoa-xxxxx/612270>

Tilastokeskus. 2006. Luonnonvarat ja ympäristö. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 9.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=56318&lan=fi>

Toropainen, V. 2006. Yhteenveto sulfidimalmikaivostoiminnasta Suomessa ja toiminnassa muodostuvista sivutuotteista sekä niiden ympäristövaikutuksista. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 8.2.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/s49/S\\_49\\_0000\\_2006\\_2.pdf](http://arkisto.gtk.fi/s49/S_49_0000_2006_2.pdf)

Toiminnan luvanvaraisuutta koskeva ympäristökeskuksen kirje. 2006. Kiinteistö Oy Kiskon Sortti, Helsinki. Lounais-Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=73402>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2010. Suomi on vetovoimainen kaivosteollisuuden kasvumaa, tiedote [viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: [http://www.tem.fi/index.phtml?101881\\_m=100899&s=4265](http://www.tem.fi/index.phtml?101881_m=100899&s=4265)

Työterveyslaitos. 2011. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet – turvallisuusohjeet: rikkihiili [viitattu 5.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/rikkihi.html>

Valtion ympäristöhallinto. 2005. Sysmäjärvi [viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=66149>

Valtion ympäristöhallinto. 2006. Alumiini [viitattu 6.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=19420&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2008a. Karttapalvelu [viitattu 5.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=112431&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2008b. Paikkatietoaineisto: Luonnonsuojelualueet ja erämaat [viitattu 30.3.2008]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=56666&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2008c. Paikkatietoaineisto: Luonnonsuojeluohjelma-alueet [viitattu 30.3.2008]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=57292&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2009a. Kaivannaisjätteet [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22887&lan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2009b. Raskasmetallit [viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=344073&lan=FI>

Valtion ympäristöhallinto. 2009c. Suomen Ramsar-alueet [viitattu 3.5.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=77948>

Valtion ympäristöhallinto. 2009d. Tietojärjestelmien suorakäyttö [viitattu 28.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=281591&lan=fi&clan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2010a. Paikkatietoaineisto: CORINE Land Cover 2006 ja 2000 [viitattu 1.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=360966&lan=fi&clan=fi>

Valtion ympäristöhallinto. 2010b. Patoturvallisuus [viitattu 8.3.2011]. Saatavissa: (<http://www.environment.fi/default.asp?node=6422&lan=FI>)

Valtion ympäristöhallinto. 2010c. Pintavesien ekologinen ja kemiallinen tila [viitattu 6.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=361990&lan=FI#a0>

Valtion ympäristöhallinto. 2010d. Pintavesien tilan tietojärjestelmä [viitattu 4.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=361990&lan=FI#a0>

Valtion ympäristöhallinto. 2010e. Tietojärjestelmien ja -aineistojen kuvaukset, Maaperän tilan tietojärjestelmä [viitattu 11.3.2011]. Saatavissa: <http://wwwi5.ymparisto.fi/i5/597e.htm>

Valtion ympäristöhallinto. 2011. Jätelain lainsäädännön kokonaisuudistus [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=302369&lan=fi&clan=fi>

Ympäristönsuojelun tietojärjestelmä VAHTI. 2003. Valtion ympäristöhallinto [viitattu 8.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä:

<http://vahti.vyh.fi/scripts/vahti2003/vahti2003.asp>

## SUULLISET LÄHTEET

Haavisto, T. 2011. Vanhempi suunnittelija. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suullinen tiedonanto 4.4.2011.

Haavisto, T. 2011. Vanhempi suunnittelija. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Suullinen tiedonanto 6.4.2011.

Räisänen, M. L. 2011a. Erikoissuunnittelija. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto. Helsinki: Projektipalaveri 19.1.2011.

Räisänen, M. L. 2011c. Erikoissuunnittelija. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto. Kuopio: projektipalaveri 24.3.2011.

## SÄHKÖPOSTIVIESTIT

Aatos, S. 2011. VS: Latest News – Mining Waste Directive [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Niskala, K. 25.2.2011.

Karlsson, T. 2011b. RE: KAJAK: kysymys koskien GTK:n kaivosaineistoa [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Niskala, K. 29.4.2011.

Räisänen, M. L. 2011b. VS: KAJAK ja opinnäytetyöni [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Niskala, K. Lähetetty 24.2.2011.

Räisänen, M. L. 2011d. VS: opinnäytetyön sisältöasia [sähköpostiviesti]. Vastanottaja Niskala, K. Lähetetty 5.4.2011.

Wihlman, E. 2011. VS: Aijalan kaivosalueesta [sähköpostiviesti]. Vastanottaja Niskala, K. Lähetetty 26.4.2011.

## LAIT, ASETUKSET, HALLITUKSEN ESITYKSET JA KOMISSION PÄÄTÖKSET

Asetus jäteasetuksen 1. pykälän muuttamisesta 294/1997. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1997/19970294>

Direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta 2006/21/EC. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0021:EN:NOT>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista 2000/60/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0060:FI:NOT>

Hallituksen esitys Eduskunnalle jätelaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi 199/2010. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2010/20100199>

Hallituksen esitys Eduskunnalle kaivoslaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi 273/2009. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2009/20090273>

Jäteasetus 1390/1993. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931390>

Jätelaki 1072/1993. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931072>

Kaivoslaki 503/1965. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1965/19650503>

Komission päätös 2009/337/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009D0337:FI:NOT>

Komission päätös 2009/359/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009D0359:FI:NOT>

Maa-aineslaki 555/1981. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1981/19810555>

Patoturvallisuuslaki 494/2009. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090494>

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 379/2008. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080379>

Vesilaki 264/1961. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610264>

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086>

## TIETOJÄRJESTELMÄT JA PAIKKATIETOAINIESTOT

CORINE Land Cover 2006 ja 2000. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 11.3.2011].

IBA-alueiden paikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 2.5.2011].

Luonnonsuojelu-alueet-paikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

Luonnonsuojeluohjelmien paikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

Maaperän tilan tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 8.4.2011].

Natura 2000 -tietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

Peltolohkorekisteri. 2011. Maaseutuvirasto/Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 1.4.2011].

Pintavesien tilan tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 25.3.2011].

Pohjavesialuepaikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 1.4.2011].

Rakennus- ja huoneistorekisteri. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 1.4.2011].

Ramsar-alueiden paikkatietoaineisto. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

Vesienhoito-tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 2.3.2011].

## MUUT LÄHTEET

Karlsson, T. 2011a. Geologian tutkimuskeskuksen kaivosaineisto. Kuopio.

Luodes, H. 2011. Pysyvän kaivannaisjätteen luokittelu -hanke. Luento Pohjavesitutkimus- ja maa-aines -päivillä Suomen ympäristökeskuksessa. Helsinki 4.5.2011.

Peruskartta 1:20 000. Lehti 201403 Aijala. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

Peruskartta 1:20 000. Lehti 271410 Hannukainen. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

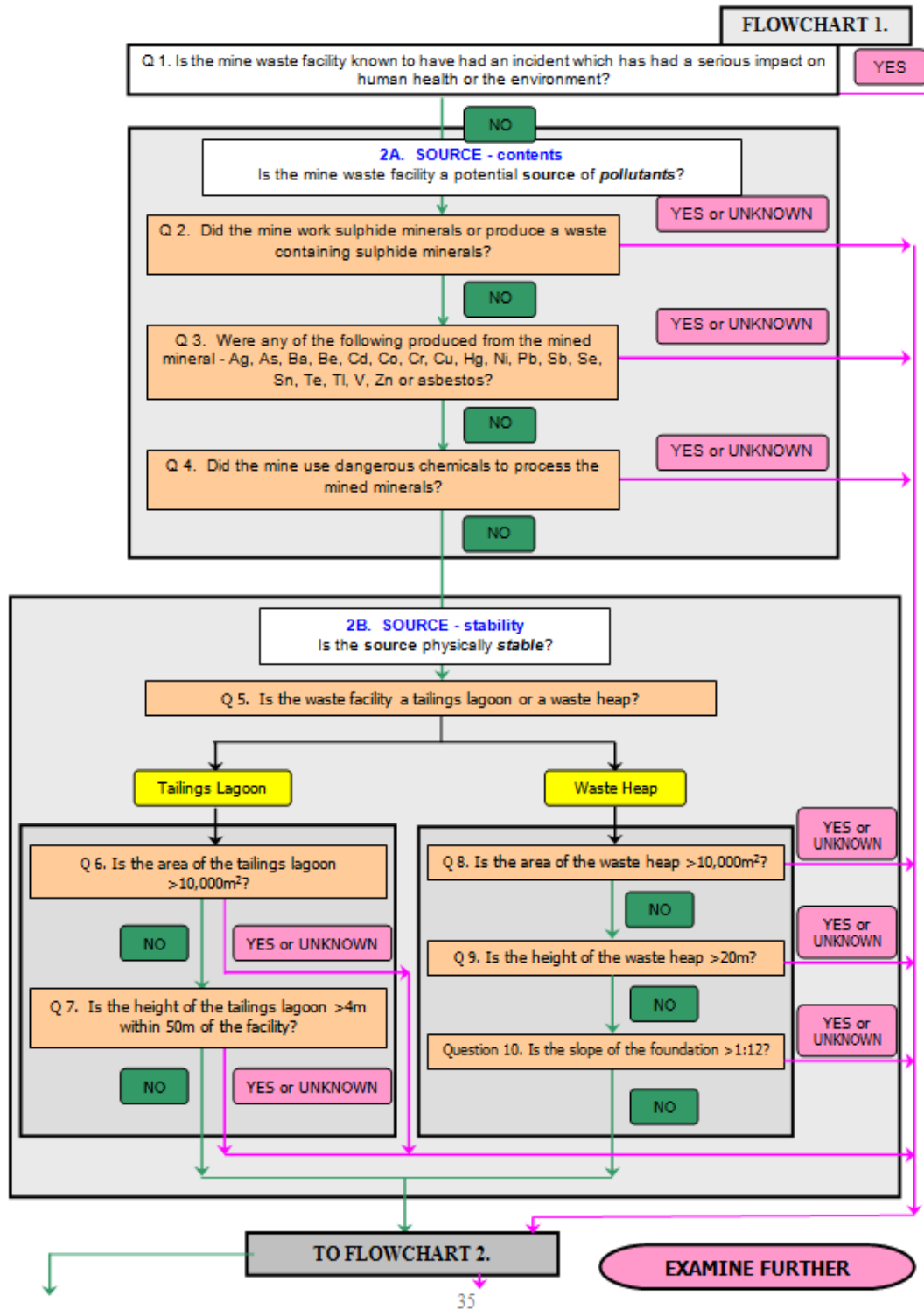
Peruskartta 1:20 000. Lehti 422207 Outokumpu. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

Peruskartta 1:20 000. Lehti 424101 Rauansalo. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

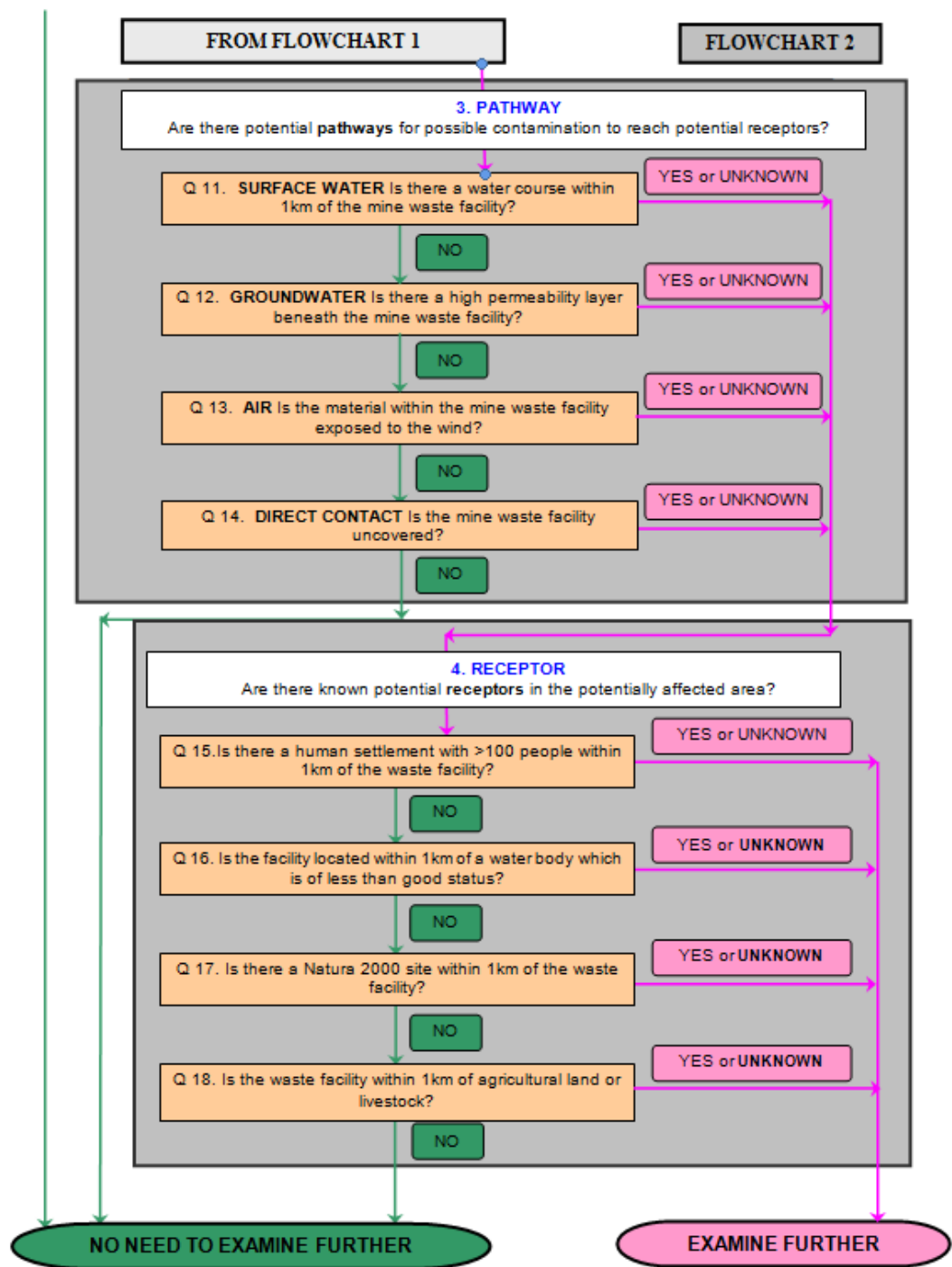
Peruskartta 1:20 000: maaperäkartta. Lehti 271312 Rautuvaara. 2010. Geologian tutkimuskeskus, Helsinki.

LIITTEET

LIITE 1/1. Kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laadittu ohje vuokaavion muodossa, osa 1



LIITE 1/2. Kaivannaisjätealueiden kartoitusta varten laadittu ohje vuokaavion muodossa, osa 2



Lähde: Stanley ym. 2011

LIITE 2/1. Pilot-kohteiden tiedot taulukoituna

	Hammaslahden rikastushiekka-alue	Aijalan rikastushiekka-alue	Keretin rikastushiekka-alue	Rautuvaaran rikastushiekka-alue
1. Onko suljetulla kaivannaisjätealueella tapahtunut onnettomuutta, jolla on ollut vakavia vaikutuksia terveydelle tai ympäristölle?	Ei /1/.	Ei /1/.	(Kyllä): pohjaveden pilaantumisen kaivostoinnin aikana /2/.	Ei /1/.
Onko todettu jätealueen aiheuttamaa vesistöhaittaa, pohjavesivaikutusta, tai maaperän pilaantumista?	Kyllä: vesistöhaitta /13/.	Kyllä: vesistöhaitta, pohjavesivaikutus, maaperävaikutus /12/.	Kyllä: pohjavesivaikutus, maaperän pilaantuminen, vesistöhaitta 11/, /9/.	Kyllä: vesistövaikutus /10/.
Onko jätealueen ympäristössä todettu AMD-vesiä?	Kyllä /13/.	Kyllä /12/.	Kyllä /9/.	Kyllä /10/.
2. Työstikö kaivos sulfidimineraaleja tai tuottiko se sulfidimineraaleja sisältävää jätettä?	Kyllä: kupariikiisu, magneetikiisu, rikkikiisu, sinkkivälke /3/.	Kyllä: rikkikiisu, kupariikiisu, magneetikiisu, sinkkivälke /4/.	Kyllä: magneetikiisu, rikkikiisu, kupariikiisu /5/.	Kyllä: magneetikiisu, kupariikiisu, rikkikiisu, magnetiitti /6/.
3. Tuotettiin kaivetusta mineraalista jotain seuraavista: Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V, Zn tai asbestia tai esiintyykö edellä mainittuja elementtejä sivukivessä?	Kyllä: Cu, Zn, Au /3/.	Kyllä: Cu, Zn, Ag, Au, Pb /4/.	Kyllä: Cu, Zn, Co /5/.	Kyllä: Cu, Fe, Au, Mn /6/.
4. Käytettiin kaivoksella mineraalien rikastuksessa vaarallisia kemikaaleja?	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.
Onko jätteessä säteileviä mineraaleja?	Ei /3/.	Ei /4/.	Ei /5/.	Ei /6/.
Onko jätteessä muita kuin edellä mainittuja komponentteja, jotka ovat alttiita kemialliselle muuttunnalle?	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.
Onko jätteellä AMD-potentiaalia tai muuta haittapotentiaalia?	Kyllä /7/.	Kyllä /8/.	Kyllä /9/.	Kyllä /10/.
Onko AMD-potentiaalisen jätteen määrä >1000 t tai onko koelouhintakaivoksella tai hylätyllä kaivoksella louhittu > 10 000 t AMD-potentiaalista malmia?	Kyllä /7/.	Kyllä /5/.	Kyllä /9/.	Kyllä /6/.
5. Onko jätealue rikastushiekka-allas vai jätekasa?	Rikastushiekka-allas	Rikastushiekka-allas	Rikastushiekka-allas	Rikastushiekka-allas

LIITE 2/2. Pilot-kohteiden tiedot taulukoituna

	Hammaslahden rikastushiekka-alue	Aijalan rikastushiekka-alue	Keretin rikastushiekka-alue	Rautuvaaran rikastushiekka-alue
6. Onko rikastushiekka-allas suurempi kuin 10 000 m <sup>2</sup> ?	Kyllä: 30 ha /7/.	Kyllä: 18 ha /12/.	Kyllä: 140 ha /11/.	Kyllä: arvio kartasta /14d/.
7. Onko rikastushiekka-altaan korkeus yli 4 m jätealuetta 50 m säteellä ympäröivään maastoon verrattuna?	Kyllä /7/.	Ei /12/.	Ei tietoa.	Ei tietoa.
8. Onko jätekasa pinta-alaltaan suurempi kuin 10 000 m <sup>2</sup> ?	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.
9. Onko jätekasa >20 m korkea?	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.
10. Onko jätekasan perustan kaltevuus > 1:12?	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.	Ei koske kohdetta.
Onko padon sortuma todennäköinen, jos vesipinta nousee rikastushiekkajätealtaassa?	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.	Ei tietoa.
Tiedetäänkö jätealueiden suotovesien kulkureitti?	Kyllä /13/.	Kyllä /12/.	Kyllä /9/.	Kyllä /10/.
11. Onko 1 km:n säteellä jätealueesta vesistöjä?	Kyllä: mm. liksejoki /14a/.	Kyllä: mm. Kiskonjoki /14b/.	Kyllä: mm. Alimmainen Hautalampi, Ruutunjoki, Suu-Särki /14c/.	Kyllä: mm. Rautuvaaran kaivoksen allas (järvi), Niesajoki, Vittajärvi /14d/.
Onko jätealue luokitellulla pohjavesialueella tai onko sen läheisyydessä luokiteltuja pohjavesialueita tai -muodostumia, millä etäisyydellä?	Kyllä: pohjavesialue 800 m /15/.	Kyllä: pohjavesialue 600m /15/.	Kyllä: I-luokan pohjavesialue n. 2km /15/.	Kyllä: III-luokan pohjavesialue 1600 m /15/.
Onko jätealueen lähistöllä pohjavedenottamoa? Millä etäisyydellä?	Kyllä: Honkavaara 1052 m /16/.	Ei /16/.	Kyllä: Jyrinmäen kaatopaikka, 1048m /16/.	Ei /16/.
12. Onko jätealueen alla hyvin läpäisevä kerros?	Ei: tiivistynyt turvekerros /7/.	Ei: savea /12/.	Kyllä: hiekkaa ja soraa /11/.	Ei tietoa (ympäröivä alue: hietaa, hiekkaa, soraa / moreenia) /17/.
13. Onko jätealueen materiaali alttina tuulelle?	Ei /7/.	Kyllä: 2/3 /12/.	Ei /11/.	Kyllä /10/.
14. Onko jätealue peittämätön?	Ei /7/.	Kyllä: 2/3 /12/.	Ei /7/.	Kyllä /10/.
15. Onko 1 km:n säteellä jätealueelta yli 100 ihmisen taajamaa?	Ei /18/.	Ei /18/.	Ei /18/.	Ei /18/.

LIITE 2/3. Pilot-kohteiden tiedot taulukoituna

	Hammaslahden rikastushiekka-alue	Aijalan rikastushiekka-alue	Keretin rikastushiekka-alue	Rautuvaaran rikastushiekka-alue
<b>Onko lähistöllä asuttuja rakennuksia?</b>	Kyllä: 600m /19/.	Kyllä: 300 m /19/ + haja-asutusta /18/.	Kyllä: 900 m + haja-asutusta /19/. >100 asukkaan taajama 2 km /18/.	Kyllä: 800 m /19/.
<b>16. Onko 1 km:n säteellä jätealueesta oleva vesistö huonommassa kuin hyvässä kunnossa?</b>	Kyllä. liksenjoki: tyydyttävä ("muu asiantuntija-arvio tilasta") /20/.	Kyllä. Kiskonjoki: tyydyttävä, Kirkkojärvi: välttävä (päätökset ekologisen tilan luokittelusta) /20/.	Kyllä. Ruutunjoki, arvio: tyydyttävä /20/.	Saostusallas, Vittajärvi: ei luokittelutietoa /21/. Niesajoki: hyvä (ympäristöviranomaisten tekemä yleinen käyttökelpoisuusluokitus) /10/.
<b>17. Onko 1 km:n säteellä jätealueesta Natura 2000 -aluetta tai muuta tärkeää luonnonsuojelukohdetta?</b>	Ei /21/, /22/, /23/.	Kyllä. Kiskonjoki: VPD Natura-alue. Koskosuo: soidensuojeluohjelma-alue. 21/, /22/, /23/.	Ei /21/, /22/, /23/.	Kyllä: sijaitsee VPD Natura-alueella /21/, /22/, /23/.
<b>18. Onko 1 km:n säteellä jätealueesta maanviljelysmaata tai karjaa?</b>	Kyllä: 50 m, peltoa/nurmea /25/.	Kyllä: noin 50 m, kevätvehnä ja nurmet /25/.	Kyllä: pelto 500m, peruskartan pelto 1300m, kevätvilja /25/.	Ei /25/.
<b>Onko jätealueen lähistöllä muita eläinsuojia kuin karjasuojia?</b>	Ei /26/.	Ei /26/.	Ei /26/.	Ei /26/.
<b>Sijaitseeko jätealueen läheisyydessä kansainvälisesti tärkeitä lintuvesiä tai Ramsar-alueita?</b>	Ei /23/, /24/.	Ei /23/, /24/.	Kyllä: 4 km: Sysmäjärvi /23/, /24/.	Ei /23/, /24/.

**Taulukon selitykset:**

**Numeroitu teksti**



**Kursivoitu teksti**

Ohjeen kysymys

Lisäkysymys

Kansallisen tason tarkentava kysymys

Lisäys ohjeen kysymykseen

## LIITE 2/4. Taulukoitujen tietojen lähteet

/1/ Räisänen, M. L. 2011a. Erikoissuunnittelija. Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Suullinen tiedonanto. Projektipalaveri 19.1.2011.

/2/ Kuusisto, E. 1991. Metall- ja rikkimalmikaivosten ja -louhosten jättealtaiden ja jätekasojen vaikutusta ympäristöön tutkivaan hankkeeseen liittyvä esiselvitys. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 7.3.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/s42/S\\_42\\_0000\\_1\\_1991.pdf](http://arkisto.gtk.fi/s42/S_42_0000_1_1991.pdf)

/3/ Hammaslahti – ZINC Database. 2009b. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 11.4.2011]. Saatavissa: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc/hammaslahti.html>

/4/ Aijala – ZINC Database. 2009a. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 20.4.2011]. Saatavissa: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Zinc/aijala.html>

/5/ Outokumpu – Copper Database. 2009c. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Copper/outokumpu.html>

/6/ Rautuvaara – Gold Database. 2009d. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/rautuvaara.html>

/7/ Räisänen, M. L., Niemelä, K. & Saarelainen, J. 2003. Rautasulfidipitoisen rikastushiekan läjitysalueen rakenne ja ympäristön pintavesien nykytila. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 25.3.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/s44/S\\_44\\_0000\\_1\\_2003.pdf](http://arkisto.gtk.fi/s44/S_44_0000_1_2003.pdf)

/8/ Saresma, M. 2004. Aijalan, Orijärven ja Makolan kaivosympäristöjen oksidiset pigmentit. Helsinki: Helsingin yliopisto, Geologia ja paleontologia. Pro gradu -tutkielma. Säilytyspaikka: Geologian tutkimuskeskus, Helsinki.

/9/ Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2010. Keretin kaivoksen jälkitarkkailun vuosiraportti 2009. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 8.4.2011]. Saatavissa Suomen ympäristökeskuksen Intranetissä: <http://hyla.vyh.fi/hyla/welcome.htm>

/10/ Pöyry Finland Oy. 2010. Hannukaisen rautakaivoshanke – ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa: <http://www.elykeskus.fi/fi/ELYkeskukset/LapinELY/Ymparistonsuojelu/YVA/Vireill%C3%A4/luonnonvarat/Sivut/HannukaisenrautakaivoshankeKolari.aspx>

## LIITE 2/5 Taulukoitujen tietojen lähteet

/11/ Komulainen, M. Keretin sulfidimalmikaivoksen rikastamon ympäristövaikutukset. 1997. Kuopio: Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. AMK-opinnäytetyö. Säilytyspaikka: Geologian tutkimuskeskus, Espoo

/12/ Sipilä, P. 1996. Aijalan kaivoksen rikastamon jätealueen kunnostussuunnitelma. Geologian tutkimuskeskus [viitattu 17.3.2011]. Saatavissa: [http://arkisto.gtk.fi/ka/ka\\_61\\_97\\_2.pdf](http://arkisto.gtk.fi/ka/ka_61_97_2.pdf)

/13/ Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy. 2010. Hammaslahden kaivosalueen kuormitus- ja vesistö tarkkailun vuosiyhteenveto 2009. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

/14a/ Peruskartta 1:20 000. Lehti 424101 Rauansalo. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

/14b/ Peruskartta 1:20 000. Lehti 201403 Aijala. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

/14c/ Peruskartta 1:20 000. Lehti 422207 Outokumpu. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

/14d/ Peruskartta 1:20 000. Lehti 271410 Hannukainen. 2007. Maanmittauslaitos, Helsinki.

/15/ Pohjavesipaikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 2.3.2011].

/16/ Maaperän tilan tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 8.4.2011].

/17/ Peruskartta 1:20 000: maaperäkartta. Lehti 271312 Rautuvaara. 2010. Geologian tutkimuskeskus, Helsinki.

/18/ CORINE Land Cover 2006 ja 2000. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 11.3.2011].

/19/ Rakennus- ja huoneistorekisteri. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 19.4].

/20/ Vesienhoito-tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 2.3.2011].

/21/ Natura 2000 -tietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

## LIITE 2/6 Taulukoitujen tietojen lähteet

/22/ Luonnonsuojelu-alueet-paikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

/23/ Ramsar-alueiden paikkatietoaineisto. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

/24 / IBA-alueiden paikkatietokanta. 2011. Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 2.5.2011].

/25/ Peltolohkorekisteri. 2011. Maaseutuvirasto: Suomen ympäristökeskus, paikkatietoaineisto [viitattu 16.3.2011].

/26/ VAHTI-tietojärjestelmä. 2011. Suomen ympäristökeskus [viitattu 3.5.2011].